



## **LEITFADEN ENERGETISCHE GEBÄUDEBILANZIERUNG NACH DIN V 18599**

- | Informationen zur novellierten Fassung der DIN V 18599
- | Praxisorientierte Gliederung, angelehnt an den Ablauf eines Bilanzierungsvorhabens
- | Inklusive der Themen Plausibilitätsprüfung sowie Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich



# Impressum

**Herausgeber:**

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)  
Gebäudeforum klimaneutral  
Chausseestraße 128 a  
10115 Berlin  
Tel.: +49 (0) 30 66 777 - 0  
Fax: +49 (0) 30 66 777 - 699  
E-Mail: info@dena.de / service@gebaeudeforum.de  
**Internet:** [www.dena.de](http://www.dena.de)/[www.gebaeudeforum.de](http://www.gebaeudeforum.de)



Deutsche Energie-Agentur

**Konzept und Redaktion:**

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)  
Christiane Heimerdinger, Peter Pannier,  
Romy Reichenberger, Lasse Schöfer

**Fachliche Begleitung:**

Dr.-Ing. Kati Jagnow, Ingenieurbüro für Energieberatung/  
Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften –  
Hochschule Braunschweig/Wolfenbüttel  
(1. Auflage)

**Autorinnen und Autoren:****Kap. 1/2**

Christiane Heimerdinger, Peter Pannier,  
Romy Reichenberger, Lasse Schöfer (dena)

**Kap. 3**

Jan Karwatzki (Öko-Zentrum NRW)

**Kap. 4/7/13/14**

Dr. Kati Jagnow (Delta Q/Ostfalia Hochschule für ange-  
wandte Wissenschaften – Hochschule Braunschweig/  
Wolfenbüttel)

**Kap. 5/10**

Lutz Dorsch (IfEE)

**Kap. 6**

Dr. Martin H. Spitzner (FIW)

**Kap. 8**

Heiko Schiller (schiller engineering)

**Kap. 9**

Dr. Thomas Hartmann (ITG)

**Kap. 11**

Dr. Bert Oschatz (ITG)

**Kap. 12**

Dr. Rainer Hirschberg

**Gestaltung:**

The Ad Store GmbH, Hamburg

Sämtliche Inhalte wurden mit größtmöglicher Sorgfalt und nach bestem Wissen erstellt. Die dena übernimmt keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der bereitgestellten Informationen. Für Schäden materieller oder immaterieller Art, die durch Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen unmittelbar oder mittelbar verursacht werden, haftet die dena nicht, sofern ihr nicht nachweislich vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden zur Last gelegt werden kann.

**Bitte zitieren als:**

Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena, 2023)

„Leitfaden Energetische Gebäudebilanzierung  
nach DIN V 18599“

Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem  
Zustimmungsvorbehalt der dena.

In dieser Publikation verwenden wir bei Berufsbezeichnungen wie Planer, Architekten usw. die männliche Form. Dies dient einer besseren Lesbarkeit. Ausdrücklich sind damit natürlich auch Planerinnen, Architektinnen usw. angesprochen.

**Auflage:**

2. Auflage

**Stand:**

August 2023



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

Die Veröffentlichung dieser Publikation erfolgt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) unterstützt die Bundesregierung in verschiedenen Projekten zur Umsetzung der energie- und klimapolitischen Ziele im Rahmen der Energiewende.

# Inhalt

<b>Impressum</b>	<b>2</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>8</b>
<b>2 Grundlagen und gesetzliche Vorgaben</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Die europäische Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EU-Gebäuderichtlinie)</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Berücksichtigung im GEG</b>	<b>12</b>
<b>3 Berechnungsverfahren und -methodik</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Bilanzierungsmethodik in Deutschland als Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie (Artikel 3)</b>	<b>13</b>
<b>3.2 Darstellung des ganzheitlichen Ansatzes der DIN V 18599</b>	<b>14</b>
<b>3.3 Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599</b>	<b>16</b>
<b>3.4 Vergleich zum Verfahren nach DIN V 4701-10/12 und DIN V 4108-6</b>	<b>19</b>
<b>3.5 Zur aktuellen Ausgabe der Norm</b>	<b>20</b>
<b>4 Vorgehensweise und Bilanzierungsschritte</b>	<b>21</b>
<b>4.1 Bilanzierungsschritte</b>	<b>21</b>
<b>4.2 Zusammenstellung der benötigten Unterlagen</b>	<b>23</b>
4.2.1 Ablauf der Datenaufnahme	23
4.2.2 Hilfreiche Unterlagen	23
<b>4.3 Begehung der Liegenschaft und Datenaufnahme</b>	<b>25</b>
4.3.1 Datenaufnahme der Gebäudehülle vor Ort	25
4.3.2 Datenaufnahme der Anlagentechnik vor Ort	27
<b>5 Nutzungsrandbedingungen, Zonierung und Berücksichtigung der Klimadaten</b>	<b>29</b>
<b>5.1 Nutzungsrandbedingungen für Nichtwohngebäude</b>	<b>29</b>
5.1.1 Wohngebäude	35
<b>5.2 Zonierung von Nichtwohngebäuden</b>	<b>37</b>
5.2.1 Allgemeines	37
5.2.2 Vorgehensweise	38
5.2.3 Primärenergiefaktoren	46
5.2.4 Klimadaten	50

<b>6 Berechnung der thermischen Hüllfläche</b>	<b>51</b>
<b>6.1 Abmessungen und Maßbezüge</b>	<b>51</b>
6.1.1 Horizontale Maßbezüge	51
6.1.2 Vertikale Maßbezüge	52
6.1.3 Vorteile und Konsequenzen	52
6.1.4 Innenbauteile zu benachbarten konditionierten Zonen	53
6.1.5 Charakteristisches Bodenplattenmaß	53
<b>6.2 Dämmstoffe und -schichten</b>	<b>56</b>
<b>6.3 Maßbezüge, Wärmedurchgangskoeffizienten und Temperaturkorrekturfaktoren von Bauteilen der Hüllfläche</b>	<b>59</b>
<b>6.4 Weitere Festlegungen und Hinweise</b>	<b>65</b>
6.4.1 Tiefgaragen	65
6.4.2 Wärmedämmung im Randbereich von Bodenplatten (5-Meter-Regel)	65
6.4.3 Temperaturkorrekturfaktor und Mittelwert des Wärmedurchgangskoeffizienten bei Bodenplatten mit Randdämmung	66
6.4.4 Bauteile, für die im Referenzgebäude keine Festlegungen enthalten sind, z. B. Vorhangsfassaden bei Wohngebäuden	67
6.4.5 Berücksichtigung vorgelagerter unkonditionierter Räume	68
6.4.6 Zusammenspiel unterschiedlich berechneter U-Werte erdberührter Bauteile	68
6.4.7 Fenstergröße	69
6.4.8 Überprüfung der Schichtenfolge mit dem Nachweis des klimabedingten Feuchteschutzes nach DIN 4108-3	69
<b>6.5 Nebenanforderung an die energetische Qualität der Gebäudehülle</b>	<b>71</b>
<b>6.6 Wärmebrücken</b>	<b>73</b>
6.6.1 Einfluss von Wärmebrücken	73
6.6.2 Relevante Wärmebrücken	74
6.6.3 Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient $\Psi$ von Wärmebrücken	75
6.6.4 Temperaturbewertung von $\Psi$ -Werten	75
6.6.5 Wärmebrückenlängen	76
6.6.6 Wann ist ein Gleichwertigkeitsnachweis zu DIN 4108, Beiblatt 2 erforderlich?	77
6.6.7 Wie wird ein Gleichwertigkeitsnachweis geführt?	77
6.6.8 Gleichwertigkeitsnachweis bei thermisch nicht getrennter Balkonplatte?	78
6.6.9 Gleichwertigkeitsnachweis für den Attikaanschluss bei Gefälledämmung	78
<b>6.7 Luftdichtheit und Lüftungswärmerückgewinnung</b>	<b>79</b>
<b>6.8 Sommerlicher Wärmeschutz</b>	<b>81</b>
6.8.1 Vereinfachter Nachweis für den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2	81
6.8.2 Kann ein beweglicher Sonnenschutz als permanenter Sonnenschutz gelten?	82
6.8.3 Kann der Abminderungsfaktor nach Tabelle 7 der DIN 4102-2 für Vordächer aus transluzentem Material verwendet werden?	82
6.8.4 Anrechenbarkeit von baulicher Verschattung durch Nachbargebäude?	82
6.8.5 Ausnahme für Schaufenster im Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes	82
6.8.6 Wann zählt eine Energiesenke als „passive Kühlung“?	83

<b>6.9 Aktuelle Änderungen im Normenwerk</b>	<b>84</b>
6.9.1 Neuausgabe DIN 4108, Beiblatt 2:2019-06	84
6.9.2 ISO-Berechnungsnormen für die Gebäudehülle; ISO-Normenreihe 52000 ff	84
<b>7 Berechnung der Anlagentechnik: Heizung und Warmwasserbereitung</b>	<b>86</b>
<b>7.1 Allgemeiner Rechenablauf</b>	<b>86</b>
<b>7.2 Heizungsbilanz nach DIN V 18599-5</b>	<b>87</b>
7.2.1 Einflussgrößen im Überblick	87
7.2.2 Bilanzschema	89
<b>7.3 Trinkwarmwasserbilanz nach DIN V 18599-8</b>	<b>90</b>
7.3.1 Einflussgrößen im Überblick	90
7.3.2 Bilanzschema	91
<b>7.4 Bilanz von Kraft-Wärme-Kopplung nach DIN V 18599-9</b>	<b>92</b>
7.4.1 Bilanzschema	92
<b>7.5 Arbeitshilfen und Erläuterung von Einzelgrößen</b>	<b>94</b>
7.5.1 Charakteristische Gebäudemaße	94
7.5.2 Angaben zur zentralen Regelung der Temperaturen und Zeiten	95
7.5.3 Wärmeverluste und Hilfsenergie der Übergabe bei der Heizung	97
7.5.4 Wärmeverluste der Heiz- und Trinkwarmwasserverteilung	101
7.5.5 Hilfsenergie der Verteilung	106
7.5.6 Wärmeverluste und Hilfsenergie der Heizwärme- und Trinkwarmwasserspeicherung	110
7.5.7 Bewertung von Erzeugern	114
7.5.8 Wärmeverluste und Hilfsenergie von Kesseln	114
7.5.9 Wärmeverluste und Hilfsenergie von Wärmepumpen	118
7.5.10 Wärmeverluste und Hilfsenergie von Fernwärmestationen	121
7.5.11 Solarthermieanlagen als Erzeuger	122
7.5.12 Heizzentralen mit Kraft-Wärme-Kopplung	124
7.5.13 Elektroheizungen als Erzeuger	125
7.5.14 Duschwasser-Wärmerückgewinnung	125
<b>8 Berechnung der Anlagentechnik: Lüftungs- und Klimatechnik</b>	<b>126</b>
<b>8.1 Klassifizierung von raumlufttechnischen Anlagen</b>	<b>126</b>
<b>8.2 Einfluss auf die Gebäudezonierung</b>	<b>129</b>
<b>8.3 Modellbildung und Schnittstellen bei der Bilanzierung nach DIN V 18599</b>	<b>130</b>
<b>8.4 Bilanzierung des Nutzkaltebedarfs für die Raumkühlung</b>	<b>133</b>
<b>8.5 Festlegung des Luftwechsels bei mechanischer Lüftung</b>	<b>135</b>
<b>8.6 Bilanzierung des Nutzenergiebedarfs für die thermische Luftaufbereitung</b>	<b>137</b>
<b>8.7 Berechnung des Endenergiebedarfs für den Lufttransport</b>	<b>141</b>
<b>8.8 Schnittstellen mit der Heizungstechnik</b>	<b>142</b>

<b>8.9 Endenergiebedarf für Übergabe, Verteilung und Speicherung</b>	<b>143</b>
<b>8.10 Endenergiebedarf für die Kälteerzeugung</b>	<b>146</b>
<b>9 Energiebedarf von Lüftungs-, Luftheizungsanlagen und Kühlsystemen für den Wohnungsbau</b>	<b>150</b>
<b>9.1 Systeme der Lüftung und Luftheizung</b>	<b>150</b>
<b>9.2 Systeme der Wohnungskühlung</b>	<b>152</b>
<b>9.3 Grundlagen des Berechnungsverfahrens</b>	<b>153</b>
<b>9.4 Luftwechsel</b>	<b>154</b>
<b>9.5 Abluft-Wärmepumpen in Lüftungssystemen</b>	<b>155</b>
<b>9.6 Teillüftung</b>	<b>157</b>
<b>9.7 Luftheizungen</b>	<b>158</b>
<b>9.8 Wohnungskühlung</b>	<b>159</b>
<b>9.9 Novelle 2018</b>	<b>161</b>
<b>9.10 Ecodesign und Labeling</b>	<b>162</b>
<b>9.11 Markttrends</b>	<b>164</b>
<b>10 Energiebedarf für Beleuchtung</b>	<b>170</b>
<b>10.1 Beleuchtungstechnische Zonierung</b>	<b>170</b>
<b>10.2 Kunstlichtversorgung</b>	<b>172</b>
10.2.1 Tabellenverfahren	172
10.2.2 Vereinfachtes Wirkungsgradverfahren	176
10.2.3 Fachplanung	177
10.2.4 Erfassen der installierten Leistung in bestehenden Gebäuden	177
<b>10.3 Tageslichtversorgung</b>	<b>178</b>
10.3.1 Ermittlung des tageslichtversorgten Bereichs	179
10.3.2 Ermittlung des Tageslichtquotienten	182
10.3.3 Beschreiben der Fassadeneigenschaften	185
<b>10.4 Kontrollsysteme</b>	<b>187</b>
10.4.1 Tageslichtabhängige Kontrollsysteme	187
10.4.2 Präsenzabhängige Kontrollsysteme	188
10.4.3 Konstantlichtregelung	188
<b>10.5 Aufwandszahlen für Beleuchtungszwecke</b>	<b>189</b>
<b>11 Bilanzierung der Stromerzeugung stromproduzierender Anlagen</b>	<b>191</b>
<b>11.1 Hintergrund</b>	<b>191</b>
<b>11.2 Kraft-Wärme-Kopplung</b>	<b>192</b>
11.2.1 Allgemeines	192
11.2.2 Motor-BHKW	193
11.2.3 Brennstoffzellen	193

<b>11.3 Windenergie</b>	<b>194</b>
<b>11.4 Photovoltaik</b>	<b>196</b>
11.4.1 Elektrischer Energiebedarf	196
11.4.2 Stromerzeugung	196
11.4.3 Eigennutzung, Einspeisung, Batteriespeicher	197
<b>12 Einfluss der Gebäudeautomation</b>	<b>198</b>
<b>12.1 Allgemeines</b>	<b>198</b>
<b>12.2 3-Säulen-Modell der Energieeinsparung</b>	<b>199</b>
<b>12.3 Allgemeine Bestimmung der Energieeffizienz</b>	<b>201</b>
12.3.1 Einflussgrößen auf die Energieeffizienz	201
<b>12.4 Bestimmung der Energieeffizienz in DIN V 18599-11</b>	<b>204</b>
12.4.1 Festlegung des Automatisierungsgrades	204
12.4.2 Einbindung in die Bewertungsmethodik	206
12.4.3 Vergleich mit DIN EN 15232	208
12.4.4 Vergleichsrechnungen	209
<b>13 Ergebnisse, Plausibilitätsprüfung und Benchmarks</b>	<b>210</b>
<b>13.1 Grunddaten</b>	<b>213</b>
<b>13.2 Gesamtkennwerte und Verbrauchsdaten</b>	<b>214</b>
<b>13.3 Teilkennwerte</b>	<b>216</b>
<b>13.4 Hinweise für einzelne Gewerke</b>	<b>218</b>
<b>13.5 Typische Fehlerquellen</b>	<b>223</b>
<b>14 Verbrauchs-/Bedarfsabgleich</b>	<b>224</b>
<b>14.1 Vorgehensweise und Anwendungseinschränkungen</b>	<b>225</b>
<b>14.2 Verbrauchsdaten und Korrekturverfahren</b>	<b>230</b>
<b>14.3 Anpassung der Bedarfsbilanz</b>	<b>235</b>
<b>14.4 Detailinformationen aus Verbrauchsmessungen</b>	<b>239</b>
<b>15 Anhang</b>	<b>242</b>
<b>15.1 Glossar</b>	<b>242</b>
15.1.1 Allgemein	242
15.1.2 Bauphysik	244
15.1.3 Heizung	245
15.1.4 Lüftung/Kälte	246
<b>15.2 Literurnachweis</b>	<b>248</b>



# 1 Einleitung

Deutschlands ehrgeizige Ziele in Sachen Klimaschutz sind nur erreichbar, wenn auch Gebäude deutlich energieeffizienter werden und sie ihre Rolle in einem integrierten, digitalisierten Energiesystem finden. Noch immer entfallen etwa 35 Prozent des Endenergieverbrauchs in Deutschland auf den Gebäudebereich. D. h.: Um die Energiewende erfolgreich umzusetzen, müssen Häuser und Gebäude hierzu lande deutlich energieeffizienter werden. Bis 2050, so hat es die Bundesregierung vorgegeben, soll der Gebäudesektor nahezu klimaneutral sein.

Eine erforderliche Dekarbonisierung des Gebäudesektors kann nur durch eine Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes und durch energieeffiziente Anlagen-technik bei gleichzeitigem Einsatz emissionsarmer Energieträger umgesetzt werden. Dafür braucht es Instrumente und Methoden. Eine der wichtigsten Normen dazu ist die DIN V 18599: Sie regelt die Bilanzierung von Wohngebäuden und Nicht-wohngebäuden. Damit ermöglicht sie überhaupt eine einheitliche und systematische energetische Bewertung und folglich die Vergleichbarkeit von Gebäuden.

Seit 2003 ist die Dekarbonisierung des Gebäudesektors europaweit durch die Europäische Gebäuderichtlinie (EPBD) geregelt. In Deutschland wird sie durch das Gebäudeenergiegesetz (GEG) in nationales Recht umgesetzt, das in einer novellierten Fassung seit dem 01.01.2023 gilt. Die DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“ berechnet den Energiebedarf für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung von Gebäuden. Konkret gilt dies für



Für die Bundesförderung  
Effiziente Gebäude ist bereits  
seit 01.01.2023 die Anwendung  
der DIN V 18599 verpflichtend.

Nutz-, End und Primärenergiebedarf. Ab 2024 ist die Bilanzierung von Wohngebäuden, die nicht gekühlt werden, nicht mehr mittels DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10/12 gestattet. Die Anwendung der DIN V 18599 ist dann für alle Wohn- und Nichtwohngebäude verpflichtend.

Die vorliegende 2. Fassung des Leitfadens Bilanzierung wurde an den Stand der Technik angepasst und durch die Kapitel 11 (Stromerzeugende Systeme) und 12 (Gebäudeautomation) ergänzt. Er dient erfahrenen Fachleuten aus Architektur und Ingenieurwesen aus der Energieberatung als auch Neueinsteigerinnen sowie Neueinsteigern als Arbeits- und Orientierungshilfe bei der Bilanzierung von Nichtwohn- und Wohngebäuden. Dabei werden Erfahrungen und Kenntnisse hinsichtlich des Gebäudeenergiegesetzes und bei der Erstellung von Energieausweisen vorausgesetzt.

Die Gliederung des Leitfadens orientiert sich an der Vorgehensweise bei einem realen Bilanzierungsprojekt. Es werden praxisrelevante Tipps und Hinweise für das Vorgehen bei der Bearbeitung von Bilanzierungsprojekten nach DIN V 18599 gegeben. Grafische Darstellungen, die Erwähnung von Besonderheiten und Vereinfachungen sowie die Beantwortung häufig auftretender Fragen sollen den Lese- rinnen und Lesern ein besseres Verständnis der Norm vermitteln, den Arbeitsauf- wand verringern und die Arbeit erleichtern.

Der Leitfaden ist in Zusammenarbeit mit erfahrenen Fachautorinnen und Fachautoren entstanden, von denen einige die Norm DIN V 18599 mit verfasst haben. Für die Beiträge und konstruktiven Anregungen sowie die gute Zusammenarbeit möchten wir uns bei allen Beteiligten bedanken:

Dr. Kati Jagnow (Delta Q), Jan Karwatzki (Öko-Zentrum NRW), Lutz Dorsch (IfEE), Dr. Martin H. Spitzner (FIW), Heiko Schiller (schiller engineering), Dr. Thomas Hartmann (ITG), Dr. Bert Oschatz (ITG), Dr. Rainer Hirschberg

# 2 Grundlagen und gesetzliche Vorgaben

## 2.1 Die europäische Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EU-Gebäuderichtlinie)

Seit Juli 2010 ist die novellierte EU-Gebäuderichtlinie in Kraft. Die Mitgliedsländer der EU müssen innerhalb von zwei Jahren die Vorgaben der Richtlinie in nationales Recht umsetzen. Die Richtlinie umfasst insgesamt 31 Artikel. Hierin werden u. a. anderem die Mindestanforderungen und Berechnungsmethoden der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden festgelegt. Weitere Artikel behandeln die Ausstellung von Energieausweisen, die Inspektion von Heizungs- und Klimaanlagen etc. Die Richtlinie wurde im Jahr 2018 novelliert und in Teilen abgeändert. Mit einer Neuauflage ist im Jahr 2023 zu rechnen. Hauptziel der überarbeiteten Richtlinie wird sein, den europäischen Gebäudebestand bis 2050 in Nullemissionsgebäude umzuwandeln.

Die wichtigsten Inhalte der EU-Gebäuderichtlinie werden im Folgenden zusammengefasst:

- | **Mehr Öffentlichkeit für den Energieausweis:** Die EU-Richtlinie schreibt eine Veröffentlichung von Ausweisen über die Gesamtenergieeffizienz in kommerziellen Verkaufs- oder Vermietungsanzeigen vor. Kauf- oder Mietinteressierten muss der Energieausweis zur Einsichtnahme vorgelegt werden. Nach Abschluss eines Kauf- oder Mietvertrags muss Kaufenden bzw. Mietenden der Energieausweis der Immobilie ausgehändigt werden. Der Energieausweis muss weiterhin zwei verschiedene Modernisierungsempfehlungen beinhalten. Eine Empfehlung soll konkrete Maßnahmen für eine umfassende Sanierung enthalten, die andere Vorschläge für einzelne Bauteile, die unabhängig von einer umfangreichen Sanierung umgesetzt werden können. Die ausgewiesenen Modernisierungstipps können auch Angaben zur Amortisationsdauer beinhalten. Zusätzlich sollen Hinweise hinsichtlich der nächsten Schritte zur Umsetzung der Maßnahmen gegeben werden. Qualitätssicherung von Energieausweisen: Alle Mitgliedsstaaten müssen ein unabhängiges Kontrollsyste für Energieausweise implementieren. Sie können die Zuständigkeiten für dieses Kontrollsyste an die zuständigen Behörden oder Stellen delegieren. Auf Nachfrage müssen Energieausweise entsprechenden Behörden zugänglich gemacht werden. Expertinnen und Experten für den Energieausweis: Die Mitgliedsstaaten sollen sicherstellen, dass Energieausweise in unabhängiger Weise von qualifizierten und/oder zugelassenen Expertinnen und Experten ausgestellt werden. Zudem soll jedes europäische Land regelmäßig aktualisierte Listen von Energieausweis-Ausstellern der Öffentlichkeit zugänglich machen. Aushangpflicht: Auch die Aushangpflicht für Energieausweise wird in der EPBD erweitert. Der Energieausweis muss in allen öffentlichen Gebäuden mit starkem Publikumsverkehr ausgehängt werden, sofern die Nutzfläche größer als 250 m<sup>2</sup> ist.

**Niedrigstenergiehäuser für Neubauten:** Ab 2021 sollen die Mitgliedsstaaten sicherstellen, dass alle Neubauten als Niedrigstenergiehäuser (Nearly Zero Energy Buildings) errichtet werden. Bei Niedrigstenergiehäusern liegt der Energiebedarf fast bei null oder ist sehr gering. Diesem Standard müssen ab 2019 zudem alle neuen Gebäude entsprechen, die von Behörden als Eigentümer genutzt werden. Ausnahmen können nur gemacht werden, wenn die Maßnahme ökonomisch oder technisch nicht sinnvoll ist. Diese energetischen Mindestanforderungen werden von den jeweiligen Mitgliedsstaaten festgelegt.

Die Maßgaben der EPBD wurden in Deutschland zunächst durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) erfüllt. Im November 2020 trat das Gebäudenergiegesetz (GEG) in Kraft, das die EnEV, das Energieeinspargesetz (EnEG) und das Erneuerbare-Energien-WärmeG zusammenführte.

## 2.2 Berücksichtigung im GEG

Bereits seit der Energieeinsparverordnung von 2009 müssen bedarfsorientierte Energieausweise für Nichtwohngebäude nach DIN V 18599 erstellt werden. Bedarfsorientierte Nachweise für Wohngebäude können bis 31.12.2023 wahlweise noch nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10/12 oder nach DIN V 18599 erstellt werden. Danach ist auch hier die Anwendung der DIN V 18599 verpflichtend.

**TIPP:** Umfassende Sanierung oder nach Wortlaut der Gebäuderichtlinie „größere Renovierung“ bezeichnet die Sanierung eines Gebäudes, bei der

- | a) die Gesamtkosten der Renovierung der Gebäudehülle oder der gebäudetechnischen Systeme 25 Prozent des Gebäudewertes – den Wert des Grundstücks, auf dem das Gebäude errichtet wurde, nicht mitgerechnet – übersteigen oder
- | b) mehr als 25 Prozent der Oberfläche der Gebäudehülle einer Renovierung unterzogen werden [...].

Quelle: EU-Gebäuderichtlinie (EPBD) [1]

Grundlage des Leitfadens ist die aktuell gültige Ausgabe der Norm DIN V 18599, die im September 2018 erschienen ist.

# 3 Berechnungsverfahren und -methodik

## 3.1 Bilanzierungsmethodik in Deutschland als Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie (Artikel 3)

Die „EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ vom 16.12.2002 fordert in Artikel 3 alle Mitgliedsstaaten auf, eine Bilanzierungsmethode auf nationaler Ebene zu entwickeln und anzuwenden, die die Berechnung der Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes ermöglicht.

Unter der „Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes“ ist dabei laut EU-Richtlinie die Energiemenge zu verstehen, „die tatsächlich verbraucht oder veranschlagt wird, um den unterschiedlichen Erfordernissen im Rahmen der Standardnutzung des Gebäudes (u. a. etwa Heizung, Warmwasserbereitung, Kühlung, Lüftung und Beleuchtung) gerecht zu werden“.

Im Anhang zur EU-Gebäuderichtlinie wird durch eine genauere Beschreibung des Bilanzierungsrahmens deutlich gemacht, dass zudem weitere Aspekte wie z. B. die Lage und Ausrichtung des Gebäudes, natürliche Belüftung und Luftdichtheit, passive Solarsysteme, Sonnenschutz sowie das Innenraumklima bei der Berechnung zu berücksichtigen sind.

Obwohl Deutschland im Vergleich zu anderen EU-Ländern schon auf recht weitreichende Regelungen zur Energieeffizienz von Gebäuden zurückgreifen konnte, existierte dennoch kein so umfassendes Bilanzierungsinstrument, wie von der EU-Richtlinie gefordert. Daher hat die Bundesregierung eine solche nationale Bilanzierungsmethodik zur Berechnung der beschriebenen Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden neu erarbeiten lassen. Bereits im Juli 2005 konnte die DIN V 18599 unter dem Titel „Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung“ veröffentlicht werden. Sie wurde in einer Kooperation der Normenausschüsse Bauwesen, Heiz- und Raumlufttechnik sowie Lichttechnik entwickelt und im Februar 2007 in überarbeiteter Fassung veröffentlicht. Die DIN V 18599 ist seit Inkrafttreten der Energieeinsparverordnung 2007 für die Energiebedarfsberechnung von Nichtwohngebäuden zu verwenden. Ab dem 01.01.2024 gilt diese Pflicht auch für Wohngebäude. Bis dahin kann der Primärenergiebedarf für Wohngebäude, die nicht gekühlt werden, auch noch wahlweise nach DIN V 4108-6 2003-6 erfolgen.

## 3.2 Darstellung des ganzheitlichen Ansatzes der DIN V 18599

Der integrale Ansatz der DIN V 18599 berücksichtigt den Baukörper (Gebäudehülle, Ausrichtung, Wärmespeicherfähigkeit), die Nutzung (Betriebszeiten, Temperaturen, Luftwechsel) sowie die Anlagentechnik (Heizung, Warmwasser, Lüftung, Kühlung, Beleuchtung) eines Gebäudes und ermöglicht insbesondere die Erfassung der vielfachen Wechselwirkungen und gegenseitigen Beeinflussungen zwischen den verschiedenen Energieströmen.

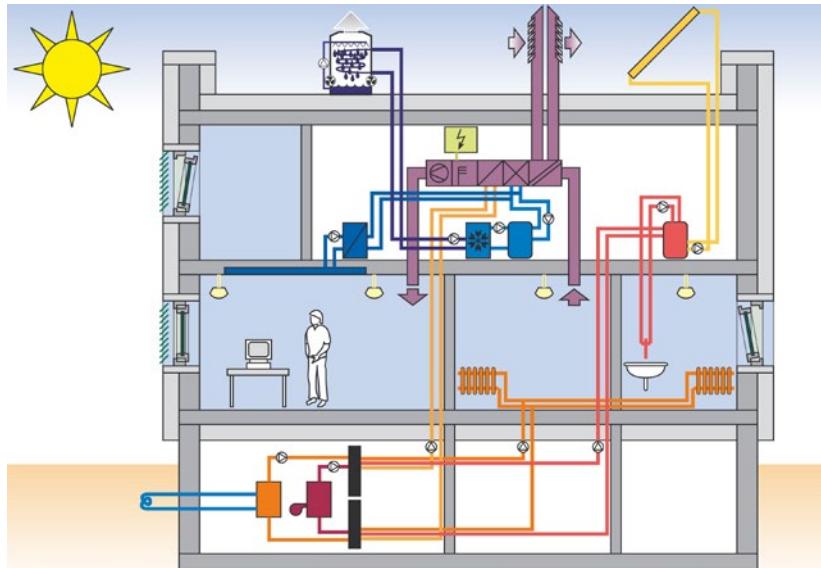


Abb.1: Schematische Darstellung des Umfangs der DIN V 18599 [2]

### Der ganzheitliche Ansatz der Norm und die Berücksichtigung von Wechselwirkungen sollen an folgendem Beispiel verdeutlicht werden:

Auf dem oben dargestellten Bild aus Teil 1 der DIN V 18599 wird ein Raum bzw. eine Zone des Gebäudes mit einer Kühldecke statisch gekühlt. Der Energieaufwand für die Kühlung dieser Zone ist u. a. von den internen Wärmequellen (Personen, Geräte und Beleuchtung), den solaren Wärmeeinträgen sowie der Wärmespeicherfähigkeit der umgebenden Bauteile und kann mithilfe der Norm berechnet werden.

Durch die Berücksichtigung eines außen liegenden Sonnenschutzes (wie hier im Bild dargestellt) verringern sich die solaren Wärmeeinträge in der Zone und damit verringert sich auch der Energieaufwand für die Kühlung. Gleichzeitig führt ein heruntergelassener Sonnenschutz zu einer geringeren Tageslichtversorgung und damit zu einem höheren Bedarf an künstlicher Beleuchtung. Der Energieeinsparung bei der Kühlung steht somit ein erhöhter Energiebedarf für Beleuchtung gegenüber, der in der energetischen Bilanzierung nach DIN V 18599 berücksichtigt werden kann.

Hinzu kommt, dass durch die zusätzliche künstliche Beleuchtung – je nach Beleuchtungsart und Lampentyp – auch ein zusätzlicher Wärmeeintrag (Abwärme der Beleuchtung) in der Zone bilanziert wird. Dieser Wärmeeintrag aus der Beleuchtung erhöht wiederum den Energieaufwand für die Kühlung der Gebäudezone.

Um diese gegenseitigen Wechselwirkungen zwischen Sonnenschutz, Tageslichtversorgung, Beleuchtung und Kühlung berücksichtigen zu können, ist es erforderlich, alle energetisch relevanten Parameter eines Gebäudes in eine gemeinsame Bilanzierungsmethodik einzubeziehen.

#### Wärmequellen

Wärmemengen mit Temperaturen über der Innentemperatur, die der Gebäudezone zugeführt werden oder innerhalb der Gebäudezone entstehen.

(Nicht einbezogen sind die Wärmeeinträge, die geregelt über die Anlage (Heizung, Lüftung) zugeführt werden, um die Innentemperatur aufrechtzuerhalten.)

#### Wärmesenken

Wärmemengen, die der Gebäudezone entzogen werden. (Nicht einbezogen ist die Abfuhr von Wärme über das Kühlssystem.)

Quelle: [2]



Der Heizwärme- und der Kühlbedarf einer Zone werden nach DIN V 18599 zudem in einem iterativen Verfahren bestimmt. Dabei werden zunächst alle relevanten Wärmequellen und -senken, die sich z. B. aus baulichen Gegebenheiten oder aus der Nutzung ergeben, ermittelt und einander gegenübergestellt. Die meisten Bilanzanteile können hier ohne Iteration ermittelt werden (z. B. innere Wärmequellen durch Personen, Transmission, Lüftung, solare Wärmequellen, Wärmeeintrag durch Trinkwasserleitungen usw.). Etliche anlagentechnisch bedingte Wärmequellen und -senken (z. B. Wärmeeinträge aus Heizungsverteilungen) sind jedoch von der Nutzenergie selbst abhängig.

Um dies zu berücksichtigen, werden die anlagentechnisch bedingten Wärmequellen und -senken zunächst auf der Grundlage einer vorläufigen Bilanz der Nutzenergie ermittelt und ihr Einfluss auf die endgültige Bilanz der Nutzenergie wird in mehreren Berechnungsschleifen (iterativ) bestimmt.

### 3.3 Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599

#### Übersicht und Aufbau der Norm – Erläuterung der zehn Teile und ihrer Verflechtungen untereinander

Die im Februar 2007 veröffentlichte Normenreihe DIN V 18599 umfasst die folgenden zehn Normteile mit zusammen knapp 800 Seiten, deren Aufbau und Inhalt im Folgenden zusammenfassend dargestellt werden.

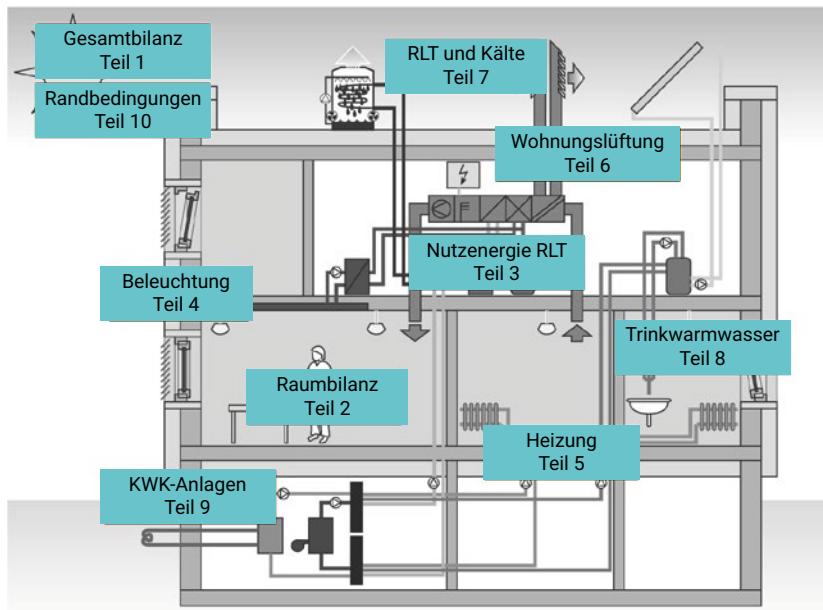


Abb. 2: Die Teile der DIN V 18599 [2]

#### Teil 1: „Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger“

Der erste Teil der Normenreihe gibt einen Überblick über das Vorgehen bei der Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs. Neben der Beschreibung des allgemeinen Bilanzierungsverfahrens wird das Vorgehen bei der Zonierung von Gebäuden erläutert und die Primärenergiefaktoren werden dargestellt.

#### Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen

Teil 2 der Norm legt die Rechenverfahren fest, die benötigt werden, um den Heizwärme- und den Kühlbedarf einer Gebäudezone aus dem Zusammenwirken von bau- und anlagentechnischen Eigenschaften des Gebäudes sowie den Anforderungen der Nutzung zu berechnen. Dazu sind alle in der Gebäudezone auftretenden Wärmequellen und -senken einschließlich der Ergebnisse aus anderen Normteilen einzubeziehen (z. B. der Energieeintrag durch künstliche Beleuchtung), zu bestimmen und zu bilanzieren.

#### Teil 3: Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung

Das in Normteil 3 beschriebene Verfahren dient der Ermittlung des Nutzenergiebedarfs für die thermische Luftaufbereitung (Heizen, Kühlen, Befeuchten, Entfeuchten) und des Endenergiebedarfs für die Luftförderung (Hilfsenergie). Er ist relevant für die Bewertung raumluftechnischer Anlagen in Nichtwohngebäuden.

#### Teil 4: Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung

Im vierten Teil der Norm wird ein Verfahren zur Ermittlung des Endenergiebedarfs für die Beleuchtung in Nichtwohngebäuden beschrieben. Das Verfahren umfasst

die Unterteilung des Gebäudes in Beleuchtungsbereiche, die Ermittlung der spezifischen elektrischen Bewertungsleistung des künstlichen Beleuchtungssystems sowie die Berücksichtigung der Tageslichtnutzung und des Einflusses von Präsenzmeldesystemen.

#### **Teil 5: Endenergiebedarf von Heizsystemen**

Teil 5 ermittelt den Energiebedarf des Heizsystems in den verschiedenen Prozessschritten (Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung). Dabei werden die anlagentechnischen Verluste und die jeweils benötigten Hilfsenergien der einzelnen Prozessschritte berechnet und für die weitere Bilanzierung zur Verfügung gestellt.

#### **Teil 6: Endenergiebedarf von Lüftungs-, Luftheizungsanlagen und Kühlsystemen für den Wohnungsbau**

Dieser Normteil ist nur bei der Bilanzierung von Wohngebäuden nach DIN V 18599 relevant. Er dient der Ermittlung des Energiebedarfs von Wohnungslüftungs-, Luftheizungsanlagen und Kühlsystemen.

#### **Teil 7: Endenergiebedarf von Raumlufttechnik- (RLT) und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau**

Die in Teil 7 beschriebenen Verfahren erlauben die Berechnung der Nutzwärmeabgabe für die Heizfunktion der RLT-Anlage sowie der Erzeugernutzkälteabgabe für Raumkühlung und RLT-Kühlung. Mittels eines Kennwertverfahrens werden die Endenergie für die Kälteerzeugung (Strom) und die Erzeugernutzwärmeabgabe für die thermische Kälteerzeugung berechnet. Zusätzlich werden der Endenergiebedarf für Dampfbefeuchtung und der erforderliche Hilfsenergieaufwand berechnet.

#### **Teil 8: Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen**

Teil 8 der Normenreihe beschreibt ein Verfahren zur Berechnung des Energiebedarfs für die Trinkwarmwasserbereitung. Dazu werden die Wärmeverluste sowie der Hilfsenergiebedarf der verschiedenen Prozessbereiche ermittelt.

#### **Teil 9: End- und Primärenergiebedarf von stromproduzierenden Anlagen**

Der Teil 9 liefert für Systeme mit stromproduzierenden Anlagen (z. B. BHKW) ein Verfahren zur Berechnung des gesamten Endenergieaufwands und des Energieaufwands, der der Wärmeerzeugung zuzurechnen ist. Dabei werden die Verluste der Wärmeerzeugung sowie die Stromproduktion ermittelt und für die weitere Berechnung zur Verfügung gestellt.

#### **Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten**

Teil 10 der DIN V 18599 liefert die für die Bilanzierung erforderlichen Randbedingungen für Gebäude mit Wohn- und Nichtwohnnutzung, Klimadaten für das Referenzklima Deutschland sowie Richtwerte für den Trinkwarmwasserbedarf.

#### **Teil 11: Gebäudeautomation**

Teil 11 der DIN V 18599 beschreibt, wie die Einflüsse der Steuerung und Regelung sowie der Gebäudeautomation für den Energiebedarf eines Gebäude berücksichtigt werden.

#### **Teil 12: Tabellenverfahren für Wohngebäude**

Das Tabellenverfahren in Teil 12 der DIN V 18599 beinhaltet nach allgemeinen Ansätzen aus den einzelnen Kapiteln vorberechnete Tabellen, welche zur energetischen Bewertung von Wohngebäuden genutzt werden können.

#### **Beiblatt 1**

Zusätzlich wurde im Januar 2010 das Beiblatt 1 zur DIN V 18599 veröffentlicht, welches für die Energieberatung eine Vorgehensweise zum Abgleich des berechneten Energiebedarfs mit dem gemessenen Energieverbrauch beschreibt (siehe Kapitel 14 „Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich“).

Die modulare Aufteilung in Normteile erlaubt ein bedarfsorientiertes Arbeiten, indem nur die für das jeweilige Gebäude relevanten Teile der Norm herausgegriffen und angewandt werden.



Um klare Grenzen zwischen den Normteilen zu definieren, findet sich in jedem Normteil eine Beschreibung der für die Berechnung erforderlichen Eingangsgrößen sowie der an andere Normteile übergebenen Ergebnisse (Ausgangsgrößen).

Die Bilanzierung nach DIN V 18599 erfolgt grundsätzlich von der Nutz- über die End- zur Primärenergie.

Nach der oben beschriebenen iterativen Bestimmung des endgültigen Nutzenergiebedarfs für Wärme und Kälte sowie des Nutzenergiebedarfs für Be- und Entlüftung, Befeuchtung, Beleuchtung und Trinkwarmwasserversorgung werden die technischen Verluste addiert, um den Endenergiebedarf zu ermitteln. Ggf. eingesetzte regenerative Energien werden vom Endenergiebedarf abgezogen.

Diese Berechnung erfolgt in einer Monatsbilanz je Zone. Der Endenergiebedarf des Gebäudes ergibt sich je Energieträger als Summe der Endenergiebedarfe über alle Monate und alle Zonen.

Im Unterschied zur bisherigen Bilanzierung nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10/12 wird der Endenergiebedarf in der DIN V 18599 brennwert- und nicht heizwertbezogen ausgegeben. Eine Umrechnung in heizwertbezogene Endenergiebedarfswerte ist mithilfe der Umrechnungsfaktoren aus Tabelle B.1 in Teil 1 der Norm möglich.

Die Umrechnung der je Energieträger bilanzierten heizwertbezogenen Endenergie in die Primärenergie erfolgt mithilfe der Primärenergiefaktoren der Tabelle A.1 aus Teil 1 der DIN V 18599.

Die in DIN V 18599 beschriebene Berechnungsmethodik ermöglicht die energetische Bilanzierung von:

- | Wohn- und Nichtwohngebäuden
- | Neubauten und bestehenden Gebäuden

Es steht somit für das gesamte Gebäudespektrum ein einheitliches Bewertungsinstrument zur Verfügung, das sowohl unterschiedliche Nutzungen als auch diverse anlagentechnische Konzepte und Konditionierungen berücksichtigen kann.

Das Verfahren der DIN V 18599 zur energetischen Bilanzierung von Gebäuden ist dabei sowohl für die Erstellung eines öffentlich-rechtlichen Nachweises (GEG-Nachweis) als auch für die freie Energieberatung geeignet.

Während bei GEG-Nachweisen mit festgelegten Randbedingungen (Nutzungsparameter und Klimadaten) gerechnet werden muss, kann die allgemeine, ingenieurmäßige Energiebedarfsbilanzierung im Rahmen einer Energieberatung ebenso mit frei wählbaren Randbedingungen erfolgen.

Bei der Energieberatung können somit die in Teil 10 der Norm genannten Nutzungsrandbedingungen wie z. B. Nutzungszeiten, Raumtemperaturen oder Luftwechselraten an die tatsächlichen Gegebenheiten des betrachteten Gebäudes angepasst werden.

### Beispiel für Eingangs- und Ausgangsgrößen:

Der Normteil 4 benötigt zur Berechnung des Nutzenergiebedarfs für Beleuchtung u. a. Angaben zur erforderlichen Beleuchtungsstärke und zu den Nutzungszeiten, die als Eingangsgrößen aus Teil 10 übernommen werden. Nach der Berechnung des Nutzenergiebedarfs für Beleuchtung wird dieser Wert als Ausgangsgröße an die Normteile 1 und 2 weitergegeben. In Teil 1 fließt er in die Ermittlung des Primärenergiebedarfs der Gebäudezone ein. In Teil 2 wird dieser Wert als Wärmequelle in der Bilanz der Nutzenergie für das Heizen und Kühlen der Gebäudezone berücksichtigt.

## 3.4 Vergleich zum Verfahren nach DIN V 4701-10/12 und DIN V 4108-6

Die Berechnungsregeln der DIN V 18599 erlauben im Vergleich zu den bislang genutzten Verfahren nach DIN V 4701-10/12 und DIN V 4108-6 eine deutlich umfassendere energetische Bilanzierung der „Gesamtenergieeffizienz“, insbesondere von Nichtwohngebäuden. Neben der Einbeziehung der Energiebedarfe für die Kühlung und Beleuchtung eines Gebäudes stellt insbesondere die beschriebene iterative Berücksichtigung von Wechselwirkungen zwischen dem Gebäude, seiner Nutzung und den verschiedenen Gewerken der Anlagentechnik eine wesentliche Neuerung dar.

Das Bilanzierungsverfahren der DIN V 18599 ist seit der EnEV 2007 für den öffentlich-rechtlichen Nachweis von Nichtwohngebäuden verpflichtend. Für Wohngebäude besteht seit der EnEV 2009 eine Wahlmöglichkeit zwischen der Bilanzierung nach dem bisherigen Verfahren (DIN V 4701-10/12 und DIN V 4108-6) oder der Berechnung nach DIN V 18599. Ab dem 01.01.2024 wird auch für die Bilanzierung von Wohngebäuden das Verfahren nach DIN V 18599 verpflichtend.

Da sich die beiden Bilanzierungsverfahren in sehr vielen Punkten unterscheiden, sollen im Folgenden lediglich zwei beispielhafte Unterschiede beschrieben werden, die insbesondere bei Wohngebäuden relevant sind:

- | Der Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser wird nach Teil 10 der DIN V 18599 mit 12 kWh/(m<sup>2</sup>·a) bei Einfamilienhäusern und 16 kWh/(m<sup>2</sup>·a) bei Mehrfamilienhäusern angesetzt, während nach DIN V 4701-10 ein pauschaler Wert von 12,5 kWh/(m<sup>2</sup>·a) für alle Gebäudetypen zugrunde gelegt wird.
- | Die Bezugsfläche für die Ermittlung der internen Wärmegewinne sowie des Trinkwarmwasserbedarfs ist nach DIN V 4108-6 die aus dem Volumen bestimmte Gebäudenutzfläche AN. Nach DIN V 18599 wird hier auf die Wohnfläche Bezug genommen. Hinzu kommt, dass die anzusetzenden internen Wärmegewinne nach DIN V 18599 bei Einfamilienhäusern nur etwa halb so hoch sind wie nach DIN V 4108-6.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die beiden für Wohngebäude derzeit noch zulässigen Bilanzierungsverfahren aufgrund der dargestellten Differenzen zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Vergleichsrechnungen zeigen, dass die Bilanzierung von Wohngebäuden nach DIN V 18599 oft zu höheren Energiebedarfswerten führt als eine Berechnung nach DIN V 4701-10/12 und DIN V 4108-6. Auf den GEG-Nachweis wirkt sich dies jedoch nur begrenzt aus, da hier sowohl das geplante Gebäude als auch das Referenzgebäude mit demselben Verfahren bilanziert werden müssen.

## 3.5 Zur aktuellen Ausgabe der Norm

Etliche Wünsche zu inhaltlichen Änderungen und Ergänzungen, die im Vorfeld der Überarbeitung der Norm gesammelt wurden, konnten nicht umgesetzt werden, z. B.:

- | die Bewertung von Umluftanlagen und Wärmepumpen bei Nichtwohngebäuden mit Standardtabellenwerten
- | die Bewertung von neuartigen Speicherarten (PCM)
- | die Berechnung von Wärme-/Kälteverschiebung innerhalb des Gebäudes

Offengeblieben ist auch die Erstellung von sogenannten „Realprofilen“ für die Nutzung von Gebäuden mit Angabe realistischer Innentemperaturen, von Luftwechseln, Beleuchtungsstärken usw. inklusive der damit ggf. verbundenen unterschiedlich hohen Behaglichkeit verschiedener Gebäude. Diese Realprofile sind für den Abgleich von Bedarf und Verbrauch nützlich. Ihre Erstellung wird auf den Zeitpunkt der Überarbeitung des Beiblatts 1 zum Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich verschoben.

# 4 Vorgehensweise und Bilanzierungsschritte

## 4.1 Bilanzierungsschritte

Für die energetische Bilanzierung eines Gebäudes kann es je nach Aufgabenstellung und nach installierter Gebäudetechnik unterschiedliche Bilanzierungsschritte geben. Für den öffentlich-rechtlichen Nachweis ist in der Norm der Bilanzierungs-umfang vorgegeben, wobei es hier Unterschiede zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden gibt.

Wird hingegen eine Energieberatung durchgeführt, kann der Umfang der energetischen Bilanzierung auf gewisse Bereiche der Anlagentechnik begrenzt bleiben, z. B. nur Heizung und Warmwasserbereitung.

Für den öffentlich-rechtlichen Nachweis sieht die Norm insgesamt 26 Arbeitsschritte für Nichtwohngebäude (allgemeiner Fall) und 19 Arbeitsschritte für Wohngebäude vor.

Die folgenden Bilanzierungsschritte sind weitestgehend der Norm entnommen und auf 18 Arbeitsschritte verkürzt dargestellt:

1	Feststellen der Randbedingungen der Nutzung und Zonierung des Gebäudes
2	Zusammenstellung der notwendigen Eingangsdaten für die Bilanzierung der Gebäudezonen
3	Ermittlung des Nutz- und Endenergiebedarfs für die Beleuchtung
4	Ermittlung der Wärmequellen/-senken durch mechanische Lüftung sowie Personen, Geräte usw.
5	Erste überschlägige Bilanzierung des Nutzwärme-/kältebedarfs der Zone
6	Vorläufige Aufteilung der bilanzierten Nutzenergie auf die Versorgungssysteme
7	Ermittlung der Wärmequellen durch die Heizung und Trinkwarmwasserbereitung
8	Ermittlung der Wärmequellen/-senken durch die Kühlung in der Zone
9	Bilanzierung des Nutzwärme-/kältebedarfs der Zone
10	Ermittlung des Nutzenergiebedarfs für die Luftaufbereitung
11	Endgültige Aufteilung der bilanzierten Nutzenergie auf die Versorgungssysteme
12	Ermittlung der Verluste der Übergabe, Verteilung und Speicherung für die Heizung und für die luftführenden Systeme sowie für die Wärmeversorgung einer RLT-Anlage
13	Ermittlung der Verluste der Übergabe, Verteilung und Speicherung für die Trinkwarmwasserbereitung und Kälteversorgung
14	Aufteilung der notwendigen Nutzwärme- und Nutzkälteabgabe aller Erzeuger auf die unterschiedlichen Erzeugungssysteme
15	Ermittlung der Verluste bei der Erzeugung von Kälte, Dampf und Wärme
16	Zusammenstellung der ermittelten Hilfsenergien
17	Zusammenstellung der Endenergien und Energieträger
18	Primärenergetische Bewertung und CO <sub>2</sub> -Bewertung

Bei der Bewertung von Wohngebäuden verkürzt sich das Bilanzierungsverfahren wie folgt:

1	Feststellen der Randbedingungen der Nutzung
2	Zusammenstellung der notwendigen Eingangsdaten für die Bilanzierung der Gebäudezone(n)
3	Ermittlung der Wärmequellen/-senken durch mechanische Lüftung in der Zone
4	Bestimmung der Wärmequellen/-senken aus Personen, Geräten usw. (ohne Anlagentechnik)
5	Erste überschlägige Bilanzierung des Nutzwärmebedarfs der Zone
6	Vorläufige Aufteilung der bilanzierten Nutzenergie auf die Versorgungssysteme
7	Ermittlung der Wärmequellen durch die Heizung in der Zone anhand des überschlägigen Nutzwärmebedarfs
8	Ermittlung der Wärmequellen durch die Trinkwarmwasserbereitung
9	Bilanzierung des Nutzwärmebedarfs der Zone
10	Endgültige Aufteilung der bilanzierten Nutzenergie auf die Versorgungssysteme
11	Ermittlung der Verluste der Übergabe, Verteilung und Speicherung für die Heizung, für die luftführenden Systeme, für die Wohnungskühlung und für die Trinkwarmwasserbereitung
12	Aufteilung der notwendigen Nutzwärmeabgabe aller Erzeuger auf die unterschiedlichen Erzeugungssysteme
13	Ermittlung der Verluste bei der Erzeugung von Wärme
14	Zusammenstellung der ermittelten Hilfsenergien
15	Zusammenstellung der Endenergien und Energieträger
16	Primärenergetische und CO <sub>2</sub> -Bewertung

## 4.2 Zusammenstellung der benötigten Unterlagen

Die Aufnahme der Gebäudedaten liefert die Grundlage für die Berechnung, die Daten bilden den spezifischen Zustand des Gebäudes ab. Das Gebäude wird über die Datenaufnahme in seinem Ist-Zustand charakterisiert.

Vorhandene Angaben, die der Auftraggeber über die energetische Qualität von Bauteilen macht, sollten von dem Fachmann auf Plausibilität geprüft werden. Es empfiehlt sich daher, das Gebäude vor Ort zu begehen, um Abweichungen zu Bestandsplänen, etwaige Um- und Anbauten und den tatsächlichen Zustand der Bau- teile beurteilen zu können. Besteht Zweifel an der Richtigkeit von Daten aus den Bauunterlagen, so gibt es die Möglichkeit, die Standardwerte aus den Bekanntma- chungen zur Datenaufnahme zu nutzen.

### 4.2.1 Ablauf der Datenaufnahme

Für den Fachmann ist es sinnvoll, die Gebäudeeigentümer vorab nach Planunterlagen und der Baubeschreibung des Gebäudes zu fragen und sich diese zusammen- stellen zu lassen. Notwendige Grunddaten können dann – soweit aus vorhandenen Unterlagen ersichtlich – vorab ermittelt werden. Das reduziert maßgeblich den Aufwand der Datenaufnahme vor Ort, entbindet jedoch nicht von einer Prüfung des Gebäudes auf mögliche Veränderungen wie beispielsweise An- und Umbau- ten. Falls keine Unterlagen vorhanden sind, sollten die Gebäudedaten vor Ort auf- genommen werden.

Um sicherzustellen, dass später alle für die Berechnung benötigten Daten vorliegen, sollte die Datenaufnahme der Gebäudehülle und der Anlagentechnik sys- tematisch durchgeführt werden, hier helfen Checklisten weiter.



Die dena stellt unter  
→[www.gebaeudeforum.de](http://www.gebaeudeforum.de)  
umfassende Checklisten für die  
Datenaufnahme von Wohngebäuden  
zur Verfügung.

### 4.2.2 Hilfreiche Unterlagen

Bei der Abfrage der Unterlagen und der Eintragung der Gebäudedaten sollte der Fachmann folgende Punkte berücksichtigen. Details, die nur für Nichtwohn- gebäude (NWG) relevant sind, sind entsprechend gekennzeichnet.

#### Gebäudehülle

Für die Ermittlung des Heizwärme- und Kältebedarfs sind die in der Heiz- bzw. Kühlzeit entstehenden Wärmesenken und -quellen zu bilanzieren. Hierzu sind folgende Unterlagen hilfreich:

- | Planunterlagen (Grundrisse, Schnitte, Ansichten, Details der Ausführungs- planung und Revision)
- | Baubeschreibung, Bauantrag, Wohn- oder Nettogrundflächenermittlung, Raumbuch
- | Protokoll Luftdichtheitsprüfung

#### **Die Unterlagen dienen der Ermittlung folgender Daten:**

- | Erfassung der thermischen Gebäudehülle, der Grenzfläche zwischen den beheizten Räumen und der unbeheizten Umgebung (Außenluft, Keller, Erdreich, unbeheizter Dachraum etc.). Die Flächen werden getrennt nach Lage und Himmelsrichtung, den angrenzenden Zonen, ihrer thermischen Qualität und der Umgebungstemperatur aufgenommen.
- | Das belüftete Volumen mit Nettoinnenmaßen ist maßgeblich für die Lüftungswärmeverluste des Gebäudes. Es kann vereinfacht aus dem umbauten Raum oder genauer mit der Nettogrundfläche und einer mittleren lichten Raumhöhe ermittelt werden.
- | Bestimmung der Bauteilqualität (Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte))
- | Dichtheit des Gebäudes
- | Art der temporären Verschattung (NWG)

#### **Anlagentechnik**

Aus den vorher genannten Gebäude- und Nutzungsdaten wird der Heizwärmebedarf und, wenn Kühlung vorhanden ist, auch der Kühlbedarf des Gebäudes ermittelt. Diesen Bedarf muss das Heizungssystem über die Heizperiode decken. Dabei treten Verluste auf, die bilanziert werden müssen. Nachfolgende Unterlagen sind bei der Erhebung nützlich:

- | Revisionsunterlagen, Anlagenschemata
- | Schornsteinfegerprotokoll
- | Protokolle der Wartungsfirmen

#### **Die Unterlagen dienen der Ermittlung folgender Daten:**

- | Bei der Wärmeerzeugung geht in der Regel ein Teil der Wärmemenge über die Oberfläche des Wärmeerzeugers verloren (Bereitschaftsverluste). Um die Wärmeverluste bestimmen zu können, sind verschiedene Informationen wie der Energieträger, die Art des Wärmeerzeugers, die Nennleistung und die Anzahl der Geräte notwendig. Auch über den Speicher, die Wärmeverteilung und die Wärmeübergabe im Haus entstehen Wärmeverluste, d. h., es werden auch Informationen zur Dämmung des Speichers, zur Lage, Länge und Dämmstärke der Rohrleitungen, zur Temperatur sowie zu der Betriebsdauer und Art der Heizflächen benötigt. Wärmerückgewinnungsanlagen können den Wärmebedarf positiv beeinflussen. Analoges gilt für die Kälteerzeugung.
- | Der Strombedarf für die Anlagentechnik wird als Hilfsenergie berücksichtigt. Der Strombedarf von Umlauf- und Zirkulationspumpen, Brennern, Kältekreispumpen, Lüftern, Regelungen etc. macht häufig einen bedeutenden Anteil am gesamten Energiebedarf aus. Für die Ermittlung des Strombedarfs werden Angaben zur elektrischen Aufnahmefähigkeit und zur Art der Regelung benötigt.
- | Der Strombedarf für die Beleuchtung fließt bei Nichtwohngebäuden in die Berechnung mit ein, hier sind die installierte Lampenleistung und die Art der Beleuchtungssteuerung relevant.

## 4.3 Begehung der Liegenschaft und Datenaufnahme

Zum einen muss die Gebäudebegehung Aufschluss darüber geben, ob die vorab bestimmten Gebäudequalitäten tatsächlich (noch) zutreffen. Beispielsweise ist zu prüfen, ob die geplante Anlagentechnik tatsächlich realisiert oder zwischenzeitlich ausgetauscht wurde und in welchem Zustand sie sich gegenwärtig befindet.

Zum anderen liegen erfahrungsgemäß im Vorfeld nicht alle notwendigen Informationen vor. Die Gebäudebegehung muss daher so angelegt werden, dass fehlende Daten kurzfristig beschafft bzw. im Rahmen der Nachbereitung berechnet oder abgeschätzt werden können. Geeignete Hilfsmittel wie Checklisten und Messgeräte (Gliedermaßstab, Bandmaß, Laserentfernungsmessgerät, Thermometer, Luxmeter, Kompass, Neigungsmessgerät, Feuerzeug, Taschenlampe etc.) sind entsprechend zusammenzustellen. Die Begehung und die Aufnahme der energetisch relevanten Gebäudekomponenten sollten systematisch erfolgen, z. B. anhand einer standardisierten Checkliste. Auch die Befragung des für die Anlagentechnik zuständigen Fachpersonals, beispielsweise des Facility Managements oder eines Hausmeisters, ist in der Regel sehr hilfreich.

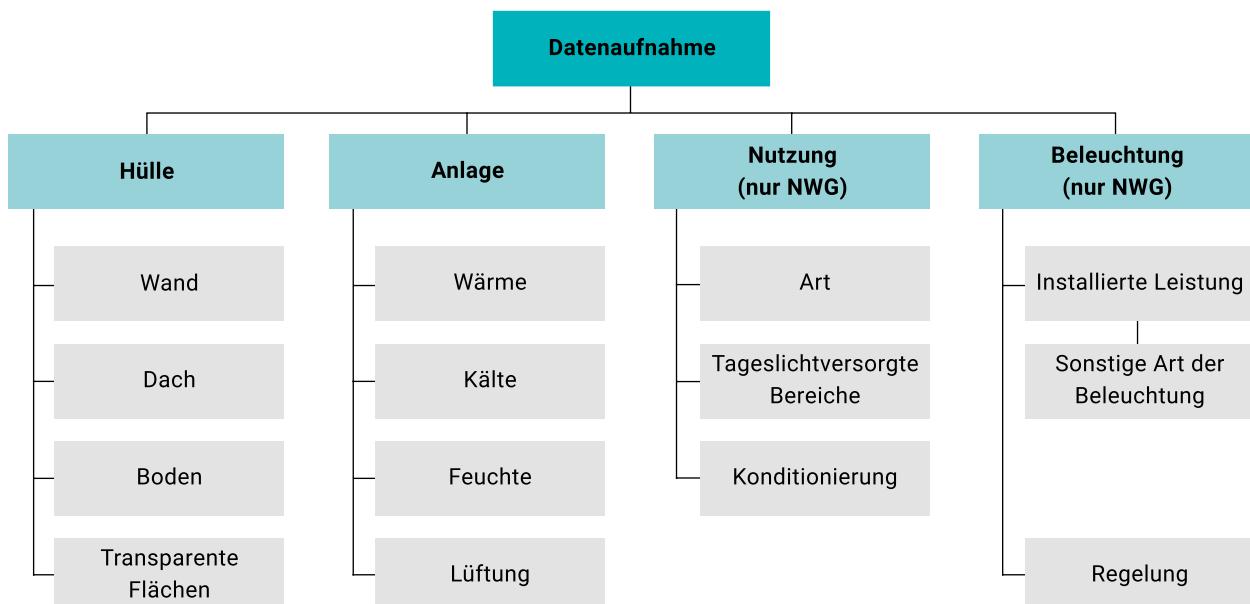


Abb. 3: Struktur der Datenaufnahme [3]

### 4.3.1 Datenaufnahme der Gebäudehülle vor Ort

Bevor die Flächen und Bauteilqualitäten eines Gebäudes ermittelt werden können, muss die thermische Hüllfläche bzw. wärmeübertragende Umfassungsfläche des Gebäudes festgelegt werden. Bei der energetischen Betrachtung eines Gebäudes grenzt sie den beheizten vom unbeheizten Bereich bzw. vom Außenbereich ab und stellt in der Regel die vorhandene oder anzunehmende Dämmebene dar. Die thermische Hüllfläche eines Gebäudes hat einen besonders hohen Einfluss auf den berechneten Primärenergiebedarf und sollte daher mit größter Sorgfalt festgelegt werden.

Es ist hilfreich, ebenfalls vor der Begehung des Gebäudes die möglichen Zonen festzulegen und die Grenzen in die Pläne einzuzeichnen, um sie vor Ort zu überprüfen. Dies setzt voraus, dass eine Zonierung bereits vor der Begehung möglich ist, weil genügend Informationen zur Nutzung und Konditionierung des Gebäudes vor-



liegen. Ansonsten wird die Begehung genutzt, um diese Daten festzustellen und zunächst eine Zonierung des Gebäudes vorzunehmen.

In den meisten Gebäuden gibt es Räume und Bereiche, die zwar nicht direkt beheizt werden, aber dennoch innerhalb der thermischen Hüllfläche liegen können. Der konkrete Umgang mit diesen Flächen und ihrer Zuordnung ist immer im Einzelfall zu prüfen.

#### Aufmaß der thermischen Hüllfläche

Zur Bestimmung des Heiz- und Kühlenergiebedarfs des Gebäudes benötigt man die Außenmaße aller Bauteile der wärmeübertragenden Hüllfläche. Unvollständige oder durch spätere Baumaßnahmen nicht mehr aktuelle Pläne müssen ergänzt bzw. geändert werden. Im Bestand kommt es sehr häufig vor, dass die Pläne nicht mit dem vorhandenen Gebäude übereinstimmen. Die Existenz von in den Planunterlagen verzeichneten Kellern und Kriechkellern sollte ebenfalls überprüft werden. Spätere Anbauten fehlen eventuell in den Plänen. In jedem Fall empfiehlt es sich, das Gebäude von allen Seiten zu fotografieren, um beispielsweise Abweichungen in der Anzahl und Größe der Fenster auch nachträglich noch zweifelsfrei klären zu können.

Weitere Hinweise zu den Maßbezügen und zur Berechnung der thermischen Hüllfläche befinden sich in Kapitel 5 „Berechnungen der thermischen Hüllfläche“.

#### Bestimmung der Bauteilqualität

Die Summe der Produkte aus den Bauteilflächen der thermischen Hüllfläche und ihren Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werten) bestimmt maßgeblich den Primärenergiebedarf des Gebäudes. Während Bauteilflächen mit einem korrekten Aufmaß hinreichend genau bestimmt werden können, ist die Ermittlung der wärmedämmenden Qualität der Außenbauteile erheblich schwieriger. Visuell ist nur die Bestimmung der Fensterqualität mit ausreichender Genauigkeit möglich. Orale Bauteile wie Wände und Dächer sind dagegen in der Regel von innen und außen verkleidet und geben visuell kaum Hinweise auf ihre wärmedämmende Qualität. Vorhandene Dämmschichten können unwirksam sein, wenn sie durchfeuchtet, hinterlüftet oder zusammengefallen sind. In diesen Fällen kann die Dämmschicht ihre Aufgabe nicht mehr erfüllen und darf nicht angesetzt werden.

Bei der Bestimmung der Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) der Außenbauteile ist es hilfreich, wenn der Bauantrag mit der Baubeschreibung noch vorhanden ist. Hier finden sich Hinweise auf die verwendeten Baumaterialien und eventuell noch vorhandene zusätzliche Schichten aus Wärmedämmstoffen. Da es jedoch in der Praxis möglich ist, dass die tatsächliche Ausführung von der Baubeschreibung abweicht oder nachträglich Änderungen vorgenommen wurden, sollten die Angaben vor Ort so weit wie möglich überprüft werden. In vielen Fällen liegen nähere Angaben zum Aufbau der Gebäudehülle nicht vor, sodass die Dämmeigenschaften der Hüllflächen abgeschätzt werden müssen.

#### Empfehlungen zur Datenaufnahme:

- Eine Messung der Innenoberflächentemperaturen (bei niedrigen Außentemperaturen) kann Aufschluss über die Dämmqualität der Außenflächen geben: Niedrige Oberflächentemperaturen auf der Wandinnenseite deuten dabei auf eine fehlende bzw. unzureichende Dämmung hin.
- Abfrage von Bauteilaufbauten, die der Eigentümer oder Mieter bei Renovierungs- oder Sanierungsarbeiten feststellen konnte (z. B. die Farbe des Bohrstaubes, um daraus auf das Material der Außenwand zu schließen)

Daher sollte man zu diesem Termin einen Ausdruck der Gebäudepläne im DIN-A4-Format mitnehmen, in dem Abweichungen in den gedachten Zonierungen, der Verlauf von Versorgungsleitungen, Heizkörpernischen und Ähnliches skizziert werden können.



Eine wichtige Arbeitshilfe stellt dabei die Einordnung des Gebäudes bzw. teilsanierter Gebäudebereiche in Baualtersklassen dar. Hier können die Bekanntmachungen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [4], [5] oder der Katalog regionaltypischer Materialien im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualtersklasse und Ableitung typischer Bauteilaufbauten des ZUB Kassel [6], [7] verwendet werden.



Weitere detaillierte Hinweise sind im „Leitfaden Energieausweis. Teil 1 – Energiebedarfssausweis: Datenaufnahme Wohngebäude“ [8] zu finden.



In der Regel kann man bei der Bestimmung der Parameter für die Heizung auf ein Schornsteinfegerprotokoll zurückgreifen. Es liefert Informationen zur Bezeichnung, Leistung und zum Baujahr der Heizung und des Brenners. Darüber hinaus enthält es u. a. Angaben zum gemessenen Abgasverlust. Im Zweifel kann man sich beim Hersteller erkundigen, um welchen Kesseltyp es sich handelt.



Eine wichtige Informationsquelle sind die Typenschilder an der Heizungsanlage. Sie können Auskunft über das Baujahr, die Leistung des Wärmeerzeugers oder das Volumen des Speichers geben.

- Nutzen von frei zugänglichen Stellen im Haus, um z. B. vom Spitzboden aus die Dämmung der Dachschräge oder den oberen unverputzten Wandabschluss zu erkennen
- Die Art der Verglasung lässt sich zumeist im Rahmen einer Begehung bestimmen.

### 4.3.2 Datenaufnahme der Anlagentechnik vor Ort

Um die gesamte Heizungsanlage mit ihren möglichen Verknüpfungen zur Warmwasserbereitung und zur Lüftungs- bzw. Klimaanlage richtig berechnen zu können, sollte man sich möglichst früh einen Überblick über die Versorgungsbereiche verschaffen: Welche Zonen werden durch welches System beheizt oder mit Warmwasser versorgt? Die Versorgungsbereiche werden unabhängig von den Zonen festgelegt. Somit kann es durchaus mehrere Systeme, z. B. eine Therme und einen Durchlauferhitzer, in einer Zone geben. In der Regel wird aber ein System, beispielsweise eine Zentralheizung, mehrere Zonen versorgen.

#### Heizungsanlage/Warmwasserbereitung

Es müssen folgende Bereiche aufgenommen werden: Wärmeerzeuger, -speicher, -verteilung, Pumpen und hydraulischer Abgleich sowie Wärmeübergabe. Es ist möglich, dass zur Heizung und Warmwasserbereitung jeweils mehrere Wärmeerzeuger, auch mit unterschiedlichen Brennstoffen, eingesetzt werden. Ist dies der Fall, so sind die technischen Angaben von allen Wärmeerzeugern sowie der Deckungsanteil am Gesamtwärmebedarf für die Berechnung des Endenergiebedarfs relevant.

Eine wichtige Rolle für die Größe der Verluste des Wärmeerzeugers (und des Wärmespeichers) spielt der Aufstellort. Hierbei muss geklärt werden, ob sich der Wärmeerzeuger innerhalb oder außerhalb des festgelegten beheizten Bereichs des Gebäudes (thermische Hüllefläche) befindet. Der Wärmeverlust des Speichers ist von der Speicher- und der mittleren Umgebungstemperatur, der Anzahl der Heizage sowie dem Bereitschaftswärmeverlust in kWh/d abhängig. Ist dieser Wert nicht bekannt, wird er unabhängig von der Dämmung und dem Baujahr über das Volumen abgeschätzt (DIN V 18599, Teil 5, Kapitel 6.4.2).

Insbesondere über das Leitungsnetz geht Wärme verloren. Darum ist es wichtig, zu wissen, wie die Heizungs- und Warmwasserverteilung erfolgt. Die Verluste sind abhängig von der Lage und Länge der Leitungen und ihrer Dämmung. Die Dämmung der Rohre wird bei fehlenden Werten anhand der Baualtersklasse abgeschätzt. Falls also eine nachträgliche Dämmung vorgenommen wurde, sollte der tatsächliche U-Wert ermittelt und in der Berechnung verwendet werden.

Neben den klassischen Heizkörpern (Raumheizflächen) und ihrer Anordnung vor Fenstern oder Wänden sowie Fußbodenheizungen können mit der DIN V 18599 auch Elektroheizungen, Deckenstrahler und Luftheizungen abgebildet werden. Nach DIN V 18599 ergeben sich neben der Art der Heizflächen und der Regelungseinrichtung noch weitere Fragen wie die nach der Anordnung in Heiznischen oder an Außenwänden vor Glasflächen, dem Vorhandensein einer zentralen/dezentralen Vorlauftemperaturregelung, der Ausführung der Fußbodenheizung (Nasssystem (Rohre im Estrich) oder Trockensystem) und der Dämmung unter der Fußbödenebene.

In der Praxis sollte man sich anhand der vorhandenen Regeleinrichtungen im Gespräch mit den technischen Betreibern oder der Wartungsfirma ein Bild von den vorhandenen Regelmöglichkeiten machen. Häufig werden die Möglichkeiten mangels Wissens nicht ausgeschöpft oder die Regelungen werden zu selten kontrolliert. Letzteres gilt auch für die Funktionstüchtigkeit der einzelnen Regeleinrichtungen.

Das Vorhandensein eines hydraulischen Abgleichs lässt sich in der Regel vor Ort nicht in der zur Verfügung stehenden Zeit klären. Es kann nur auf frühere Pläne zurückgegriffen werden. Liegen Einstellprotokolle für Ventile und/oder Pumpen vor, kann – nach stichprobenartiger Überprüfung – von einem Abgleich ausgegangen werden.

### Raumluftechnische Anlagen

Raumluftechnische Anlagen kommen in den unterschiedlichsten Konstellationen zum Einsatz, angefangen von kleinen Abluftanlagen für innen liegende Sanitärräume bis hin zu Großanlagen, die einen Gebäudebereich bzw. das gesamte Gebäude be- und entlüften. Einfache Lüftungsanlagen haben weder eine Kühl- noch eine Befeuchtungsfunktion, sondern sind lediglich mit einem Heizregister ausgestattet. In vielen Fällen wird jedoch der Nutzenergiebedarf für Wärme und Kälte ganz oder teilweise durch die Lüftungsanlage gedeckt.

**TIPP:** Bei der Bewertung von Leuchtstofflampen im Bestand lassen sich konventionelle von elektronischen Vorschaltgeräten über einen kurzen Einschalttest leicht unterscheiden. Sind elektronische Vorschaltgeräte (EVS) integriert, so geht das Licht nach dem Einschalten sofort an. Handelt es sich um konventionelle Vorschaltgeräte (KVS, VVS), so ist direkt nach dem Einschalten zunächst ein kurzes Flackern zu sehen.

### Beleuchtung (nur Nichtwohngebäude)

Die Beleuchtung ist z. B. in Bürogebäuden einer der größten Stromverbraucher. Sie trägt erheblich zum Primärenergiebedarf eines Verwaltungsgebäudes bei. Der Stromverbrauch für die Beleuchtung wird nicht nur durch die Lampen- und Leuchtentchnik sowie die Steuerungskonzepte beeinflusst. Auch die Tageslichtnutzung hat einen erheblichen Einfluss auf den Energiebedarf.

Um die Tageslichtnutzung abzubilden, ist die Erfassung der Fenster nicht ausreichend. Der nutzbare Anteil des Tageslichts hängt von der Position der Fenster (ggf. mit Verschattung) in Bezug auf die Flächen ab, für die ein Beleuchtungsbedarf besteht. Um die Berechnungen später genau durchführen zu können, müssen z. B. Pläne für Beleuchtungsbereiche erstellt und die Daten der Lampen vor Ort (Leistung, Art, Anzahl) festgestellt werden.

# 5 Nutzungsrandbedingungen, Zonierung und Berücksichtigung der Klimadaten

## 5.1 Nutzungsrandbedingungen für Nichtwohngebäude

Für eine Bilanzierung nach DIN V 18599 ist die Gebäudenutzung ein maßgebliches Kriterium für die Einteilung der Zonen. In Teil 10 der Norm werden Richtwerte für unterschiedliche Nutzungen angegeben. Diese sind teils sehr differenziert (Einzel- oder Gruppenbüro) und teils sehr pauschal (gewerbliche und industrielle Hallen – grobe oder feine Arbeit) gehalten. Die angegebenen Nutzungsrandbedingungen sind im Sinne der Norm als Richtwerte zu verstehen, die anzunehmen sind, wenn keine genaueren Werte vorliegen. Das Gebäudeenergiegesetz, aber auch förderrechtliche Regelungen können hier abweichende Regelungen treffen.

Die nutzungsspezifischen Randbedingungen in DIN V 18599-10 beziehen sich auf

- | Nutzungs- und Betriebszeiten,
- | Beleuchtung,
- | Raumklima und
- | Wärmequellen.

Darüber hinaus finden sich dort allgemeingültige Nutzungsrandbedingungen zur Verschmutzung von Verglasungen sowie nutzungsabhängige Richtwerte zum Trinkwarmwasserbedarf.

Nachfolgend sind die Randbedingungen für ausgewählte Nutzungen dargestellt, anhand derer ihre Bedeutung erläutert werden soll. Die Werte sind DIN V 18599-10:2018-09 entnommen.

### Nutzungs- und Betriebszeiten

Die Angaben für Nutzungsbeginn und -ende (Spalten 3 und 4), also die Zeiten der Anwesenheit von Personen bzw. des Betriebs der Einrichtung, werden für die Bilanzierung nicht unmittelbar benötigt. Sie bilden aber die Basis für die Ermittlung der jährlichen Nutzungsstunden, während derer Tageslicht vorhanden bzw. nicht vorhanden ist (Spalten 7 und 8). Die angegebenen Werte beziehen sich auf eine geografische Breite von 50°. Für andere Gebäudestandorte oder abweichende Nutzungszeiten ist in DIN V 18599-10, Anhang B ein Berechnungsverfahren angegeben. Diese Nutzungsstunden werden benötigt für die Berechnung des Energiebedarfs für Beleuchtung nach DIN V 18599-4. Die Tagzeit definiert sich von Sonnenauf- bis Sonnenuntergang. Die jährlichen Nutzungstage (Spalte 6) ergeben sich grundsätzlich aus der Einstufung in eine Fünf-, Sechs- oder Siebentagewoche. Eine Ausnahme bildet hierbei beispielsweise die Nutzung „Klassenzimmer“. Dort werden zusätzlich die Ferienzeiten berücksichtigt. Im Rahmen der energetischen Bilanzierung werden die jährlichen Nutzungstage auf den jeweiligen Monat in Abhän-

gigkeit der Anzahl der Tage im Monat verteilt. Diese proportionale Verteilung führt bei einer über den Jahresverlauf ungleichmäßigen Nutzung – Beispiel Schule – zu Abweichungen, die der Vereinfachung des Rechenmodells geschuldet sind. Die jährlichen Betriebstage der Anlagentechnik (Spalte 10) unterscheiden sich nur bei der Nutzung „Ausstellungsräume und Museum mit konservatorischen Anforderungen“ von den jährlichen Nutzungstagen. Für die täglichen Betriebsstunden von RLT, Kühlung und Heizung werden im Regelfall zusätzlich zwei Stunden Vorlauf- bzw. Aufheizzeit berücksichtigt. Der Absenkbetrieb der Heizungsanlage findet dann außerhalb der täglichen Betriebsstunden Berücksichtigung.

Weichen die Nutzungs- und Betriebszeiten der Nutzungsprofile innerhalb eines Nutzungskonzeptes voneinander ab, können die Zeiten der Neben- an die der Hauptnutzung angepasst werden. Für die energetische Bewertung einer Schule können somit die Nutzungszeiten von WC- und Sanitärräumen sowie Verkehrsflächen (jeweils 7.00 bis 18.00 Uhr) an die Nutzungszeit der Klassenzimmer (8.00 bis 15.00 Uhr) angepasst werden.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nr.	Nutzung	Nutzungsbeginn	Nutzungsende	Tägliche Nutzungsstunden	Jährliche Nutzungstage	Jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit	Jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit	Tägliche Betriebsstunden RLT und Kühlung	Jährliche Betriebsstunden für RLT, Kühlung und Heizung	Tägliche Betriebsstunden Heizung
		–	–	$t_{Nutz,d}$	$d_{Nutz,d}$	$t_{tag}$	$t_{Nacht}$	$t_{v,op,d}$	$d_{op,a}$	$t_{h,op,d}$
		Uhr	Uhr	h/d	d/a	h/a	h/a	h/d	d/a	h/d
1	Einzelbüro	07:00	18:00	11	250	2.543	207	13	250	13
2	Gruppenbüro									
...										
6	Einzelhandel/Kaufhaus									
7	Einzelhandel/Kaufhaus (Lebensmittelabteilung mit Kühlprodukten)	08:00	20:00	12	300	3.009	591	14	300	14
8	Klassenzimmer (Schule) Gruppenraum (Kindergarten)	08:00	15:00	7	200	1.400	0	9	200	9
...										
16	WC- und Sanitärräume in NWG									
17	Sonstige Aufenthaltsräume									
18	Nebenflächen (ohne Aufenthaltsräume)	07:00	18:00	11	250	2.543	207	13	250	13
19	Verkehrsflächen									
20	Lager, Technik, Archiv									
...										
27	Ausstellungsräume und Museum mit konservatorischen Anforderungen	10:00	18:00	8	250	1.846	151	24	365	24
...										
35	Fitnessraum	08:00	23:00	15	365	3.663	1.812	17	365	17

Tab. 1: Nutzungs- und Betriebszeiten nach DIN V 18599-10

### Beleuchtung

In den Spalten 12 bis 18 werden die nutzungsabhängigen Randbedingungen angegeben, um den Energiebedarf für Beleuchtung nach DIN V 18599-4 berechnen zu können. Als Wartungswert der Beleuchtungsstärke ist der Wert angegeben, der für die „Erfüllung der Sehauftgabe“ (bezogen auf die Horizontale) gefordert wird und auf Höhe der Nutzebene bereitzustellen ist. Der überwiegend für die Nutzebene angegebene Wert von 0,80 m ergibt sich als Mittelwert aus den Ansätzen für eine überwiegend sitzende (0,75 m) und überwiegend stehende Tätigkeit (0,85 m). Die Werte für den Minderungsfaktor in Spalte 14 und für den Raumindex werden in Abschnitt 10 erläutert. Nur in diesen beiden Randbedingungen weisen beispielsweise die Nutzungsprofile Einzel- und Gruppenbüro einen Unterschied auf. Für das Einzelbüro ergibt sich bei ansonsten gleicher Ausstattung somit ein etwa 10 Prozent höherer Energiebedarf für Beleuchtung. Die relative Abwesenheit  $C_A$  (Spalte 15) und der Teilbetriebsfaktor  $F_t$  (Spalte 17) berücksichtigen jeweils einen zeitlichen Teilbetrieb.  $C_A$  bezieht sich auf die tägliche Nutzungszeit (z. B. Abwesenheit durch Pausen oder Besprechungen) und  $F_t$  auf den gesamten Bilanzzeitraum (z. B. Abwesenheit durch Urlaub oder Krankheit). In der Fassung 2018 der Normenreihe DIN V 18599 wurde zusätzlich ein Anpassungsfaktor zur Beleuchtung vertikaler Flächen aufgenommen. Dieser berücksichtigt die Anpassung der installierten Leistung des Beleuchtungssystems durch Vorgaben an die vertikale Beleuchtungsstärke (z. B. in Schulen).

1	2	12	13	14	15	16	17	18	
Nr.	Nutzung	Beleuchtung							
		Wartungswert der Beleuchtungsstärke	Höhe der Nutzebene	Minderungsfaktor Bereich Sehauftgabe	Relative Abwesenheit	Raumindex	Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit	Anpassungsfaktor zur Beleuchtung vertikaler Flächen	
		$\bar{E}_m$	$h_{Ne}$	$k_A$	$C_A$	$k$	$F_t$	$k_{vB}$	
		lx	m	–	–	–	–	–	
1	Einzelbüro	500	0,8	0,84	0,3	0,9	0,7	1	
2	Gruppenbüro			0,92		1,25			
...									
6	Einzelhandel/Kaufhaus	300	0,8	0,93	0	2,5	1	1,5	
7	Einzelhandel/Kaufhaus (Lebensmittelabteilung mit Kühlprodukten)							1	
8	Klassenzimmer (Schule) Gruppenraum (Kindergarten)	300	0,8	0,97	0,25	2	0,9	1	
...									
16	WC- und Sanitärräume in NWG	200	0,8	1	0,9	0,8	1	1	
17	Sonstige Aufenthaltsräume	300		0,93	0,5	1,25			
18	Nebenflächen (ohne Aufenthaltsräume)	100		1	0,9	1,5			
19	Verkehrsflächen				0,8	0,8			
20	Lager, Technik, Archiv		0,8	0,98	1,5	0,5	2		
...									
27	Ausstellungsräume und Museum mit konservatorischen Anforderungen	200	0,8	0,88	0	2,0	1	1	
...									
35	Fitnessraum	300	0	1	0	2,0	1	1	

Tab. 2: Nutzungsrandbedingungen für Beleuchtung nach DIN V 18599-10

## Raumklima

Seit der Normenfassung 2011 werden die Temperaturrandbedingungen je Nutzung angegeben, da die grundsätzliche Angabe einer Raumsolltemperatur im Heizfall von 21 °C nicht mehr für alle Nutzungen zutreffend war. Die Raumsolltemperaturen für Heizung und Kühlung stehen für den jeweiligen Sollwert der Monatsmitteltemperatur im Raum während der Nutzungszeit. Außerhalb der Nutzungszeit wird eine Temperaturabsenkung entsprechend Spalte 20 angenommen. Diese wird, sofern vorgesehen, grundsätzlich mit 4 K angesetzt. Die Angaben zu den Auslegungstemperaturen für Heizung und Kühlung (Spalten 22 und 23) werden im Zusammenhang mit der Berechnung der maximalen Heiz- und Kühlleistung nach DIN V 18599-2, Anhang B und C benötigt. Die Randbedingung Feuchteanforderung (Spalte 24) wird nur berücksichtigt, wenn in der betrachteten Zone auch eine Be- und Entfeuchtung vorgesehen ist. Die Unterscheidung ohne bzw. mit Toleranz (o. T./m. T.) bezieht sich darauf, ob eine konstante Raumluftfeuchte gewährleistet werden muss oder ob die Raumluftfeuchte innerhalb einer bestimmten Bandbreite variieren kann. Der Mindest-Außenluftvolumenstrom (Spalte 25) wird als flächenbezogener Luftvolumenstrom angegeben. Dieser resultiert grundsätzlich aus hygienischen Anforderungen und wird als konstanter Volumenstrom während der Nutzungszeit verstanden. Im Falle einer bedarfsgeführten Lüftung nach DIN V 18599-7 kann während dieser der Außenluftvolumenstrom reduziert werden. Als untere Grenze wird der Volumenstrom nach DIN EN 15251 für schadstoffarme Gebäude ohne Personenanteil verwendet. Der zeitliche Ansatz ergibt sich dabei analog zur Beleuchtung über die Bewertung einer relativen Abwesenheit (Spalte 27) und eines Teilbetriebsfaktors der Gebäudebetriebszeit (Spalte 28).

1	2	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Nr.	Nutzung	Raumklima									
		Raumsolltemperatur Heizung	Raumsolltemperatur Kühlung	Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb	Minimale Temperatur Auslegung Heizung	Minimale Temperatur Auslegung Kühlung	Feuchteanforderung	Mindest-Außen- luftvolumenstrom	Mindest-Außenluftvolu- menstrom für Gebäude (Klasse 2 Schadstoffarm DIN EN 15251)	Relative Abwesenheit RLT	Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit RLT
		$\Theta_{i,h,soll}$	$\Theta_{i,c,soll}$	$\Delta\Theta_{i,NA}$	$\Theta_{i,h,min}$	$\Theta_{i,c,max}$	–	$\dot{V}_A$	$\dot{V}_{A,Geb}$	$C_{RLT}$	$F_{RLT}$
1	Einzelbüro	21	24	4	20	26	m. T.	4	2,5	0,3	0,7
	Gruppenbüro										
...											
6	Einzelhandel/Kaufhaus										1
7	Einzelhandel/Kaufhaus (Lebensmittelabteilung mit Kühlprodukten)	21	24	4	20	26	m. T.	4	2,5	0,5	1
8	Klassenzimmer (Schule) Gruppenraum (Kindergarten)	21	24	4	20	26	m. T.	10	2,5	0,25	0,9
...											
16	WC- und Sanitärräume in NWG						–	15	5	0,7	1
17	Sonstige Aufenthaltsräume						m. T.	7	2,5	0,5	0,8
18	Nebenflächen (ohne Aufenthaltsräume)	21	24	4	20	26		0,15	–	–	–
19	Verkehrsflächen						–	0	–	–	–
20	Lager, Technik, Archiv							135	–	–	–
...											
27	Ausstellungsräume und Museum mit konservatorischen Anforderungen	21	24	4	20	26	o. T.	2	2	0,5	1
...											
35	Fitnessraum	20	24	4	18	26	m. T.	12	2,5	0,5	0,9

Tab. 3: Nutzungsrandbedingungen für Raumklima nach DIN V 18599-10

### Wärmequellen

Die Wärmequellen werden getrennt für Personen (Spalte 29) und Arbeitshilfen (Spalte 30) angegeben. Dies kann den Anwender bei der Zuordnung eines Nutzungsprofils zu einer Nutzung, für die es kein eindeutiges Profil gibt, unterstützen. In der Bilanzierung fließt der Wert jedoch nur als Summe ein. Die Unterscheidung für die beiden Profile „Einzelhandel/Kaufhaus“ (Zeile 6 und 7) liegt in den Werten für die Wärmequellen aus Arbeitshilfen. Für das Nutzungsprofil 7 wird davon ausgegangen, dass die Kondensatoren der Kühlseinrichtungen sich außerhalb des Bilanzbereichs befinden und somit eine Wärmesenke darstellen. Daher wird  $q_{i,fac}$  mit -170 Wh/(m<sup>2</sup>·d) angenommen. Befinden sich die Kondensatoren jedoch innerhalb der Zone, so sind die Kühlseinrichtungen als Wärmequelle zu betrachten und  $q_{i,fac}$  wird mit 85 Wh/(m<sup>2</sup>·d) angesetzt.

1	2	29	30
Nr.	Nutzung	Wärmequellen	
		Personen	Arbeitshilfen
		$q_{i,p}$	$q_{i,fac}$
		Wh/(m <sup>2</sup> ·d)	
1	Einzelbüro	30	43
2	Gruppenbüro		
...			
6	Einzelhandel/Kaufhaus		24
7	Einzelhandel/Kaufhaus (Lebensmittelabteilung mit Kühlprodukten)	84	-170 oder 85
8	Klassenzimmer (Schule) Gruppenraum (Kindergarten)	100	20
...			
16	WC- und Sanitärräume in NWG	0	0
17	Sonstige Aufenthaltsräume	93	8
18	Nebenflächen (ohne Aufenthaltsräume)		
19	Verkehrsflächen	0	0
20	Lager, Technik, Archiv		
...			
27	Ausstellungsräume und Museum mit konservatorischen Anforderungen	28	0
...			
35	Fitnessraum	264	24

**Tab. 4:** Nutzungsrandbedingungen für Wärmequellen nach DIN V 18599-10

### Vereinfachungen

Die Norm erlaubt das Zusammenfassen der Nutzungsprofile Verkehrsflächen (Zeile 19) und Lager, Technik, Archiv (Zeile 20) zu Nebenflächen (ohne Aufenthaltsräume) (Zeile 18). Die Berücksichtigung der Verkehrsflächen innerhalb dieser Vereinfachung kann jedoch zu einer merklichen Unterschätzung des Energiebedarfs für Beleuchtung führen.

### **Individuelle Nutzungsprofile**

Im Anhang A zur DIN V 18599-10 werden für die Nutzungsprofile noch ausführlichere Daten zur Verfügung gestellt. Für einige Randbedingungen ist dort auch eine Bandbreite typischer Werte angegeben. Im Anhang D wird am Beispiel einer Fertigungshalle die Erstellung eines individuellen Nutzungsprofils erläutert. Die Regelungen hinsichtlich der möglichen Anwendung von individuellen Nutzungsprofilen im Gebäudeenergiegesetz, aber auch im Förderrecht sind zu beachten.

### **Trinkwarmwasserbedarf**

Zu den Nutzungsrandbedingungen für Nichtwohngebäude gehören auch die Richtwerte des Nutzenergiebedarfs für Trinkwarmwasser. Die Werte werden in Abhängigkeit der Nutzung sowohl nutzungs- wie auch flächenbezogen angegeben. Die Auswahl der Werte, die der Anwender seiner Bilanzierung zugrunde legt, steht ihm frei. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die nutzungsbezogenen Werte in kWh und die flächenbezogenen Werte in Wh angegeben sind. Darüber hinaus kann sich der Nutzenergiebedarf je nach gewähltem Ansatz stark unterscheiden:

#### **Beispiel**

Einzelhandelsgeschäft mit 70 m<sup>2</sup> Verkaufsfläche und 2 Beschäftigten:

$$\text{Nutzungsbezug: } 1 \text{ kWh}/(\text{Beschäftigte} \cdot d) \cdot 2 \text{ Beschäftigte} = 2,0 \text{ kWh/d}$$

$$\text{Flächenbezug: } 10 \text{ Wh}/(\text{m}^2_{\text{Verkaufsfläche}} \cdot d) \cdot 70 \text{ m}^2_{\text{Verkaufsfläche}} / 1.000 = 0,7 \text{ kWh/d}$$

Weiterhin ist darauf zu achten, dass bei den flächenbezogenen Werten die Bezugsfläche (= Nettogrundfläche) nicht zwingend der Zonenfläche entsprechen muss.

Der Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser kann vernachlässigt werden, wenn er weniger als 0,2 kWh/(Person · d) beträgt. Davon kann beispielsweise in Bürogebäuden oder Schulen mit einzelnen Trinkwarmwasser-Zapfstellen ausgegangen werden (Handwaschbecken, Teeküche, Getränkeausgabe, Putzraum).

<b>Nutzung</b>	<b>Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser</b>		<b>Bezugsfläche (Nettogrundfläche)</b>
	<b>nutzungsbezogen</b>	<b>flächenbezogen</b>	
Bürogebäude	0,4 kWh/(Person · d)	30 Wh/(m <sup>2</sup> · d)	Bürofläche
Bettenzimmer/Krankenhaus	6 kWh/(Bett · d)	400 Wh/(m <sup>2</sup> · d)	Bettenzimmer
Schule ohne Duschen	0,4 kWh/(Person · d)	130 Wh/(m <sup>2</sup> · d)	Klassenzimmer
Schule mit Duschen	1,5 kWh/(Person · d)	500 Wh/(m <sup>2</sup> · d)	
Einzelhandel/Kaufhaus	1 kWh/(Beschäftigte · d)	10 Wh/(m <sup>2</sup> · d)	Verkaufsfläche
Friseure	6 kWh/(Beschäftigte · d)	–	–

**Tab. 5:** Richtwerte für den Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser nach DIN V 18599-10, Tabelle 6 (Auszug)

Sofern der Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser für Produktionsprozesse (z. B. Friseure) in die Bilanzierung einbezogen werden soll, ist dies entsprechend zu dokumentieren.

### 5.1.1 Wohngebäude

Die Nutzungsrandbedingungen für die energetische Bewertung von Wohngebäuden werden in Teilen nach Einfamilienhäusern (EFH) und Mehrfamilienhäusern (MFH) unterschieden. Eine Differenzierung wird nach der Anzahl der Wohneinheiten vorgenommen. Wohngebäude mit bis zu zwei Wohneinheiten werden dabei als Einfamilienhaus, alle anderen als Mehrfamilienhaus betrachtet.

Die Normenreihe DIN V 18599 gibt die flächenbezogenen Angaben, abweichend zu früheren Fassungen, nun auch für Wohngebäude grundsätzlich mit Bezug auf die Nettogrundfläche (NGF) an.

				Einfamilienhaus	Mehrfamilienhaus
Nutzungs- und Betriebszeiten	Jährliche Nutzungstage Heizung und Trinkwarmwassererwärmung	$d_{Nutz,a}$	d/a	365	
	Tägliche Nutzungszeit	–	Uhr	00:00 bis 24:00	
	Jährliche Betriebszeit Heizung und Wohnungslüftungsanlage	–	–	nur während der Heizzeit (Heizperiodenbetrieb)	
	Tägliche Betriebszeit Wohnungslüftungsanlage	–	Uhr	00:00 bis 24:00	
	Tägliche Betriebsdauer Wohnungslüftungsanlage	$t_{rv,op,d}$ $t_{rc,op,d}$	h/d	24	
	Tägliche Betriebszeit Heizung	–	Uhr	06:00 bis 23:00	
	Tägliche Betriebsdauer Heizung	$t_{h,op,d}$	h/d	17	
	Tägliche Betriebszeit reduzierter Heizbetrieb	–	Uhr	23:00 bis 06:00 (Abschaltbetrieb)	23:00 bis 06:00 (Absenkbetrieb)
Raumklima	Tägliche Betriebsdauer reduzierter Heizbetrieb	$t_{NA}$	h/d	7	
	Raumsolltemperatur Heizung	$\theta_{i,h,soll}$	°C	20	
	Raumsolltemperatur Kühlung	$\theta_{i,c,soll}$	°C	25	
	Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb	$\Delta\theta_{i,NA}$	K	4	
	Minimaltemperatur Auslegung Heizung	$\theta_{i,h,min}$	°C	20	
	Maximaltemperatur Auslegung Kühlung	$\theta_{i,c,max}$	°C	26	
Wärmequellen	Nutzungsbedingter Außenluftwechsel – nicht bedarfsgeführt	$n_{nutz}$	h <sup>-1</sup>	nicht bedarfsgeführt: 0,5 bedarfsgeführt (nur i. V. m. ventilatorgestützter Lüftung): 0,45	
	Interne Wärmequellen	$q_i$	Wh/(m <sup>2</sup> ·d)	45	90
	Anteil der mit beheizten Fläche an der Gesamtfläche	$a_{tb}$	–	0,25	0,15
Weiter	Anwendungsstrombedarf (ohne Anteile der Hilfs- und Endenergien für Heizung, Kühlung, Lüftung und Trinkwarmwassererwärmung)	$q_{el,b}$	Wh/(m <sup>2</sup> ·d)	63	

Tab. 6: Nutzungsrandbedingungen für Wohngebäude

### Anwendungsstrombedarf

Für Wohngebäude wird ein spezifischer Wert für den Anwendungsstrombedarf angegeben. Darunter wird der Haushaltsstrom verstanden ohne Berücksichtigung des Strombedarfs – im Wesentlichen Hilfsenergien (Strom für Umlämpfumpen Ventilatoren, Regelungen etc.) –, der bereits im Rahmen der Bilanzierung berücksichtigt wird. Der Anwendungsstrombedarf wird im Zusammenhang mit der Bewertung von Batteriespeichern nach DIN V 18599-9 benötigt.

### Trinkwarmwasserbedarf

Der jährliche Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser  $Q_{wb}$  wird abweichend von früheren Ansätzen in Abhängigkeit der mittleren Nettogrundfläche einer Wohneinheit  $A_{NGF,WE,m}$  ermittelt. Diese wird berechnet, indem die Nettogrundfläche des Wohngebäudes durch die Anzahl der Wohneinheiten geteilt wird.

Der Nutzenergiebedarf wird wie folgt berechnet:

$$Q_{wb} = \max[16,5 - (A_{NGF,WE,m} \cdot 0,05); 8,5] \text{ kWh}/(m^2 \cdot a)$$

Der Verlauf des Nutzenergiebedarfs in Abhängigkeit der Nettogrundfläche ist in Abbildung 4 dargestellt. Zusätzlich sind die beiden Kenngrößen für Ein- und Mehrfamilienhäuser dargestellt, wie sie bislang in der Fassung 2011 verwendet wurden.

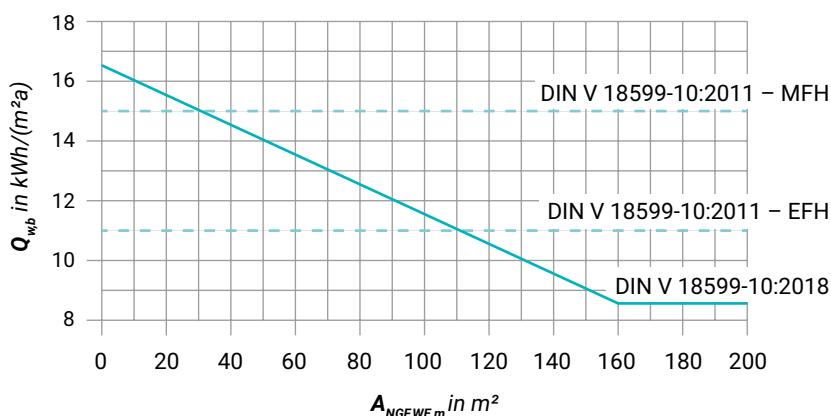


Abb. 4: Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser in Abhängigkeit der Nettogrundfläche

## 5.2 Zonierung von Nichtwohngebäuden

### 5.2.1 Allgemeines

Ein wesentlicher Bestandteil der Bilanzierungsmethodik nach DIN V 18599 ist die Idealisierung eines Nichtwohngebäudes als ein Mehr-Zonen-Modell. Darin sind die einzelnen Zonen die grundlegende räumliche Berechnungseinheit, d. h., dass jede Zone für sich bilanziert wird und anschließend die einzelnen Zonenergebnisse zusammengeführt werden. Dabei gelten je nach Aufgabenstellung – individuelle Beratung oder Nachweis nach energiespar- oder förderrechtlichen Regeln – für die Wahl der Randbedingungen und die Anwendung von Vereinfachungen unterschiedliche Regeln.

Bevor also die eigentliche energetische Bilanzierung durchgeführt werden kann, ist das Gebäude zu zonieren. Dazu werden die Bereiche eines Gebäudes zu Zonen zusammengefasst, die ähnliche Nutzenergiemengen bzw. ähnliche Wärmesenken und -quellen aufweisen, sodass möglichst homogene Gebäudebereiche entstehen. Diese Bereiche müssen jedoch nicht räumlich verbunden sein. Aber auch eine bauliche Trennung zwischen Zonen ist nicht zwingend erforderlich. So werden beispielsweise die Bühne und der Zuschauerraum eines Theaters aufgrund ihrer Nutzung in zwei unterschiedlichen Zonen bilanziert, auch wenn nutzungsbedingt keine bauliche Trennung gegeben ist.

Um die Gebäudebilanz zu vereinfachen, sollten jedoch nur so viele Zonen gebildet werden, dass die wichtigsten energetischen Unterschiede innerhalb eines Gebäudes angemessen berücksichtigt werden. Zu viele Zonen erhöhen den Berechnungsaufwand erheblich, ohne dass sich das Bilanzierungsergebnis entsprechend verbessert.

Die Art, wie eine Zone konditioniert wird, bestimmt auch die Nutzenergien, die in der Bilanzierung zu berücksichtigen sind. Innerhalb der DIN V 18599 werden folgende Nutzenergien unterschieden:

- | Nutzwärmebedarf (Heizwärmebedarf),
- | Nutzkältebedarf (Kühlbedarf),
- | Nutzenergie der thermischen Luftaufbereitung,
- | Nutzenergie für Befeuchtung,
- | Nutzenergie für Beleuchtung und
- | Nutzenergie für Trinkwarmwasserbereitung.

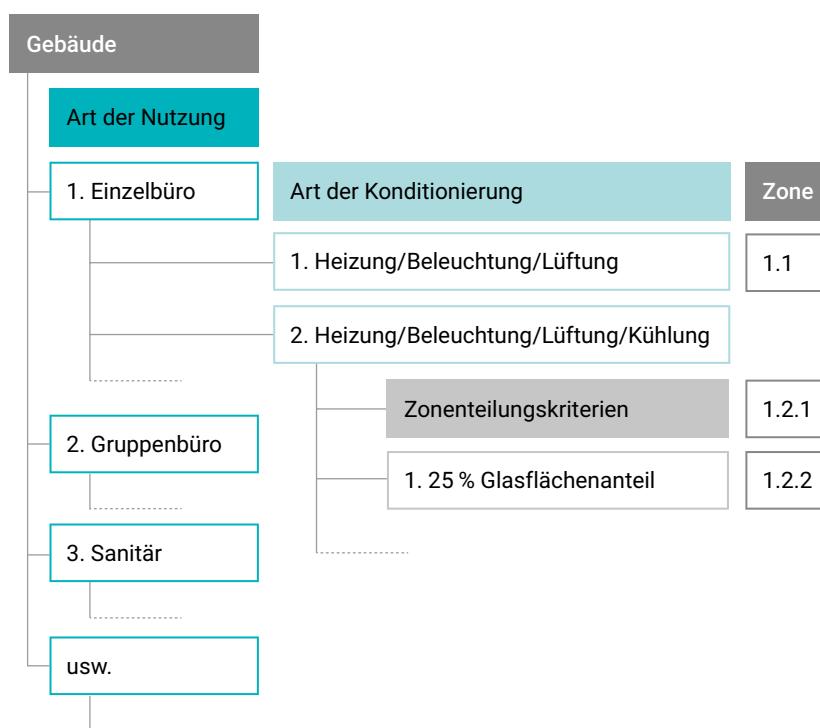
Die Nutzenergiemengen werden dabei wesentlich durch das Nutzungsprofil bestimmt. Dabei kann eine Zone alle oder auch nur eine einzelne Konditionierung aufweisen. Sobald jedoch mindestens eine Konditionierung vorliegt, ist dieser Raum bzw. die Zone in der Bilanzierung nach DIN V 18599 zu berücksichtigen. In diesem Sinne sind unbeheizte Lagerräume, die jedoch beleuchtet werden, oder Parkhäuser mit Beleuchtung und Lüftungsanlagen jeweils als Zone in der Energiebilanz abzubilden. Abweichend davon sind in energiesparrechtlichen Nachweisen, aber auch bei der Ausstellung von Energieausweisen für bestehende Nichtwohngebäude, lediglich die beheizten und/oder gekühlten Bereiche eines Gebäudes bei der Berechnung des Jahresprimärenergiebedarfs zu berücksichtigen. Ursächlich hierfür ist der Anwendungsbereich der energiesparrechtlichen Regeln. Sie erstrecken sich nur auf thermisch konditionierte Gebäude.

Der Nutzwärme- und -kältebedarf eines Raumes oder einer Raumgruppe bestimmt sich maßgeblich aus den solaren und nutzungsbedingten internen (Personen und Arbeitshilfen) Wärmequellen sowie den baulich bedingten Wärmesenken (Transmissions- und Lüftungswärmeverluste). Um der Zielsetzung gerecht zu werden, Zonen mit ähnlichen Nutzenergiemengen zu bilden, sind nicht nur die nutzungsbedingten, sondern auch die baulichen Unterschiede bei der Zonierung angemessen zu berücksichtigen. Dies könnte beispielsweise der Fall bei einem Schulgebäude sein, das aus einem unsanierten Hauptgebäude (schlechter baulicher Wärmeschutz und undichte Fenster) und einer Erweiterung (sehr guter baulicher Wärmeschutz und dichte Fenster) besteht. Für die Klassenzimmer wären dann zwei Zonen vorzusehen, da sich trotz gleicher Nutzungsrandbedingungen der Heizwärmeverbrauch in den Klassenzimmern der Erweiterung deutlich von denen im Hauptgebäude unterscheiden wird.

### 5.2.2 Vorgehensweise

Die allgemeine Vorgehensweise bei der Zonierung eines Gebäudes ist in Abschnitt 6 der DIN V 18599-1 beschrieben und soll hier anhand eines Beispiels erläutert werden. Der Grundriss eines Bürogebäudes soll dafür die Grundlage bilden. Die nachfolgende Zonierung erfolgt dabei ausschließlich nach den Regeln der DIN V 18599. Abweichende Regelungen aus energiespar- und förderrechtlichen Regelungen werden hier nicht betrachtet.

Die grundsätzliche Vorgehensweise soll zunächst mit nachfolgender Grafik (Abbildung 5) dargestellt werden. Zuerst werden den Räumen oder Raumgruppen eines Gebäudes Nutzungsprofile zugewiesen. Im nächsten Schritt wird überprüft, ob sich gleiche Nutzungen in ihrer Konditionierung unterscheiden. Für die kältetechnische Bilanzierung ist dann ggf. eine weitere Zonierung erforderlich.



**Abb. 5:** Vorgehensweise Zonierung

In der Praxis können jedoch auch zusätzliche individuelle Zonenteilungskriterien hilfreich sein. So ist es für den Eigentümer eines Gebäudes ggf. von Interesse, die Energiebilanz pro Nutzer zu erhalten. Dann würde es nicht nur eine Zone „Büro“ geben, sondern so viele Zonen mit der Nutzung Büro, wie es Nutzer gibt. Bei Gebäuden, die energetisch nur in Teilen saniert werden sollen, kann es für die Zuordnung des Einsparpotenzials zur konkreten Maßnahme von Interesse sein, Zonen entsprechend der Fassadenorientierung oder nach Gebäudeteilen zu differenzieren. Das Bewertungsverfahren der DIN V 18599 bietet somit dem Anwender auch die Möglichkeit, individuelle Aufgabenstellungen abzubilden.

#### Kurzbeschreibung des Beispiels

Zur Beschreibung der Vorgehensweise soll ein einfacher Grundriss dienen, wie er in Abbildung 6 schematisch dargestellt ist. Es handelt sich um eine Büronutzung mit den üblicherweise vorhandenen Nebenflächen. Die Konditionierung in den Räumen wird durch den Farbcode dargestellt.

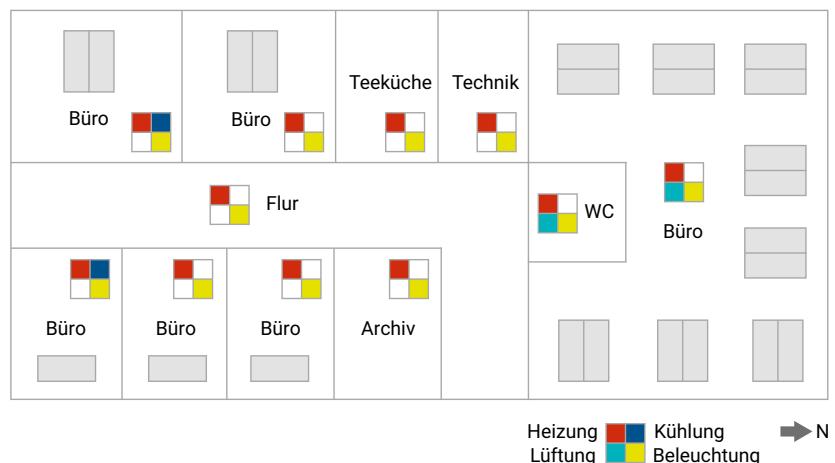
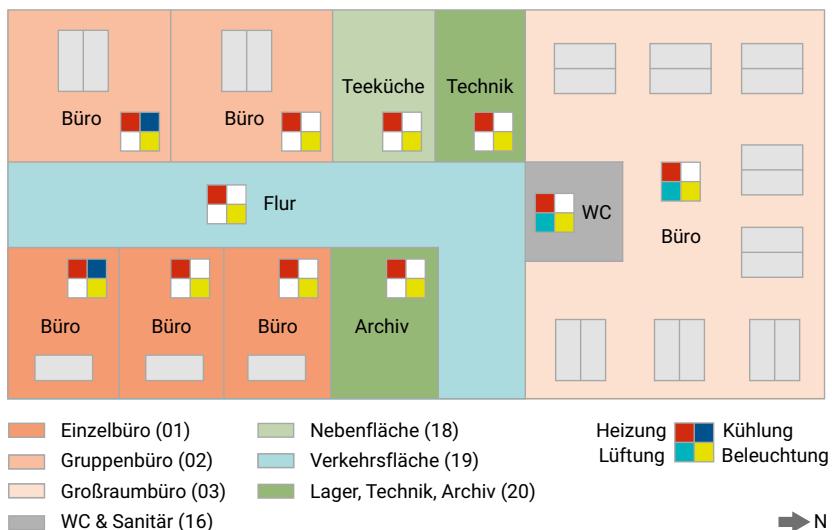


Abb. 6: Beispiel Zonierung Büro

#### Nutzungsrandbedingungen zuordnen

Im ersten Schritt werden den vorhandenen Nutzungen Nutzungsrandbedingungen nach DIN V 18599-10, Tabelle 4 zugeordnet. Bei der Auswahl der Nutzungsprofile spielt die Konditionierung der Räume noch keine Rolle, da im Rahmen der Bilanzierung ohnehin nur die Randbedingungen berücksichtigt werden, für die eine entsprechende Konditionierung durch ein technisches Gewerk vorgesehen ist.

In der Legende ist das Nutzungsprofil mit der dazugehörigen laufenden Nummer angegeben.



**Abb. 7:** Beispiel Randbedingungen Büro

Das Zuweisen von Nutzungsprofilen zu Raumnutzungen ist nicht immer eindeutig möglich. So gibt es kein Nutzungsprofil „Teeküche“. In solchen Fällen können eventuell die ausführlichen Nutzungsprofile in DIN V 18599-10, Anhang A weiterhelfen. Dort sind teilweise zur Nutzung auch Beispiele angegeben. Andernfalls wäre über die einzelnen Randbedingungen ein passendes Nutzungsprofil herauszufiltern. Für Nutzungen, die nicht in der DIN V 18599-10 aufgeführt sind, können beispielsweise individuelle Nutzungsprofile erstellt werden. Eine beispielhafte Vorgehensweise ist in Anhang D der DIN V 18599-10 beschrieben. Hier gilt es allerdings einerseits zu beachten, dass aufgrund des Rechenverfahrens der DIN V 18599 beispielsweise Schwimmbäder wegen der dort herrschenden hohen Raumluftfeuchte nicht berechnet werden können. Andererseits können die Möglichkeiten zum Erstellen von individuellen Nutzungsrandbedingungen durch energiespar- und förderrechtliche Regelungen eingeschränkt werden.

### Zusammenfassen der Nebenflächen

Um möglichst wenig Zonen zu erhalten, bietet die Norm die Möglichkeit, die beiden Nutzungsprofile „Verkehrsflächen“ und „Lager, Technik, Archiv“ dem Nutzungsprofil Nebenflächen (ohne Aufenthaltsräume) zuzuschlagen (DIN V 18599-10, Tabelle 5, Fußnote b).

Bei dem Beispielgrundriss (Abbildung 8) könnten die beiden Zonen Verkehrsflächen und Lager/Technik somit der Zone Nebenflächen zugeordnet werden.

Es wird jedoch für die Verkehrsflächen zunächst eine Abschätzung empfohlen, ob die mit der Vereinfachung verbundene günstigere Bewertung des Energiebedarfs für Beleuchtung vertretbar ist, vgl. Abschnitt 5.1.1 → Vereinfachungen.

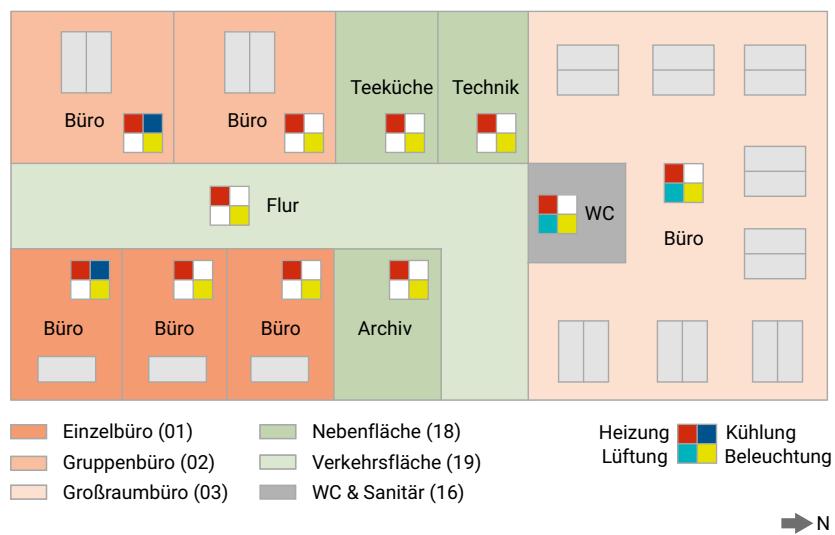
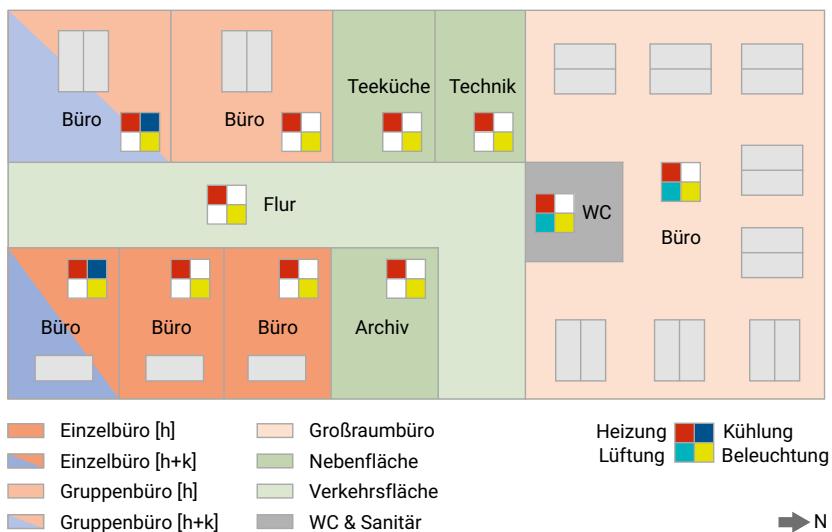


Abb. 8: Beispiel Zusammenfassen der Nebenflächen

### Berücksichtigung der Konditionierung

Wenn es bauliche oder anlagentechnische Unterschiede innerhalb einer Nutzung gibt, dann sind gleiche nutzungen in unterschiedlichen Zonen zu bilanzieren. Die zusätzlichen Zonenteilungskriterien beziehen sich einerseits auf Unterschiede in der Konditionierung und andererseits auf Unterschiede in der Be- und Entlüftung.

Das Einzel- und das Gruppenbüro, die sich jeweils an der Südfassade befinden, werden zusätzlich gekühlt (Abbildung 9). Die Räume weisen also nicht die gleichen Anforderungen an die thermische Konditionierung auf wie die restlichen Büroräume. Daher ist für diese beiden Räume jeweils eine separate Zone anzulegen. Die Zone Einzelbüro wird demnach in „heizen“ [h] und „heizen + kühlen“ [h+k] unterschieden. Das Gleiche gilt auch für das Gruppenbüro.



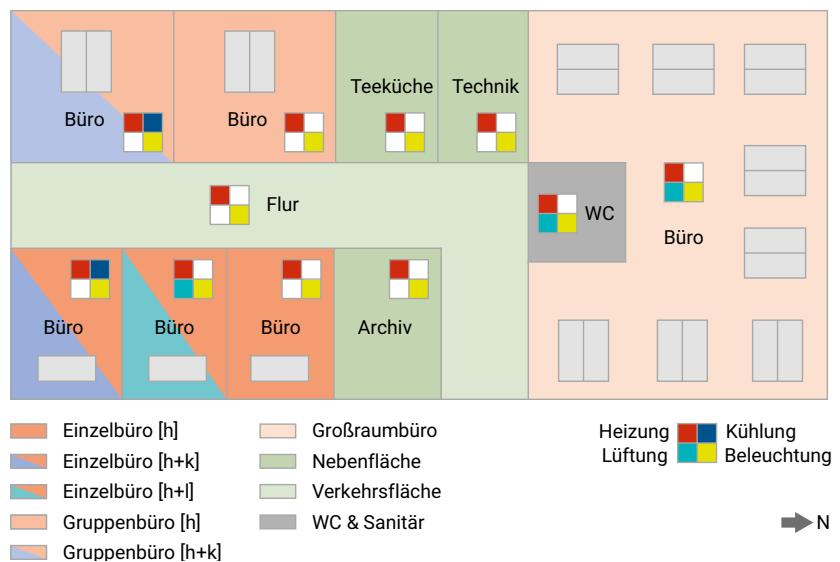
**Abb. 9:** Beispiel unterschiedliche Konditionierung

Für Räume, in denen Anlagen zur Raumkühlung vorhanden sind, sind noch zusätzliche Zonenteilungskriterien für die kältetechnische Bilanzierung zu beachten. Diese Kriterien sind in DIN V 18599-1, Tabelle 8 angegeben und beziehen sich auf Unterschiede

- | in den Funktionen der RLT-Anlage,
- | im betriebsbedingten Außenluftvolumenstrom,
- | in der installierten Leistung für das Kunstlicht,
- | in der Raumgeometrie,
- | im Glasflächenanteil und
- | in der Art der Sonnenschutzvorrichtung.

Als Variation soll noch der Fall betrachtet werden, dass eines der Einzelbüros mit einer Lüftungsanlage ausgestattet ist (Abbildung 10). Hier wäre die Nutzung Einzelbüro dann in eine weitere Zone Einzelbüro [h+l] aufzuteilen.

Wenn in einer Nutzung unterschiedliche Arten von Lüftungssystemen vorhanden sind, sind diese ebenfalls entsprechend zu unterteilen, vgl. auch DIN V 18599-1, Tabelle 7.



**Abb. 10:** Beispiel Zone Einzelbüro mit Lüftung

Unterschiede in den Lüftungssystemen ergeben sich u. a. aus:

- Art der Konditionierung (Nur-Luft, Heiz- und/oder Kühlfunktion)
- mit oder ohne Wärme- und/oder Feuchterückgewinnung
- Anlagenart (nur Abluft, Zu- und Abluft, konstanter oder variabler Volumenstrom etc.)

### Vereinen von Zonen mit hohem Luftwechsel

In Bürogebäuden trifft man häufig innen liegende WC-Bereiche mit einer reinen Abluftanlage an. Die Zuluft strömt dann meist aus den angrenzenden Flurbereichen nach.

In Fällen mit hohem Luftaustausch zwischen verschiedenen Räumen oder Raumgruppen kann eines der beiden nachfolgenden Verfahren gewählt werden (vgl. DIN V 18599-1, Abs. 6.3.2):

- Die Räume mit hohem Luftaustausch werden entsprechend ihren Nutzungsrandbedingungen unterschiedlichen Zonen zugewiesen. Der erzwungene Luftvolumenstrom vom Flur in den WC-Bereich wird in der Zone Verkehrsfläche als Wärmesenke, denn dort strömt die Außenluft nach, und in der Zone WC & Sanitär als Wärmequelle berücksichtigt, da hier bereits erwärmte Luft einströmt.
- Die Räume mit hohem Luftaustausch werden in einer Zone zusammengefasst. Dieses Verfahren wurde auf den Beispielgrundriss angewendet und wird im Weiteren noch näher erläutert (Abbildung 11).

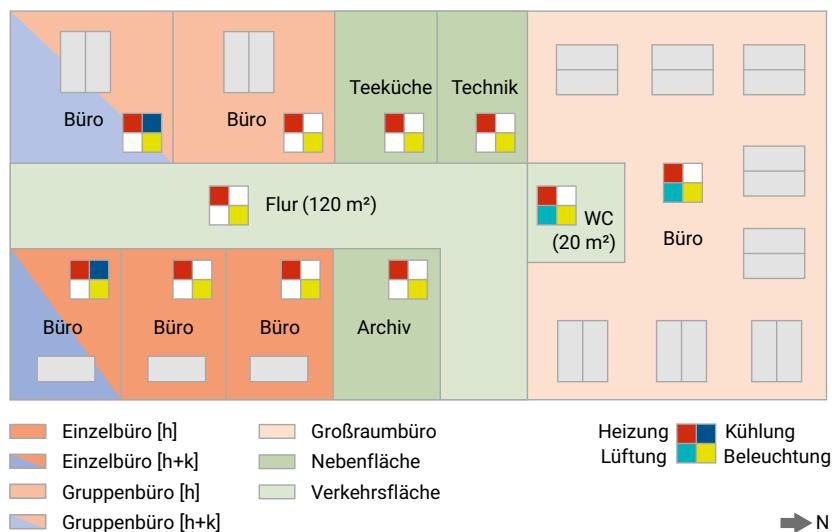


Abb. 11: Beispiel Zonen mit hohem Luftaustausch

Betrifft dies Räume bzw. Raumgruppen unterschiedlicher Nutzung (z. B. WC- und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden und Verkehrsflächen), sind die jeweiligen inneren Wärmequellen aus Personen, Arbeitshilfen und Beleuchtung flächengewichtet zu mitteln. Gleiches gilt auch für den Mindest-Außenluftvolumenstrom.

Das Beispielgebäude hat einen innen liegenden WC-Bereich. Deshalb wird die bisherige Zone WC & Sanitär der Zone Verkehrsflächen als Teilnutzung zugeordnet.

Die Nutzungsrandbedingung nach DIN V 18599-10, Tabelle 5 für den Mindest-Außenluftvolumenstrom  $\dot{V}_A$  der erweiterten Zone Verkehrsflächen ist jedoch aufgrund der Zusammenlegung zu mitteln.

#### Vor der Zusammenlegung

Verkehrsflächen:	$A_{NGF} = 120 \text{ m}^2$	$\dot{V}_A = 0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$
WC & Sanitär:	$A_{NGF} = 20 \text{ m}^2$	$\dot{V}_A = 15 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$

#### Nach der Zusammenlegung

Verkehrsflächen:	$A_{NGF} = 140 \text{ m}^2$	$\dot{V}_A = 2,1 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$
------------------	-----------------------------	---

Die Wärmequellen aus Personen und Arbeitshilfen müssen in diesem Fall nicht betrachtet werden, da sie für beide Nutzungsprofile null betragen. Die Wärmequellen aus Beleuchtung werden dadurch gemittelt, dass bei der späteren Unterteilung in beleuchtungstechnische Berechnungsbereiche diese in Abhängigkeit der Nutzungsprofile ermittelt werden.

#### Zonen mit geringen Flächenanteilen vermeiden

Zonen mit einem geringen Flächenanteil sollten vermieden werden, da sie das Bilanzierungsergebnis kaum merklich beeinflussen. Daher ermöglicht die DIN V 18599 – in engen Grenzen – das Zuweisen von kleinen Zonen zu größeren.

Nach DIN V 18599-1, Abs. 6.3.4 dürfen nach erfolgter Zonenteilung kleine Zonen nach folgenden Regeln anderen Zonen zugeschlagen werden:

- Kleine Zonen mit einem Anteil von bis zu 5 Prozent der Gesamtfläche des Gebäudes dürfen anderen Zonen mit gleichartiger technischer Konditionierung, doch abweichender Nutzung zugeschlagen werden, sofern sich die inneren Lasten der Zonen nicht erheblich unterscheiden.
- Die heizungs-, kühlungs- und raumluftechnischen Versorgungssysteme dürfen sich unterscheiden.
- Der Zuschlag soll zur Zone mit möglichst ähnlicher Nutzung und Art der heizungs- und raumluftechnischen Versorgungssysteme erfolgen.

Zusätzlich dürfen **sehr kleine** Zonen mit einem Anteil von bis zu 1 Prozent der Gesamtfläche des Gebäudes auch bei **abweichender** Art der technischen Konditionierung einer anderen Zone zugeschlagen werden. Hierbei ist eine Zone mit Übereinstimmung in möglichst vielen Konditionierungsarten und mit möglichst ähnlicher Nutzung auszuwählen.

Diese Regelungen dürfen nicht für Bereiche mit sehr hohen inneren Lasten und Außenluftvolumenströmen, z. B. Standardnutzungsprofil 14 „Küchen in Nichtwohngebäuden“, angewendet werden.

Durch die engen Vorgaben der Norm ist der Nutzen dieser Vereinfachung nur gering. So entsprechen 5 Prozent einer Gesamtfläche von 1.000 m<sup>2</sup> nur 50 m<sup>2</sup>. Größere Zonen dürfen einer anderen Zone nicht zugewiesen werden.

#### Bewertung der Zonierung des Beispielgebäudes

Die Bilanzierung des Beispielgebäudes müsste nach Anwendung der Zonenteilungskriterien mit sieben Zonen erfolgen. Eine Reduzierung auf sechs Zonen wäre formal möglich, wenn man die Verkehrsflächen noch den Nebenflächen zuweisen würde. Eine weitere Reduzierung wäre ggf. noch möglich, wenn kleine oder sehr kleine Zonen vorhanden sind.

### 5.2.3 Primärenergiefaktoren

Durch Primärenergiefaktoren werden in Abhängigkeit des Energieträgers die für die Energiegewinnung erforderlichen vorgelagerten Prozessketten (Gewinnung, Aufbereitung, Umwandlung und Verteilung) berücksichtigt. Dabei bilden die Faktoren entweder den gesamten Primärenergiegehalt ab oder nur den nicht erneuerbaren Anteil. Innerhalb der energiespar- und förderrechtlichen Regelungen ist grundsätzlich nur der Faktor für den nicht erneuerbaren Anteil zu verwenden.

Die Primärenergiefaktoren werden in DIN V 18599-1 beschrieben. Darüber hinaus gibt es in den energiespar- und förderrechtlichen Regelungen meist zusätzliche Festlegungen.

Die Primärenergiefaktoren  $f_p$  nach Tabelle 7 können für die Ermittlung des Primärenergiebedarfs ohne weitere Korrektur verwendet werden, wenn sich die Endenergiebedarfswerte auf den Heizwert beziehen (z. B. Bedarfswerte nach DIN V 4701-10). Abweichend davon beziehen sich die Endenergiebedarfswerte nach DIN V 18599 auf den Brennwert und sind mittels eines Umrechnungsfaktors  $f_{hs/hi}$  (Tabelle 8) anzupassen. Der Umrechnungsfaktor drückt das Verhältnis Brennwert zu Heizwert aus.

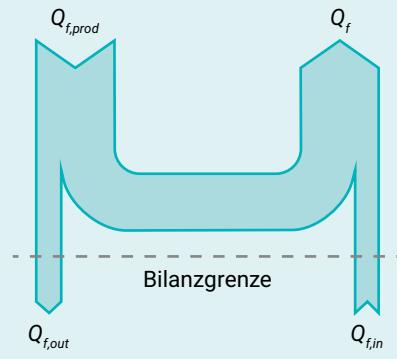
Für eine gebäudebezogene Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist der Primärenergiefaktor, sofern er ermittelt werden soll, nach DIN V 18599-9 zu berechnen.

Die Energieträger werden in Tabelle 7 nicht nur nach ihrer Energieart (fossile Brennstoffe, Umweltenergien etc.) zusammengefasst, sondern auch nach ihrer Bedeutung im Energiefluss (Abbildung 12). Dabei werden folgende Kategorien unterschieden:

$Q_{f,in}$  Endenergie, die dem Bilanzraum von außen zugeführt und in der Regel von einem Energieversorgungsunternehmen oder einem Brennstofflieferanten bereitgestellt wird.

$Q_{f,prod}$  Endenergie, die innerhalb der Bilanzgrenzen nutzbar gemacht wird, z. B. solarerzeugter Strom oder Umweltwärme.

$Q_{f,out}$  Endenergie, die aus dem Bilanzraum abgeführt wird. Hierbei kann es sich beispielsweise um die Einspeisung von solarerzeugtem Strom in das öffentliche Netz oder die Abgabe überschüssiger Abwärme aus Produktionsprozessen an Dritte handeln. Die Verwendung dieser Werte wird im Zusammenhang mit der Bilanzierung von Plusenergiegebäuden an Bedeutung gewinnen.



**Abb. 12:** Allgemeines Energieflussbild

Energieträger		Heizwertbezogener Primärenergiefaktor $f_p$		Heizwertbezogenes CO <sub>2</sub> -Äquivalent $x_{CO_2}$ in (g CO <sub>2</sub> äq)/kWh
		insgesamt	nicht erneuerbarer Anteil	
dem Bilanzraum zugeführte Endenergien (Index „f,in“)				
Fossile Brennstoffe	Heizöl	1,1	1,1	310
	Erdgas	1,1	1,1	240
	Flüssiggas	1,1	1,1	270
	Steinkohle	1,1	1,1	400
	Braunkohle	1,2	1,2	430
Biogene Brennstoffe	Biogas	1,4	0,4	120
	Bioöl	1,4	0,4	190
	Holz	1,2	0,2	40
Nah-/Fernwärme	aus KWK, fossiler Brennstoff bzw. Energieträger	0,7	0,7	individuelle Berech- nung für das Netz, aus dem der Bezug erfolgt
	aus KWK, erneuerbarer Brennstoff bzw. Energieträger	0,7	0,0	
	aus Heizwerken, fossiler Brenn- stoff bzw. Energieträger	1,3	1,3	
	allgemeiner Fall	individuelle Berechnung für das Netz, aus dem der Bezug erfolgt		
Fernkälte	allgemeiner Fall	individuelle Berechnung für das Netz, aus dem der Bezug erfolgt		
Strom	allgemeiner Fall	2,8	1,8	550
innerhalb der Bilanzgrenzen nutzbar gemachte Endenergien (Index „f,prod“)				
Umweltenergie	Wärme (Erdwärme, Geo-, Solar- thermie, Umgebungswärme)	1,0	0,0	0
	Kälte (Erd-, Umgebungskälte)	1,0	0,0	0
	Strom (Photovoltaik, Windkraft)	1,0	0,0	0
Abwärme	aus Prozessen <sup>1)</sup>	1,0	0,0	40
aus dem Bilanzraum abgeführte Endenergien (Index „f,out“)				
Strom	Verdrängungsstrommix für KWK	2,8	2,8	860
	Verdrängungsstrommix für Photo- voltaik und Windkraft	2,8	1,8	550
Thermische Energien	Wärme für andere Verbraucher	individuelle Berechnung für das Netz, in welches die Einspeisung erfolgt		
	Kälte für andere Verbraucher	individuelle Berechnung für das Netz, in welches die Einspeisung erfolgt		
Abwärme	aus Prozessen <sup>1)</sup>	1,0	0,0	40

1) Als Abwärme werden hier Wärme- und Kältemengen verstanden, die aus Prozessen entstammen und die innerhalb des bilanzierten Gebäudes einer Nutzung zugeführt ( $Q_{f,prod}$ ) oder einem anderen Gebäude zur Verfügung gestellt ( $Q_{f,out}$ ) werden und andernfalls ohne weitere Verwertung an die Umgebung abgegeben werden wären. Vgl. auch DIN V 18599-1, Abs. 3.1.32.

**Tab. 7:** Heizwertbezogene Primärenergiefaktoren und CO<sub>2</sub>-Äquivalent

Energieträger		Umrechnungsfaktor für die Endenergie (Verhältnis Brennwert/Heizwert) $f_{Hs/Hi}$
Brennstoffe	Heizöl, Bioöl	1,06
	Erdgas, Biogas	1,11
	Flüssiggas	1,09
	Steinkohle	1,04
	Braunkohle	1,07
	Holz	1,08
andere Energieträger	Strom	1,00
	Nah-/Fernwärme, Fernkälte	
	Umweltenergie	
	Abwärme	

**Tab. 8:** Umrechnung des Energiegehalts

Für den Energieträger Erdgas ist der Umrechnungsfaktor  $f_{Hs/Hi}$  größer als der Primärenergiefaktor  $f_p$  für den nicht erneuerbaren Anteil. Das kann dazu führen, dass bei der Bewertung von bestehenden Gebäuden der Endenergiebedarf für den Prozessbereich Heizung größer ist als der Primärenergiebedarf.

Anstelle der in Tabelle 7 aufgeführten Primärenergiefaktoren für Nah- und Fernwärmesysteme können auch netzspezifische Werte verwendet werden, wenn diese durch einen unabhängigen Sachverständigen ermittelt worden sind. Diese Primärenergiefaktoren können beim jeweiligen Netzbetreiber erfragt und sollten, wenn sie in die Bilanzierung einfließen, mit einem entsprechenden Zertifikat dokumentiert werden.

#### **5.2.4 Klimadaten**

Neben der bereits beschriebenen Nutzung sind die Klimarandbedingungen eine weitere wesentliche Einflussgröße auf den Energiebedarf eines Gebäudes. Im Rahmen der energiespar- und förderrechtlichen Regelungen darf unabhängig von der Bilanzierungsmethodik nur das Referenzklima Deutschland verwendet werden.

Dadurch ergeben sich für alle Gebäude – unabhängig davon, ob sie im Breisgau oder in der Lausitz errichtet werden – die gleichen energetischen Anforderungen bzw. erfolgt auch keine unterschiedliche energetische Bewertung bestehender Gebäude aufgrund ihres Standorts.

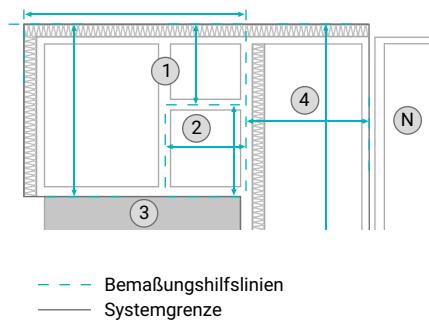
In Teil 10 der Norm werden im Anhang E für 15 Klimaregionen folgende meteorologische Daten als Monatsmittelwerte bereitgestellt:

- | Strahlungsintensitäten nach Orientierung und Neigung
- | Außenlufttemperatur
- | Windgeschwindigkeiten (in 10 m Höhe über Grund)

Die Anwendung der Daten anderer Klimaregionen im Rahmen einer individuellen Beratung oder eines Bedarfs- und Verbrauchsabgleichs ist grundsätzlich möglich. Allerdings ist zu beachten, dass beispielsweise die Kennwerteverfahren für die Ermittlung des Energiebedarfs für die energetische Luftaufbereitung (DIN V 18599-3) oder für die Ermittlung des Endenergiebedarfs von Kältemaschinen (DIN V 18599-7) aufgrundlage des Referenzklimas erstellt wurden. Eine Anpassung dieser Verfahren an andere meteorologische Daten ist derzeit nicht möglich.

# 6 Berechnung der thermischen Hüllfläche

## 6.1 Abmessungen und Maßbezüge



Die Zonen 1, 2 und 4 sind unterschiedlich temperiert, Zone 3 ist nicht temperiert, Zone N ist ein (beliebig temperiertes oder untemperiertes) Nachbargebäude. Der Spalt der doppelschaligen Trennwand zwischen Zone 4 und dem Nachbargebäude N ist belüftet; bei Füllung des Spalts mit Wärmedämmung wird als Maßbezug die Mitte der Wärmedämmung im Spalt (Achsmaß) verwendet.

Abb. 13: Maßbezüge im Grundriss [2]

Um eine einheitliche Festlegung der Lage und Abmessungen der thermischen Hüllfläche, d.h. der wärmeübertragenden Umfassungsfläche des Gebäudes oder der Gebäudezone bzw. der Bilanzgrenze Raum, zu erreichen, stellt DIN 18599-1 die zugrunde liegenden Prinzipien und Konventionen sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung dar.

### 6.1.1 Horizontale Maßbezüge

Bei den Maßbezügen im Grundriss gilt der Grundsatz „von Außenoberfläche zu Außenoberfläche“ bei Außenbauteilen (bei Innenbauteilen zu unbeheizten Bereichen) oder „bis zum Achs- bzw. Rastermaß“ (bei Innenbauteilen zwischen temperierten Zonen). „Außenoberfläche“ meint die Außenseite der äußersten wärmetechnisch wirksamen Schicht:

- | die Putzoberfläche bei monolithischen Wänden und WDVS-Systemen
- | die Fassadenoberfläche bei Kerndämmungen
- | die Trennfläche zwischen Wärmedämmung und Luftspalt bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden, sonstigen Verkleidungen und Hinterlüftungsebenen
- | die entsprechende kaltseitige Wandoberfläche bei Bauteilen zwischen einer temperierten und einer nicht temperierten Zone

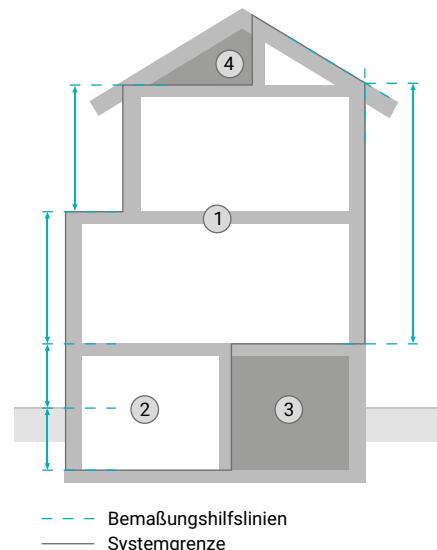
Bei Innenbauteilen zwischen unterschiedlich temperierten Zonen wird das Achsmaß des Bauteils als Bezug verwendet, unabhängig von der Lage einer eventuellen Dämmschicht auf dem trennenden Bauteil (siehe Abbildung 13).

### 6.1.2 Vertikale Maßbezüge

Bei den Maßbezügen im Gebäudeschnitt gilt seit der DIN V 18599 einheitlich und für alle Böden und Decken die Devise „von Oberkante Rohdecke bis Oberkante Rohdecke“, unabhängig von der Lage einer eventuellen Dämmsschicht: dies gilt für Innendecken zwischen Zonen, es gilt immer für den unteren Gebäudeabschluss und es gilt auch für den oberen Gebäudeabschluss gegen Nichtaußenluft. Der obere Gebäudeabschluss gegen Außenluft (Flachdach, Steildach etc.) ist die einzige Ausnahme: nur hier gilt noch die frühere Vorgehensweise „bis zur Außenseite der äußersten wärmetechnisch wirksamen Schicht“. Die Maßbezüge der DIN V 18599-1 (siehe Abbildung 14) sind verpflichtend auch für Berechnungen nach DIN 4108-6 zu verwenden und sind konsequenterweise auch zur Abmessung der Wärmebrückenlängen für den individuellen Wärmebrückenzuschlag heranzuziehen.

Das bedeutet z. B.:

- █ Bodenplatte mit darunterliegender Perimeterdämmung, Decke nach unten gegen unbeheizten Bereich oder gegen Außenluft: Bezugsmaß ist die Oberkante der Rohdecke. Die Wandhöhe geht von oben kommend bis zur Oberkante der Bodenplatte bzw. der Rohdecke, egal ob eine Wärmedämmung auf und/oder unter der Decke angeordnet ist. Die Dicke der Bodenplatte bzw. der Rohdecke selbst und die Dicke einer eventuell darunter angeordneten Wärmedämmung gehen nicht in die Wandhöhe bzw. die Wandfläche ein.
- █ Flach-, Schrägdach, oberste Geschossdecke zum unbeheizten Dach: Bezugsmaß ist die Oberkante der obersten wärmetechnisch wirksamen Schicht des Bauteils, d. h. die Oberkante der Wärmedämmung (bei Hinterlüftung) oder der Dachhaut (nicht hinterlüftet). Für Bauteile des oberen Gebäudeabschlusses, die nicht an Außenluft grenzen, bleibt es beim Bezugsmaß Oberkante der Rohdecke, unabhängig von der Lage einer eventuellen Dämmsschicht.



Die Zonen 1 und 2 sind unterschiedlich temperiert, die Zonen 3 und 4 sind nicht temperiert. Die obere Linie der Böden bzw. Decken stellt jeweils die Oberkante der Rohdecke dar, außer am oberen Gebäudeabschluss (oberste Geschossdecke, Schrägdach, Flachdach analog), dort bezieht sich die Linie auf die oberste wärmetechnisch wirksame Schicht.

**Abb. 14:** Maßbezüge im Gebäudeschnitt [2]

### 6.1.3 Vorteile und Konsequenzen

Um die bis dahin uneinheitlich gehandhabte Festlegung der Maßbezüge zu vereinheitlichen, trifft DIN V 18599-1 bereits in ihrer Erstausgabe 2005 die oben dargestellten klaren Regelungen zu den horizontalen und vertikalen Maßbezügen. Sie gelten auch für alle anderen Fälle, in denen Abmessungen gebraucht werden: Bauteilfläche, Zonenvolumen, Systemgrenzen, Größe der Versorgungsbereiche der Anlagentechnik, Wärmebrückenlängen, Gebäudeabmessungen. Gemäß GEG sind die oben genannten Maßbezüge nach DIN V 18599-1 in der Gebäudebilanzierung anzuwenden, auch bei Wohngebäuden und auch, wenn die Bilanzierung selbst nach DIN V 4108-6 erfolgt.

Vorteil der Maßbezüge speziell bei den vertikalen Maßbezügen ist, dass das Maß „ab/bis Oberkante Rohdecke“ einfach aus dem Schnitt im Maßstab 1:100 entnommen werden kann. Werden später Dämmdicken in Boden bzw. Decke geändert, ohne dass sich die Stockwerkshöhe ändert, braucht die Hüllflächentabelle nicht korrigiert zu werden.

Durch die Festlegung ergeben sich am unteren Gebäudeabschluss etwas kleinere Wandflächen und etwas kleinere vertikale Wärmebrückenlängen: Die Dicke der Perimeterdämmung unter der Bodenplatte und die Dicke der Bodenplatte selbst gehen weder in die Wandfläche noch in der Länge die vertikalen Gebäudekante ein. Damit ergeben sich rechnerisch etwas kleinere Transmissionswärmeflüsse. Der Effekt liegt aber in aller Regel unter 1 Prozent des Transmissionswärmeflüsse. Der Wärmeverlust, der nun nicht mehr in den Wandflächen enthalten ist, geht ersatzweise in den  $\Psi$ -Wert ein. Dieser wird damit entsprechend größer als früher.  $\Psi$ -Werte für den unteren Gebäudeabschluss nach „alten“ und „neuen“ Bezugs-

maßen sind somit nicht mehr direkt vergleichbar. Im Rahmen der erforderlichen Gesamtgenauigkeit kann gemischt werden: Flächenabmessungen nach „neuen“ Bezugsmaßen (DIN V 18599 ab 2005) mit  $\Psi$ -Werten aus Katalogen, die sich bei den Maßbezügen an der früheren Vorgehensweise (DIN V 4108-6) oder an DIN 4108, Beiblatt 2 orientieren. Der pauschale Wärmebrückenansatz mit 0,05, 0,10 bzw. 0,15 sowie zukünftig  $0,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  mal Hüllfläche gilt weiterhin, unabhängig von den verwendeten Bezugsmaßen.

Für die geometrischen Abmessungen des Gebäudes werden kapillarbrechende Kiesschichten, Drainageschüttungen, Filtersteine, reine Drän-, Sicker- und Schutzschichten etc. **nicht<sup>1</sup>** berücksichtigt. Genormte oder zugelassene außen liegende Wärmedämmstoffe in der Wand und im Umkehrdach zählen zu den Außenabmessungen dazu (nicht jedoch Perimeterdämmung unter der Bodenplatte, wegen des Maßbezugs auf die Oberkante der Rohdecke).

#### 6.1.4 Innenbauteile zu benachbarten konditionierten Zonen

Bauteile zwischen Zonen dürfen bis zu einer Solltemperaturdifferenz zwischen den Zonen von 4 K vernachlässigt werden, d. h., für solche Innenflächen braucht keine Flächenaufnahme zu erfolgen. Abweichend davon kann eine Aufnahme solcher Innenflächen aber sinnvoll sein, wenn nach dem GEG-Nachweis (mit den Nutzungsprofilen aus DIN V 18599–10) auch noch eine „ingenieurmäßige“ Berechnung durchgeführt werden soll (mit frei angepassten Nutzungsprofilen) und es möglich ist, dass sich bei dieser Variation der Nutzungsprofile Solltemperaturunterschiede von mehr als 4 K ergeben.

#### 6.1.5 Charakteristisches Bodenplattenmaß

Die Berechnung der Transmissionswärmeströme von erdreichberührten Flächen oder Flächen an unbeheizte Räumen kann vereinfacht mit Temperaturkorrekturfaktoren  $F_x$  erfolgen. Zur Auswahl des richtigen Temperaturkorrekturfaktors wird das charakteristische Bodenplattenmaß benötigt. Dieses braucht man auch, wenn die Transmissionswärmeverluste erdberührter Flächen nach DIN EN ISO 13370 genau berechnet werden, weil es dann direkt in den U-Wert eingeht.

Das charakteristische Bodenplattenmaß  $B'$  errechnet sich aus der Bodenplattenfläche, geteilt durch den halben Umfang dieser Bodenplattenfläche:

$$B' = \frac{A_g}{(0,5 \cdot P)}$$

Für den Umfang  $P$  nimmt man jeweils den an Außenbedingungen oder unbeheizte Bereiche exponierten Umfang eines gleichartigen Bereichs  $A_g$  der Bodenplatte bzw. der Kellerdecke innerhalb der betrachteten Zone. Es gelten folgende Konventionen:

- Zu  $P$  zählen nur die Teile des Umfangs, die (im Grundriss von oben auf den Fußboden des betrachteten Bereichs gesehen) vom beheizten Bereich zur Außenumgebung (Außenluft, Erdreich, Tiefgarage) oder zu einem unbeheizten Raum außerhalb der thermischen Gebäudehülle exponiert sind.
- Teile des Perimeters, die von beheizten Bereichen/Zonen/Gebäuden an benachbarte beheizte Bereiche/Zonen/Gebäude grenzen, werden in  $P$  nicht mitgezählt.

<sup>1</sup> Folgt indirekt aus DIN 4108-2: Alle Schichten außerhalb der Abdichtung werden beim U-Wert vernachlässigt (außer spezielle Dämmsschichten für Perimeterdämmung und UK-Dach); dies überträgt man analog auf die Abmessungen.

- Unbeheizte Räume außerhalb der thermischen Gebäudehülle (wie z. B. Garagenanbau, Lagerraum, Eingangshalle, Windfang etc.) werden vernachlässigt: Der Teil des Umfangs zu diesen unbeheizten Räumen wird so behandelt, als wenn der unbeheizte Raum nicht vorhanden wäre, und zählt entsprechend zu P dazu.
- Nebeneinanderliegende Fußboden- oder Bodenplattenbereiche werden zu einem gemeinsamen  $A_G$  und P zusammengefasst, sofern sie innerhalb derselben Zone liegen und gleichartig sind.
- „Gleichartig“ bedeutet: Sie gehören in dieselbe Zeile der Tabelle 3 der DIN V 18599-2.
- Es werden die Außenabmessungen des (ggf. zusammengefassten) Bereichs nach den Maßbezügen der DIN V 18599-1 verwendet.
- Bereiche auf verschiedenen Seiten einer Zonengrenze oder einer Gebäudegrenze zur Nachbarbebauung werden nicht zusammengefasst, sondern bei  $A_G$  und P getrennt betrachtet; Zonen- und Gebäudegrenzen werden von  $A_G$  bzw. P sozusagen nicht „übersprungen“. Beispiel: Bei einem Erdgeschoss mit drei unterschiedlichen Zonen, das durch einen gemeinsamen unbeheizten Keller voll unterkellert ist, werden  $A_G$ , P und B' dreimal berechnet (für jede der drei Zonen im Erdgeschoss separat), auch wenn der Bodenaufbau überall gleich ist.
- Bei Reihenhäusern beziehen sich  $A_G$  und P immer auf die einzelne Reihenhauptscheibe; die Trennlinie zur benachbarten Reihenhausausscheibe geht nicht in P ein. Bei einem Reihenmittelhaus ist P nur die Länge der beiden Außenkanten der Reihenhausausscheibe gegen Erdreich.
- Bei innen liegenden Zonen, deren Perimeter allseitig an beheizte Bereiche grenzt und damit nicht in Ansatz gebracht werden kann, wird für  $A_G$  die Grundfläche des ganzen Gebäudes und für P der exponierte Umfang des ganzen Gebäudes (d. h. abzüglich jener Teile des Perimeters, die an benachbarte beheizte Gebäude grenzen) verwendet.
- Beispiel:** Bei einem beheizten Erdgeschoss (eine Zone) über verschiedenen Bereichen im Untergeschoss (z. B. Tiefgarage, unbeheizter Keller, Erdreich, beheizter Keller) wird der Fußboden des Erdgeschosses zu jedem der drei erstgenannten Untergeschossbereiche bei  $A_G$  und P separat behandelt, weil er in unterschiedliche Zeilen der DIN V 18599-2, Tabelle 3 fällt. Dies gilt auch dann, wenn der Fußboden aufbau in allen Bereichen nahezu gleich ist. Die Trennlinien zwischen diesen Fußbodenbereichen liegen, von oben gesehen, im Erdgeschossgrundriss zwischen beheizten Bereichen und zählen somit nicht zu P. Im beheizten Kellerbereich werden  $A_G$  und P nicht für die Decke zwischen Keller und Erdgeschoss, sondern für den Kellerfußboden bestimmt.

Diese Festlegungen gelten auch für die Dicke der Außenwände an Erdreicheroberkante wie bei der detaillierten Berechnung gemäß DIN EN ISO 13370.

### Beispiele für Bodenplattenflächen und Umfänge

- Grundriss UG: Bodenplatte einer Reihenhausanlage

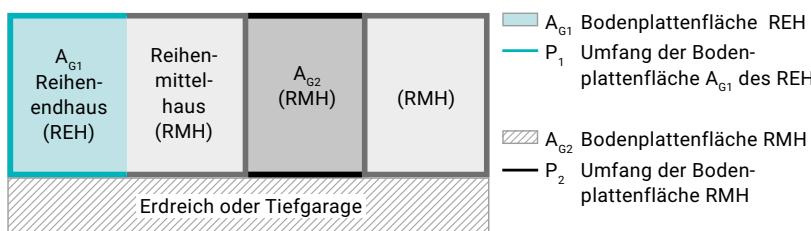
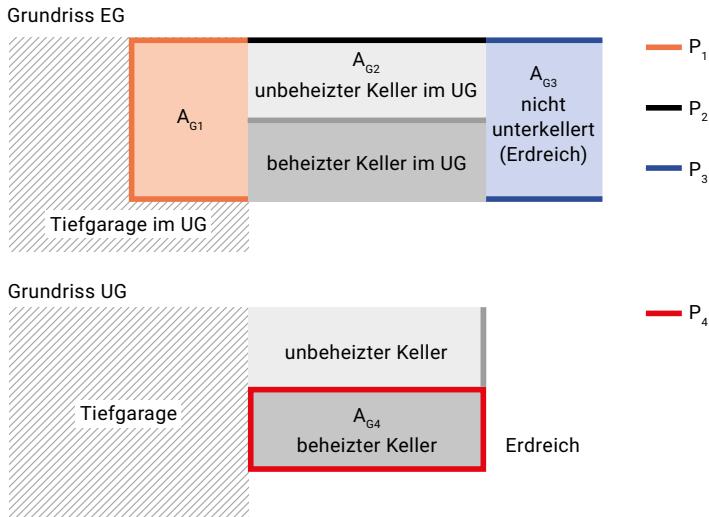


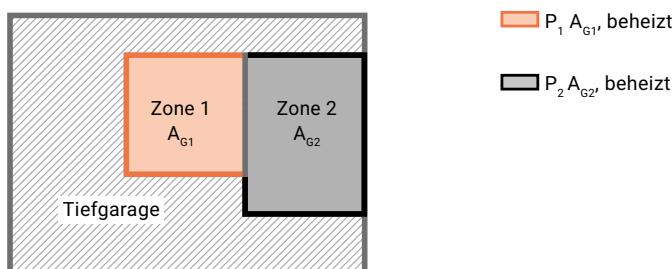
Abb. 15: Grundriss UG: Bodenplatte einer Reihenhausanlage

Beispiele für  $A_G$  und P, Kellerdecke und -boden eines Bürogebäudes, Grundriss EG (oben) und Grundriss UG (unten): Der gesamte dargestellte Bereich des EG gehört zur selben Zone. Bereich 1 der Kellerdecke befindet sich über der Tiefgarage, Bereich 2 über einem unbeheizten Keller. Bereich 3 grenzt an Erdreich (nicht unterkellert). Bereich 4 ist der Fußboden des beheizten Kellers. Gilt auch bei gleichem Fußbodenaufbau im gesamten EG.



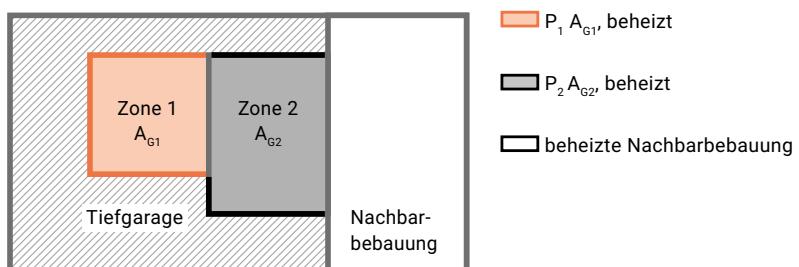
**Abb. 16:** Grundrisse UG und EG Bürogebäude

Grundriss UG: erdberührte Bodenplatte einer Tiefgarage mit zwei beheizten Kellerräumen in verschiedenen Zonen. Gilt auch bei identischem Aufbau der Bodenplatte in Zone 1 und 2.



**Abb. 17:** Grundrisse UG: erdberührte Bodenplatte einer Tiefgarage

Grundriss UG: erdberührte Bodenplatte einer Tiefgarage mit zwei beheizten Kellerräumen in verschiedenen Zonen und mit beheizter Nachbarbebauung.



**Abb. 18:** Grundrisse UG: erdberührte Bodenplatte einer Tiefgarage mit beheizter Nachbarbebauung

## 6.2 Dämmstoffe und -schichten

Zur Berechnung des U-Wertes werden für die Wärmeleitfähigkeit der Bau- und Dämmstoffe ausschließlich sogenannte Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit verwendet. Sie gelten für den langfristigen Gebrauchszustand des Baustoffs und beinhalten Einflüsse aus Alterung und praktischem Feuchtegehalt sowie einen Sicherheitszuschlag. Mess-, Nenn- und Bemessungswerte berücksichtigen jeweils unterschiedliche Einflüsse und sind dementsprechend – bei gleichem Material – unterschiedlich groß.

Für U-Wert-Berechnungen und den Energieausweis dürfen nur Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit verwendet werden.

Die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit der typischen werksgefertigten Dämmstoffe nach harmonisierten europäischen Normen (d. h. Dämmstoffe mit CE-Zeichen; siehe Tabelle 9) müssen gemäß VVTB zuerst aus den vom Hersteller deklarierten Nennwerten ( $\lambda_d$ ) der Wärmeleitfähigkeit berechnet werden, bevor sie in die U-Wert-Berechnung übernommen werden dürfen! Dementsprechend ist der Nennwert immer auf dem Dämmstoffetikett und in der Leistungserklärung angegeben. Die Umrechnung zum Bemessungswert erfolgt nach den Rechenregeln, die dafür in DIN 4108-4:2017-03 festgelegt sind. Für die korrekte Umrechnung ist im Prinzip der Planer zuständig; viele Hersteller geben aber zusätzlich zu ( $\lambda_d$ ) auch den letztendlichen Bemessungswert ( $\lambda_{BW}$ ) auf dem Dämmstoffetikett und in der Leistungserklärung an – den man dann ohne weitere Kontrolle übernehmen kann. Beachte: die Bemessungswerte können sich national unterscheiden, bei gleichem Nennwert ( $\lambda_d$ ), und der Index BW beim Bemessungswert wird oft weggelassen.

Die Umrechnungsfaktoren der DIN 4108-4 sind als einfache prozentuale Zuschläge mit nachfolgender Rundung gestaltet. Der Zuschlag berücksichtigt neben Sicherheitsüberlegungen vor allem den Einfluss des üblichen baupraktischen Feuchtegehalts. Der Zuschlag auf den Nennwert ( $\lambda_d$ ), um den Bemessungswert ( $\lambda_{BW}$ ) zu erhalten, beträgt 3 Prozent für nicht hygroskopische Dämmstoffe (z. B. Mineralwolle, EPS, XPS, PUR, PF) und 5 Prozent für hygroskopische Dämmstoffe (z. B. Holzfaser- und Zellulosedämmung).

Dämmstoff (harmonisierte europäische Norm)	Zuschlag in Prozent	ergibt absoluten Zuschlag zu $\lambda_d$ (gerundet)	Nennwert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_d$	ergibt Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{BW}$
Mineralwolle MW (DIN EN 13162)	3 %	+0,001	0,020–0,049	0,021–0,050
EPS (DIN EN 13163)			z. B.: 0,032	0,032
XPS (DIN EN 13164)			0,033	0,033
Polyurethan PU (DIN EN 13165)			...	...
Phenolharz PF (DIN EN 13166)				
Schaumglas CG (DIN EN 13167)		+0,002	0,050–0,070	0,052–0,072
Holzfaser WF (DIN EN 13171)	5 %	+0,002	0,032–0,049	0,034–0,051
Holzwolle WW (DIN EN 13168)			z. B.: 0,032	0,034
			0,033	0,035
			...	...
		+0,003	0,050–0,069	0,053–0,072
			z. B.: 0,050	0,053
			0,051	0,054
			...	...
		+0,04	0,070–0,089	0,074–0,093

**Tab. 9:** Bestimmung des Bemessungswerts ( $\lambda_{BW}$ ) aus dem Nennwert ( $\lambda_d$ ) nach DIN 4108-7:2017-03 für übliche werksgefertigte Dämmstoffe nach harmonisierten europäischen Normen (Auswahl). Werte für  $\lambda$  in W/(m · K). Für die Umrechnung für weitere Dämmstoffe siehe DIN 4108-4:2017-03, Tabelle 2.

Für Dämmstoffe außerhalb der harmonisierten europäischen Normen, d. h. für national geregelte Dämmstoffe mit Ü-Zeichen, werden die maßgeblichen Bemessungswerte offiziell festgelegt und in den entsprechenden bauaufsichtlichen Dokumenten sowie auf dem Dämmstoffetikett wiedergegeben. Bauaufsichtliche Dokumente können hier z. B. sein: allgemeine Bauartgenehmigungen (aBG), allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ), Zustimmungen im Einzelfall (ZIE) oder bauvorhabenbezogene Bauartgenehmigungen (vBG).

Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit gehen auch aus Übereinstimmungszertifikaten dafür anerkannter Zertifizierungsstellen hervor. Weitere „nachrangige“ Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen sowie Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit etlicher anderer Baustoffe finden sich z. B. in DIN V 4108-4 und in DIN EN ISO 10456.

Dämmstoffe, die weder europäisch harmonisiert noch national geregelt sind, also Dämmstoffe ohne CE-Zeichen und ohne Ü-Zeichen, dürfen nur mit einer Zustimmung im Einzelfall (ZIE oder vBG) eingebaut oder dürfen nicht als Dämmstoffe angesetzt werden. Diese Zustimmung im Einzelfall muss für jedes einzelne Bauobjekt bei der obersten Bauaufsicht des Bundeslandes beantragt und vor dem Einbau von dieser erteilt werden; der für den U-Wert zu verwendende Wärmeleitfähigkeitswert ist im Bescheid angegeben.

Generell dürfen im U-Wert nur Dämmschichten auf der Raumseite der Bauwerksabdichtung berücksichtigt werden.

**Ausnahme:** Dämmstoffe außerhalb der Abdichtung, die als Perimeterdämmplatten oder als Dämmstoffe für Umkehrdächer zugelassen sind, dürfen im U-Wert berücksichtigt werden. [4], [9]

Als Wärmedämmung dürfen hier aber nur solche Dämmstoffe gezählt werden, die für diesen Anwendungsfall genormt (Anwendungstyp DUK, PW, PB; ihre Anwendung ist in DIN 4108-10 geregelt) oder die allgemein bauaufsichtlich geregelt sind (ggf. die Zulassung bzw. Bauartgenehmigung zeigen lassen!).

Dies gilt auch für kombinierte Dämm-Drän-Platten: Auch sie müssen als Dämmstoff genormt oder allgemein bauaufsichtlich geregelt sein, damit sie im U-Wert berücksichtigt werden dürfen (siehe oben). Reine Drän-, Sicker- oder Schutzplatten sind **nicht** als außen liegende Dämmstoffe zu betrachten, auch dann nicht, wenn sie aus dem gleichen Material wie Dämmplatten bestehen. Dies gilt für U-Werte sowohl nach DIN EN ISO 6946 als auch nach DIN EN ISO 13370.

Alle anderen Schichten außerhalb der Abdichtung, wie kapillarbrechende Kiesschichten, Drainageschüttungen, Filtersteine, reine Dränplatten etc., gehen **nicht** in den konstruktiven U-Wert nach DIN EN ISO 6946 ein. Für U-Wert-Berechnungen nach DIN EN ISO 13370 für erdreichberührte Bauteile sollte für alle solche Schichten vereinfachend der Wärmeleitfähigkeitswert des Erdreichs ( $2,0 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ) angesetzt werden.

Historische Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit früherer Baustoffe können z. B. früheren Normen, historischen Herstellerunterlagen oder der Fachliteratur entnommen werden. Sind der Bauteilaufbau und/oder die Baustoffe eines Bestandsgebäudes unbekannt, kann auf Angaben in Gebäudetypologien zurückgegriffen werden. Sie geben Hinweise zu typischen Bauweisen und -stoffen, in der Regel untergliedert nach Baualter und Gebäudeart.

Vereinfachend anzusetzende U-Werte für die Bauteile von bestehenden Gebäuden können auch der „Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand“ [4] bzw. der „Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand“ [5] des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz in Verbindung mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz entnommen werden. Sie sind auf der Website der dena [→www.gebaudeforum.de](http://www.gebaudeforum.de) und denen des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) [→www.geg.bund.de](http://www.geg.bund.de) verfügbar und speziell für die Zwecke des GEG gedacht.

**Wichtig:** Es ist unbedingt anzuraten, die Etiketten der Dämmstoffpakete aller Lieferungen zu kontrollieren und jeweils einige davon im Bautagebuch aufzubewahren, um spätere Unstimmigkeiten zu vermeiden.

**Tipp:** Die Verwendung von Herstellerangaben, die keine Bemessungswerte sind, sowie von Messwerten oder deklarierten Nennwerten stellt einen Planungsfehler dar.

### 6.3 Maßbezüge, Wärmedurchgangskoeffizienten und Temperaturkorrekturfaktoren von Bauteilen der Hüllfläche

Nr.	Bauteil	Maßbezug	U-Wert	$R_{se}$ in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	$F_x$	Hinweise
<b>Außenwände</b>						
1	Außenwand verputzt	Außenoberfläche Putz	inklusive Putz	0,04	1	
2	Außenwand mit hinterlüfteter Verkleidung	Grenzfläche zwischen Wärmedämmung und Hinterlüftung	von innen bis Beginn der ersten Hinterlüftungsebene	0,13	1	
3	Außenwand mit VHF (vorgehängter hinterlüfteter Fassade)	Grenzfläche zwischen Wärmedämmung und Hinterlüftung	von innen bis Beginn der ersten Hinterlüftungsebene; Einfluss der Anker berücksichtigen	0,13	1	Einfluss der Anker, Konsole, Schienen auf U-Wert berücksichtigen
4	Außenwand mit WDVS, verputzt	Außenoberfläche Putz	inklusive Putz; gedübeltes WDVS: Dübeleinfluss berücksichtigen	0,04	1	Dübeleinfluss auf U-Wert berücksichtigen
5	Außenwand mit Kerndämmung (ohne und mit Fingerspalt) oder mit ruhender Luftsicht zwischen Tragschale und Vormauerung	Außenkante Vormauerung	von innen bis Außenkante Vormauerung; Fingerspalt bleibt unberücksichtigt oder wird als 1 cm dicke Luftsicht angesetzt; Einfluss der Maueranker berücksichtigen	0,04	1	
<b>Dach; oberer Gebäudeabschluss</b>						
6	Flachdach als Warmdach	Oberseite Dachhaut	inklusive Dachhaut	0,04	1	
7	Flachdach als Kaltdach (mit Hinterlüftung)	Grenzfläche zwischen Wärmedämmung und Hinterlüftung	von innen bis Beginn der ersten Hinterlüftungsebene	0,10	1	
8	Umkehrdach (UK-Dach), begrüntes UK-Dach; UK-Dach als Decke nach oben zur Terrasse	Grenzfläche zwischen Wärmedämmung und Bekiesung bzw. Pflanzsubstrat	von innen bis einschließlich Dämmeschicht; Bekiesung oder Pflanzsubstrat bleiben unberücksichtigt; Feuchtezuschlag berücksichtigen	0,04	1	Feuchtezuschlag zu U-Wert berücksichtigen

Nr.	Bauteil	Maßbezug	U-Wert	$R_{se}$ in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	$F_x$	Hinweise
9	Decke nach oben zur Terrasse (nicht als UK-Dach ausgeführt)	Oberfläche der Abdichtung	von unten bis zur Abdichtung; Bettung und Terrassenbelag bleiben unberücksichtigt		1	
10	Schrägdach mit hinterlüfteter Dacheindeckung	Grenzfläche zwischen Wärmedämmung und Hinterlüftung	von innen bis zum Beginn der Hinterlüftungsebene	0,10 bzw. 0,13	1	$R_{se} = 0,10$ (Dachneigung 0 bis 60°) bzw. 0,13 (Dachneigung 60 bis 90°)
11	Schrägdach mit nicht hinterlüfteter Dachhaut	Außenseite Wärmedämmung	inklusive Dachhaut	0,04	1	
12	Decke nach oben zum unbeheizten Dachboden oder zur Abseite	Oberseite Wärmedämmung (bei hinterlüfteter Beplankung oder ohne Beplankung), sonst Oberseite Beplankung	von unten bis Oberseite Wärmedämmung (bei hinterlüfteter Beplankung oder ohne Beplankung), sonst bis Oberseite Beplankung	0,10	0,8 <sup>1</sup>	
13	Innenwand zum unbeheizten Dachboden oder zur Abseite	wie bei Außenwand	wie bei Außenwand	0,13	0,8 <sup>1</sup>	

#### Unterer Gebäudeabschluss

14	erdberührte Außenwand	Außenseite der Perimeterdämmung	inklusive Perimeterdämmung, aber ohne Drainageschicht	0 bzw. 0,04	0,35 bis 0,75 <sup>2</sup>	U-Wert-Berechnung siehe DIN EN ISO 6946: $R_{se} = 0$ ; DIN EN ISO 13370: $R_{se} = 0,04$ ; Sicker- und Drainage-schichten siehe Abschnitt 0. Vereinfachend $F_x = 0,7$ (DIN V 18599-2:2016-10) bzw. 0,8 (DIN V 18599-2:2018-09).
15	Bodenplatte; Kellerboden gegen Erdreich	Oberkante Rohdecke	von oben bis inklusive Bodenplatte und inklusive Perimeterdämmung; ohne Sauberkeitschicht	0 bzw. 0,04	0,15 bis 0,70 <sup>2</sup>	U-Wert-Berechnung siehe DIN EN ISO 6946: $R_{se} = 0$ ; DIN EN ISO 13370: $R_{se} = 0,04$ . Vereinfachend $F_x = 0,7$ (DIN V 18599-2:2016-10) bzw. 0,8 (DIN V 18599-2:2018-09). Randbereich siehe separaten Abschnitt im Text weiter unten.

<sup>1</sup> Nur für den Heizfall; für den Kühlfall differenzierte Berücksichtigung mittels Transferkoeffizienten und Temperaturdifferenz zur benachbarten, anders konditionierten Zone nach Kapitel 0. Bei einer Solltemperaturdifferenz zwischen der Zone und der Nachbarzone von höchstens 4 K dürfen die trennenden Bauteile zwischen den Zonen vernachlässigt werden.

<sup>2</sup> Nur für den Heizfall; für den Kühlfall Berücksichtigung mittels U-Wert nach DIN EN ISO 13370.

Nr.	Bauteil	Maßbezug	U-Wert	$R_{se}$ in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	$F_x$	Hinweise
16	Bodenplatte; Fußboden auf Erdreich ohne zusätzliche Randdämmung	Oberkante Rohdecke	von oben bis inklusive Bodenplatte und inklusive Perimeterdämmung; ohne Sauberkeitschicht	0 bzw. 0,04	0,15 bis 0,80	U-Wert-Berechnung siehe DIN EN ISO 6946: $R_{se} = 0$ ; DIN EN ISO 13370: $R_{se} = 0,04$ . Vereinfachend $F_x = 0,7$ (DIN V 18599-2:2016-10) bzw. 0,8 (DIN V 18599-2:2018-09).
17	Bodenplatte; Fußboden auf Erdreich mit Randdämmung	Oberkante Rohdecke	von oben bis inklusive Bodenplatte und inklusive Perimeterdämmung; ohne Sauberkeitschicht	0 bzw. 0,04	0,10 bis 0,65	U-Wert-Berechnung siehe DIN EN ISO 6946: $R_{se} = 0$ ; DIN EN ISO 13370: $R_{se} = 0,04$ . Vereinfachend $F_x = 0,7$ (DIN V 18599-2:2016-10) bzw. 0,8 (DIN V 18599-2:2018-09).
18	Kellerdecke zum unbeheizten Keller; Wärmedämmung auf der Rohdecke	Oberkante Rohdecke	von oben bis Unterseite der Decke	0,17	0,25 bis 0,85 <sup>1</sup>	Vereinfachend $F_x = 0,7$ (DIN V 18599-2:2016-10) bzw. 0,8 (DIN V 18599-2:2018-09)
19	Kellerdecke zum unbeheizten Keller; Wärmedämmung auf und unter oder nur unter der Rohdecke	Oberkante Rohdecke	von oben bis Unterseite Wärmedämmung (ohne oder bei hinterlüfteter Verkleidung), sonst bis Unterseite Verkleidung	0,17	0,25 bis 0,85 <sup>1</sup>	Vereinfachend $F_x = 0,7$ (DIN V 18599-2:2016-10) bzw. 0,8 (DIN V 18599-2:2018-09).
20	Decke nach unten zur Tiefgarage; Decke über Außenluft; Wärmedämmung auf der Rohdecke	Oberkante Rohdecke	von oben bis Unterseite der Decke	0,04	1	
21	Decke nach unten zur Tiefgarage; Decke über Außenluft; Wärmedämmung auf und unter oder nur unter der Rohdecke	Oberkante Rohdecke	von oben bis Unterseite Wärmedämmung (ohne oder bei hinterlüfteter Verkleidung), sonst bis Unterseite Verkleidung	0,04 bzw. 0,17	1	$R_{se} = 0,04$ (ohne oder mit nicht hinterlüfteter Verkleidung) bzw. 0,17 (hinterlüftete Verkleidung). Zur Tiefgarage siehe Abschnitt 6.4.1.
22	Innenwand zum unbeheizten Keller	wie bei Außenwand	wie bei Außenwand	0,13	0,25 bis 0,85 <sup>1</sup>	Vereinfachend $F_x = 0,7$ (DIN V 18599-2:2016-10) bzw. 0,8 (DIN V 18599-2:2018-09).

<sup>1</sup> Nur für den Heizfall; für den Kühlfall differenzierte Berücksichtigung mittels Transferkoeffizienten und Temperaturdifferenz zur benachbarten, anders konditionierten Zone nach Kapitel 0. Bei einer Solltemperaturdifferenz zwischen der Zone und der Nachbarzone von höchstens 4 K dürfen die trennenden Bauteile zwischen den Zonen vernachlässigt werden.

Nr.	Bauteil	Maßbezug	U-Wert	$R_{se}$ in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	$F_x$	Hinweise
<b>Innenbauteile zu unkonditionierten Bereichen (außer unterer und oberer Gebäudeabschluss) und zu anderen Zonen</b>						
23	Innenwand zu anderer konditionierter Zone	Mitte der tragenden Wand (Achsmaß)	wie bei Außenwand	0,13	nicht anwendbar <sup>1</sup>	Bauteile zwischen Zonen dürfen bis zu einer Solltemperaturdifferenz zwischen den Zonen von 4 K vernachlässigt werden.
24	Innendecke zu anderer konditionierter Zone	Oberkante Rohdecke	bei hinterlüfteter Bekleidung ohne Hinterlüftungsebene und ohne Bekleidung	0,10 bzw. 0,17	nicht anwendbar <sup>1</sup>	$R_{si} = 0,10$ (unten wärmer als oben) bzw. $0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ (oben wärmer als unten), jeweils für Ober- und Unterseite. Bauteile zwischen Zonen dürfen bis zu einer Solltemperaturdifferenz von 4 K zwischen den Zonen vernachlässigt werden.
25	Innenwand zu unkonditionierter Zone	wie bei Außenwand, bis zur unkonditionierten Seite der Innenwand	wie bei Außenwand	0,13	0,5 <sup>1</sup>	
26	Innendecke zu unkonditionierter Zone	Oberkante Rohdecke	wie Innenwand	0,10 bzw. 0,17	0,5	Innendecke zu unbeheiztem Dachboden oder Abseite: siehe Zeile 12.
27	Bauteile zu unkonditionierten vorgelagerten Räumen (z. B. Lageranbauten, Garagen)	wie Außenbauteile	wie Außenbauteile	0,13	0,5 <sup>3</sup>	
28	Wände und Fenster zu unbeheiztem Glasvorbau	wie Außenbauteile	wie Außenbauteile	0,13	0,8 bzw. 0,7 bzw. 0,5 <sup>3</sup>	$F_u = 0,8$ (Glasvorbau mit Einfachglas) bzw. 0,7 (Zweifachglas) bzw. 0,5 (Dreifachglas)

<sup>1</sup> Nur für den Heizfall; für den Kühlfall differenzierte Berücksichtigung mittels Transferkoeffizienten und Temperaturdifferenz zur benachbarten, anders konditionierten Zone nach Kapitel 0. Bei einer Solltemperaturdifferenz zwischen der Zone und der Nachbarzone von höchstens 4 K dürfen die trennenden Bauteile zwischen den Zonen vernachlässigt werden.

<sup>2</sup> Nur für den Heizfall; für den Kühlfall Berücksichtigung mittels U-Wert nach DIN EN ISO 13370.

<sup>3</sup> Nur für den Heizfall; für den Kühlfall differenzierte Berücksichtigung mittels Transferkoeffizient und Temperaturdifferenz zum vorgelagerten unkonditionierten Raum gemäß DIN V 18599-2, Abschnitt 6.4.3.

Nr.	Bauteil	Maßbezug	U-Wert	$R_{se}$ in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	$F_x$	Hinweise
<b>Fenster</b>						
29	Außenfenster, Außenfenstertüren, Dachflächenfenster	Fensterfläche = lichtes Rohbaumaß, bei dem das Fenster angeschlagen wird (= Außenmaß des Blendrahmens zzgl. Einbaufuge); Außen- oder Innenanschläge sowie Putz oder andere Bekleidungen, sofern vorhanden, werden vernachlässigt.	$U_w$ nach Herstellerangabe bzw. nach DIN EN 14351-1; oder $U_w$ nach DIN EN ISO 10077-1 berechnet aus $U_g$ , $U_f$ und $\psi$ des Randverbunds sowie den entsprechenden Abmessungen (oder den Standardmaßen für Fenster von $1,23 \cdot 1,48 \text{ m}$ und für Fenstertüren von $1,48 \cdot 2,18 \text{ m}$ , bei einem Rahmenanteil von 30 %)	–	1	Skizzen zur maßgeblichen Fensterfläche siehe im Text weiter unten.
30	Fenster zu unbeheiztem Glasvorbau	wie Außenfenster	wie Außenfenster		0,8 bzw. 0,7 bzw. 0,5 <sup>3</sup>	$F_u = 0,8$ (Glasvorbau mit Einfachglas) bzw. 0,7 (Zweifachglas) bzw. 0,5 (Dreifachglas)
31	Innenfenster	wie Außenfenster	wie Außenfenster	0,13	wie umgebende Wand	Bauteile zwischen Zonen dürfen bis zu einer Solltemperaturdifferenz von 4 K zwischen den Zonen vernachlässigt werden
32	Glasdoppelfassaden	geschossweise unterteilte Glasdoppelfassaden: ersatzweise Berechnung als unbeheizter Glasvorbau; siehe dort	geschossweise unterteilte Glasdoppelfassaden: ersatzweise Berechnung als unbeheizter Glasvorbau; siehe dort	–	–	Für den Einfluss von Glasdoppelfassaden ist kein allgemein anerkanntes Berechnungsverfahren bekannt. Geschossweise unterteilte Glasdoppelfassaden können ersatzweise als unbeheizter Glasvorbau mithilfe DIN V 18599-2, Abschnitt 6.4.3.4 berechnet werden. Andere Glasdoppelfassaden können mithilfe anderer Verfahren, z. B. einer dynamischen Gebäudesimulation oder messtechnisch bewertet werden.

<sup>3</sup> Nur für den Heizfall; für den Kühlfall differenzierte Berücksichtigung mittels Transferkoeffizient und Temperaturdifferenz zum vorgelagerten unkonditionierten Raum gemäß DIN V 18599-2, Abschnitt 6.4.3.

Nr.	Bauteil	Maßbezug	U-Wert	$R_{se}$ in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	$F_x$	Hinweise
33	konditionierte Glasvorbauten („Wintergarten“); Glasvorbauten ohne Trennwand zur angrenzenden konditionierten Zone	wie Außenbauteile einer konditionierten Zone	wie Außenbauteile einer konditionierten Zone	–	1	Berechnung wie konditionierte Gebäudezone

**Tab. 10:** Maßbezüge sowie Hinweise zur U-Wert-Berechnung und zu  $F_x$ -Werten von Bauteilen der Hüllfläche für den Nachweis

## 6.4 Weitere Festlegungen und Hinweise

### 6.4.1 Tiefgaragen

Tiefgaragen werden vereinfacht wie ein Bereich mit Außenluft behandelt (d. h.  $F_x = 1$ ). Alternativ kann der Wärmetransport zur Tiefgarage differenziert mittels Transferkoeffizienten und maßgeblicher Temperaturdifferenz zwischen konditionierter Zone und Tiefgarage ermittelt werden. Dafür ist die Tiefgarage als nicht thermisch konditionierte Zone bei der Berechnung anzulegen und vollständig geometrisch und mit ihren U-Werten usw. zu beschreiben.

Abweichend davon können im Rahmen der BEG Bauteile zu Garagen (Tiefgaragen sind hierbei nicht ausgeschlossen) als Bauteile gegen unbeheizten Raum betrachtet werden (d. h.  $F_x = 0,5$ ), wenn für die Garage angenommen werden kann, dass sich darin kein Außentemperaturniveau einstellen wird, z. B wenn die Garage über ein automatisches, dicht schließendes Schließsystem verfügt, welches überwiegend geschlossen gehalten wird, und wenn die Garage nicht natürlich oder stark belüftet wird. Diese Vereinfachung gilt nicht für die Zwecke des Gebäudeenergiegesetzes. Sie gilt ebenfalls nicht für die energetische Bewertung von Wärmebrücken nach DIN 4108, Beiblatt 2 ( $F_x = 1$ ). Beim Nachweis der minimalen Oberflächentemperatur nach DIN 4108-2 ist für die Tiefgarage als Standardwert  $-5^\circ\text{C}$  vorgegeben, abweichende Ansätze und Verfahren sind zulässig.

### 6.4.2 Wärmedämmung im Randbereich von Bodenplatten (5-Meter-Regel)

Gemäß DIN 4108-2, Tabelle 3 gilt für den unteren Abschluss nicht unterkellerter, normal oder niedrig beheizter Aufenthaltsräume, die unmittelbar an das Erdreich grenzen, ein konstruktiver Mindestwärmedurchlasswiderstand von  $R = 0,90 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$  für die äußeren 5 m (5-Meter-Regel). Im Innenbereich der Bodenplatte (mehr als 5 m vom nächstgelegenen Rand der Bodenplatte entfernt) darf auf eine Wärmedämmung unter der Bodenplatte verzichtet werden (was aber bedeuten würde, dass die Bodenplatte für die Gebäudebilanz in mindestens zwei Teilflächen mit unterschiedlichem U-Wert aufgeteilt werden muss). Damit ist im Randbereich der Bodenplatte ein konstruktiver U-Wert von höchstens  $0,93 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  einzuhalten. Für die Berechnung des mittleren U-Werts der Bodenplatte siehe 1.4.3. Diese Forderung für den 5-m-Randstreifen gilt auch dann und ist entsprechend über den konstruktiven Wert nachzuweisen, wenn der U-Wert der Bodenplatte für den GEG-Nachweis nach DIN EN ISO 13370 berechnet wird.

Ob die Bodenplatte niveaubündig mit dem umliegenden Gelände ausgeführt wird oder z. B. als Kellerfußboden unter Erdreichniveau liegt, ist hinsichtlich der 5-Meter-Regel und der Mindestanforderung der Tabelle 3 der DIN 4108-2 unerheblich; die Forderung gilt formal unabhängig von einer eventuellen Anschüttung oder Eintauchtiefe. Von daher kann die Mindesteinbindetiefe der Dämmung von 5 m nicht um die Eintauchtiefe der Bodenplatte reduziert werden. Im Einzelfall, wenn wirklich erforderlich, wäre es aus ingenieurmäßiger Argumentation jedoch denkbar, mittels einer Berechnung nach DIN EN ISO 13370 und DIN EN ISO 10211 zu zeigen, dass die vorhandene Erdanschüttung plus eine reduzierte Einbindetiefe der Randdämmung von x Metern hinsichtlich des Mindestwärmeschutzes gleichwertig zur Normforderung von 5 m Einbindetiefe ohne Erdanschüttung ist. Dafür könnte man nachweisen, dass die Schimmelpilzforderung  $f_{Rsi} \geq 0,70$  bei den Randbedingungen nach DIN 4108-2 auch bei der reduzierten Einbindetiefe der Rand-

dämmung nicht nur an Kanten und Ecken, sondern an jeder Stelle der betrachteten Bodenplatte gegeben ist, und argumentieren, dass damit die hygienische Mindestanforderung der DIN 4108-2 als erfüllt betrachtet werden könne.

### **6.4.3 Temperaturkorrekturfaktor und Mittelwert des Wärmedurchgangskoeffizienten bei Bodenplatten mit Randdämmung**

Hinsichtlich der Transmissionswärmeverluste in der Gebäudebilanzierung kann der U-Wert einer Bodenplatte mit Randdämmung nach DIN EN ISO 13370 berechnet werden. In der Bilanzierung wird der berechnete U-Wert, multipliziert mit dem Temperaturkorrekturfaktor  $F_x = 1,0$ , für die gesamte Bodenplattenfläche mit Randdämmung berücksichtigt. Alternativ kann der konstruktive U-Wert der Bodenplatte **ohne** die Dämmung im Randbereich nach DIN EN ISO 6946 bestimmt werden. In der Bilanzierung wird dann der berechnete U-Wert, multipliziert mit dem Temperaturkorrekturfaktor nach Zeile 4 aus DIN V 18599:2016-10, Tabelle 6 (Fußboden auf dem Erdreich mit Randdämmung 5 m waagerecht), für die gesamte Bodenplattenfläche berücksichtigt. Im Temperaturkorrekturfaktor ist die Randdämmung enthalten, sodass die Transmissionswärmeverluste richtig dargestellt werden.

**Hinweis:** Bei einer durchgehend gedämmten Bodenplatte handelt es sich nicht um eine Randdämmung im eigentlichen Sinne. Um eine doppelte Berücksichtigung zu vermeiden, darf in diesem Fall sowohl bei der Berechnung des U-Wertes nach DIN EN ISO 13370 als auch bei Verwendung des konstruktiven U-Wertes mit Temperaturkorrekturfaktor nach DIN V 18599 keine Randdämmung mehr angesetzt werden.

Der mittlere U-Wert der opaken Bauteile muss hinsichtlich der Bodenplatte abweichend von der oben genannten Vorgehensweise berechnet werden. Während bei den Transmissionswärmeverlusten die gesamte Bodenplatte zu berücksichtigen ist, bleibt bei der Berechnung des mittleren U-Wertes nach DIN V 18599 generell die Fläche unberücksichtigt, die mehr als 5 m vom äußeren Rand des Gebäudes entfernt ist. Es ist daher der U-Wert für den 5 m breiten Rand zu bestimmen. Dieser wird nach der Norm noch mit dem pauschalen Faktor von 0,5 multipliziert. Die für den mittleren U-Wert zu berücksichtigende Fläche der Bodenplatte kann also deutlich kleiner sein als jene, die für die Bestimmung der Transmissionswärmeverluste angesetzt wird. Für die Berechnung des Mittelwerts des Wärmedurchgangskoeffizienten der Bodenplatte ist grundsätzlich der „konstruktive Wärmedurchgangskoeffizient“ nach DIN 4108-6:2006-03, Anhang E anzusetzen.

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, anstelle oder in Ergänzung zu einer waagerechten Dämmung der Bodenplatte eine vertikale Perimeterdämmung vorzusehen. Jedoch kann dies bei der Berechnung des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der opaken Bauteile nicht unmittelbar berücksichtigt werden. Ersatzweise kann für die waagerechte Fläche des 5 m breiten Randstreifens der Bodenplatte ein U-Wert angesetzt werden, der hinsichtlich der Reduzierung der Wärmeverluste zum Erdreich die gleiche Wirkung hat wie die tatsächlich vorgesehene Konstruktion. Für den Gleichwertigkeitsnachweis sind die Wärmeverluste zum Erdreich mit geeigneten Methoden zu berechnen (z. B. nach DIN EN ISO 13370 oder über eine numerische Simulation nach DIN EN ISO 10211). Wenn anstelle der 5 m breiten waagerecht angeordneten Dämmschicht eine 2 m tiefe, senkrecht angeordnete Perimeterdämmung mit demselben Wärmedurchlasswiderstand eingebaut wird, kann gemäß DIN V 18599-2, Tabelle 6 näherungsweise von einer energetischen Gleichwertigkeit ausgegangen werden. Zur Berechnung des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der opaken Bauteile darf in diesem Fall ersatzweise ohne weitere Gleichwertigkeitsberechnungen der 5 m breite waagerechte Randstrei-

fen der Bodenplatte mit einem U-Wert angesetzt werden, für den fiktiv der Wärmedurchlasswiderstand der senkrechten Perimeterdämmung anzunehmen ist.

#### **6.4.4 Bauteile, für die im Referenzgebäude keine Festlegungen enthalten sind, z. B. Vorhangfassaden bei Wohngebäuden**

Der Höchstwert des Jahresprimärenergiebedarfs wird nach GEG im Referenzgebäudeverfahren ermittelt. Dabei muss das Referenzgebäude in Geometrie, Gebäudenutzfläche und Ausrichtung dem zu errichtenden Gebäude entsprechen. Zu verwenden sind die Referenzwerte aus Tabelle 1 der Anlage 1 bzw. Anlage 2, wobei der mit den Referenzwerten berechnete Jahresprimärenergiebedarf noch mit dem Faktor 0,75 zu multiplizieren ist. In Einzelfällen kann es sein, dass die Tabelle für bestimmte energetisch relevante Eigenschaften des zu errichtenden Gebäudes keine Festlegungen enthält (z. B. Qualität unbeheizter Glasvorbauten, wirksame Wärmekapazität, Tür zu unbeheizten Räumen). Dennoch muss auch in diesen Fällen das Referenzgebäude vollständig beschrieben sein, um einen Höchstwert für den Jahresprimärenergiebedarf bestimmen zu können. In den Fällen, für die die Tabelle 1 der Anlage 1 bzw. Anlage 2 keine adäquate Entsprechung enthält, ist gemäß Auslegung XXII-2 die nicht definierte Eigenschaft des Referenzgebäudes identisch zum auszuführenden Gebäude anzusetzen.

Dies würde bei einer Vorhangsfassade im Wohngebäude bedeuten, dass sie sowohl im Referenzgebäude als auch im zu errichtenden Gebäude als identische Vorhangsfassade mit ihren geplanten energetischen Eigenschaften anzunehmen wäre. Zwei Absätze weiter führt die Auslegung für Vorhangsfassaden in Wohngebäuden eine Ausnahme ein, laut welcher die Fläche der Vorhangsfassade im Referenzgebäude als „Lochfassade“ nachgebildet werden soll (wie soll das praktisch getan werden?), während im zu errichtenden Gebäude für diese Fläche die geplante Vorhangsfassade angesetzt werden soll. Diese „Lochfassaden-Näherung“ für das Referenzgebäude erscheint dem Autor fachlich unangemessen und in der praktischen Vorgehensweise unklar. Es wird daher empfohlen, beim Grundsatz zu bleiben, dass die nicht definierte Eigenschaft des Referenzgebäudes identisch zum auszuführenden Gebäude anzusetzen ist – und dementsprechend die Vorhangsfassade sowohl im Referenzgebäude als auch im zu errichtenden Gebäude als identische Vorhangsfassade mit ihren geplanten energetischen Eigenschaften anzunehmen.

Pfosten-Riegel-Konstruktionen sind der Kategorie Vorhangsfassade zuzuordnen, auch wenn sie nicht an den Stirnseiten der Geschossdecken befestigt, sondern nach innen gerückt direkt zwischen zwei Geschossdecken eingestellt, und damit lediglich in einem Geschoss vorhanden oder wenn sie in Art einer Bandfassade nebeneinander gestellt sind. Zu unterscheiden sind hiervon Fensterbänder, welche aus mehreren aneinandergereihten Fenstern bestehen; sie unterscheiden sich konstruktiv von Vorhangsfassaden und fallen unter die Fensterproduktnorm EN 14351-1. Pfosten-Riegel-Fassaden sind als Vorhangsfassaden grundsätzlich nach DIN EN ISO 12631:2013-01 zu bewerten.

#### **6.4.5 Berücksichtigung vorgelagerter unkonditionierter Räume**

Die Dämmwirkung vorgelagerter unbeheizter bzw. unkonditionierter Räume (Glasvorbau, Garagen, Lageranbauten) zwischen der Zone und der Außenluft kann auf drei Arten berücksichtigt werden. Die Vorgehensweisen können wahlweise auch für unbeheizte Dachräume, unkonditionierte Keller sowie Tiefgaragen angewendet werden:

- | Vereinfacht mittels  $F_x$ -Temperaturkorrekturfaktoren  
(nur für den Heizfall zulässig)
- | Vereinfacht mittels Einrechnen nach DIN EN ISO 6946 in den U-Wert  
(nur für den Heizfall zulässig)
- | Detailliert mittels Transferkoeffizienten und Temperaturdifferenz: Nach DIN EN ISO 13789 kann die resultierende Temperatur im vorgelagerten Raum (Gleichgewichtstemperatur) bestimmt werden, und zwar aus den Wärmetransferkoeffizienten für Transmission und Lüftung zwischen der Zone und dem Raum und zwischen dem Raum und der Außenluft, eventuellen internen und sozialen Wärmequellen des vorgelagerten Raums und der Temperaturdifferenz zwischen der Zone und der Außenluft. Mit der ermittelten Temperatur des vorgelagerten Raums und den Wärmetransferkoeffizienten zwischen der Zone und dem vorgelagerten Raum kann die Wärmeübertragung zum vorgelagerten Raum bestimmt werden. Dies ist eine recht genaue Berücksichtigung des Effekts des vorgelagerten Raums; sie gilt sowohl für den Heiz- als auch für den Kühlfall. Für weitere Angaben dazu siehe DIN EN ISO 13789 oder DIN V 18599-2, Abschnitt 6.1.4 sowie für unkonditionierte Glasanbauten DIN V 18599-2, Abschnitt 6.4.3.

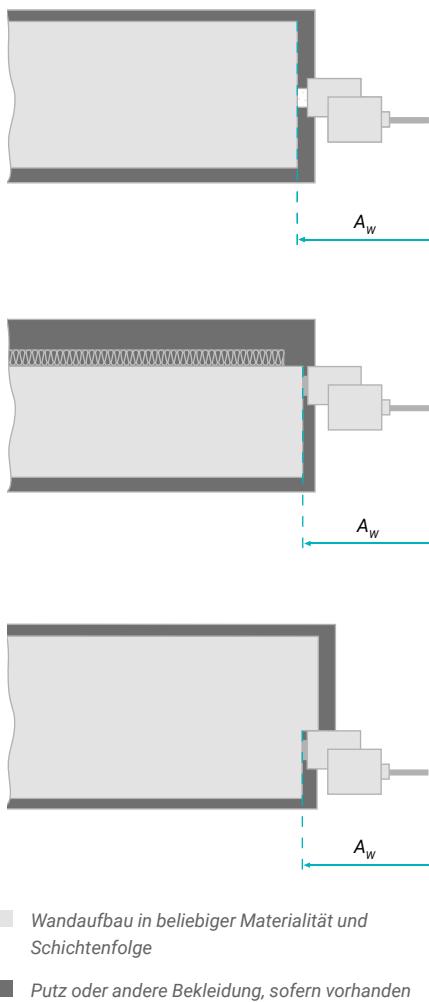
#### **6.4.6 Zusammenspiel unterschiedlich berechneter U-Werte erdberührter Bauteile**

**Darf man einen nach DIN EN ISO 13370 berechneten U-Wert mit den Bauteilwerten der GEG für erdberührte Bauteile vergleichen?**

Sowohl die Höchstwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten erdberührter Bauteile im Bauteilverfahren nach GEG, Anlage 3 als auch die Referenzwerte nach GEG, Anlage 1 bzw. 2 sowie die Mindestanforderungen an den Wärmedurchlasswiderstand der DIN 4108-2, Tabelle 3 sind konstruktive U- bzw. R-Werte, gerechnet nach DIN EN ISO 6946 aus der Schichtenfolge ohne Erdreich, auch wenn dies nicht dabeisteht. Dementsprechend sind zum Vergleich mit den vorgenannten Werten immer konstruktive U- bzw. R-Werte zu verwenden. Dies gilt auch dann, wenn bei der Energiebilanz nach DIN V 18599 die U-Werte erdberührter Bauteile nach DIN EN ISO 13370 eingesetzt werden.

**Darf man im Nachweis U-Werte nach DIN EN ISO 6946 und DIN EN ISO 13370 für erdberührte Bauteile „mischen“?**

Bei der Bilanzierung eines geplanten oder vorhandenen Gebäudes dürfen die U-Werte der Bodenplatte oder anderer erdberührter Bauteile wahlweise nach DIN EN ISO 6946 (als konstruktiver U-Wert) oder nach DIN EN ISO 13370 (d. h. inklusive Erdreichberücksichtigung) berechnet und in die Bilanzierung übernommen werden. Es gibt auch keine formale Anforderung, dies für alle erdberührten Bauteile jeweils gleich vorzunehmen. Das „Mischen“ ist auch dahingehend statthaft, dass erdberührte Bauteile des geplanten Gebäudes nach DIN EN ISO 13370 gerechnet werden und das Referenzgebäude mit den tabellierten Referenzwerten der GEG bilanziert wird (welche für erdberührte Bauteile ja konstruktive U-Werte nach DIN EN ISO 6946 sind). Man kann insofern die beiden Berechnungsweisen für die U-Werte erdberührter Bauteile „mischen“. **Wichtig:** Bauteile mit U-Werten nach DIN EN ISO 13370 dürfen keine Temperaturkorrekturfaktoren  $F_x$  bzw.  $F_g$  erhalten (d. h.,  $F_x$  muss zu 1 gesetzt werden für diese Bauteile!).



■ Wandaufbau in beliebiger Materialität und Schichtenfolge

■ Putz oder andere Bekleidung, sofern vorhanden

**Abb. 19:** Fenstergröße

Quelle: DIN 4108-2:2013-02 Bild 2 [9]

#### 6.4.7 Fenstergröße

„Zur Bestimmung der Fensterfläche  $A_w$  wird das Maß bis zum Anschlag des Blendrahmens verwendet. Als liches Rohbaumaß gilt das Maueröffnungsmaß, bei dem das Fenster angeschlagen wird. Dabei sind Putz oder ggf. vorhandene Verkleidungen (z. B. Gipskartonplatten beim Holzbau) nicht zu berücksichtigen. Von der so ermittelten Fenstergröße kann auch (unter Berücksichtigung der Einbaufuge) auf das zu bestellende Fenster geschlossen werden. Bei Dachflächenfenstern kann analog das Außenmaß des Blendrahmens als liches Rohbaumaß angenommen werden. Dies gilt unabhängig vom Glasanteil und der Rahmenausbildung“ (Quelle: [9]. Siehe Abbildung 19).

#### 6.4.8 Überprüfung der Schichtenfolge mit dem Nachweis des klimabedingten Feuchteschutzes nach DIN 4108-3

Der Nachweis des klimabedingten Feuchteschutzes (Freiheit von Kondensatbildung auf der Bauteiloberfläche; Begrenzung der Tauwasserbildung im Bauteilinneren) erfolgt nach DIN 4108-3 in der Regel mit dem Blockklimaverfahren (dem sogenannten GLASER-Verfahren). Bei Bauteilen in Leichtbauweise, d. h. mit homogenen und inhomogenen Schichten. bzw. Ständer-Gefach-Situationen erfolgt dabei der Nachweis nur für den Gefachbereich. Die DIN 4108-3 ist bauaufsichtlich eingeführt. Das GLASER-Verfahren der Norm ist ein vereinfachtes Periodenbilanz-Nachweisverfahren und bildet von seinen Randbedingungen her (z. B. stationäres Blockklima für Tauwasser- und Verdunstungsperiode, Vernachlässigung der Kapillarleitung etc.) nicht die tatsächliche Situation ab. Es liegt auf der sicheren Seite. So kann es durchaus vorkommen, dass eine Konstruktion nach dem GLASER-Verfahren der DIN 4108-3 als unzulässig einzustufen wäre, aber beim Nachweis mit realistisch abbildenden Berechnungsverfahren – und in der Wirklichkeit – schadensfrei bleibt.

Mit aus diesem Grund, aber auch als Arbeitsvereinfachung enthält DIN 4108-3 in Abschnitt 5.3 eine Auflistung von vielen üblichen Bauteilen, die bekanntermaßen hinsichtlich des klimabedingten Feuchteschutzes unbedenklich und deswegen von der Nachspflicht ausgenommen sind. Bevor man einen Nachweis rechnet, sollte man dort nachschauen, ob dieser überhaupt erforderlich ist.

Die internationale Norm DIN EN ISO 13788 verwendet die gleichen Rechenansätze wie DIN 4108-3, aber nicht mit einem Winter/Sommer-Blockklima, sondern mit einem monatlich konstanten Klima und einer Monatsbilanzierung über alle zwölf Monate. Nachdem das für Deutschland anzusetzende Monatsklima nicht festgelegt ist, ist DIN EN ISO 13788 für baurechtliche Nachweise nicht anwendbar.

Das GLASER-Verfahren der DIN 4108-3 ist nach wie vor ein probates, einfaches Mittel, um die Unbedenklichkeit von Konstruktionen hinsichtlich des klimabedingten Feuchteschutzes zu überprüfen. Das Verfahren sollte als Positivnachweis genutzt werden: Bauteile, welche diese Überprüfung bestehen, sind in jedem Fall unkritisch. Ist ein Tauwassernachweis nach DIN 4108-3 nicht erfolgreich oder soll von vornherein ein anderer Nachweis geführt werden, kann alternativ auf genauer abbildende Berechnungsverfahren zurückgegriffen werden, um die Tauglichkeit der Konstruktion nachzuweisen. Dies ist auch für erdberührte Bauteile (sofern sie nicht in der Liste nachweisfreier Bauteile enthalten sind) und für Bauteile mit feuchteadaptiven Schichten erforderlich, für die das GLASER-Verfahren nicht angewendet werden kann. Die Norm gibt entsprechende Hinweise zu Verfahren und Literaturquellen. Dabei übernimmt der Nachweisende die Haftung für die Richtigkeit und Tauglichkeit der von ihm gewählten Klimarandbedingungen, z. B. bei einer Simulation.

Bei der Anwendung des GLASER-Verfahrens für Dämmstoffe mit beidseitiger diffusionsdichter Abdeckung ergeben sich (wenn der Dämmstoffkern und die diffusionsdichten Abdeckungen als separate Schichten eingegeben werden) zwar rechnerisch ein Diffusionsstrom und eine Tauwassermenge. Diese sind aber verfahrensbedingte Artefakte: Ist warmseitig bereits eine diffusionsdichte Schicht angeordnet, kann erst gar kein Diffusionsstrom durch diese Schicht hindurchtreten – folglich kann an der kaltseitigen diffusionsdichten Schicht auch kein Tauwasserausfall auftreten. Daher empfiehlt es sich, solche Dämmstoffe als einschichtig und praktisch dampfdicht ( $sd = 1.500 \text{ m}$ ) in die Berechnung einzusetzen.

In ihrer aktuellen Ausgabe 2018-10 unterteilt die DIN 4108-3 die bisherige Spanne für „diffusionshemmende Schichten“ mit  $sd$ -Werten von 0,5 bis 1.500 m feiner und führt neue Benennungen ein, um Schichten mit mittlerer Sperrwirkung besser differenzieren zu können. Zukünftig sind folgende Schichtenbenennungen und -eigenschaften definiert:

- | diffusionsoffene Schicht: Bauteilschicht mit  $sd \leq 0,5 \text{ m}$
- | diffusionsbremsende Schicht: Bauteilschicht mit  $0,5 \text{ m} < sd \leq 10 \text{ m}$
- | diffusionshemmende Schicht: Bauteilschicht mit  $10 \text{ m} < sd \leq 100 \text{ m}$
- | diffusionssperrende Schicht: Bauteilschicht mit  $100 \text{ m} < sd < 1.500 \text{ m}$
- | diffusionsdichte Schicht: Bauteilschicht mit  $sd \geq 1.500 \text{ m}$

## 6.5 Nebenanforderung an die energetische Qualität der Gebäudehülle

Bereits anhand der Wärmedurchgangskoeffizienten und der Bauteilflächen kann die Nebenanforderung des GEG an die energetische Qualität der Gebäudehülle überprüft werden, bevor die Gebäudebilanzierung überhaupt in Angriff genommen wird. Die Einhaltung dieser Nebenanforderung ist obligatorisch. Ist sie nicht erreicht, erübrigt sich das Fortfahren in der Gebäudebilanzierung – vorher muss die Gebäudehülle energetisch verbessert werden.

Bei Wohngebäuden wird die Nebenanforderung formuliert über Höchstwerte des spezifischen, auf die Umfassungsfläche (Hüllfläche) bezogenen Transmissionswärmeverlusts  $H'_T$ , die je nach Gebäudetyp unterschiedlich vorgegeben sind. Bei Wohngebäuden enthält die Anforderungsgröße ( $H'_T$ ) der Nebenanforderung den Wärmebrückeneinfluss; von daher kann bei Wohngebäuden die Nebenanforderung erst nach Berücksichtigung des Wärmebrückeneinflusses überprüft werden. Ab Januar 2016 wurde die Nebenanforderung an die Gebäudehülle dahingehend erweitert, dass  $H'_T$  zusätzlich den Wert des jeweiligen Referenzgebäudes nicht mehr übersteigen darf.

Für Nichtwohngebäude gelten Obergrenzen für die über alle entsprechenden Bauenteile der Zone gemittelten Wärmedurchgangskoeffizienten  $\bar{U}$  bzw.  $\bar{U}_w$  der Bauteile der wärmeübertragenden Umfassungsfläche (siehe Tabelle 3).

Dabei wird jeweils das flächengewichtete Mittel der U-Werte der betreffenden Bauenteile gebildet, getrennt für opake und transparente Außenbauteile. Opake Außenbauteile gegen unbeheizte Räume oder gegen Erdreich werden zusätzlich mit einem Abminderungsfaktor von 0,5 gewichtet. Die flächenanteilige Mittelung hat zur Folge, dass die U-Werte großer Flächenanteile den Mittelwert stark beeinflussen, während kleine Flächenbereiche sich nicht sehr im Mittelwert auswirken. Die Konsequenz: Überschreitet der Mittelwert den vorgegebenen Höchstwert, „lohnen“ sich dämmtechnische Verbesserungen an den großen Flächenanteilen am meisten, um den Grenzwert zu unterschreiten.

Im Gegensatz zum Wohngebäude erfasst die Nebenanforderung beim Nichtwohngebäude nicht den Wärmebrückeneinfluss; es wird hier nur auf die flächigen Wärmedurchgangskoeffizienten abgestellt (mit Ausnahme der Vorhangsfassade, dort werden die konstruktionsbedingten Wärmebrücken innerhalb der Vorhangsfassadenfläche von vornherein in den U-Wert der Vorhangsfassade eingerechnet). Eine ausreichende Vermeidung von Wärmebrücken wird bei normal beheizten Nichtwohngebäuden dadurch sichergestellt, dass für die Bilanzierung des Referenzgebäudes der verminderte pauschale Wärmebrückenzuschlag vorgegeben wird.

<b>Zeile</b>	<b>Bauteile der Zone nach außen (ggf. über vorgelagerte unkonditionierte Räume) und zu unkonditionierten Zonen</b>	<b>Höchstwert für <math>\bar{U}</math> für normal beheizte Zonen (Raumsolltemperatur im Heizfall <math>\geq 19^{\circ}\text{C}</math>) in <math>\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math></b>	<b>Höchstwert für <math>\bar{U}</math> für niedrig beheizte Zonen (Raumsolltemperatur im Heizfall zwischen 12 und <math>&lt; 19^{\circ}\text{C}</math>) in <math>\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math></b>
<b>1</b>	Opake Außenbauteile (inklusive Außenwänden, erdbe- rührter Wände, Bodenplatte bzw. Kellerdecke, Dachfläche etc.; ohne Außentüren), soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	0,28	0,50
<b>2</b>	Transparente Außenbauteile der Zone (Fenster, Fenster- türen etc.; ohne Außentüren), soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	1,5	2,8
<b>3</b>	Vorhangfassaden	1,5	3,0
<b>4</b>	Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	2,5	3,1

**Tab. 11:** Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten  $\bar{U}$  für Nichtwohngebäude, nach GEG, Anlage 3. Für Wohngebäude siehe GEG, Anlage 1 [10].

## 6.6 Wärmebrücken

### 6.6.1 Einfluss von Wärmebrücken

Der Einfluss von linienförmigen Wärmebrücken an den Stoßstellen zwischen flächigen Bauteilen wird entweder pauschal oder detailliert berücksichtigt. Bei der pauschalen Berücksichtigung wird ein additiver Zuschlag  $\Delta U_{WB}$  · Hüllfläche A zum Transmissionswärmefluss durch die Hüllflächenbauteile hinzugezählt. Die Hüllfläche A ist die wärmeübertragende Umfassungsfläche des Gebäudes.

$\Delta U_{WB}$  beträgt:

- | als „Normalfall“  $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  als pauschaler Ansatz.
- | oder  $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  in der Kategorie A bzw.  $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  in der Kategorie B, als pauschaler verminderter Ansatz, wenn der Planer bestätigt, dass alle relevanten Wärmebrücken den Beispielen und Empfehlungen der DIN 4108, Beiblatt 2 entsprechen. Es wird dringend empfohlen, diese Bestätigung nicht nur einfach anzukreuzen, sondern ihre Einhaltung tatsächlich für alle relevanten Wärmebrücken zu überprüfen.
- | oder  $\Delta U_{WB} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  für Gebäude im Bestand mit überwiegend Innenwärmehaushalt und einbindenden Massivbauteilen.
- | Bei der detaillierten Wärmebrückenberücksichtigung werden die linienbezogenen Wärmeflusskoeffizienten  $\Psi$  für alle relevanten Bauteilanschlüsse zweidimensional numerisch berechnet oder aus geeigneten Wärmebrückentabellen entnommen. Diese  $\Delta$ -Werte werden anschließend mit der Länge l des jeweiligen Bauteilanschlusses multipliziert. Die Aufsummierung aller dieser Produkte ergibt den rechnerischen Transmissionswärmefluss (Wärmetransferkoeffizienten für Transmission) durch die Wärmebrücken  $H_{TWB}$ :

$$H_{TWB} = \sum_j (l_j \cdot \Psi_j) + \sum_i (F_{x,i} \cdot l_i \cdot \Psi_{F_{x,i}})$$

mit  $i, j = \text{alle relevanten Wärmebrücken der Zone}$ .



**Tipp:** DIN V 18599-2:2016-10 und DIN 4108, Beiblatt 2:2019-06 führen eine Wärmebrückenkategorie A mit  $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  und eine Kategorie B mit  $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  ein sowie die Möglichkeit, zu „mischen“, indem einzelne Wärmebrücken, welche den Referenzwert übersteigen, in einem korrigierten („kombinierten“) Wärmebrückenzuschlag berücksichtigt werden.

Teilt man dies durch die Hüllfläche, erhält man den detaillierten vorhandenen Wärmebrückenzuschlag  $\Delta U_{WB,vorh}$ , der statt des Pauschalwertes für  $\Delta U_{WB}$  im öffentlich-rechtlichen Nachweis eingebbracht werden kann. Die „Hüllfläche“ A ist die gesamte wärmetauschende Hüllfläche der Zone, inklusive der Fenster und anderer transparenter Bauteile. Bauteile, bei denen der Wärmebrückeneinfluss am Anschluss an benachbarte Bauteile bereits im U-Wert eingerechnet ist, dürfen hier bei der Hüllfläche unberücksichtigt bleiben, z. B. Vorhangsfassaden nach DIN EN ISO 12631. Wichtig ist, dass für die Division durch A dieselbe Fläche verwendet wird, mit der in der Bilanzierung der vorhandene Wärmebrückenzuschlag  $\Delta U_{WB,vorh}$  wieder multipliziert wird.

In aller Regel ergibt eine detaillierte Wärmebrückenberücksichtigung deutlich günstigere Werte als der pauschale Ansatz, häufig können vorhandene Wärmebrückenzuschläge  $\Delta U_{WB,vorh}$  in der Größenordnung von ca.  $0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  oder darunter realisiert werden. Bei Wohngebäuden stellt die Nebenanforderung des GEG an die energetische Qualität der Gebäudehülle auf den spezifischen Transmissionswärmeverlust  $H'_T$  ab; in ihm sind der Einfluss aller flächigen Bauteile der Hüllfläche sowie der Wärmebrückeneinfluss enthalten.

### 6.6.2 Relevante Wärmebrücken

Als relevante Wärmebrücken sind beim detaillierten Nachweis mindestens alle Außenkanten des Gebäudes (Fundamentanschluss, Traufe, Ortgang, Kellerdeckeneinbindung) sowie die Fenster- und Fenstertürabslüftungen zu berücksichtigen. Vernachlässigt werden dürfen Bauteilanschlüsse zwischen gleichartigen Bauteilen (z. B. senkrechte Außenkante zwischen Außenwand und Außenwand, First, Anschluss zwischensparrendämmte Kehlbalkendecke an zwischensparrendämmte Dachschräge) sowie die Laibungen einzeln auftretender Türanschlüsse in der wärmetauschenden Hüllfläche des Gebäudes. Wärmebrücken durch Wand- und Deckeneinbindungen sowie durch kleinformatige Außenbauteile (Unterzüge, Boden von Erkern etc.) können vernachlässigt werden, wenn die Bauteile außenseitig vollständig mit mindestens 10 cm Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeitsstufe 040 oder besser (d. h. mit  $R \geq 2,5 \text{ (m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ ) überdämmt sind. Wärmebrücken zu benachbarten beheizten und/oder gekühlten Zonen können generell vernachlässigt werden, nicht jedoch Wärmebrücken durch angrenzende unkonditionierte Zonen nach außen.

Alle nur vereinzelt auftretenden punktförmigen Wärmebrücken wie beispielsweise punktförmige Balkonaufsteller, Markisenbefestigungen etc. sowie Durchdringungen wie Schornstein, Lüftungsrohre, Holzsparren und Pfetten können generell vernachlässigt werden. Gleiches gilt für kleinflächige Querschnittsänderungen durch Steckdosen, Leitungs-, Briefschlitze und Briefkästen etc.

Immer wiederkehrende punktförmige Wärmebrücken innerhalb der Bauteilfläche (z. B. Dübel bei WDVS, Anker und Konsolen bei VHF (vorgehängte hinterlüftete Fassade), Verankerungsschrauben in Aufsparrendämmungen etc.) sind in den U-Wert der jeweiligen Bauteilfläche einzurechnen.

Gleiches gilt für immer wiederkehrende linienförmige Wärmebrücken innerhalb der Bauteilfläche (z. B. Schienen in VHF). Bei Vorhangsfassaden sowie Pfosten-Riegel-Konstruktionen erfolgt die Berücksichtigung ebenfalls im U-Wert, und zwar rechnerisch nach DIN EN ISO 12631, oder es wird der gemessene resultierende U-Wert inklusive aller Bestandteile der Fassade nach DIN EN ISO 12567-1 verwendet.

### 6.6.3 Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient $\Psi$ von Wärmebrücken

Der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient  $\Psi$  gibt den Wärmedurchgang pro laufenden Meter Länge der Wärmebrücke und pro Kelvin Temperaturdifferenz an, der nicht schon in den U-Werten der beiden benachbarten Bauteile enthalten ist. Der  $\Psi$ -Wert linienförmiger Bauteilanschlüsse ist das Pendant zum U-Wert flächiger Bauteile.

$\Psi$  wird numerisch mittels einer zweidimensionalen Finiten-Elemente- oder Finiten-Differenzen-Berechnung bestimmt. Übersteigt der Außenmaßbezug der beiden angrenzenden Flächen 1 und 2 ( $U_1 \cdot A_1 + U_2 \cdot A_2$ ) bereits den Wärmeverlust im Bereich der Wärmebrücke, ergibt sich rechnerisch ein negativer längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient, der das „Überkompensieren“ der Wärmebrücken durch den Außenmaßbezug wieder korrigiert. Dies ist häufig bei Wärmebrücken zwischen gleichartigen Bauteilen der Fall, z. B. bei vertikalen Gebäudekanten. Solche Wärmebrücken helfen, um im detaillierten Wärmebrückennachweis einen kleinen vorhandenen Wärmebrückenzuschlag  $\Delta U_{WB,vorh}$  zu erreichen, und sollten dementsprechend mit berücksichtigt werden, auch wenn sie eigentlich vernachlässigt werden dürften.

Zur Sprachvereinheitlichung gilt: Anschlussstellen zwischen zwei flächigen Bauteilen werden hier als Kanten bezeichnet, beispielsweise Außenwand an Außenwand oder Außenwand an Decke. Sie werden zweidimensional numerisch berechnet und durch  $\Psi$  charakterisiert. Stoßstellen zwischen drei flächigen Bauteilen (bzw. die Stelle, an der drei linienförmige Wärmebrücken zusammenlaufen) werden hier als Ecken bezeichnet, z. B. Außenwand an Außenwand an einbindende Decke. Sie werden dreidimensional numerisch berechnet und durch den punktbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $\chi$  gekennzeichnet.

### 6.6.4 Temperaturbewertung von $\Psi$ -Werten

Nach DIN 18599-2 und DIN 4108, Beiblatt 2:2019-06, Anhang D wird bei den längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten unterschieden zwischen

- | solchen mit „vorgezogener“ Temperaturbewertung, bei denen die Temperaturdifferenzkorrektur bereits in den  $\Psi$ -Wert eingerechnet ist, der  $\Psi$ -Wert also bereits temperaturdifferenzkorrigiert ist, weshalb er in der Energiebedarfsberechnung **nicht** noch einmal mit  $F_x$  beaufschlagt werden darf (Kennzeichnung als  $\Psi$  ohne Index), und
- | solchen mit „nachgelagerter“ Temperaturbewertung, bei denen der  $\Psi$ -Wert noch nicht temperaturdifferenzkorrigiert ist und deshalb in der Energiebedarfsberechnung (sozusagen „nachgelagert“) mit  $F_x$  multipliziert wird (Kennzeichnung als  $\Psi$  mit Index  $F_x$ ).

Beide Vorgehensweisen sind wahlfrei und korrekt, es darf aber innerhalb derselben Wärmebrücke nicht gemischt werden, weil dann doppelt Temperatur abgemindert wird. Im konkreten Fall ist also zu differenzieren, ob der  $\Psi$ -Wert (z. B. aus einem Katalog) bereits temperaturbewertet ist oder nicht, um zu entscheiden, ob die Wärmebrücke bei der Energiebilanzierung ohne oder mit Faktor  $F_x$  versehen wird. Wärmebrücken mit zwei luftberührten Bauteilen gehören immer in die Gruppe a) – beide Bauteile haben formal  $F_x = 1$ , d. h., es ist eine Korrektur ohne Auswirkung und der sich ergebende  $\Psi$ -Wert ist damit schon richtig temperaturbewertet.

Wärmebrücken, bei denen nur ein Bauteil erd- oder kellerluftberührt und das andere außenluftberührt ist, können **nur** vorgelagert in der Berechnung von  $\Psi$  temperaturdifferenzkorrigiert werden und **nicht** nachgelagert, weil nachträglich das relative Verhältnis zwischen den drei Temperaturrandbedingungen nicht mittels Multiplikation mit einem  $F_x$  angepasst werden kann. D. h., solche Wärmebrücken gehören ebenfalls immer in die Gruppe a) und ihre  $\Psi$ -Werte dürfen in der Energiebedarfsberechnung **nicht** mit einem  $F_x$  abgemindert werden.

### 6.6.5 Wärmebrückenlängen

Die Längen der relevanten Wärmebrücken ergeben sich analog zu den Flächenabmessungen nach den oben dargestellten Festlegungen der DIN V 18599-1 zu den horizontalen und vertikalen Maßbezügen. Die Längen können per Lineal aus den M1:100-Plänen entnommen oder von den Maßketten abgeleitet werden. Eine Bestimmung auf 10 cm genau ist ausreichend.

Wärmebrückenlänge am Gebäudesockel: Die Länge des Sockelanschlusses zwischen UG und EG ist der Umfang des Gebäudes bzw. der Anteil davon, welcher der betrachteten Zone zuzuordnen ist, z. B. aus dem EG-Grundriss. Die Wärmebrückenlänge ist die tatsächliche Länge dieser Wärmebrücke, wie sie auftritt. Die Festlegungen für  $A_g$  und P des charakteristischen Bodenplattenmaßes gelten hierfür natürlich nicht. Von dieser Umfangslänge werden jene Längen abgezogen, die bereits anderweitig bei der detaillierten Wärmebrückenberücksichtigung erfasst werden, beispielsweise die Schwellen von Türen und Fenstertüren.

Wärmebrückenlänge an Fenster- und Türlaibungen: Die Länge der Wärmebrücke ist die Abwicklung der lichten Mauerwerksöffnung, wie sie in Abschnitt 6.4.7 als Fenstergröße festgelegt ist. Dies sind auch jene Abmessungen, die üblicherweise als Größe der Fensteröffnung im M1:100-Plan stehen. Die Laibungslänge wird rund um jedes Fenster bzw. jede Tür abgemessen, und zwar individuell für alle Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster (sofern vorhanden) und Außentüren. Man kann hier nicht einfach eine durchschnittliche oder Normfenstergröße ansetzen. Die Laibungslängen einzeln auftretender Türanschlüsse in der wärmeschützenden Hüllfläche dürfen allerdings gemäß DIN 4108, Beiblatt 2 im GEG-Nachweis vernachlässigt werden.

**Beispiel:** Bei einer lichten Fensteröffnung mit einer Breite von 1,00 m und einer Höhe von 1,75 m ergibt sich:

$$\text{Laibung seitlich} = 1,75 \text{ m} + 1,75 \text{ m} = 3,5 \text{ m};$$

$$\text{Laibung oben (Sturz)} = 1,0 \text{ m};$$

$$\text{Laibung unten (Fensterbrett)} = 1,0 \text{ m}.$$

### 6.6.6 Wann ist ein Gleichwertigkeitsnachweis zu DIN 4108, Beiblatt 2 erforderlich?

**Wichtig:** Ein Gleichwertigkeitsnachweis ist nur erforderlich, wenn der Wärmebrückeneinfluss in der Bilanzierung mit dem verminderten pauschalen Wärmebrückenzuschlag  $\Delta U_{wb} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  (bzw.  $\Delta U_{wb} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  für Kategorie A oder  $\Delta U_{wb} = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  für Kategorie B) berücksichtigt werden soll. Bei Verwendung eines anderen Pauschalwertes für  $\Delta U_{wb}$  ( $0,10$  bzw.  $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ) oder bei der detaillierten Wärmebrückenberücksichtigung mittels  $\Psi$ -Werten und Längen ist DIN 4108, Beiblatt 2 obsolet. Die Wärmebrücken dürfen dann von den Beispielen und Empfehlungen des Beiblatts abweichen; die Einhaltung des Beiblatts, eine Gleichwertigkeit oder deren Nachweis ist nicht erforderlich. Die Forderung  $f_{rsi} \geq 0,70$  der DIN 4108-2 ist natürlich einzuhalten.

### 6.6.7 Wie wird ein Gleichwertigkeitsnachweis geführt?

Der Gleichwertigkeitsnachweis darf wahlweise bildlich (DIN 4108, Beiblatt 2, Referenzwerttabelle(n), Spalte 3 „Darstellung [...]“) oder rechnerisch (Spalte 5 „Referenzwert [...]“) geführt werden. Beide Vorgehensweisen sind gleichwertig und gleichberechtigt. Es reicht, wenn die Gleichwertigkeit bei einer der Vorgehensweisen gegeben ist. Ebenfalls darf man je Wärmebrücke neu entscheiden, ob man für diese Wärmebrücke bildlich oder rechnerisch die Gleichwertigkeit nachweisen möchte. Genaueres zu den beiden Vorgehensweisen sowie ergänzende Hinweise zur Gleichwertigkeit z. B. bei Anschlüssen von Montagewänden, bei bodentiefen Fenstertüren mit Entwässerungsrinne und zur Modellierung inhomogener Bauteile und Holzständerbauteile finden sich im neuen Wärmebrückenbeiblatt DIN 4108, Beiblatt 2:2019-06 [11]. Alternativ zur eigenen Berechnung kann man für den rechnerischen Nachweis auch auf  $\Psi$ -Werte aus Wärmebrückenkatalogen zurückgreifen. Etliche Baustoffhersteller bieten in ihrem Internetauftritt solche Wärmebrückenkataloge für aktuelle Konstruktionen an. Weitere Informationen und  $\Psi$ -Werte, auch solche von Wärmebrücken im Erdreich, gerechnet nach DIN N ISO 13370 und mit den neuen Maßbezügen der DIN V 18599-1, findet man auch unter [12] und [13]. Einen Wärmebrückenkatalog für frühere, „historische“ Fensteranschlüsse findet man z. B. in [14].

## **6.6.8 Gleichwertigkeitsnachweis bei thermisch nicht getrennter Balkonplatte?**

Im Falle einer energetischen Sanierung eines Bestandsgebäudes mit thermisch nicht getrennter Balkonplatte kann kein Gleichwertigkeitsnachweis zu DIN 4108, Beiblatt 2 geführt werden. Ein thermisch nicht getrennter Balkonanschluss ist aus Prinzip nicht gleichwertig, d. h., thermisch nicht getrennte Balkonplatten und Gleichwertigkeit schließen sich gegenseitig aus. Gleichwertig zu DIN 4108, Beiblatt 2 sind Balkonplatten nur dann, wenn sie thermisch getrennt sind. Bei thermisch nicht getrennten Balkonplatten bleiben zur Wärmebrückenberücksichtigung im energetischen Nachweis ausschließlich die Varianten des unverminderten pauschalen Zuschlags  $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , multipliziert mit der Hüllfläche, oder der detaillierte Wärmebrückennachweis, für den dann alle relevanten Wärmebrücken zu betrachten sind.

## **6.6.9 Gleichwertigkeitsnachweis für den Attikaanschluss bei Gefälledämmung**

Der U-Wert eines Gefälledaches wird nach DIN EN ISO 6946, Anhang E berechnet, mittels einer Art energetischen Mittelung der unterschiedlichen Dämmdicken. Das rein geometrische Mittel der Dämmdicken ergibt nicht den zutreffenden U-Wert des Daches, weil sich die dünnen Stellen stärker ungünstig auswirken, als sich die dicken Stellen günstig auswirken. Auch der Lieferant der Gefälledämmung sollte den korrekten U-Wert des Daches angeben können, allerdings gilt dieser für die gesamte Dachfläche.

Beim Gefälledach liegen an der Attika und/oder in der Dachfläche unterschiedliche Dämmdicken vor.

### **Welche Dämmdicke ist dann für den Gleichwertigkeitsnachweis für den Attikaanschluss heranzuziehen?**

**Antwort:** Bei Gefälledämmungen wird sowohl der bildliche als auch der rechnerische Gleichwertigkeitsnachweis mit einer gleichmäßigen Dämmschichtdicke  $d_{eff} = (1/U - R_{si} - R_{se}) \lambda$  durchgeführt, die sich aus dem Wärmedurchgangskoeffizienten U nach DIN EN ISO 6946:2018-03, Anhang E der Komponente und dem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  des Dämmstoffs ergibt.

Damit werden, trotz wechselnder Dämmdicken im Gefällebereich, alle Wärmebrücken im Gefällebereich mit einer einheitlichen effektiven Dämmdicke und nicht mit verschiedenen lokalen Dämmdicken nachgewiesen. Dieser Ansatz darf auch im Rahmen der Berechnung eines projektbezogenen Wärmebrückenzuschlags verwendet werden. Die Einhaltung von  $f_{Rsi}$  muss auch für die geringste an der Attika auftretende Dämmschichtdicke gegeben sein.

## 6.7 Luftpichtigkeit und Lüftungswärmerückgewinnung

Nach DIN V 18599 muss der energetisch günstige Beitrag einer Lüftungswärmerückgewinnung bei der Anlagentechnik verrechnet werden, nach DIN V 4108-6 bzw. DIN V 4701-10 kann er bei den Lüftungswärmeverlusten der Gebäudehülle (DIN V 4108-6) oder der Anlagentechnik (DIN V 4701-10) berücksichtigt werden.

Die Anforderungen an die Luftpichtigkeit von Gebäuden werden in DIN 4108-7 geregelt und beziehen sich auf Leckagen des ganzen Gebäudes oder des Gebäude Teils zur Außenluft oder zu unkonditionierten Bereichen. Für neue Gebäude ohne und mit raumlufttechnischer Anlage gelten die bekannten Luftpichtigtheitsanforderungen an den auf 50 Pa Druckdifferenz bezogenen Luftwechsel bei der Messung von  $n_{50} = 3,0$  bzw.  $= 1,5 \text{ h}^{-1}$ . Dies entspricht der Kategorie I in DIN V 18599-2, Tabelle 7. Zu beachten ist, dass zwar keine Luftpichtigheitsprüfung vorgeschrieben ist, die Einhaltung der genannten Werte aber gegeben sein muss. Von daher empfiehlt es sich für den Bauausführenden immer, die Prüfung bereits in der Bauphase (nach Einbringung der luftdichten Ebene, aber möglichst vor Anbringung von Verschalungen etc., die ein Nacharbeiten der luftdichten Ebene erschweren) vornehmen zu lassen, um das Risiko späterer Mängelrügen durch den Auftraggeber zu vermeiden. Geschuldet wird die Luftpichtigkeit zum Zeitpunkt der Übergabe des Gebäudes an den Auftraggeber.

Können große Gebäude nicht als Ganzes gemessen werden, können sie (z. B. entlang ohnehin luftdichter Bauteile wie Betondecken oder Brandwänden) in mehrere Messabschnitte unterteilt werden. Die Luftpichtigheitsmessungen sollten dann die Leckagen nach außen und in unkonditionierte Bereiche erfassen, nicht aber die zu den benachbarten Messabschnitten. Das Messergebnis gilt für alle vom Messabschnitt abgedeckten Bereiche bzw. Zonen, bei Messung des ganzen Gebäudes auf einmal für alle Zonen des Gebäudes. Eine zonenweise Luftpichtigheitsmessung ist häufig nicht sinnvoll, weil die Zonengrenzen nicht notwendigerweise auch Luftpichtigheitsgrenzen darstellen (z. B. zwischen Büro, Flur und WC-Bereich). Hohe Fehlerluftströme bei der Messung wären die Folge. Für die Luftpichtigheitsmessung und für die Vorbereitung des Gebäudes gibt der nationale Anhang zu DIN EN ISO 9972:2018-12 sehr detaillierte Beschreibungen und Festlegungen für die Überprüfung der Luftpichtigkeit aufgrund von öffentlich-rechtlichen Anforderungen, d. h. für die Zwecke des GEG und für den Energieausweis.

Im Rechengang der DIN V 18599 für neue Gebäude gilt es, Folgendes zu beachten: Wenn noch keine Luftpichtigheitsmessung vorliegt, aber eine solche nach Fertigstellung durchgeführt werden soll (und bestanden wird oder so lange nachgebessert wird, bis sie bestanden ist), werden tabellierte Bemessungswerte für  $n_{50}$  zur Bestimmung der Infiltration angesetzt. Diese unterscheiden sich von den Grenzwerten für die Messung (siehe Tabelle 12).

Liegt die Messung dann vor sowie bei Bestandsgebäuden mit Messung wird der Messwert von  $n_{50}$  für die Berechnung der Infiltration verwendet.

Kategorie zur pauschalen Einschätzung der Gebäude-dichtheit	Beschreibung	Gebäude mit einem anzusetzenden Nettoraumvolumen $\leq 1.500 \text{ m}^3$ : anzusetzender Bemessungswert für $n_{50}$ (Standardwert für Gebäude ohne Luftpichtigkeitsprüfung) in $\text{h}^{-1}$	Gebäude mit einem anzusetzenden Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3$ : anzusetzender Bemessungswert für $q_{50}$ (Standardwert für Gebäude ohne Luftpichtigkeitsprüfung) in $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$
Ia	Gebäude ohne raumluftechnische Anlage; DIN 4108-7 wird eingehalten ( $n_{50}$ bei der Messung $\leq 3,0 \text{ h}^{-1}$ ; Prüfung erfolgt nach Fertigstellung)	2	3
Ib	Gebäude mit raumluftechnischer Anlage; DIN 4108-7 wird eingehalten ( $n_{50}$ bei der Messung $\leq 1,5 \text{ h}^{-1}$ ; Prüfung erfolgt nach Fertigstellung)	1	2
II	zu errichtendes Gebäude oder Gebäudeteil, bei dem keine Luftpichtigkeitsprüfung vorgesehen ist	4	6
III	alle Gebäude, die nicht in die Kategorien Ia, Ib, II, oder IV fallen	6	9
IV	Gebäude mit offensichtlichen Undichtheiten 10 in der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, z. B. offene Fugen in der Luftpichtigkeitschicht	10	15

**Tab. 12:** Pauschale Kategorisierung des anzusetzenden Bemessungswerts für den Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz,  $n_{50}$ , für (geplante oder bestehende) Gebäude ohne Luftpichtigkeitsprüfung. Liegt eine Luftpichtigkeitsprüfung vor, ist für  $n_{50}$  der Meßwert einzusetzen. Quelle: DIN V 18599-2: 2018-09

## 6.8 Sommerlicher Wärmeschutz

### 6.8.1 Vereinfachter Nachweis für den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2

Der Planer schuldet dem Gebäudeeigentümer bzw. -nutzer eine angemessene Qualität auch hinsichtlich Raumklima, Behaglichkeit, Energieeinsparung, Nutzbarkeit etc. Das vereinfachte Nachweisverfahren der DIN 4108-2 für den sommerlichen Wärmeschutz dient zum Zwecke der Energieeinsparung. Es garantiert keine Einhaltung solcher Behaglichkeitsforderungen. Zum Nachweis der sommerlichen thermischen Behaglichkeit in Aufenthaltsbereichen vor allem mit zu erwartenden hohen solaren Wärmeeinträgen im Sommer (z. B. großzügige Verglasung) empfehlen sich genauer abbildende Verfahren wie beispielsweise dynamische Gebäudesimulationen.

Der Nachweis wird nicht für die ganze Zone geführt, sondern anhand des vermutlich kritischsten Raums der Zone bzw. des Gebäudes (d. h. raumbezogen). Das ist typischerweise z. B. ein Eckraum mit Verglasung in Süd- und Westrichtung oder es sind Dachräume mit nach Süden ausgerichteten Dachflächenfenstern oder Räume mit geringen internen Puffermassen (z. B. Großraumbüro mit abgehängten Decken; Leichtbau). Ist der Nachweis bestanden, gilt er für die ganze Zone bzw. das ganze Gebäude. Ist unklar, welcher Raum der Zone bzw. des Gebäudes der vermutlich kritischste ist, ist der Nachweis für alle als kritischste Räume infrage kommenden Räume der Zone bzw. des Gebäudes zu führen.

Das Nachweisverfahren der DIN 4108-2 beruht auf dem Vergleich eines vorhandenen mit einem höchstens zulässigen Sonneneintragskennwert. Dabei wird die Abminderung der Solareinträge durch Sonnenschutzvorrichtungen mittels Anhaltswerten  $F_c$  für den Abminderungsfaktor berücksichtigt. Anstelle dieser Anhaltswerte können selbstverständlich genauere Angaben verwendet werden, beispielsweise Herstellerangaben zu  $g_{total}$  (für Gleichung (2) in der Norm) für die Kombination aus dem geplanten Glas und der geplanten Sonnenschutzeinrichtung. Die später tatsächlich eingesetzte Kombination aus Glas und Sonnenschutz muss dann mindestens so gut sein wie im Nachweis angesetzt, bzw. so gut, dass der Nachweis weiterhin eingehalten wird. Anmerkung: Der Gesamtenergiendurchlassgrad  $g$  nach DIN EN 410 entspricht  $g_{\perp}$  für senkrechten Lichteinfall.

Alternativ zum Verfahren über den Sonneneintragskennwert nennt die Norm die dynamisch-thermische Gebäudesimulation. Der Nachweis erfolgt mit den in der Norm angegebenen Randbedingungen. Zur Erfüllung der Anforderung wird zwischen den drei Sommerklimaregionen (A, B und C) unterschieden. Je nach Region wird zur Beurteilung der Simulation ein Bezugswert der operativen Raumtemperatur von 25, 26 oder 27 °C zugeordnet. Die Übertemperaturgradstunden, d. h. das aufsummierte Produkt aus Temperaturüberschreitung und Überschreitungsduer, dürfen dann bei Wohngebäuden 1.200 und bei Nichtwohngebäuden 500 nicht übersteigen.

Die in der Berechnung berücksichtigte Sonnenschutzeinrichtung – die Kombination aus Sonnenschutz und Glas – muss in dem Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes und der GEG-Berechnung des Heiz- und Kühlenergiebedarfs übereinstimmen (Fensterfläche und Rahmenanteil;  $g$  und  $F_c$  bzw.  $g_{total}$ ).

### **6.8.2 Kann ein beweglicher Sonnenschutz als permanenter Sonnenschutz gelten?**

Bezüglich des Nachweises für den sommerlichen Wärmeschutz wird in DIN 4108-2, Tabelle 8, Zeile 3 der anteilige Sonneneintragskennwert für Sonnenschutzverglasung mit  $g < 0,40$  definiert. Eine Fußnote gestattet, als gleichwertige Maßnahme eine Sonnenschutzvorrichtung einzusetzen, welche die diffuse Strahlung nutzer-unabhängig permanent reduziert und deren  $g_{total} < 0,40$  ist. Die Festlegung „permanent“ bedeutet aber, dass die diffuse Strahlung (nicht nur die direkte!) permanent so reduziert sein muss, dass sich ein  $g_{total}$  von  $< 0,40$  ergibt. Das wird nur mit feststehenden Einrichtungen möglich sein. Es ist ja gerade das Kennzeichen einer Sonnenschutzverglasung, auf das hier abgestellt wird, dass die Reduktion der Strahlung immer und zu jeder Zeit gegeben ist, unabhängig vom Bedienen durch einen Nutzer oder durch eine Steuerung und unabhängig von Wind etc. Demzufolge ist klar, dass dies auch für die „Ersatzlösung“ gelten muss. Bewegliche Sonnen-schutzlösungen können damit grundsätzlich nicht als permanent gelten.

Daraus folgt, dass der Einfluss beweglicher Sonnenschutzvorrichtungen (mit und ohne Windwächter) nicht im zulässigen Sonneneintragskennwert in Abschnitt 8.3.3, sondern im vorhandenen Sonneneintragskennwert in Abschnitt 8.3.2, Gleichung (2) der Norm zu berücksichtigen ist. Dabei kann für den Abminderungsfaktor  $F_c$  ein Anhaltswert nach Tabelle 7 der Norm oder eine Herstellerangabe verwendet werden.

### **6.8.3 Kann der Abminderungsfaktor nach Tabelle 7 der DIN 4102-2 für Vordächer aus transluzentem Material verwendet werden?**

Der Anhaltswert für den Abminderungsfaktor für Vordächer, Loggien etc. geht davon aus, dass keine direkte Besonnung des Fensters auftritt, mithin davon, dass nur diffuse Strahlung auf das Fenster fällt. Bei einem Vordach aus transluzentem Material wäre die auf das Fenster auftreffende Gesamtsolarstrahlung gegenüber der „üblichen“ diffusen Strahlung deutlich erhöht – genau dafür setzt man an anderer Stelle transluzentes Material ein. Von daher kann der tabellierte Abminde-rungsfaktor nicht für eine „Verschattung“ aus transluzentem Material eingesetzt werden.

### **6.8.4 Anrechenbarkeit von baulicher Verschattung durch Nachbargebäude?**

Sind für Glasflächen bauliche Verschattungen zu berücksichtigen, kann  $g_{total}$  nach DIN 4108-2, Gleichung (3) anhand der Teilbestrahlungsfaktoren  $F_s$  nach DIN V 18599-2:2011-12, A.2 modifiziert werden (d. h.  $g_{total} = F_c \cdot F_s$ ). Es sind die jeweiligen Faktoren für den Sommerfall zu verwenden. Die Mehrfachberücksich-tigung eines Einzeleinflusses (z. B. Vordächer nach DIN 4108-2, Tabelle 7, Zeile 3.4 und zusätzlich nach DIN V 18599-2) ist hierbei ausgeschlossen. Beim Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes mithilfe dynamisch-thermischer Simulationen darf eine bauliche Verschattung ebenfalls berücksichtigt werden. Der gewählte Ansatz ist zu dokumentieren.

### **6.8.5 Ausnahme für Schaufenster im Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes**

Räume hinter Schaufenster sind in DIN 4108, Beiblatt 2 vom Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes (SWS) ausgenommen, ohne dass im Beiblatt definiert wäre, welche Kriterien ein Fenster zum Schaufenster machen. Eine entsprechende Definition wurde bewusst nicht aufgenommen, weil sie sonst diverse Situationen

umfassen müsste. Wirtschaftslexika geben Auskunft über die wesentlichen Merkmale von Schaufenstern. Ein Sonnenschutzglas oder ein vertikaler Sonnenschutz vor einem Schaufenster würde die Sicht massiv behindern und damit dem Zweck des Schaufenstern zuwiderlaufen. Andererseits wird sich niemand hinter dem Schaufenster aufhalten wollen, z. B. im Sitzbereich eines Bäckereicafés, wenn es dort unerträglich heiß ist. Gleichzeitig soll aber eine energieintensive Klimatisierung möglichst vermieden oder begrenzt werden. Ist die Ausprägung der Fensteranlage nicht eindeutig, ist im Einzelfall eine Abwägung zwischen „Schaufenster“ und „Fenster“ hinsichtlich der Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz vorzunehmen. Unabhängig von der Ausnahme „Schaufenster“ im SWS-Nachweis kann eine Bewertung des Bereichs hinter Schaufenstern hinsichtlich energetischer und Behaglichkeitsaspekte empfehlenswert sein.

#### **6.8.6 Wann zählt eine Energiesenke als „passive Kühlung“?**

DIN 4108-2 setzt für „passive Kühlung“ im Sinne der Norm im Zusammenhang mit dem Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes voraus, dass als Energieeinsatz für die passive Kühlung vor allem der Einsatz von Transportenergie (z. B. Umlaufpumpe) anfällt, aber keine Energie aufgewendet wird, um die Wärmesenke zu erzeugen oder ihrerseits zu kühlen. Dies bedingt für die Einordnung als „passive Kühlung“, dass die Wärmesenke ähnlich wie ein Erdkollektor ohnehin da ist, im Falle eines technischen Prozesses sozusagen als „Abfallprodukt“, welches ohnehin zur Verfügung steht und nicht vermieden oder reduziert oder anderweitig genutzt werden kann.

## 6.9 Aktuelle Änderungen im Normenwerk

### 6.9.1 Neuausgabe DIN 4108, Beiblatt 2:2019-06

Das Wärmebrückenbeiblatt DIN 4108, Beiblatt 2 liegt in einer neuen Ausgabe 2019-06 vor. Die Anzahl der dargestellten Wärmebrückenbeispillösungen wurde wesentlich erweitert. Der Referenzwert für den rechnerischen Nachweis der Gleichwertigkeit wird in die beiden Kategorien A und B eingeteilt, wobei die Kategorie A zum bislang bekannten pauschalen Wärmebrückenzuschlag von  $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  führt und die neue Kategorie B zu einem von  $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Die Angaben zu den Maß- bezügen und zur Modellerstellung wurden präzisiert.

Ersatzmasken erlauben eine vereinfachte Modellierung von Fenstern, Fenstertüren, Dachflächenfenstern, Lichtkuppeln, Rollladenkästen und des Baukörperanschlusses von Pfosten-Riegel-Fassaden. Alternativ sind für eine detaillierte Modellierung Referenzgeometrien dieser Bauteile dargestellt und parallel als CAD-Dateien digital verfügbar.

Formal gilt für den öffentlich-rechtlichen Nachweis im Rahmen des GEG und des Energieausweises noch die Vorgängerausgabe 2006-03 der DIN 4108, Beiblatt 2. Das GEG wird hinsichtlich der Wärmebrückenberücksichtigung auf die Neuausgabe der Norm abstellen.

### 6.9.2 ISO-Berechnungsnormen für die Gebäudehülle; ISO-Normenreihe 52000 ff

Im Zuge der Erstellung der ISO-Normenreihe zur Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden (Normenreihe ISO 52000 ff) wurde für die Normen dieser Normenreihe ein einheitliches Layout festgelegt. Dieses Layout wurde auch auf einige bestehende, grundlegende Berechnungsnormen für den Wärmedurchgang durch die Gebäudehülle ausgedehnt. Dies betrifft die folgenden, bestehenden und seit Langem verwendeten Normen: DIN EN ISO 6946, 10211, 10077-1, 10077-2, 12631, 13786, 13789, 14683.

Bestandteil des einheitlichen Layouts ist u. a., dass am Anfang der Norm einige neue (einheitliche) Abschnitte aufgenommen wurden, welche die Position und „Aufgabe“ der jeweiligen Norm im Gesamtpaket der Normenreihe ISO 52000 ff beschreiben. Außerdem erhielt jede der Normen zwei Anhänge A und B (bzw. die bereits bestehenden Normen bekamen zwei neue Anhänge A und B eingeschoben, eventuell bestehende Anhänge wurden dadurch nach hinten verschoben, d. h., aus einem bisherigen Anhang A wurde nun ein Anhang C usw.). Anhang B listet, in Form von Tabellen, Optionen, Verfahrensauswahlmöglichkeiten und Standardwerten, die sogenannten ISO-Defaults, die verwendet werden können, wenn keine anderweitigen (z. B. nationalen) Festlegungen bestehen. Anhang A stellt die leere Formatvorlage für Anhang B dar. Außerdem ist die Formatvorlage aus Anhang A zu verwenden, wenn für die nationale Ausgabe der jeweiligen ISO-Norm nationale Vorgaben für Optionen/Verfahrensauswahlmöglichkeiten/Standardwerte gemacht werden sollen, welche von den ISO-Defaults in Anhang B abweichen. Diese nationalen Vorgaben werden als zusätzlicher nationaler Anhang NA der Norm vorangestellt oder angehängt, mit identischem Format wie Anhang A und B.

Dies führt dazu, dass die oben genannten DIN EN ISO-Normen neu formatiert, mit einleitenden Abschnitten sowie Anhängen A und B versehen und die deutschen Ausgaben zusätzlich mit dem nationalen Anhang NA und einem nationalen Vorwort versehen und Ende 2017/Anfang 2018 neu herausgegeben wurden. Inhaltlich wurden in diesem Zusammenhang keine Änderungen an den Normen vorgenommen; sie unterscheiden sich von den Vorgängerausgaben lediglich in der Formierung und den gemeinsamen neuen Abschnitten bzw. Anhängen. Auch wenn nun im Nationalen Anhang NA Standardwerte und Auswahlen für die Anwendung in Deutschland festgehalten sind, kann nicht davon ausgegangen werden, dass die im deutschen Energieeinsparrecht vorhandenen Regelungen und Festlegungen vollständig und umfassend aufgenommen wurden. Deswegen sind die Eintragungen im Anhang NA nur als „informativ“ zu verstehen; die bisherigen und sonstigen/anderweitigen Festlegungen des deutschen Energieeinsparrechts werden davon nicht berührt und gelten unverändert weiter. Die Neuausgabe der Normen sollte am besten so benutzt werden wie bisher, wobei die Anhänge A und B nicht beachtet werden sollten (weil sie für die Anwendung in Deutschland ohne Funktion sind), und die Angaben in Anhang NA sollten als nicht notwendigerweise vollständig und umfassend verstanden werden.

Die Normen der Normenreihe DIN EN ISO 52000 ff teilen sich überwiegend in einen Teil -1 mit den eigentlichen Norminhalten, und einen Teil -2 als begleitenden Technischen Bericht (Bezeichnung CEN ISO/TR ...) mit weiteren informativen Inhalten zur Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden.

Für die Normen der ISO-Normenreihe 52000 ff zur Berechnung der Energieeffizienz von Gebäuden gilt außerdem, dass die ISO-Normenreihe nicht identisch ist zu den Regelungen des deutschen Energiesparrechts. Deshalb kann keine Gleichheit bei der Vorgehensweise, bei den Ergebnissen und bei der Bewertung der Ergebnisse zwischen ISO 52000 ff einerseits und GEG andererseits erreicht werden. In der Folge dürfen die Normen der Normenreihe ISO 52000 ff nicht für die Berechnung des Energieausweises nach GEG verwendet werden – auch, wenn sie als deutsche Fassungen DIN EN ISO 52000 ff vom DIN herausgegeben sind.

# 7 Berechnung der Anlagentechnik: Heizung und Warmwasserbereitung

## 7.1 Allgemeiner Rechenablauf

Die Energiebilanz beginnt für den Heizfall im Raum mit der Bestimmung der Wärmeabflüsse (Senken) aus Transmission und Lüftung sowie der Wärmeeinträge (Quellen) aus Sonnenstrahlung, Personenabwärme, Beleuchtungs- und Geräteabwärme sowie ggf. auch Anlagentechnik. Im Winter überwiegen die Wärmeabflüsse und es ergibt sich ein Heizwärmeverbrauch.

Im verwendeten Bewertungsraster gibt es anschließend für die Technik vier Bewertungsschritte: die Wärmeübergabe, -verteilung, -speicherung und -erzeugung (siehe Abbildung 20). Diese Prozessschritte sind behaftet mit einem Mehrenergieaufwand gegenüber dem Nutzen, in der Norm „Wärmeverluste“ genannt. Die Verluste innerhalb der thermisch konditionierten Räume sind gleichzeitig auch Wärmeeinträge und damit Teil der inneren Wärmequellen.

Die additive Darstellung der Energiebilanz mit absoluten (kWh/a) oder auf die Nettogrundfläche bezogenen (kWh/(m<sup>2</sup>·a)) Energiekennwerten erfolgt in Teil 1 der DIN V 18599. Die Teile 5 und 8 der Normenreihe wählen bei gleichen Ergebnissen teilweise Nutzungsgrade oder Aufwandszahlen zur Beschreibung der Bilanzschritte. Es gilt dabei: Ein Nutzungsgrad ist das Verhältnis von Nutzen (Output) zu Aufwand (Input), die Aufwandszahl das Verhältnis von Input zu Output.

### Von der Nutz- zur Endenergie

$Q_b$	Nutzwärmeverbrauch
+ $Q_{ce}$	Verluste der Übertragung
+ $Q_d$	Verluste der Verteilung*
+ $Q_s$	Verluste der Speicherung*
= $Q_{outg}$	Erzeugernutzwärmeverbrauch
$Q_{outg}$	Erzeugernutzwärmeverbrauch
+ $Q_g$	Verluste der Erzeugung*
- $Q_{reg}$	eingesetzte regenerative Energie
= $Q_f$	Endenergie für den Erzeuger

\* teilweise innere Wärmequellen  $Q_i$

Zur Abkürzung werden die technischen Verluste in Anlehnung an europäische Normen mit den Buchstaben *g* (generator = Erzeuger), *s* (storage = Speicher), *d* (distribution = Verteilung) und *ce* (control and emission = Regelung und Übertragung) indiziert.

**Abb. 20:** Grundsätzliche Rechengleichungen für DIN V 18599-5 und -8

## 7.2 Heizungsbilanz nach DIN V 18599-5

DIN V 18599-5 liefert ein Verfahren zur energetischen Bewertung von Heizsystemen. Bei der Erarbeitung wurde von der vorhandenen Methodik in DIN V 4701-10, der Norm zur Bewertung von Wohngebäuden, ausgegangen. Der Anwendungsbereich von DIN V 18599-5 ist jedoch weiter gefasst. Es gibt praktisch keine Einschränkungen bezüglich der Gebäudenutzung oder des energetischen Niveaus des Baukörpers. Für die Anwendbarkeit im Bestand sind Standardwerte für ältere Heizsysteme vorhanden.

Die DIN V 18599-5 berücksichtigt Arbeiten und Erkenntnisse aus europäischen Normungsvorhaben. Die Verfahren zur Bewertung der Wärmeübergabe sowie von Kesseln, Wärme- und Umwälzpumpen bauen auf europäischen Normen und Normentwürfen auf.

Alle Kenngrößen werden monatlich angegeben. Dies erfolgt unter Verwendung von monatlichen Belastungsgraden der Technik. Wärmeverluste von Heizkesseln werden in DIN V 18599-5 brennwertbezogen ausgewiesen.

### 7.2.1 Einflussgrößen im Überblick

Die Bewertung einer Heizungsanlage erfolgt in den Stufen Wärmeübergabe, -verteilung, -speicherung und -erzeugung. Es werden in jedem der Prozessschritte Wärmeverluste und Hilfsenergiemengen berücksichtigt.

Voraussetzung für die Betrachtung der Anlagentechnik ist ein als Eingangsgröße bekannter **Nutzwärmebedarf**, den die Heizflächen zur Aufrechterhaltung der Raumsollbedingungen (Temperatur, Luftwechsel) geregt abgeben müssen. Diese Nutzenergie des Heizsystems (Heizwärmebedarf) enthält also nicht die unregelte Wärmeabgabe von Rohrleitungen, Speichern und anderen Anlagenkomponenten. Der Nutzwärmebedarf wird mit DIN V 18599-2 bestimmt.

Die Beschreibung der **Wärmeübergabe** erfolgt anschließend ausführlich mit Fragen

- | zur Art des Systems (Heizkörper, Flächenheizung, Elektrosysteme, Deckenstrahler u. Ä.)
- | zur Regelung (P-Regler, PI-Regler, intermittierender Heizbetrieb)
- | zum Einfluss des Temperaturprofils im Raum (Lage der Heizkörper an Innen- oder Außenwänden, Strahlungseinfluss bei Hallen) und der Verluste an und in Außenbauteilen (Strahlungsschirm hinter Heizflächen vor Glasflächen, Nischeneinbau usw.)

Die Bewertung von Verteilnetzen kann mit realen Leitungslängen erfolgen, aber auch mit Annahmen zu den Längen anhand der Geometrie des Gebäudes bzw. des Versorgungsbereichs des Netzes, falls nicht das ganze Gebäude versorgt wird. Für die **Wärmeverteilung** sind wichtig:

- | die Systemart (Einrohr- oder Zweirohrheizung)
- | die Länge der Leitungen (ggf. abgeschätzt) und deren Lage außerhalb der thermisch konditionierten Zonen bzw. innerhalb bestimmter konditionierter Zonen
- | die U-Werte für Leitungsdämmung (ggf. nach Baualtersklassen)
- | die Betriebstemperaturen (im Jahresverlauf) und -zeiten

Die mittlere Systemtemperatur, von der eine Reihe von Verlusten abhängt, ergibt sich aus den Auslegungstemperaturen (70/55, 55/45, 35/28 °C usw. oder eigene Werte) sowie einem Belastungsgrad aufgrund der monatlich aktuellen Wärmeabgabe und der maximal möglichen Wärmeabgabe des Systems.

Zur Bewertung der Verluste der **Wärmespeicherung** müssen Angaben zum Volumen (ggf. aus Standardwerten geschätzt) und zum Dämmstandard des Speichers gemacht werden. Darüber hinaus muss die Art der Anwendung (Pufferspeicher für Solarthermie, Wärmepumpe, Biomassekessel) bekannt sein.

Der letzte innerhalb des Gebäudes zu bilanzierende Prozessschritt ist die **Wärmeerzeugung**. Es wird bei Mehrerzeugeranlagen zunächst festgestellt, welchen Anteil die einzelnen Erzeuger jeweils an der Gesamtwärmelieferung haben. Dazu müssen die Anzahl der Erzeuger, ihre Leistungen sowie die zentrale Regelstrategie (bivalent-parallel, -alternativ usw.) bekannt sein. Abfragen zur Effizienzbewertung einzelner Erzeuger sind

- | bei Kesseln: Wirkungsgrade und Bereitschaftsverluste als Produktdaten, sofern bekannt, sonst qualitative Einschätzung des Kessels mit Typ und Baujahr
- | bei Fernwärmeübergabestationen: Dämmklassen und Primärtemperaturen
- | bei solarer Heizungsunterstützung: Kollektorart, -größe und -ausrichtung, Wärmeverlustkoeffizienten
- | bei Wärmepumpen: Art der Wärmequelle bzw. Temperaturen der Wärmequelle und ggf. Bivalenztemperaturen für die Bewertung der Nachheizung, Regelstrategie für den Verdichter

Können Leistungen von Wärmeerzeugern nicht projektbezogen angegeben werden, wird von einer Überdimensionierung (Faktor für Neuanlagen 1,3 und für Altanlagen 2,5) ausgegangen.

Parallel zur Wärmeenergie wird auch die **Hilfsenergie** bilanziert. Den größten Anteil machen hierbei die Aufwendungen für Pumpenstrom aus. Die energetische Bewertung von Pumpen berücksichtigt ebenfalls eine Überdimensionierung sowie das Vorhandensein eines hydraulischen Abgleichs im Netz. Bei der Bewertung der Hilfsenergien spielen weiterhin eine Rolle:

- | die Leistung der Pumpen (Abschätzung über Druckverlust, Volumenstrom, Wirkungsgrad – projektbezogene Vorgaben möglich, aber nicht nötig)
- | die Regelung der Pumpen (konstant oder variabel geregelt, ungeregelt, intermittierend, an die Erzeugerregelung gekoppelt)

Ein großer Teil der Wärmeverluste der anlagentechnischen Komponenten stellt für die Zonen, in denen sie angeordnet sind, einen Wärmeeintrag dar. Diese **ungegelten internen Wärmequellen** (im Winterhalbjahr bei ansonsten beheizten Zonen kann von „Wärmegewinnen“ gesprochen werden) werden bei der Energiebilanzierung separat erfasst.

Den größten Anteil der inneren Wärmeeinträge aus den technischen Anlagen macht die Abwärme des Leitungsnetzes aus. Sie kann für alle im beheizten Bereich (bzw. in den thermisch konditionierten Zonen) liegenden Leitungsabschnitte zusammengefasst bestimmt werden. Anschließend erfolgt eine flächengewichtete Umlage der Erträge auf die betroffenen Zonen. Alternativ wird für jede Zone genau der dort auftretende Wärmeeintrag berechnet, was wegen des damit verbundenen Aufwands aber meist entfällt. Die Abwärme von Speichern und Wärmeerzeugern wird dagegen genau der Zone als Wärmequelle zugeschlagen, in der die betreffende Komponente angeordnet ist.

### 7.2.2 Bilanzschema

Die Energiebilanz der Heizungsanlage folgt dem in Abbildung 21 skizzierten Schema. Der in allen Prozessschritten vorhandene Belastungsgrad beschreibt die Witterungsabhängigkeit der Bilanz. Für die zwölf monatlichen Bilanzschritte ergeben sich jeweils unterschiedliche Belastungsgrade und damit auch unterschiedliche Wärmeverluste und Hilfsenergien.

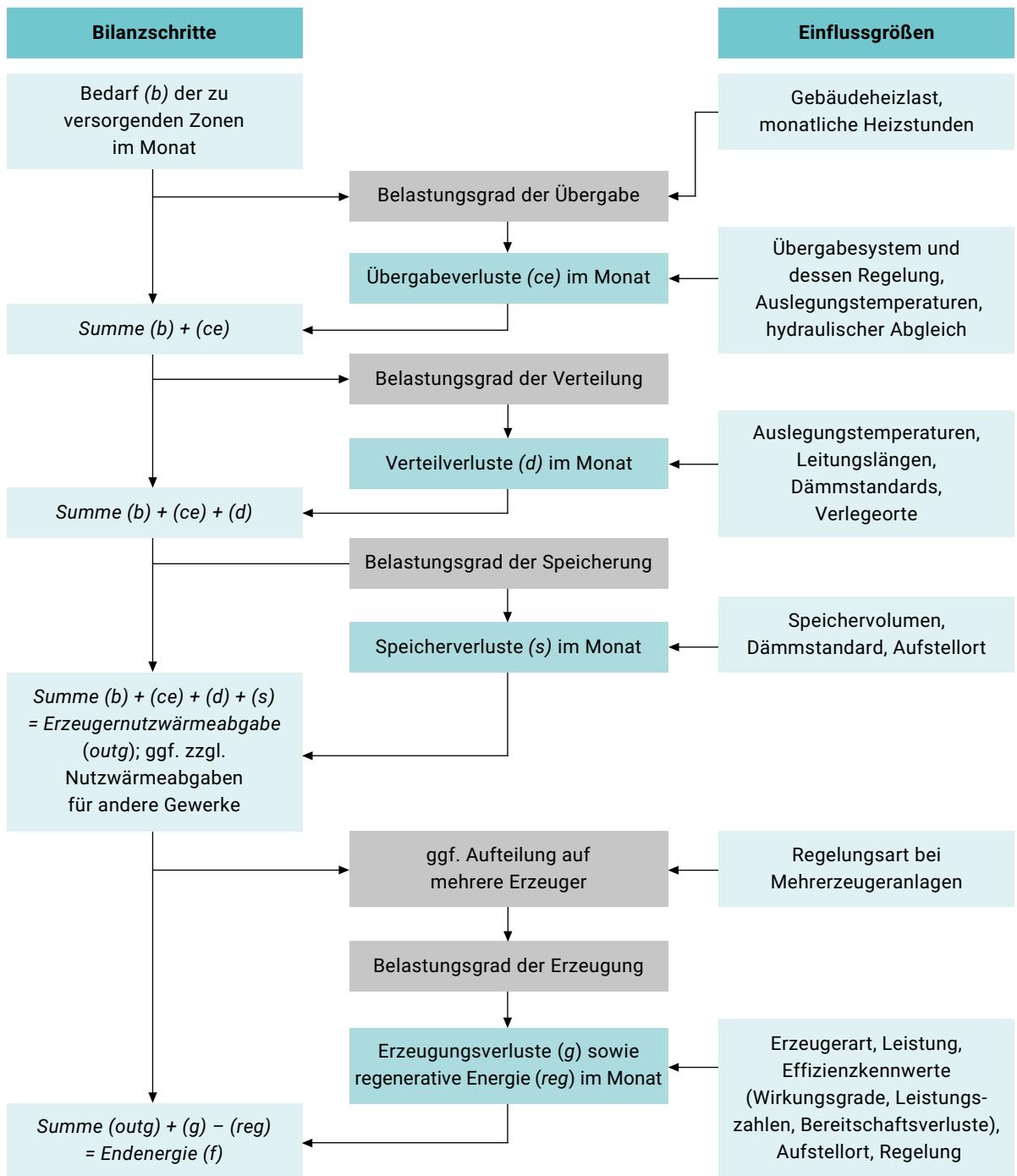


Abb. 21: Bilanzschema für DIN V 18599-5

## 7.3 Trinkwarmwasserbilanz nach DIN V 18599-8

Die DIN V 18599-8 beschreibt ein Verfahren zur energetischen Bewertung von Trinkwarmwassersystemen. Die Bilanz erfolgt analog zur vorhandenen Methodik für den Wohnungsbau nach DIN V 4701-10.

Der Normteil gestattet eine energetische Bewertung aller typischen Systeme zur Trinkwassererwärmung im Neubau und im Gebäudebestand. Es können zentrale und dezentrale Warmwasserversorgungsanlagen auf der Basis von fossilen Brennstoffen, Strom, Fernwärme oder regenerativen Energieträgern abgebildet werden.

### 7.3.1 Einflussgrößen im Überblick

Anlagen zur Trinkwarmwasserbereitung werden analog zu Heizungsanlagen bewertet. Zunächst werden die Nutzwarmwassermenge und hieraus die **Nutzwärmemenge für Trinkwarmwasser** festgestellt. Hierzu wird auf eine Zusammenstellung von typischen Warmwasserkennwerten verschiedener Gebäudenutzungarten zurückgegriffen. Dokumentiert sind diese Kennwerte in DIN V 18599-10.

Es folgt die Berechnung der Verluste und Hilfsenergien der **Wärmeübergabe**, **-verteilung** und **-speicherung** anhand der Angaben

- | zur Regelung und Steuerung der Wärmeübergabe
- | zu Leitungslängen (ggf. aus Geometrieangaben des Versorgungsbereichs)
- | zur Lage der Leitungen außerhalb der thermisch konditionierten Zonen bzw. innerhalb bestimmter konditionierter Zonen
- | zu U-Werten der Leitungen bzw. alternativ zu deren Dämmstandard nach Baualtersklasse
- | zu Temperaturen und Betriebszeiten (mit und ohne Zirkulation bzw. elektrischer Begleitheizung)
- | zur Art des Speichers (indirekt, gasbefeuert, elektrisch beheizt usw.) sowie zur Speichergröße und -dämmung

Der kombinierte Betrieb von Wärmeerzeugern zur Trinkwarmwasserbereitung und Heizung wird berücksichtigt. Auch die Berechnung von Mehrerzeugeranlagen erfolgt nach demselben Schema wie bei der Heizung bzw. zusammen mit dem Heizsystem. Nur für separate Erzeuger sind zur Bestimmung der Verluste der **Wärmeerzeugung** zusätzlich Angaben zu machen über folgende Größen:

- | bei Kesseln: Wirkungsgrade und Bereitschaftsverluste des realen Produktes, sofern bekannt, sonst qualitative Einschätzung des Kessels mit Typ und Baujahr
- | bei Fernwärmeübergabestationen: Dämmklassen und Primärtemperaturen
- | bei solarer Heizungsunterstützung: Kollektorart, -größe und -ausrichtung, Wärmeverlustkoeffizienten
- | bei Wärmepumpen: Art der Wärmequelle bzw. Temperaturen der Wärmequelle und ggf. Bivalenztemperaturen für die Bewertung der Nachheizung
- | bei Duschwasser-Wärmerückgewinnung: Systemeffizienz

Der Hilfsenergieaufwand für Zirkulations- und Speicherladepumpen ergibt sich aus der Leistung, der Laufzeit und der Regelung. Eine Überdimensionierung wird – sofern sie sich nicht anhand der projektbezogenen Leistungsdaten ergibt – pauschal berücksichtigt.

### 7.3.2 Bilanzschema

Anders als bei der Heizung hängen die monatlichen Verlustkennwerte der Trinkwarmwasserbereitung nicht von einem Belastungsgrad ab. Es wird davon ausgegangen, dass die Intensität der Nutzung während des Jahres, also für alle zwölf monatlichen Bilanzschritte, gleich hoch ist. Abbildung 22 zeigt das Bilanzschema für die Trinkwarmwasserbereitung im Überblick.

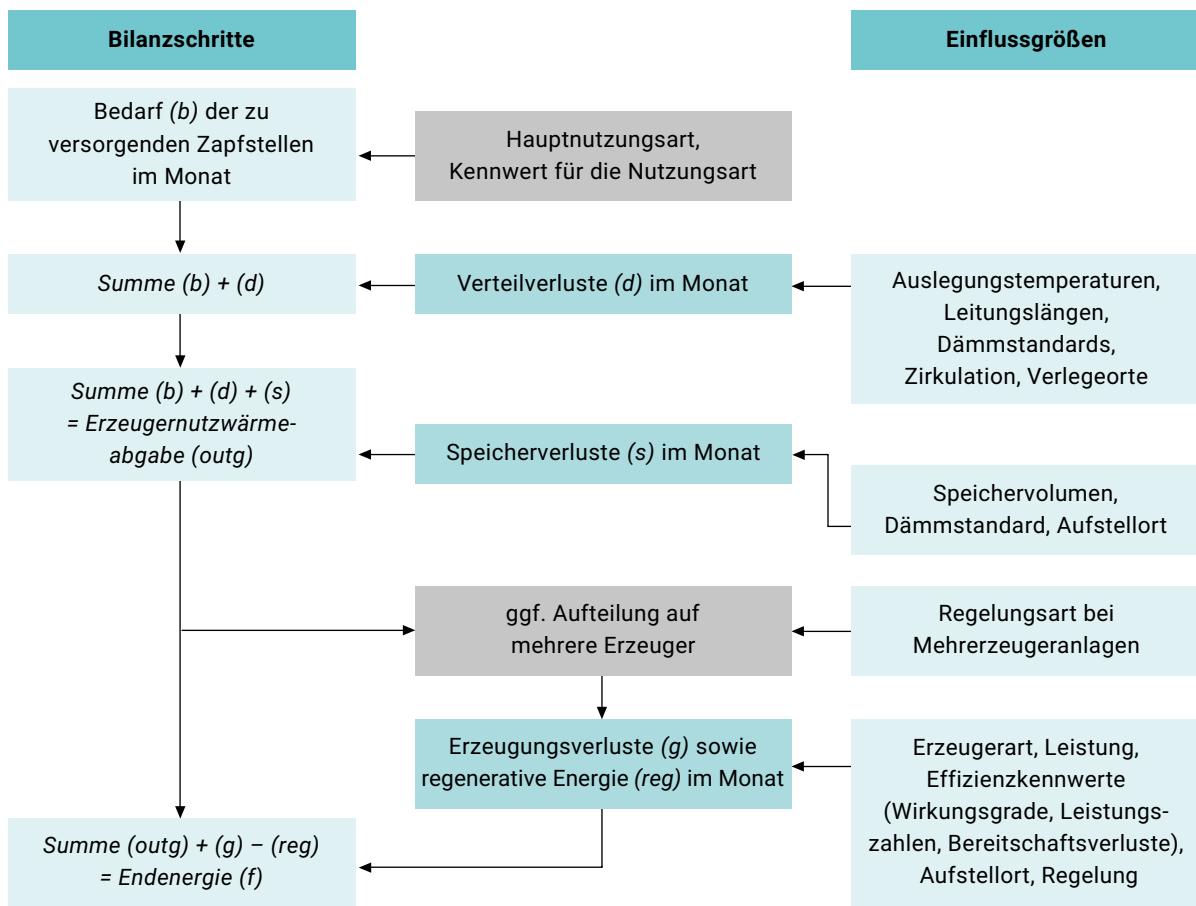


Abb. 22: Bilanzschema für DIN V 18599-8

## 7.4 Bilanz von Kraft-Wärme-Kopplung nach DIN V 18599-9

DIN V 18599-9 beschreibt die Berechnung des Endenergieaufwands für Kraft-Wärme-gekoppelte Systeme (z. B. BHKW), die zur Wärmeerzeugung innerhalb eines Gebäudes (bzw. zum Gebäude zugehörig in einem Nebengebäude) eingesetzt werden.

Für die Darstellung in der Bilanz gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder ein BHKW wird realitätsgerecht abgebildet, wie es ist, d. h. mit erhöhtem Brennstoffaufwand, aber mit einer Stromproduktion. Oder das BHKW wird behandelt wie ein Nahwärmeanschluss, d. h., es interessiert nur die wärmetechnische Seite.

### 7.4.1 Bilanzschema

Aus der Bilanz des Gebäudes, der Übergabe und der Verteilnetze sowie Speicher ergibt sich die erforderliche Nutzwärmeabgabe, die das BHKW und der Spitzenkessel zusammen erzeugen müssen. Diese Energiemenge wird ggf. erhöht um den Netzverlust zwischen der Heizzentrale und dem Gebäude (ausgedrückt durch einen Netznutzungsgrad).

Je nach Wärmeleistungsangebot der Kraft-Wärme-Kopplung sowie dem Nutzenprofil der Abnahme resultiert ein Deckungsanteil für das BHKW ( $\kappa$ ). Dieser Anteil kann für Mikro-KWK im Wohnungsbau mit der Norm bestimmt werden; in allen anderen Fällen ist er Ergebnis einer konkreten Planung!

Aus den Deckungsanteilen der beiden Erzeuger und deren Nutzungsgraden resultieren die Endenergiemengen für die Wärmeerzeugung. Der Nutzungsgrad des BHKW sowie seine Stromkennzahl sind ein Projekt- bzw. Produktwert. Die Norm liefert außerdem Standardwerte der Effizienzmerkmale für Geräte bis 17 MW.

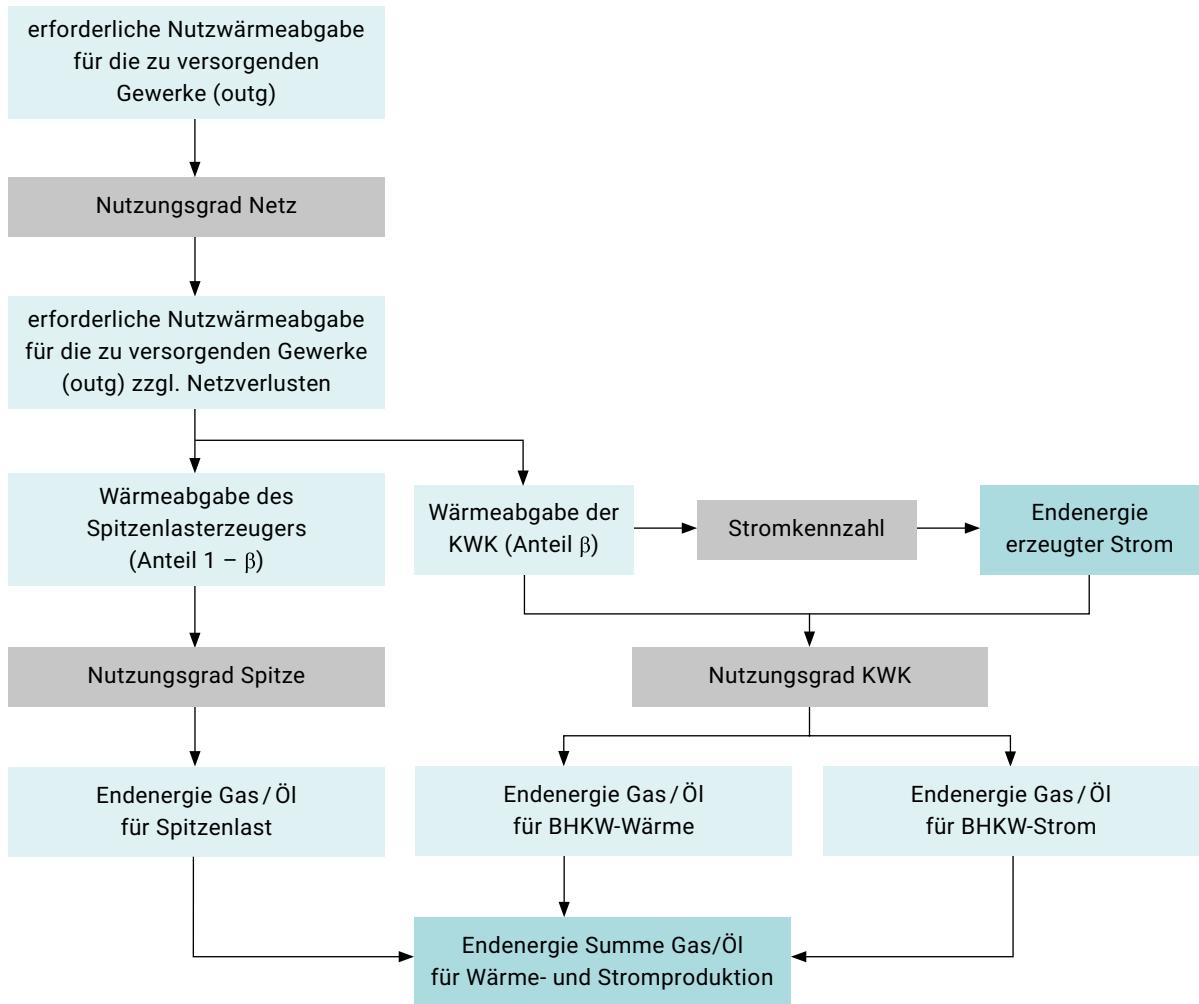


Abb. 23: Bilanzschemata für DIN V 18599-9

Aus den nach Abbildung 23 resultierenden Bilanzergebnissen (Endenergie Summe, erzeugter Strom) wird die Gesamtbilanz abgeleitet. Hierfür gibt es zwei Varianten.

**Variante 1:** Es wird der gesamte Endenergieaufwand für die Wärme- und Stromproduktion als Endenergie (z. B. für Gas oder Öl) ausgewiesen, aber auch die gesamte Stromproduktion. Letztere stellt eine Gutschrift für das Gebäude dar, sodass es nach diesem Bilanzansatz rechnerisch vorkommen kann, dass die Strommenge für das gesamte Gebäude negativ wird (Produktion überwiegt Bedarf). Die Primärenergiefaktoren zur Umrechnung der beiden Endenergien für Brennstoff (Gas/Öl) und Strom sind in DIN V 18599-1 angegeben. Dieses Rechenmodell kommt für den Nachweis nach GEG nicht zum Ansatz.

**Variante 2:** Die Stromproduktion wird nicht explizit in der Bilanz ausgewiesen, sondern primärenergetisch mit dem Brennstoffaufwand verrechnet (Stromgutschriftmethode). Es resultiert ein Primärenergiefaktor für das Gesamtsystem, das selbst wie eine „Nahwärme“ behandelt wird. Der Faktor fasst alle Umwandlungsschritte, die nach der „Nutzwärmeabgabe für die zu versorgenden Gewerke (outg)“ folgen, zusammen. Die Stromgutschrift erfolgt aber nicht durch einfache Subtraktion auf Endenergie-, sondern auf Primärenergieebene. Die Stromerzeugung wird dazu vorher mit dem Primärenergiefaktor für den „Verdrängungsstrommix“ in eine Primärenergimenge umgerechnet und anschließend von der Primärenergie des Brennstoffs (Gas/Öl) abgezogen.

## 7.5 Arbeitshilfen und Erläuterung von Einzelgrößen

Grundsätzlich gilt bei Bestandsgebäuden für alle Komponenten der Anlagentechnik eine Empfehlung zur Aufnahme projekt- und soweit möglich produktbezogener Kennwerte. Dies betrifft alle Eigenschaften, die im Gebäude materiell bestimmt werden können: Längen, Flächen, Volumen, Leistungen und Effizienz (oder deren Nennwerte), Temperaturen und Laufzeiten. In ähnlicher Weise ist bei Neubauten zu verfahren. Der Rückgriff auf Plandaten verbessert die Realitätstreue der Bilanz. Dennoch sind für viele der oben genannten Größen auch Standardwerte vorhanden.

Zur Beschreibung des instationären Verhaltens, von Aufheiz- und Abkühlvorgängen sowie des Regel- und Taktverhaltens wird sowohl beim Neubau als auch bei Bestandsanlagen auf standardisierte Korrekturfaktoren und -gleichungen zurückgegriffen.

Die nachfolgenden Abschnitte geben Hinweise und Erläuterungen zur Datenbeschaffung der einzelnen Größen. Außerdem werden Begriffe erläutert, die für die energetische Bilanzierung benötigt werden.

### 7.5.1 Charakteristische Gebäudemaße

Die genaueste Möglichkeit zur Bestimmung der Leitungslängen eines Verteilnetzes ist das Aufmaß vor Ort bzw. aus Plänen. Ist dies nicht möglich, wird anhand von Näherungsgleichungen geschätzt. Bei der Berechnung nach DIN V 18599-5 und 18599-8 werden eine charakteristische Länge (größte gestreckte Länge), eine charakteristische Breite (mittlere Breite), eine mittlere Geschossfläche und eine Geschosszahl des von der Anlage versorgten Bereichs benötigt. Der versorgte Bereich kann das Gesamtgebäude sein, aber auch Teilbereiche (Versorgungsbereiche).

Eine beispielhafte Bestimmung von charakteristischer Länge und Breite bei Grundrissen, die von einem Rechteck abweichen, zeigt die nachfolgende Abbildung. Die Länge ist jeweils die längere Seite der Teilrechtecke. Die in Gebäuden verwendeten Längen und Breiten werden nach demselben Maßschema ermittelt wie die wärmeübertragenden Hüllflächen. Es gelten im Grundriss die Außenabmessungen der thermisch konditionierten Zonen, sonst die Achsmaße (siehe auch Kapitel 6.1 „Abmessungen und Maßbezüge“).

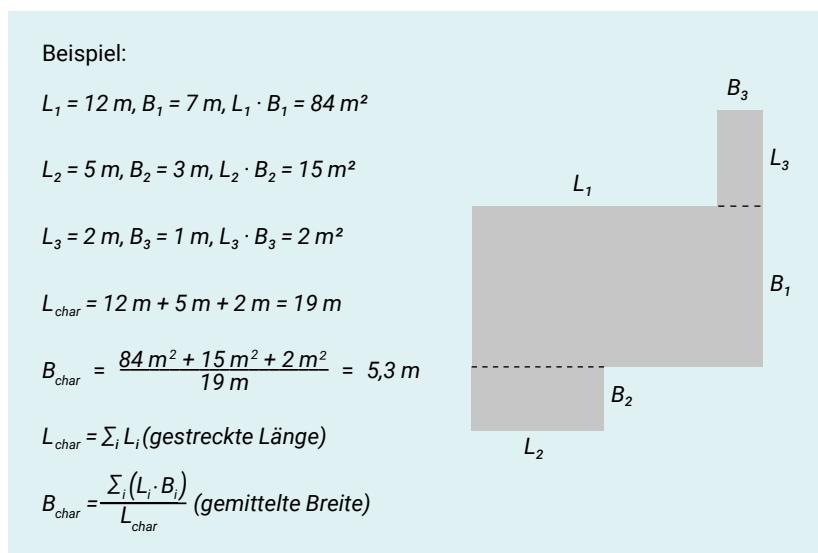


Abb. 24: Bestimmung charakteristischer Länge und Breite von Gebäuden

**Hinweise zum Heiznetz:** Gibt es innerhalb eines Gebäudes zwei Systeme (z. B. Heizkörper und Fußbodenheizung oder Heizkörper und Luftheizregister), sind für beide Netze die Geometriedaten zu bestimmen. Liegen die Netze nebeneinander im Gebäude, werden für jedes der beiden Netze die Gesamtgebäudegeometrien zugrunde gelegt. Liegen die Netze in unterschiedlichen Gebäudeabschnitten, gelten für jeden Versorgungsbereich individuelle Geometriedaten.

**Hinweise zum Trinkwarmwassernetz:** Die Norm liefert zwei Datensätze zur Schätzung. Einerseits kann die Gesamtgebäudegeometrie zugrunde gelegt werden – dies bietet sich an, wenn Einzoner berechnet werden. Andererseits gibt es für Mehrzoner Schätzformeln, deren Grundlage die Abmessungen des Versorgungsbereichs sind. Für eine Schule oder ein Bürogebäude sind dies in der Regel die Abmessungen der Sanitärfächen, bei einer Turnhalle mit Nebenräumen die des Umkleidetrakts usw.

## 7.5.2 Angaben zur zentralen Regelung der Temperaturen und Zeiten

Für die Beheizung des Gebäudes müssen Angaben zu Netztemperaturen und der zentralen Regelung gemacht werden. Diese beeinflussen alle Prozessbereiche der Wärmebereitstellung – von der Übergabe bis zur Erzeugung – sowohl bei den Wärme- als auch bei den Hilfsenergien.

Die Auslegungstemperaturen des Heizkreises ergeben sich aus dem rechnerisch kältesten Tag des Jahres (im GEG-Nachweis  $-12^{\circ}\text{C}$  für den Standardstandort). Dabei gibt die erste Zahl die Vorlauf-, die zweite die Rücklauftemperatur an. Tendenziell gilt: Je besser die wärmedämmenden Eigenschaften des Gebäudes und je größer die Heizflächen sind, desto niedriger kann die Auslegungstemperatur der Heizkreise gewählt werden. Fußbodenheizungen weisen aufgrund ihrer großen Flächen besonders niedrige Temperaturen auf. Je geringer die Auslegungstemperaturen sind, umso effizienter arbeitet das System (thermisch), je kleiner die Differenz der beiden Temperaturen, desto höher fallen Heizwasservolumenströme aus und desto höher wird die Hilfsenergie. Die Auslegungsvorlauftemperatur kann der Heizkurve entnommen werden (bei minimaler Außentemperatur).

Verschiedene Arten der Heizkurvendarstellung in realen Regelanlagen zeigt Abbildung 25. Es handelt sich um eine witterungsgeführte Vorlauftemperaturregelung, die häufigste zentrale Regelart.

Die weiteren Begriffe und Abfragen, die auch in einer Bilanzsoftware enthalten sind, zeigt Tabelle 13.

**Tipp:** Die regelungstechnische Kopplung von Pumpen und Wärmeerzeugern, d. h. integriertes Pumpenmanagement, findet sich häufig bei Wandkesseln (Thermen) (siehe Abbildung 26).

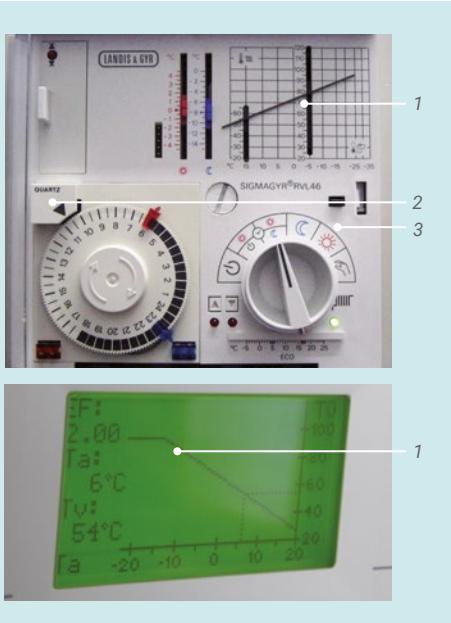


Abb. 25: Alte und moderne Regelung



Abb. 26: Im Kessel eingebaute Pumpe – integriertes Pumpenmanagement ist wahrscheinlich

Erläuterungen zu Einzelgrößen der zentralen Regelung			
Einflussgröße	Maßgeblich für ...	Hinweise und Erläuterungen	Datenbeschaffung
Auslegungs-temperaturen (Vorlauf, Rücklauf)	Verluste von Leitungen, Speichern, Erzeugern, teilweise Übergabe sowie diverse Hilfsenergien der Heizung	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Gelten bei minimalen Außentemperaturen (für den Standardstandort Deutschland der DIN V 18599: <math>-12^{\circ}\text{C}</math>)</li> <li>■ Die Differenz von Vor- und Rücklauftemperatur bei der Auslegung heißt Auslegungsspreizung.</li> <li>■ Vorlauftemperaturwert: laut Regelung (vor Ort bestimbar) oder Fachplanung</li> <li>■ Rücklauftemperaturwert: laut Fachplanung oder über Schätzung zu bestimmen</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte – es gibt typische Wertepaare in der Norm
Netztemperaturen Warmwasser	Verteil-, Speicher-, Erzeugerverluste der Trinkwarmwasserbereitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Für Leitungsteile mit Zirkulation wird von einer mittleren Temperatur von <math>57,5^{\circ}\text{C}</math> ausgegangen (Temperaturdifferenz zwischen Warmwasserleitung und Zirkulation 5 K).</li> <li>■ Bei Leitungen ohne Zirkulation ergibt sich die Mitteltemperatur aus dem U-Wert des Rohres (ungedämmt ca. <math>25^{\circ}\text{C}</math>, mit 100 Prozent Dämmung ca. <math>35^{\circ}\text{C}</math>).</li> </ul>	Im Rahmen des Nachweises immer Standardwerte
Zentrale Regelung	Übergabeverluste und Hilfsenergie der Heizwärmeverteilung	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die zentrale Vorlauftemperaturregelung bzw. Kesselregelung ist eine witterungsgeführte Regelung (Vorlauftemperatur richtet sich nach der Außentemperatur).</li> <li>■ Bei der zentralen Regelung mit Führungsraum bzw. der raumgeführten Kesselregelung beeinflusst der Bedarf eines (wichtigen) Raums die Vorlauftemperatur. Ist dieser Raum kälter als gewünscht, wird die Vorlauftemperatur angehoben und umgekehrt; alle anderen Räume haben sich unterzuordnen.</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte; witterungsgeführt ist der typischste Fall
Absenkung/ Abschaltung	Alle Verluste der Heizung, weil maßgeblich für die Berechnung von effektiven Betriebszeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Abschaltung bedeutet in der Regel verlustfreie Zeit (Verteilverlust etc.) bzw. bedarfsfreie Zeit (Pumpen etc.).</li> <li>■ Absenkung bedeutet eine Verminderung der Temperatur in allen Komponenten, aber einen vorhandenen Pumpenbetrieb.</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte
Intermittierender Betrieb	Übergabeverlust und Hilfsenergie der Heizungsverteilung	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Zeitabhängige Möglichkeit zur raumweisen Temperatursenkung (hier explizit: nur außerhalb der ohnehin vorhandenen Nacht-/Wochenendabsenk-/abschaltzeiten bzw. Zeitschaltprogramme)</li> <li>■ Für eine Pumpe spricht man davon, wenn sie außerhalb der Nutzungszeit mit eingeschränkter Leistung betrieben oder abgeschaltet wird.</li> </ul>	Projektvorgabe
Integriertes Pumpenmanagement	Erzeugerverluste bei Kesseln, Hilfsenergie der Verteilung	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Berücksichtigt einen Mehraufwand an Endenergie für Wärme und einen Minderaufwand von Pumpenstrom durch den Betrieb mit höherer Temperatur bei kürzeren Pumpenlaufzeiten</li> <li>■ Das Pumpenmanagement erfolgt zusammen mit einer ansonsten außentemperaturgeführten Kesseltemperaturregelung (externe Temperatur) oder auf Basis einer raumtemperaturgeführten Kesseltemperaturregelung (interne Temperatur).</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte; Angabe des Kesselherstellers erforderlich

Tab. 13: Erläuterungen zu Einzelgrößen der zentralen Regelung



Plattenheizkörper



Konvektor (unter Bank)



Stahlradiator (vor Glasfläche, ohne Strahlungsschutz)



Gussradiator

**Abb. 27:** Heizflächenarten

### 7.5.3 Wärmeverluste und Hilfsenergie der Übergabe bei der Heizung

Für die Ermittlung der Wärmeübergabeverluste nach DIN V 18599-5 ist es wichtig, zu wissen, über welche Art von Heizflächen die Wärme an den Raum abgegeben wird und mit welchen Regeleinrichtungen diese geregelt werden.

**Tipp:** Man unterscheidet freie Heizflächen wie Heizkörper und in Bauteile integrierte Heizflächen wie Fußboden- oder Wandheizungen. Radiatoren sind Heizkörper mit einzelnen Rippen aus Gussmaterial oder Stahl. Konvektoren gehören auch zu den freien Heizflächen und bestehen aus wassergefüllten Rohren in Verbindung mit einer Vielzahl sogenannter Lamellen, die die Fläche vergrößern, mit der die Heizwärme auf die Raumluft übertragen wird. Verschiedene Übergabesysteme zeigt Abbildung 27.

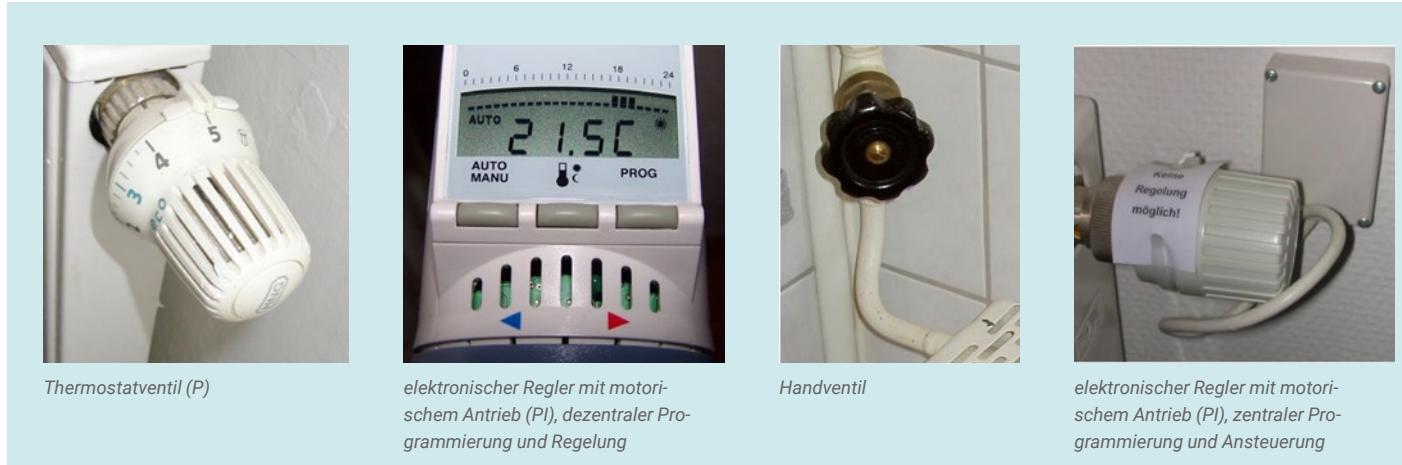
Die verschiedenen Kombinationen von Heizflächenart und Regler bewirken unterschiedlich genau eingehaltene Raumtemperatursollwerte. Wärmeübergabeverluste entstehen (rechnerisch), wenn die Raumtemperatur über die gewünschte Raumsolltemperatur ansteigt. Die Abweichung zwischen der tatsächlichen Raumtemperatur und ihrem Sollwert ist eine Regelabweichung. Eine durch Regelgenauigkeit bedingte zeitweise Unterversorgung wird dabei nicht berücksichtigt.

Für die Regelung der Wärmeabgabe von Heizflächen kommen Einzelraumregelungen zum Einsatz. Das sind entweder Thermostatventile (allgemein: P-Regler, Proportionalregler, Regler ohne Hilfsstromeinsatz) oder elektronische Regler (allgemein: PI-Regler, Proportional-Integralregler, Regler mit Hilfsstromeinsatz).

Die Regelgenauigkeit von Thermostatventilen wird als sogenannter Regelbereich angegeben (typisch im Bereich von 1 oder 2 K). Das Ventil reagiert auf Raumtemperaturerhöhungen von 1 bzw. 2 K mit einem vollständigen Schließen. Ob im untersuchten Gebäude eine Regelgenauigkeit von 1 oder 2 K vorliegt, ergibt sich allein aus der Fachplanung. Theoretisch kann mit jedem Thermostatventil am Markt sowohl der eine als auch der andere Wert erreicht werden. Entscheidend ist hier eine Fachplanung, die das Ventil passend zur Heizfläche und zum Raum wählt.

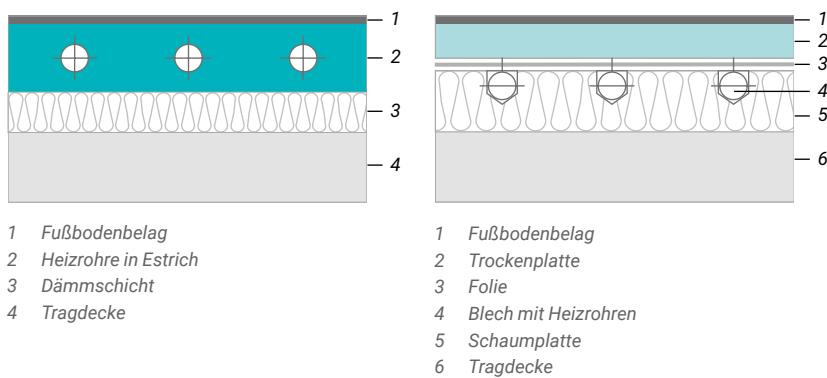
In der geltenden Normausgabe der DIN V 18599-5 wird – im Gegensatz zu früheren Ausgaben – nicht in verschiedene Regelgüten unterschieden. Stattdessen gibt es Effizienzmerkmale für alte und neue Thermostatventile.

Die elektronischen Regler weisen keine Regelabweichung auf. Sie sind motorbetrieben und haben ggf. noch eine zusätzliche Optimierungsfunktion, z. B. einen Fensterkontakt, der das Ventil bei offenem Fenster schließt. Verschiedene Reglerbauarten zeigt Abbildung 28.



**Abb. 28:** Regler für Heizkörper

Im Falle der Fußbodenheizung ist auch die Trägheit des Heizsystems maßgeblich für dessen Regelbarkeit. Zwei typische Bauarten zeigt Abbildung 29.



**Abb. 29:** Flächenheizung: schwere Bauart (links) und leichte Bauart (rechts)

Tabelle 14 listet die Einflussgrößen auf, die im Zusammenhang mit der Wärmeübergabe in der Norm und damit in Bewertungsprogrammen enthalten sind.

#### Erläuterungen zu Einzelgrößen der Wärmeübergabe

Einflussgröße	Maßgeblich für ...	Hinweise und Erläuterungen	Datenbeschaffung
Heizflächenart	Übergabeverluste	<ul style="list-style-type: none"> <li>Freie Heizflächen sind alle Heizkörper inklusive Konvektoren (Merkmal: Wärmeabgabe von Heizwasser direkt an Raumluft oder als Strahlung).</li> <li>Integrierte Heizflächen sind Wand-, Decken- und Fußbodenheizungen (Merkmal: Verwendung von Teilen der Baukonstruktion als Speichermasse).</li> <li>Elektrische Raumheizungen (Merkmal: Systeme ohne Heizwasser)</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte
Anordnung freier Heizflächen	Übergabeverluste	<ul style="list-style-type: none"> <li>An Innen- oder Außenwänden</li> <li>Strahlungsschutz (durch Dämmung oder Reflexion), falls der Heizkörper vor einer Glasfläche angeordnet ist</li> <li>Einbau in Heizkörpernischen</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte
Art der Hallenheizung	Übergabeverluste	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hellstrahler sind Gas-Strahlungsheizungen mit offener Verbrennung und Strahlungsabgabe teils im rot sichtbaren Bereich.</li> <li>Bei Dunkelstrahlern findet die Verbrennung nicht sichtbar statt; das heiße Abgas wird in Stahlrohren geführt und gibt dort Wärme ab.</li> <li>Warmwasserdeckenstrahlplatten, Fußbodenheizungen und Warmluftheizungen</li> <li>Induktion bei Warmluftheizungen meint die Vermischung der eingeblasenen Luft mit Raumluft.</li> <li>(„Normale“ oder „erhöhte“ Induktion werden in der Norm nicht erläutert.)</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte
Art des Fußboden-systems	Übergabeverluste	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nasssystem ist eine Verlegung der Leitungen im Heizestrich.</li> <li>Trockensystem ist eine Verlegung von Heizleitungen unterhalb einer Deckschicht (Parkett o. Ä.) ohne Heizestrich.</li> <li>(„Geringe“ oder „normale“ Überdeckung werden in der Norm nicht erläutert.)</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte

Tab. 14: Erläuterungen zu Einzelgrößen der Wärmeübergabe (Fortsetzung nächste Seite)

Erläuterungen zu Einzelgrößen der Wärmeübergabe			
Einflussgröße	Maßgeblich für ...	Hinweise und Erläuterungen	Datenbeschaffung
Dämmung unter der Flächenheizung	Übergabeverluste	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unterscheidung ohne, mit oder mit doppelter Mindestdämmung nach DIN EN 1264</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte
Raumtemperaturregelung	Übergabeverluste	<ul style="list-style-type: none"> <li>P-Regler sind z. B. Thermostatventile ohne Hilfstromeinsatz, aber mit einer Regelabweichung (<math>P = \text{proportional}</math>).</li> <li>PI-Regler sind elektronische Ventile mit Hilfstromeinsatz eines Motors (<math>PI = \text{proportional-integral}</math>).</li> <li>Optimierungsfunktionen sind Präsenzerkennung und adaptive (selbstlernende, die Vorlauftemperatur beeinflussende) Regler.</li> <li>Zweipunktregler: Ein- und Ausschalten des Wärmeusses, wenn ein oberer Grenzwert überschritten oder ein unterer unterschritten wird</li> <li>Statische Wärmeabgabe bei elektrischer Speicherheizung: Wärmeabgabe über die Oberfläche des Geräts</li> <li>Dynamische Wärmeabgabe bei elektrischer Speicherheizung: wird durch ein Zusatzgebläse erreicht</li> <li>Rückwärtssteuerung bei elektrischer Speicherheizung: zeitoptimierte außentemperatur- und restwärmeabhängige Aufladung</li> <li>Kaskadenregelung bei Nachheizern von RLT-Anlagen: witterungs- und lastabhängige Vortemperierung der Luft, sodass lokal nur noch eine Nacherwärmung erfolgen muss</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte
Leistung von Hilfsantrieben	Hilfsenergie der Übergabe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektrische Leistung von dezentralen Pumpen, Gebläsen zur Raumluftumwälzung, Gebläsekonvektoren, Steuerungseinrichtungen o. Ä.</li> </ul>	Projektvorgabe oder Verwendung von Standardwerten

**Tab. 14:** (Fortsetzung) Erläuterungen zu Einzelgrößen der Wärmeübergabe

Die Norm überführt alle Angaben zum Übergabesystem in eine Temperaturdifferenz zur Bilanzinnentemperatur (Abweichung meist nach oben, aber ggf. auch nach unten), mit welcher vorab der Heizwärmebedarf nach DIN V 18599-2 berechnet wurde. Diese Vorgehensweise wurde erst mit der Ausgabe der Norm 2016 neu eingeführt. Die Zahlenwerte verdeutlichen sehr übersichtlich, welche mittleren Abweichungen zur idealen Regelung und Übergabe angenommen werden.

#### 7.5.4 Wärmeverluste der Heiz- und Trinkwarmwasserverteilung

Bei zentralen Wärme- oder Warmwasserversorgungssystemen befinden sich der Wärmeerzeuger und der Warmwasserspeicher in der Regel im Keller oder in einer Heizzentrale. Das warme Wasser wird über Leitungen zu den Heizflächen oder an die Entnahmestellen geführt.

Wie viel Wärme über das Leitungsnetz verloren geht, ist von der Lage und Länge der Leitungen und ihrer Dämmung abhängig. Die innerhalb der thermischen Hüllfläche auftretenden Wärmeverluste sind während der Heizperiode als Heizwärmebeitrag nutzbar, in der Kühlperiode führen sie zu erhöhtem Kühlenergiebedarf.

Der Wärmedurchgangskoeffizient für ein Rohr wird aus der Wärmeleitfähigkeit und den geometrischen Abmessungen der Dämmung ermittelt. Die Dämmstoffdicke kann z. B. an Übergängen zu Pumpen, Armaturen oder Speichern gemessen werden. Wärmedämmstoffkennwerte (Material, Wärmeleitfähigkeit) können möglicherweise über Aufdrucke, Rechnungsbelege oder Bestandsunterlagen erfasst werden. Die Normen zum GEG schätzen die Wärmedurchgangskoeffizienten von Leitungen nach der Baualtersklasse ab. Nur bei ungedämmten Rohren werden zusätzlich Rohrdurchmesser erfasst. Typische Begrifflichkeiten im Zusammenhang mit der Leitungsdämmung zeigt Abbildung 30.

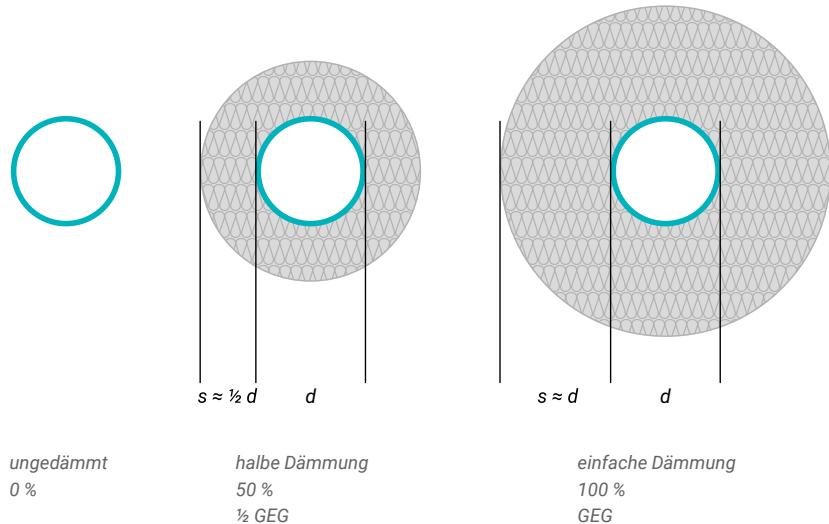
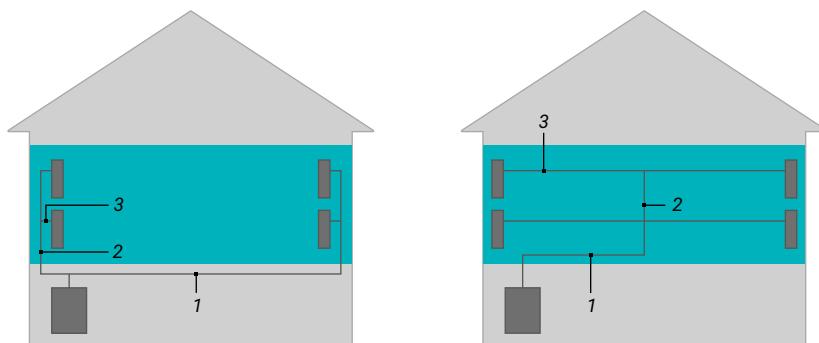


Abb. 30: Rohrdämmung

Die in der Praxis am stärksten fehlerbehaftete Einflussgröße auf den Verteilverlust stellt die Leitungslänge dar. Die DIN V 18599 unterscheidet bei Heizungsnetzen in die drei Rohrabschnitte Verteilung, Steigestrang und Anbindeleitung (siehe Abbildung 31). Bei der Trinkwarmwasserbereitung gilt prinzipiell Ähnliches – jedoch werden die Anbindeleitungen dort Stichleitungen genannt.



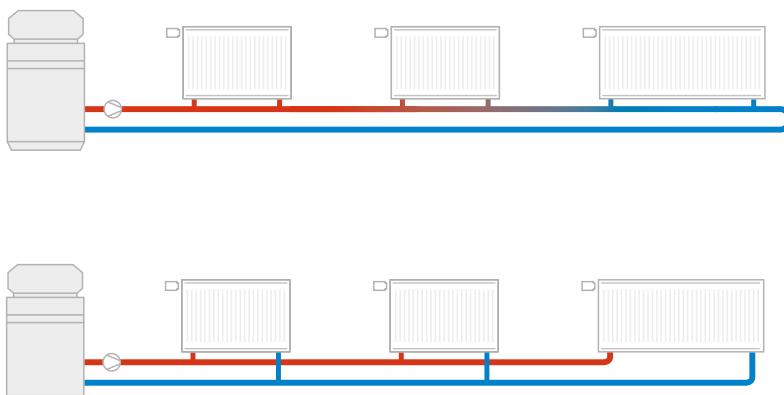
*Im Altbau typisch:*  
 1 außen liegende Verteilung  
 2 vertikale Steigestränge  
 3 kurze Anbindeleitungen

*Im Neubau typisch:*  
 1 innen liegende Verteilung  
 2 vertikale Steigestränge  
 3 lange Anbindeleitungen

**Abb. 31:** Leitungsabschnitte (schematisch, ohne Darstellung von Vor- und Rücklauf)

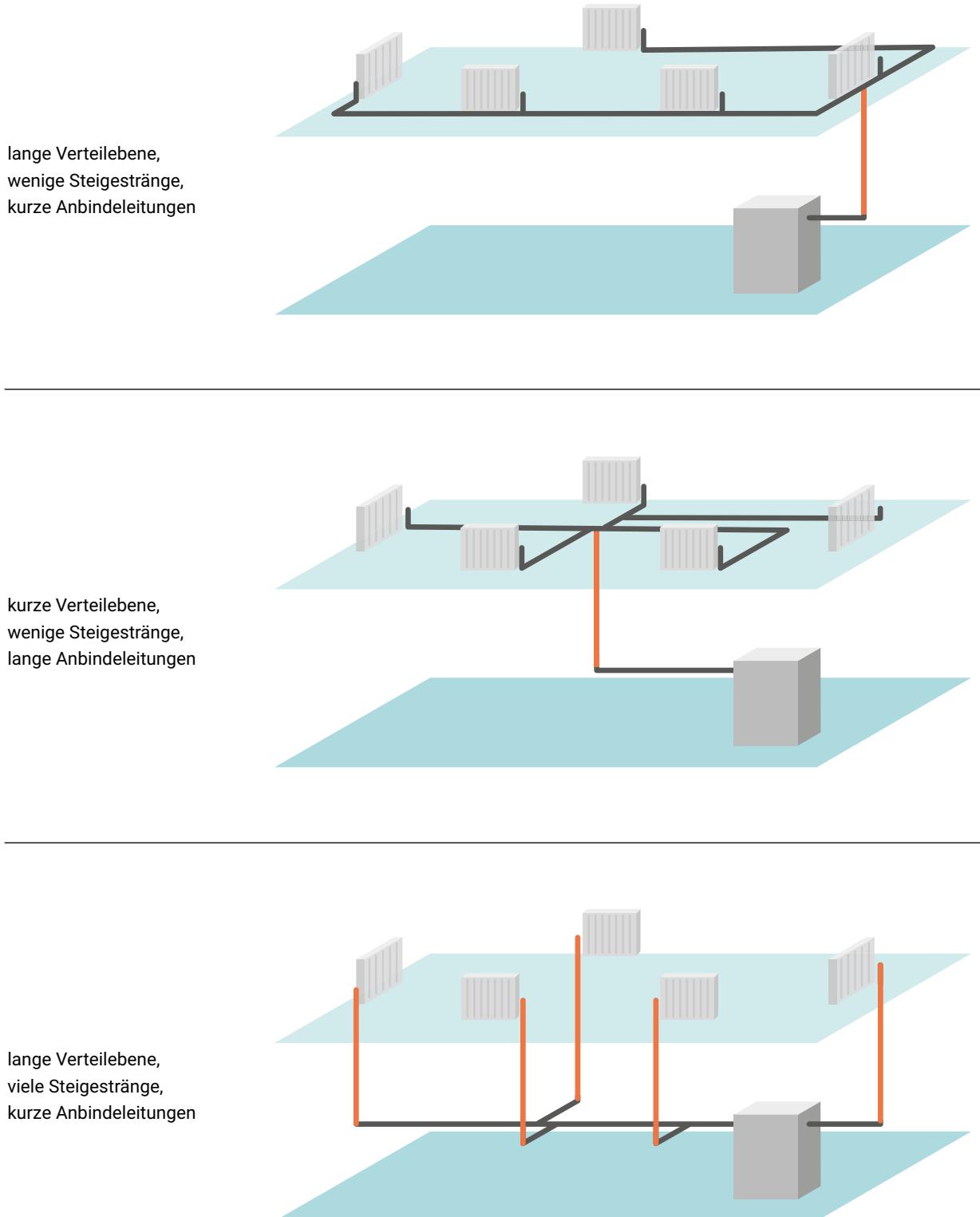
Bei der Schätzung von Leitungslängen für das Heiznetz muss zusätzlich geklärt werden, ob es sich um eine Ein- oder Zweirohrheizung handelt (siehe Abbildung 32).

Beim Einrohrsystem wird das Vorlaufwasser des Heizkreises nacheinander durch die einzelnen Heizkörper geführt. Das bedeutet, dass der Rücklauf des ersten Heizkörpers der Vorlauf des zweiten Heizkörpers ist und dessen Rücklauf der Vorlauf des darauffolgenden. Beim Zweirohrsystem sind die Heizkörper im Gegensatz zum Einrohrsystem nicht in Reihe, sondern parallel geschaltet. Somit hat jeder Heizkörper die gleiche Vorlauftemperatur.



**Abb. 32:** Einrohr- und Zweirohrheizung

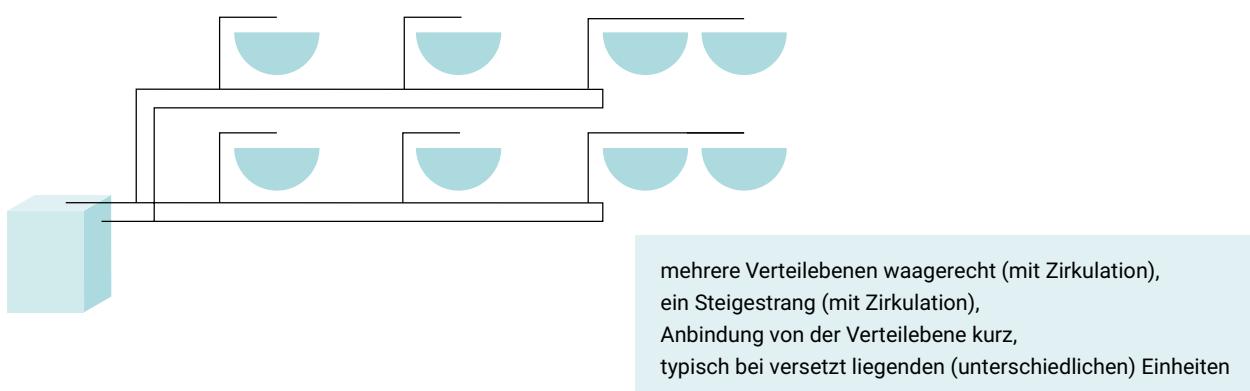
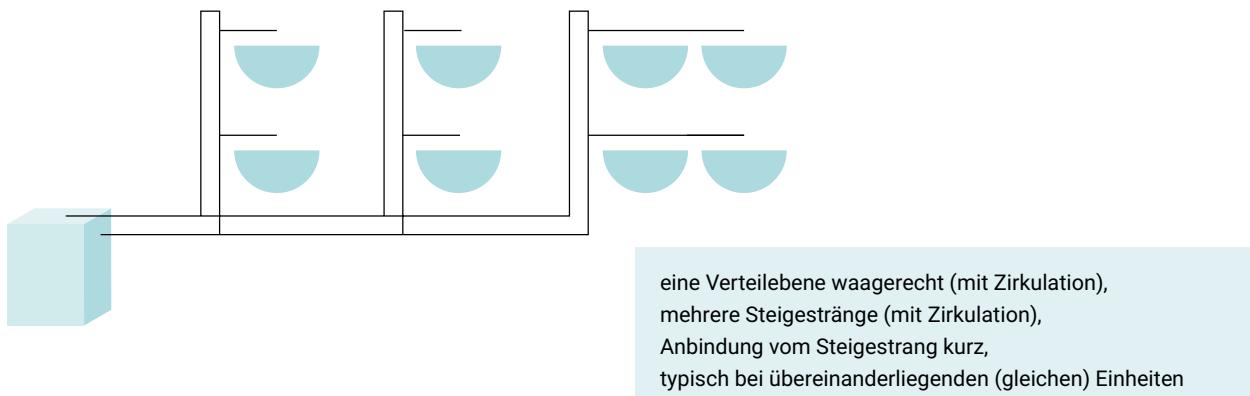
Die Norm unterscheidet seit der Ausgabe 2011 außerdem in unterschiedliche Netztypen (siehe Abbildung 33). Neben den dargestellten Typen mit Erschließung des Gebäudes über Etagenringe, Estrichverteiler und Steigestränge gibt es zentrale Luft- und Strahlungsheizungen für Hallen. Für jeden Netztyp existieren Schätzformeln zur Leitungslängenbestimmung. Die Gebäudeart (Wohngebäude, Büro, Werkhalle usw.) wird ebenfalls berücksichtigt, da die Leitungsverlegedichten je nach Nutzungsart des Objekts variieren.



**Abb. 33:** Heizungsverteilung als Etagenring-, Etagenverteiler- und Steigestrangtyp

Bei der Trinkwarmwasserversorgung ist das Vorhandensein einer Zirkulation maßgeblich. Zirkulationsleitungen sorgen bei langen Rohrnetzen dafür, dass bei einem Zapfvorgang schnell warmes Wasser fließt. Da die Warmwasserleitung ständig auf Temperatur gehalten wird, tragen Zirkulationsleitungen entscheidend zu den Verlusten der Verteilleitungen bei. Ob eine Zirkulationsleitung vorhanden ist, erkennt man an einem zusätzlichen Rohr (mit meist kleinerem Durchmesser als die parallel geführte Warmwasserleitung) und einer zugehörigen Zirkulationspumpe.

Auch im Bereich der Trinkwassererwärmung werden drei Netztypen unterschieden (siehe Abbildung 34). Für jeden Typ – und unterschiedliche Gebäudenutzungen – gibt die Norm Schätzformeln zur Leitungslängenbestimmung an.



**Abb. 34:** Trinkwarmwasserverteilung als Steigestrang-, Etagenringtyp und dezentrale Versorgung

Eine Übersicht über Bilanzeinflussgrößen und Softwareeingaben im Bereich der Wärmeverteilverluste gibt nachfolgende Tabelle.

Erläuterungen zu Einzelgrößen der Wärmeverluste von Verteilnetzen			
Einflussgröße	Maßgeblich für ...	Hinweise und Erläuterungen	Datenbeschaffung
Länge der Leitungsabschnitte	Verteilverluste	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verteilung/Verteilleitung: horizontale Leitungen vom Erzeuger bis zu den Steigleitungen</li> <li>Steigleitungen/Steigestrang/Strangleitung/vertikale Verteilung: senkrechte Leitungen von der Verteilung in die Nutzebenen</li> <li>Anbindeleitungen bei Heizung: Leitungen von den Steigesträngen zu den Heizflächen, die durch den Eingriff der Raumregelung abgesperrt werden</li> <li>Stichleitungen bei Trinkwarmwasser: Leitungen von den Steigesträngen zu den Entnahmestellen; keine parallel laufende Zirkulation</li> <li>Der Leitungsanschluss zentraler RLT-Anlagen an die Heizung hat keine Standardwerte.</li> </ul>	Projektwerte (empfohlen!) oder Standardwerte nach charakteristischer Geometrie des Versorgungsbereichs
Lage der Leitungsabschnitte	Verteilverluste	<ul style="list-style-type: none"> <li>Innerhalb von thermisch konditionierten Zonen verlegte Leitungsabschnitte gehören zu den ungeregelten inneren Wärmequellen.</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte
Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte)	Verteilverluste	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die U-Werte gedämmter Rohre sind nach Baualtersklassen (des Rohrnetzes) vorgegeben.</li> <li>Für die U-Werte ungedämmter Leitungen muss der Verlegeort sowie der Durchmesser (DN) angegeben werden (freie Verlegung, Verlegung in der Konstruktion).</li> <li>Die Norm beschreibt im Anhang, wie eine nicht konzentrische Rohrdämmung einzuschätzen ist.</li> </ul>	Projektvorgabe mit einer Reihe von Standardwerten
Ein- oder Zweirohrheizung (Netzform)	Wärmeverluste und Hilfsenergie der Heizwärmeverteilung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bei einer Zweirohrheizung steht jedem Verbraucher – im Sinne einer Parallelschaltung – Hezwasser mit annähernd gleicher Vorlauftemperatur zur Verfügung.</li> <li>Eine Einrohrheizung ist eine hydraulische Reihenschaltung von Verbrauchern.</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte; typisch im Neubau ist Zweirohr; Einrohrheizungen haben im Bestand einen Anteil von ca. 10 bis 20 Prozent.
Zirkulation, elektrische Begleitheizung	Wärmeverluste und Hilfsenergie der Trinkwarmwasserverteilung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zirkulation oder elektrische Begleitheizung erfolgt aus drei Gründen: Aufrechterhaltung der Wasserhygiene (thermische Desinfektion), Verminderung von Zapfverlusten und Frostsicherung der Leitung (seltener).</li> <li>Elektrische Begleitheizung wird per Widerstandsheizung realisiert (stehendes Wasser, eine Rohrleitung).</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte; eine elektrische Begleitheizung kommt sehr selten vor.
Gemeinsame Installationswand	Wärmeverluste der Trinkwarmwasserverteilung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zur Abschätzung der Längen der Stichleitungen bei Trinkwarmwasser</li> <li>Die gemeinsame Installationswand ist gegeben, wenn auf der Vor- und Rückseite einer Trennwand Zapfstellen angeordnet sind (z. B. Bad und Küche im Wohngebäude).</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte

**Tab. 15:** Erläuterungen zu Einzelgrößen der Wärmeverluste von Verteilnetzen

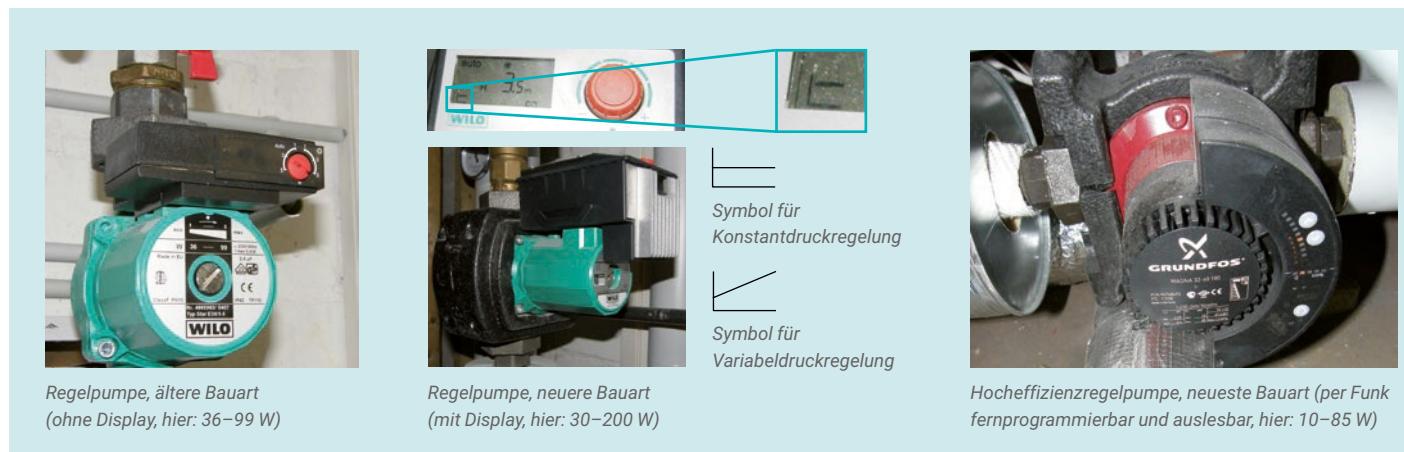
### 7.5.5 Hilfsenergie der Verteilung

Neben den Verlusten über die Verteilleitungen kommt der Energiebedarf für die Pumpen hinzu. Ihre elektrische Nennleistungsaufnahme kann anhand des Typenschildes oder aufgrund von Bestandsunterlagen aufgenommen werden.

Eine entscheidende Rolle spielt die Regelbarkeit der Pumpe. Eine Regelpumpe lässt sich stufenlos in ihrer Druckdifferenz einstellen (siehe Abbildung 35). Unregelbare Pumpen sind einstufig oder mehrstufig (manueller Stufenschalter) (siehe Abbildung 34). Für regelbare Pumpen sieht DIN V 18599 einen Korrekturfaktor auf die Nennleistung vor, da diese Pumpen im Jahresgang ihre Leistungsaufnahme verändern.



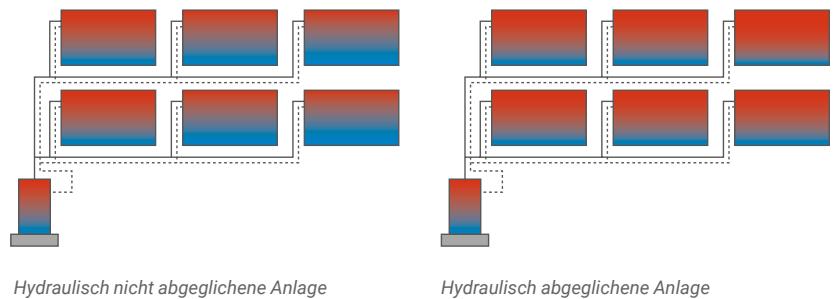
**Abb. 34:** Ungeregelte Pumpen



**Abb. 35:** Geregelte Pumpen

Werden Anlagen nach DIN V 18599 bewertet, muss zur Bestimmung des Hilfsenergieaufwands zusätzlich geklärt werden, ob die Anlage hydraulisch abgeglichen ist. Ist dies nicht der Fall, werden pumpenferne Heizkörper schlechter durchströmt als pumpennahe. Insgesamt ergibt sich ein erhöhter Pumpenstromaufwand. Schematische Darstellungen einer abgeglichenen und einer nicht abgeglichenen Anlage zeigt Abbildung 36.

Bei der Aufnahme der Bestandsanlage kann auf voreinstellbare Thermostatventile geachtet werden. Dazu muss der Thermostatkopf entfernt werden. Sofern eine darunterliegende Einsteldrossel an verschiedenen Heizkörpern unterschiedlich eingestellt ist, ist ein hydraulischer Abgleich (mit großer Sicherheit) vorhanden. Es können auch andere Komponenten der Anlage verwendet werden, mit denen das Wasser in den gewünschten Fließweg gezwungen wird (Rücklaufverschraubungen, angepasste Rohrquerschnitte, Strangregulierventile usw.). Diese sind im Rahmen einer Energieausweis-Erststellung aus Zeitgründen oft nicht näher zu untersuchen. Sofern der Auftraggeber keine Planunterlagen zur Verfügung stellt, aus denen der hydraulische Abgleich hervorgeht, sollte davon ausgegangen werden, dass kein hydraulischer Abgleich durchgeführt wurde.



**Abb. 36:** Darstellung einer hydraulisch nicht abgeglichenen und einer abgeglichenen Heizungsanlage

Bei der Warmwasserversorgung entfällt der Hilfsstromaufwand auf die Zirkulationspumpe, sofern sie vorhanden ist. Sie befindet sich meist direkt im Zirkulationsrücklauf und steht ggf. mit einer Zeitschaltuhr (direkt auf der Pumpe oder über Stromkabel) in Verbindung.

Die weiteren Begriffe und Abfragen, die auch in einer Bilanzsoftware enthalten sind, zeigt nachfolgende Tabelle.

Erläuterungen zu Einzelgrößen der Hilfsenergien von Verteilnetzen			
Einflussgröße	Maßgeblich für ...	Hinweise und Erläuterungen	Datenbeschaffung
Pumpenleistung	Hilfsenergien der Verteilung von Heiz- und Trinkwarmwasser	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Pumpenleistung ist bei einer Regelpumpe die maximale Leistung der Pumpe nach Typenschild; die verminderte Leistungsaufnahme durch eine Regelung wird rechnerisch berücksichtigt.</li> <li>Bei einer ungeregelten Pumpe ist es die Leistung der eingestellten Pumpenstufe (mehrstufige Pumpe) bzw. die Leistung der einzigen möglichen Stufe (einstufige Pumpe).</li> <li>EEI ist der Energieeffizienzindex der europäischen Pumpenprüfung; der entsprechende Prüfkennwert kann für neue Pumpen in die Berechnung übernommen werden.</li> </ul>	Projektvorgabe oder Standardwerte
Leistungsdimensionierung	Hilfsenergien der Verteilung von Heiz- und Trinkwarmwasser	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auf den Bedarf ausgelegt: Sofern die Pumpenleistung keine Projekteingabe ist, wird von einer passenden Pumpe ausgegangen (keine Überdimensionierung).</li> <li>Nicht auf den Bedarf ausgelegt: Sofern die Pumpenleistung keine Projekteingabe ist, wird von einer um Faktor 2 überdimensionierten Pumpe ausgegangen.</li> </ul>	
Pumpenregelung	Hilfsenergien der Verteilung von Heiz- und Trinkwarmwasser	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eine ungeregelte Pumpe arbeitet auf einer festen Drehzahl mit nahezu konstanter Leistung.</li> <li>Eine Regelpumpe arbeitet mit veränderlicher Drehzahl und damit veränderlicher Leistung.</li> <li>Die Konstantdruckregelung (<math>\Delta_{pkonst}</math>) bedeutet, dass die Pumpe einen konstanten Differenzdruck auch im Teillastfall aufrechterhält.</li> <li>Bei einer Variabeldruckregelung (<math>\Delta_{pvar}</math>) vermindert die Pumpe den Differenzdruck bei fallendem Volumenstrom.</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte; für den Neubau sind Regelpumpen typisch; die häufigste Regelungsart ist die Konstantregelung
Hydraulischer Abgleich	Hilfsenergie der Heizwärmeverteilung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einbringen von hydraulischen Zusatzwiderständen (führen zu künstlichen Druckverlusten) in ein Heizungssystem</li> <li>Ziel: Heizwasserverteilung nach Planung erreichen und Überversorgung von pumpennahen Abnehmern vermeiden</li> <li>Ein hydraulischer Abgleich kann statisch erfolgen (einmalig) oder dynamisch (durch veränderliche Widerstände für den Teillastfall).</li> </ul>	Projektvorgabe; im Neubau sollte dieser vorhanden sein, im Bestand ist dieser häufig nicht (mehr) vorhanden.

**Tab. 16:** Erläuterungen zu Einzelgrößen der Hilfsenergien von Verteilnetzen (Fortsetzung nächste Seite)

#### Erläuterungen zu Einzelgrößen der Hilfsenergien von Verteilnetzen

Einflussgröße	Maßgeblich für ...	Hinweise und Erläuterungen	Datenbeschaffung
Vorhandensein von Überströmventilen	Hilfsenergie der Heizwärmeverteilung	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Überströmventile werden eingesetzt zur Sicherstellung einer Mindestdurchlaufwassermenge am Wärmeerzeuger bzw. zur Begrenzung der Druckdifferenz am Verbraucher.</li> <li>■ Die Vorgabe eines Mindestvolumenstroms erhöht im Mittel den zu fördernden Volumenstrom der Pumpe (fehlender Schwachlastbereich mit sehr kleinen Volumenströmen).</li> <li>■ Zur Beschreibung des Einflusses muss aus der Planung der minimal fließende Volumenstrom (der nicht unterschritten wird) bekannt sein.</li> <li>■ Eine Reihe von Wandthermen hat einen solchen Mindestvolumenstrom.</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte; im Neubau sollte ohne Überströmventile geplant werden; Angabe des Kesselherstellers erforderlich
Maximale Rohrleitungslänge	Hilfsenergie der Heizwärmeverteilung	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Abfrage, wenn die Pumpenleistung geschätzt wird</li> <li>■ Das Doppelte der Entfernung zwischen der Pumpe und dem am entferntesten liegenden Verbraucher</li> <li>■ Wird verwendet, um die Druckverluste des Rohrnetzes, das die Pumpe überwinden muss, abzuschätzen.</li> </ul>	Projektvorgabe oder Abschätzung nach charakteristischer Geometrie des versorgten Bereichs
Speicher- oder Durchflusssystem	Hilfsenergie der Verteilung bei Trinkwarmwasser	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Unterscheidung führt im Standardfall zu verschiedenen Druckverlusten für die Zirkulationspumpe.</li> <li>■ Durchflusssystem: alle Warmwasserbereitungssysteme mit Wassererwärmung direkt bei Zapfung (ohne Vorrat)</li> </ul>	Projektvorgabe oder Standardwerte

Tab. 16: (Fortsetzung) Erläuterungen zu Einzelgrößen der Hilfsenergien von Verteilnetzen



Die Abfrage zum Wasserinhalt des Wärmeerzeugers ( $\leq$  oder  $> 0,15 \text{ l/kW}$ ) zur Abschätzung der Pumpendruckerhöhung ist mit Ausgabe der Norm 2018 entfallen.

## 7.5.6 Wärmeverluste und Hilfsenergie der Heizwärme- und Trinkwarmwasserspeicherung

Wärmespeicher dienen dazu, die durch den Wärmeerzeuger bereitgestellte Wärme zwischenzuspeichern, bis sie benötigt wird. Es werden Trinkwarmwasserspeicher und Heizungspufferspeicher unterschieden. Viele Heizsysteme – z. B. mit Gas- und Ölküppeln – kommen ohne Pufferspeicher aus.

Warmwasserspeicher dienen in erster Linie der Komfortsteigerung, da immer warmes Wasser in größeren Mengen bereithalten wird. Es gibt jedoch auch Anlagen zur Trinkwarmwasserbereitung ohne Speicher im Durchlaufsystem (elektrisch, Gas, mit Wärmeübertrager) (siehe Abbildung 37).



Durchlaufwassererwärmung mit Wärmeübertrager



Gasdurchlaufwassererwärmer



Elektrokleinspeicher (5 Liter)



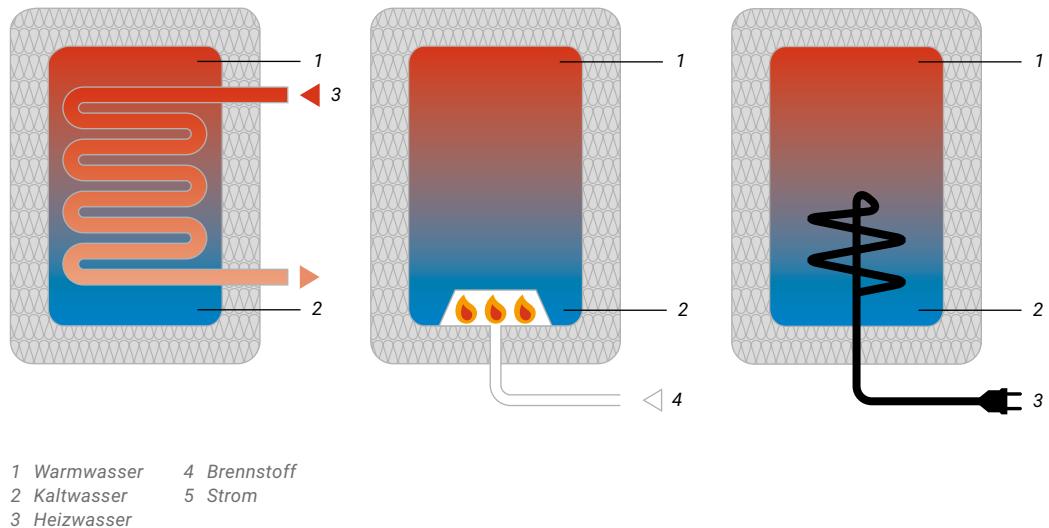
zentraler Warmwasserspeicher



zentraler Elektrospeicher

**Abb. 37:** Systeme zur Trinkwarmwasserbereitung

Abbildung 38 zeigt die schematischen Aufbauten der am Markt verfügbaren Trinkwarmwasserspeicherarten. Bei dezentraler Versorgung finden sich (sofern keine Durchlauferhitzer eingesetzt werden) elektrisch beheizte Kleinspeicher. In Anlagen mit zentraler Warmwasserbereitung sind indirekt (per Heizwasser) beheizte Speicher üblich. Hinsichtlich der Wärmeverluste unterscheiden sich Speicher in liegender oder stehender Anordnung.



**Abb. 38:** Schemaschnitt indirekt und direkt beheizter Speicher, Elektrospeicher

Hinsichtlich der Wärmeverluste unterscheiden sich Speicher in liegender oder stehender Anordnung. Zwei reale Komponenten zeigt Abbildung 39.



**Abb. 39:** Liegender und stehender Trinkwarmwasserspeicher

Pufferspeicher dienen der Zwischenlagerung von Heizwasser zum Ausgleich von Angebot und Nachfrage. Sie sind typisch für Heizungen mit Solaranlage (Tag-Nacht-Ausgleich), Wärmepumpe oder Holzkessel. Ein Heizungspufferspeicher ist erforderlich, wenn der Wärmeerzeuger möglichst selten angefeuert werden soll (Holzpelletkessel), der Brennstoff schwer dosierbar ist (Stückholzkessel), bestimmte zeitliche Tarife ausgenutzt werden sollen oder Sperrzeiten existieren (Elektro-Nachtspeicherzentralheizung, Elektro-Wärmepumpen).

Eine wichtige Kenngröße des Speichers ist das Volumen. Der Wärmeverlust des Speichers ist außerdem von der Speichertemperatur und der mittleren Umgebungstemperatur sowie dem Bereitschaftsverlust (Herstellerangabe) abhängig. Die Dämmstärke spielt eine entscheidende Rolle bei der Ermittlung der Bereitschaftsverluste des Warmwasserspeichers. In einigen Fällen sind die Bereitschaftsverluste auf dem Typenschild angegeben.

Die Zusammenstellung aller relevanten Abfragen der Norm und damit Eingaben einer Software zeigt nachfolgende Tabelle.

### Erläuterungen zu Einzelgrößen der Wärmespeicherung

Einflussgröße	Maßgeblich für ...	Hinweise und Erläuterungen	Datenbeschaffung
Speicherart	Wärmeverluste und Hilfsenergie bei Trinkwasserspeichern	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indirekt beheizte Speicher sind von einem innen oder außen liegenden Wärmeübertrager per Heizwasser beheizte Speicher (Erzeuger beliebig).</li> <li>Bivalenter Solarspeicher: hat zwei Heizquellen, die Solarthermie für den unteren Speicherbereich und einen Spitzenlasterzeiger für den oben liegenden Bereitschaftsteil des Speichers</li> <li>Elektrischer Tagesspeicher: Zentralspeicher (über ca. 15 Liter Volumen) mit ständig möglicher Aufheizung und auch Kleinspeicher (unter ca. 15 Liter Volumen) für die dezentrale Versorgung</li> <li>Elektrischer Nachtspeicher: Zentralspeicher (über ca. 15 Liter Volumen) mit überwiegend nächtlicher Aufheizung</li> <li>Direkt gasbeheizter Speicher bzw. Vorratswasserheizer: Das Wasser wird ohne Zwischenmedien direkt mit Gas erwärmt (früher typisch als 80-Liter-Speicher im Bad).</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte
Speichervolumen	Wärmeverluste bei Trinkwasser- und Pufferspeichern	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bei der Berechnung mit Standardwerten erfolgt eine Abschätzung je nach Speicherart (Pufferspeicher bei Biomasseheizungen, Wärmepumpen, verschiedene Trinkwarmwasserspeicherarten).</li> <li>Die Standardstückelung von Speichern beträgt jeweils 1.500 Liter (Pufferspeicher), darüber wird ein nächster Speicher angesetzt.</li> <li>Bei Trinkwarmwasserspeichern beträgt die Standardstückelung zwischen 500 und 1.000 Liter.</li> </ul>	Projektvorgabe oder Standardwerte; reale Volumen werden empfohlen
Bereitschaftswärmeverlust	Wärmeverluste bei Trinkwasser- und Pufferspeichern	<ul style="list-style-type: none"> <li>Der Bereitschaftswärmeverlust ist die Angabe einer täglichen Wärmeverlustenergie des Herstellers bei einer Temperaturdifferenz im Allgemeinen von 45 K zwischen Speicher und Aufstellraum (andere Werte werden daraus berechnet).</li> <li>Er kann auch als Wärmeverlustleistung angegeben werden (<math>1 \text{ kWh/d} = 41,6 \text{ W}</math>).</li> </ul>	Projektvorgabe oder Standardwerte
Speicheranordnung liegend, stehend	Speicherverluste Trinkwasser	<ul style="list-style-type: none"> <li>Liegende Speicher: waagerecht angeordnete Zylinder/Quader mit geringer Höhe</li> <li>Stehende Speicher: senkrecht angeordnete Zylinder/Quader mit geringer Grundfläche</li> <li>Einfluss auf die Abschätzung des Speichervolumens, wenn keine Projektvorgabe</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte; typischer sind stehende Speicher
Pumpenleistung der Speicherladepumpe	Hilfsenergie der Speicherung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Leistung wird anhand der Gebäudegeometrie geschätzt oder es ist eine Projektangabe zu machen.</li> </ul>	Projektvorgabe oder Standardwerte

Tab. 17: Erläuterungen zu Einzelgrößen der Wärmespeicherung

### 7.5.7 Bewertung von Erzeugern

Bei den meisten Wärmeerzeugern ist die energetische Bewertung mit der Leistungsbemessung verbunden. Diese findet sich auf dem Typenschild – wie in Abbildung 40 für verschiedene Erzeuger gezeigt – oder in den Bestandsunterlagen.

Auf Typenschildern sind zudem häufig energetische Kennwerte wie Wirkungsgrade oder Leistungszahlen (jeweils unter genannten Prüftemperaturen) sowie das Baujahr des Wärmeerzeugers vermerkt. Die Eigenschaften bestimmter Wärmeerzeuger werden in den nachfolgenden Abschnitten erläutert.

Das Baujahr wird in der DIN V 18599 auch verwendet, um fehlende Effizienzmerkmale sowie die Überdimensionierung abzuschätzen:

- | Sofern die Erzeugerleistung keine Projekteingabe ist, wird von einer 1,3-fachen Überdimensionierung bei Neubauten ausgegangen (Basis ist die geschätzte Heizlast aus den angeschlossenen Zonen).
- | Im Bestand beträgt die geschätzte Erzeugerleistung 2,5-mal mehr als die Gebäudeheizlast.

### 7.5.8 Wärmeverluste und Hilfsenergie von Kesseln

Für die Verluste eines Kessels sind die Abgas- und Oberflächenverluste relevant. Diese sind je nach Brennerart, Kesseltyp und Brennstoff verschieden. Dennoch lassen sich die Effizienzmerkmale mithilfe des Baujahres und einiger qualitativer Angaben abschätzen. Die DIN V 18599 weist hierzu eine größere Datenbank auf.

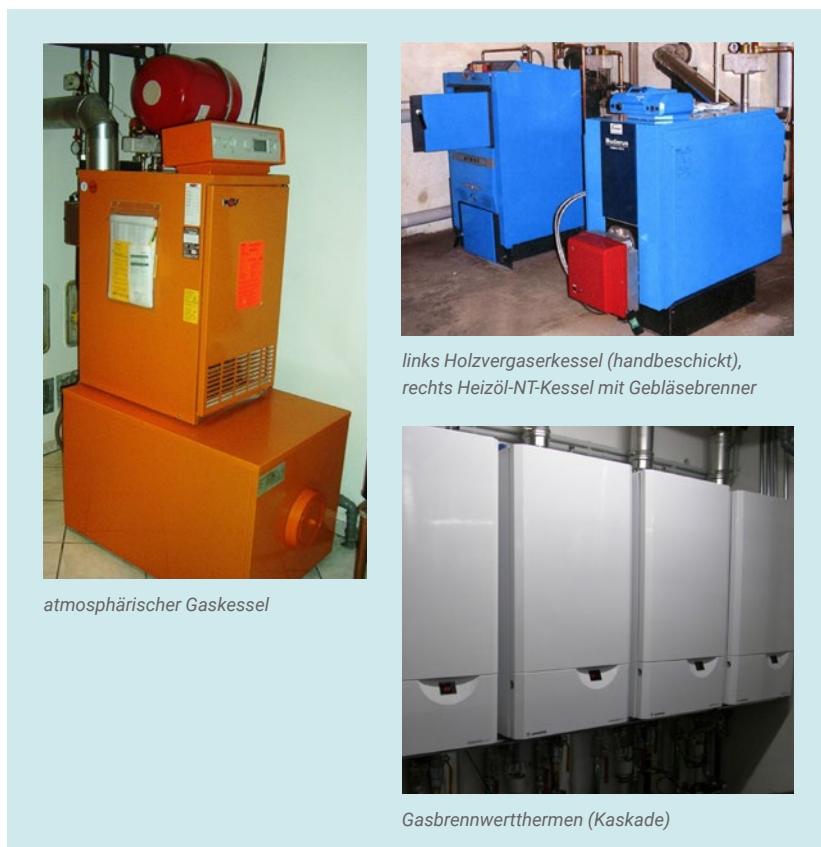


Abb. 41: Kesselbauarten

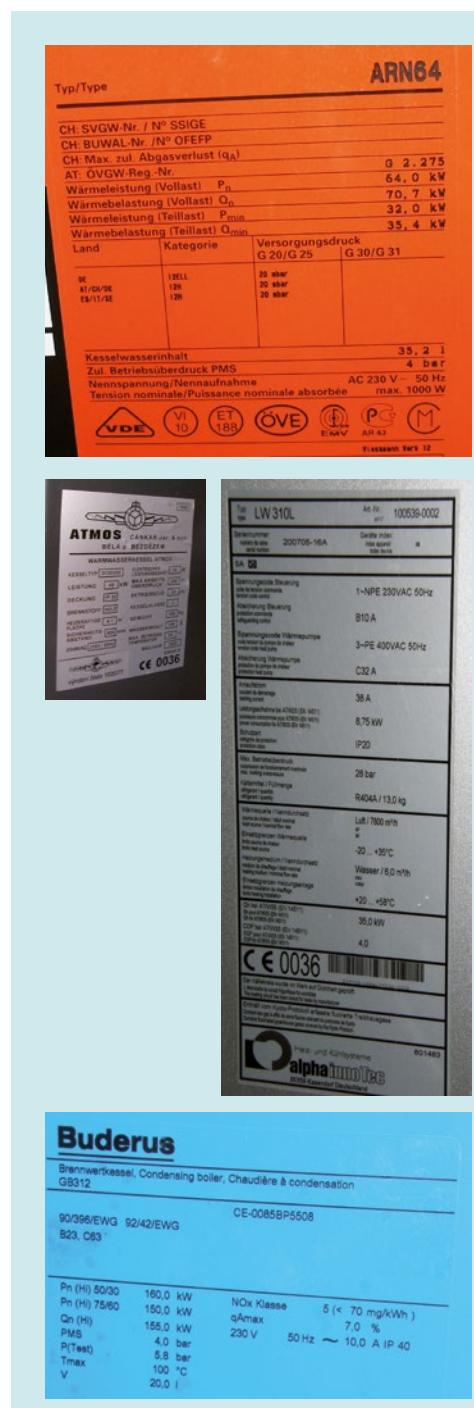
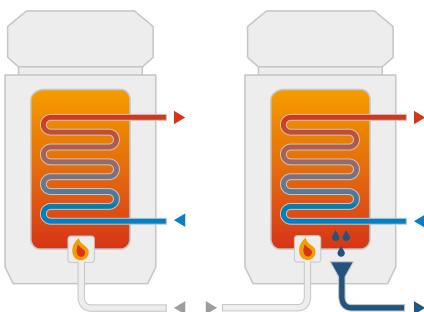


Abb. 40: Typenschilder



**Abb. 42:** Schematische Darstellung eines Konstant- oder Niedertemperaturkessels (links) und eines Brennwertkessels (rechts)

Eine wichtige Einflussgröße ist die Abgaskondensation. Man unterscheidet in Konstanttemperatur- bzw. Standardkessel mit immer gleich hohen Kesselwassertemperaturen. Dies sind Kessel ältester Bauart und ohne Abgaskondensation (Abgastemperaturen: 180 bis 220 °C). Niedertemperaturkessel passen die Vorlauftemperatur dem Bedarf an, sie wird häufig in Abhängigkeit von der Außentemperatur geregelt. An Tagen mit geringem Wärmebedarf können so die Kesselverluste reduziert werden. Es gibt diese Kessel etwa seit Anfang der 1980er-Jahre. Jedoch weisen auch sie keine Abgaskondensation auf (Abgastemperaturen 100 bis 160 °C). Eine Weiterentwicklung der Niedertemperaturkessel und etwa seit Ende der 1980er-Jahre auf dem Markt sind Brennwertkessel. Diese Kessel nutzen konstruktionsbedingt die Verdampfungswärme des bei der Verbrennung entstandenen und daher im Abgas enthaltenen Wasserdampfs, d. h. den Brennwert (Abgastemperaturen deutlich unter 70 °C) (siehe Abbildung 42).

Abbildung 43 zeigt beispielhaft zwei Abgasmessprotokolle. Sie weisen auch den Abgasverlust aus. Der Abgaswärmeverlust ist der Anteil Wärmeenergie, der das Gebäude ungenutzt über den Schornstein verlässt. Er wird im Schornsteinfegerprotokoll in Prozent angegeben und aus der bei Volllast gemessenen Abgastemperatur, der Zulufttemperatur und dem im Abgas enthaltenen Restsauerstoff- bzw. Kohlendioxidgehalt errechnet.

Der Kesselwirkungsgrad ist das Verhältnis von abgegebener Wärmeleistung eines Kessels zu aufgenommener Brennstoffleistung zu einem bestimmten Zeitpunkt und für bestimmte Temperaturverhältnisse. Er enthält die Abgasverluste, aber auch die Abstrahlung über die Kesseloberfläche bei Brennerbetrieb. Der zugehörige Jahreswert für den regulären Betrieb ist der Jahresnutzungsgrad. Im Gegensatz zum Kesselwirkungsgrad bewertet der Jahresnutzungsgrad zusätzlich die Betriebsbereitschaftsverluste. Sie geben den Wärmeaufwand an, der erforderlich ist, um den Heizkessel bei Stillstand auf einer bestimmten Temperatur zu halten. Sie werden in Prozent der Feuerungsleistung eines Kessels angegeben. Die Bereitschaftsverluste sind in der Regel nur in detaillierteren Herstellerunterlagen zu finden und nicht auf dem Typenschild dokumentiert.



**Abb. 43:** Abgasmessprotokolle für einen Brennwert- und einen Niedertemperaturkessel

Die Tabelle 18 listet systematisch Einflussgrößen auf, die im Zusammenhang mit der Wärmeübergabe in der Norm und damit in Bewertungsprogrammen enthalten sind.

Erläuterungen zu Einzelgrößen bei Kesseln			
Einflussgröße	Maßgeblich für ...	Hinweise und Erläuterungen	Datenbeschaffung
Kesselarten	Erzeuger- bewertung und Hilfsenergie für Kessel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Standardheizkessel oder Konstanttemperaturkessel: feste Kesselwassertemperatur zwischen 70 und 90 °C; heute nur noch als Biomassekessel üblich</li> <li>Niedertemperaturkessel: gleitende Kesselwassertemperatur unter 70 °C möglich, typischer Bestandskessel</li> <li>Brennwertkessel: wie Niedertemperaturkessel, jedoch mit zusätzlicher Kondensation von Wasserdampf aus den Verbrennungsabgasen</li> <li>Gas-Spezialheizkessel: Kessel mit atmosphärischem Brenner, Luftansaugung in den Brennraum ohne Gebläse; meist viele kleine Einzelflammen in der Brennkammer; die klassische Etagenheizung</li> <li>Gebläsekessel: Luftansaugung in den Brennraum per Gebläse; der klassische im Keller stehende Kessel, aber auch die gesamte Brennwerttechnik arbeitet so.</li> <li>Umstell-/Wechselbrandkessel: Kessel für mehr als einen Energieträger, Änderung des Energieträgers nach Umbau oder per einfacher Umschaltung (teilweise automatisch); gibt es auch als Neukessel mit Umschaltung zwischen Holz und Gas oder Öl</li> <li>Umlaufwasserheizer: ein Gaswandgerät (Therme) mit Heizfunktion</li> <li>Kombiwasserheizer/Kombikessel: ein Gaswandgerät (Therme) mit Heizfunktion und Trinkwarmwasserbereitung ohne nebenstehenden Speicher; entweder mit Wärmetauscher zur Warmwasserbereitung oder mit integriertem Kleinspeicher (2 bis 10 Liter)</li> <li>Brennwertkessel verbessert: Vom Hersteller liegt eine Erklärung für diesen Kessel vor, dass die verbesserten Wirkungsgrade erreicht werden; das ist für fast alle gängigen Kessel am deutschen Markt gegeben.</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte

**Tab. 18:** Erläuterungen zu Einzelgrößen bei Kesseln (Fortsetzung nächste Seite)

Erläuterungen zu Einzelgrößen bei Kesseln			
Einflussgröße	Maßgeblich für ...	Hinweise und Erläuterungen	Datenbeschaffung
Betriebsweise von Kesseln	Deckungsanteile bei Kesseln	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parallelbetrieb (ohne Vorrangschaltung) bedeutet einen gleichzeitigen Betrieb aller Kessel mit jeweils gleicher Belastung.</li> <li>Folgeschaltung (Vorrangschaltung) bewirkt, dass zunächst ein Kessel (Führungsessel) bis zum Maximum seiner Belastung betrieben wird, dann weitere Kessel (Folgekessel) zugeschaltet werden.</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte; beide Betriebsweisen kommen in der Praxis vor
Wirkungsgrade, Bereitschaftswärmeverlust	Erzeugerbewertung Kessel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bereitschaftswärmeverlust <math>q_b</math>, der bei 70 °C Kesseltemperatur und 20 °C Umgebungstemperatur geprüft wird</li> <li>Heizkesselwirkungsgrad bei 100 Prozent Belastung <math>\eta_{K,100\%}</math> (unter bestimmten Prüftemperaturen) und Heizkesselwirkungsgrad bei Teillast (üblich 30 Prozent Belastung) <math>\eta_{K,30\%}</math> (unter bestimmten Prüftemperaturen)</li> <li>Die Kennwerte werden zur Bewertung benötigt, aber noch auf Betriebstemperaturen umgerechnet.</li> </ul>	Projektvorgabe oder Standardwerte; für konkrete Produkte sind alle Kennwerte im Paket verfügbar
Elektrische Kesselleistung, elektrische Kesselregelung	Hilfsenergie der Erzeugung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hilfsenergien resultieren aus Gebläsebetrieb, Ölpumpen, Ölvorwärmung, Regelung, Holztransport oder elektrischer Zündung – je nach Kesselmodell.</li> <li>Für viele Kessel gibt es eine Unterscheidung nach elektrischer Kesselregelung. Sie ist – außer bei sehr alten Kesseln – immer vorhanden.</li> </ul>	Projektvorgabe oder Standardwerte; für konkrete Produkte sind alle Kennwerte im Paket verfügbar

Tab. 18: (Fortsetzung) Erläuterungen zu Einzelgrößen bei Kesseln

### 7.5.9 Wärmeverluste und Hilfsenergie von Wärmepumpen

Wärmepumpen nutzen Umweltwärme auf niedrigem Temperaturniveau zum Heizen. Entscheidend für die Effizienz des Geräts ist die Temperatur der Wärmequelle. Bei einer Luft-Wärmepumpe wird Ab- oder Außenluft genutzt, es sind entsprechende Luftein- und -auslässe oder Lüftungsgitter im Bereich der Wärmepumpe angeordnet. Bei Grundwasser-Wärmepumpen ist ein Brunnen im Umfeld des Gebäudes vorhanden. Erdreich-Wärmepumpen benötigen einen eigenen Solekreislauf in einem Erdreichkollektor (horizontal verlegte Rohrschleifen im Außenbereich) oder einer Sonde (vertikal gebohrt) mit einer eigenen Pumpe. Wärmepumpen werden in der Regel mit Strom betrieben, es gibt jedoch auch gasbetriebene Wärmepumpen.

Die Effizienz der Wärmepumpe wird durch die Arbeitszahl ausgedrückt; sie gibt das Verhältnis der abgegebenen Nutzwärme bezogen auf die eingesetzte (elektrische) Energie für den Antrieb des Verdichters an. Arbeitszahlen werden mit der DIN V 18599 aus Leistungszahlen ermittelt, die für eine bestimmte Wärmequellen- und -senkentemperatur gelten (Hersteller messen je nach Geräteart zwei bis sechs Konstellationen). Dabei wird die Häufigkeit verschiedener Temperaturkonstellationen gewichtet berücksichtigt.

Arbeitet die Wärmepumpe zusammen mit einem Spitzenlasterzeuger, ist die Art der Regelung entscheidend für die Anzahl der Betriebsstunden der Nachheizung.



Außenluft-Wärmepumpe



Ansaug- und Ausblasöffnung

**Abb. 44:** Außenluft-Wärmepumpe

Die Abfragen zur Regelung sowie weitere Begriffe, die auch in einer Bilanzsoftware enthalten sind, zeigt Tabelle 19.

Erläuterungen zu Einzelgrößen bei Wärmepumpen			
Einflussgröße	Maßgeblich für ...	Hinweise und Erläuterungen	Datenbeschaffung
Art der Wärmequelle	Erzeugerbewertung Wärmepumpe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ab-, Außenluft, Grundwasser, Erdreich usw.</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte
Heizleistung der Wärmepumpe	Erzeugerbewertung Wärmepumpe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Je nach Wärmequellen und Hezwassertemperatur resultieren unterschiedliche Maximalleistungen.</li> </ul>	Projektvorgabe oder Standardwerte
Betriebsweise von Wärmepumpen	Deckungsanteile bei Wärmepumpen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monovalenter Betrieb: Es gibt nur die Wärmepumpe.</li> <li>Alternativbetrieb: Oberhalb einer bestimmten Außentemperatur (Bivalenzpunkt, Einsatzgrenztemperatur) läuft die Wärmepumpe, darunter der Spitzenlasterzeuge.</li> <li>Parallelbetrieb: Oberhalb einer bestimmten Außentemperatur (Bivalenzpunkt, Einsatzgrenztemperatur) läuft die Wärmepumpe, darunter laufen die Wärmepumpe und der Spitzenlasterzeuge anteilig (die Wärmepumpe mit maximaler Leistung).</li> <li>Teilparallelbetrieb: Oberhalb einer bestimmten Außentemperatur (Bivalenzpunkt, Einsatzgrenztemperatur) läuft die Wärmepumpe allein, darunter laufen die Wärmepumpe und der Spitzenlasterzeuge anteilig (die Wärmepumpe mit maximaler Leistung); unter einer unteren Einsatzgrenze (Abschalttemperatur) läuft nur der Spitzenlasterzeuge.</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte; alle Betriebsweisen kommen in der Praxis vor
Heizgrenztemperatur	Deckungsanteile bei Wärmepumpen zur Heizung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wird bei der Bewertung verwendet, um festzustellen, bei welchen Außentemperaturen das Gerät überhaupt arbeiten muss</li> </ul>	Bilanzergebnis aus Teil 2 oder Standardwerte
Bivalenztemperatur	Deckungsanteile bei Wärmepumpen zur Heizung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oberhalb dieser Temperatur ist allein die Wärmepumpe in Betrieb und der Spitzenlasterzeuge ist aus.</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte
Abschalttemperatur	Deckungsanteile bei Wärmepumpen zur Heizung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unterhalb dieser Temperatur ist allein der Spitzenlasterzeuge in Betrieb und die Wärmepumpe ist aus.</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte
Obere Temperaturgrenze	Deckungsanteile bei Wärmepumpen zur Trinkwarmwasserbereitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trinkwarmwassertemperatur, bis zu der die Wärmepumpe das Trinkwarmwasser aufheizt</li> <li>Den Rest bis zur Zapftemperatur leistet der zweite Erzeuger.</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte

**Tab. 19:** Erläuterungen zu Einzelgrößen bei Wärmepumpen (Fortsetzung nächste Seite)

Erläuterungen zu Einzelgrößen bei Wärmepumpen			
Einflussgröße	Maßgeblich für ...	Hinweise und Erläuterungen	Datenbeschaffung
Leistungszahl COP und Korrekturfaktoren	Erzeugerbewertung Wärmepumpe	Die Leistungszahl wird für eine bestimmte Temperaturpaarung der Wärmequellen ( $-7, 2, 7, 15, 20^{\circ}\text{C}$ ) und der Heizseite ( $35$ und $50^{\circ}\text{C}$ ) sowie abhängig vom Gerätebaujahr angegeben.	Projektvorgabe oder Standardwerte
Regelung von Wärmepumpen	Erzeugerbewertung Wärmepumpe	Wärmepumpen bzw. deren Verdichter sind ungeregelt (Ein-/Aus-Betrieb), schrittweise geregelt (Kaskade) oder stufenlos geregelt.	Projektvorgabe ohne Standardwerte
Pumpenleistung bei Wärmepumpenkreisen	Hilfsenergie der Erzeugung	Primärkreis: Pumpe zwischen Wärmequelle und Wärmepumpe (z. B. Solekreis bei Erdkollektoren) Sekundärkreis: Pumpe zwischen Wärmepumpe und Pufferspeicher oder hydraulischer Weiche (ab dort pumpt die Heizungsumwälzpumpe)	Projektvorgabe oder Standardwerte

Tab. 19: (Fortsetzung) Erläuterungen zu Einzelgrößen bei Wärmepumpen

### 7.5.10 Wärmeverluste und Hilfsenergie von Fernwärmestationen

Bei der Bewertung von Fernwärmeanschlüssen muss der Wärmeverlust der zentralen Verrohrung bzw. der Übergabestation geschätzt werden. Verschiedene Arten der Anbindung, denen die jeweilige Dämmung bereits qualitativ anzusehen ist, zeigt Abbildung 45.



**Abb. 45:** Fernwärmeübergabe

Eine Übersicht über Bilanzeinflussgrößen und Softwareeingaben im Bereich der Fernwärmebewertung gibt nachfolgende Tabelle.

Erläuterungen zu Einzelgrößen bei Fernwärme		
Einflussgröße	Hinweise und Erläuterungen	Datenbeschaffung
Primär- und Sekundärseite	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dies sind die beiden Wasserkreisläufe auf der Fernwärmeseite (Versorgerseite) sowie der Gebäudeseite</li> </ul>	–
Heizmedium	<ul style="list-style-type: none"> <li>Warmwasser mit niedriger (bis 105 °C) oder hoher Temperatur (bis 150 °C)</li> <li>Niederdruckdampf (bis 1 bar Überdruck) oder Hochdruckdampf (über 1 bar Überdruck)</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte; typisch ist Warmwasser mit niedriger Temperatur
Dämmklassen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Dämmklassen 1 bis 5 sind über die DIN EN 12828 definiert (die Skala geht dort von 0 bis 6); 1 ist der schlechteste Wert, 5 der beste.</li> <li>Für eine ebene Fläche bedeutet z. B. Klasse 1: 30 mm und Klasse 5: 110 mm Dämmstoff in WLG 040.</li> </ul>	Projektvorgabe ohne Standardwerte

**Tab. 20:** Erläuterungen zu Einzelgrößen bei Fernwärme

### 7.5.11 Solarthermieanlagen als Erzeuger

Ein Teil der Trinkwarmwassererwärmung oder auch eine Heizungsunterstützung können über Solarkollektoren erfolgen. Hierbei sind die Größe der Kollektorfläche sowie die Ausrichtung und Art der Kollektoren entscheidend. Die beiden unterschiedenen Kollektorbauarten zeigt Abbildung 46. Die Norm unterscheidet auch verschiedene Speicherkonzepte: mit bivalentem Speicher oder separaten Solar-speichern (siehe Abbildung 47).



Vakuumröhrenkollektor



Flachkollektor

Abb. 46: Kollektorbauarten



Kleinanlage (bivalenter Solarspeicher)



Großanlage (Puffer- und Trinkwarmwasserspeicher)

Abb. 47: Anlagenbauart bei Solarthermie

Die typischen Begriffe und Abfragen, die in einer Bilanzsoftware zur Solarthermie enthalten sind, zeigt nachfolgende Tabelle.

Erläuterungen zu Einzelgrößen bei Solarthermie			
Einflussgröße	Maßgeblich für ...	Hinweise und Erläuterungen	Datenbeschaffung
Speicher-konzept	Solarertrag	<ul style="list-style-type: none"> <li>  Bivalent beheizter Speicher: Solarertrag und Wärme des zweiten Erzeugers werden im selben Speicher eingelagert (typisch für Kleinanlagen).</li> <li>  Separate Puffer- und Trinkwasserspeicher: Solarwärme und Wärme des zweiten Erzeugers werden in verschiedenen Speichern eingelagert (typisch für Großanlagen).</li> </ul>	Projektvorgabe oder Standardwerte; bei Nichtwohngebäuden sind Großanlagen typisch
Aperturfläche, Kollektorfläche	Solarertrag	<ul style="list-style-type: none"> <li>  Die Aperturfläche wird projektbezogen eingegeben oder ergibt sich bei Nutzung von Standardwerten aus dem Wärmebedarf.</li> </ul>	Projektvorgabe oder Standardwerte
Neigung, Ausrichtung	Solarertrag	<ul style="list-style-type: none"> <li>  Eine Abweichung von der Südausrichtung und die Neigung (0 bis 90°) werden vorgegeben.</li> </ul>	Projektvorgabe oder Standardwerte
Kollektorkenndaten	Solarertrag	<ul style="list-style-type: none"> <li>  Konversionsfaktor <math>\eta_o</math>, Wärmedurchgangskoeffizienten <math>k_1</math> und <math>k_2</math>, Einstrahlwinkelkorrektur IAM (50°) und die effektive Wärmekapazität c sind Herstellerangaben oder Standardwerte.</li> </ul>	Projektvorgabe oder Standardwerte
Pumpenleistung der Solarkreispumpe	Hilfsenergie der Erzeugung	<ul style="list-style-type: none"> <li>  Die Leistung wird aus der Planung vorgegeben.</li> <li>  Alternativ erfolgt eine Abschätzung der Pumpenergiemenge.</li> </ul>	Projektvorgabe oder Standardwerte

**Tab. 21:** Erläuterungen zu Einzelgrößen bei Solarthermie

### 7.5.12 Heizzentralen mit Kraft-Wärme-Kopplung

Die Kraft-Wärme-Kopplung – im Zusammenhang mit der Versorgung einzelner Gebäude handelt es sich meistens um Blockheizkraftwerke – wird in DIN V 18599-9 behandelt. Dort sind Heizzentralen mit dem üblichen Aufbau beschrieben. Die KWK-Anlage ist der Grundlasterzeuger, ein Kessel der Spitzenlasterzeuger, so wie in Abbildung 48 gezeigt.



**Abb. 48:** Heizzentrale mit Blockheizkraftwerk und Kessel  
(Quelle: Buderus)

Eine Übersicht über Bilanzeinflussgrößen und Softwareeingaben im Bereich der KWK-Systeme gibt nachfolgende Tabelle.

Erläuterungen zu Einzelgrößen bei Kraft-Wärme-Kopplung		
Einflussgröße	Hinweise und Erläuterungen	Datenbeschaffung
Nutzungsgrad des Netzes	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Zur Bewertung des Netzes für ein Netz zwischen Gebäude und Heizzentrale</li> <li>■ Der Netzverlust kann mithilfe der Angaben aus DIN V 18599-1 (analog zur Nahwärme) aus der Netzlänge abgeschätzt werden.</li> </ul>	Projektvorgabe
Stromkennzahl der KWK	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Standardwerte gibt die Norm im Bereich bis 17 MW an und unterscheidet in Werte für Verbrennungs- und Stirlingmotoren.</li> <li>■ Für größere KWK-Anlagen hängt die Stromkennzahl von der elektrischen Leistung ab bzw. ist eine Planungsvorgabe.</li> </ul>	Projektvorgabe oder Standardwert
Wirkungsgrad der KWK	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Standardwerte gibt die Norm im Bereich bis 17 MW an und unterscheidet in Werte für Verbrennungs- und Stirlingmotoren.</li> <li>■ Für größere KWK-Anlagen hängt die Stromkennzahl von der elektrischen Leistung ab bzw. ist eine Planungsvorgabe.</li> </ul>	Projektvorgabe oder Standardwert
Deckungsanteil	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Norm liefert Standardwerte für Mikro-KWK.</li> <li>■ Für alle anderen Anlagen muss eine Planung erfolgen.</li> <li>■ Es wird empfohlen, mit projektbezogenen Deckungsanteilen zu arbeiten!</li> </ul>	Projektvorgabe oder Standardwert

**Tab. 22:** Erläuterungen zu Einzelgrößen bei Kraft-Wärme-Kopplung

### **7.5.13 Elektroheizungen als Erzeuger**

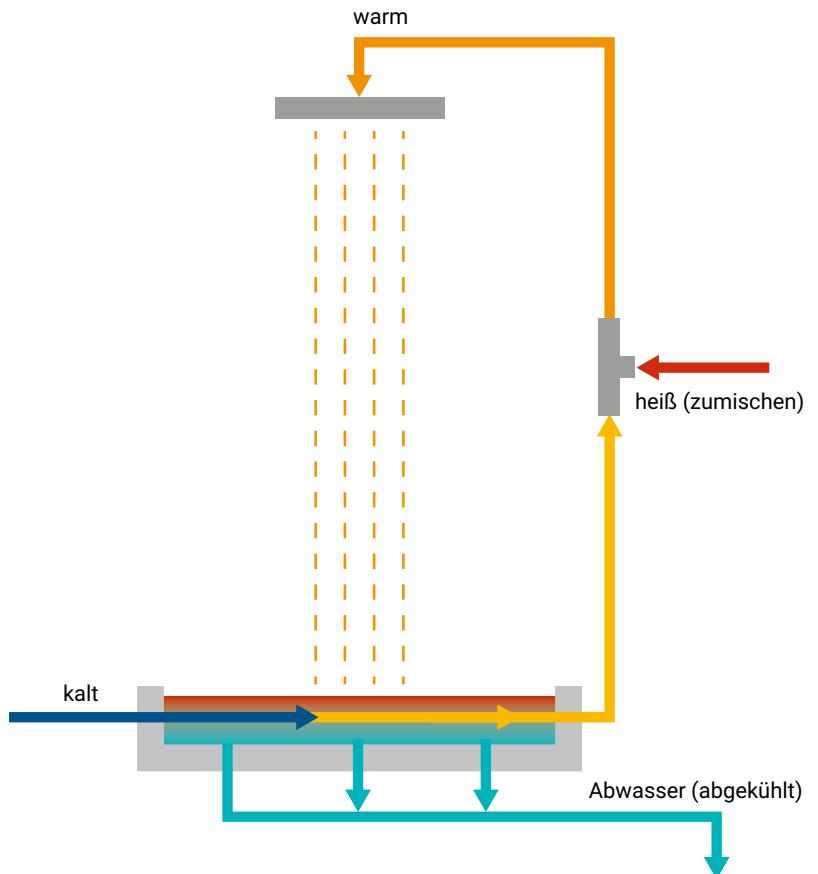
Elektrische Heizungen, so wie in Abbildung 49 beispielhaft dargestellt, werden pauschal mit Effizienzmerkmalen verbunden. Es muss lediglich zwischen einer Elektrodirekt- und einer Speicherheizung unterschieden werden. Die regelungstechnischen Eigenschaften der kombinierten Erzeugung und Übergabe sind separat im Abschnitt „Wärmeverluste und Hilfsenergie der Übergabe bei der Heizung“ erläutert.



**Abb. 49:** Elektroeinzelheizungen

### **7.5.14 Duschwasser-Wärmerückgewinnung**

Als weitere Erzeugerart ist die Duschwasser-Wärmerückgewinnung definiert (siehe Abbildung 50). Sie kann komplett unter Verwendung von Standardwerten (Nutzungsgrad des Systems, Verschmutzungseinfluss) bilanziert werden; Produktkennwerte lassen sich ebenfalls berücksichtigen.



**Abb. 50:** Duschwasser-Wärmerückgewinnung

Mit diesem System kann allerdings nur ein Anteil der Gesamtwarmwassermenge kompensiert werden. Für den Wohnungsbau definiert die Norm einen Anteil von 65 Prozent der Nutzwärmemenge, die überhaupt zum Duschen eingesetzt wird.

# 8 Berechnung der Anlagentechnik: Lüftungs- und Klimatechnik

## 8.1 Klassifizierung von raumlufttechnischen Anlagen

Der Begriff Raumlufttechnik wird im Gegensatz zur Prozesslufttechnik als Oberbegriff für alle lufttechnischen Anlagen verwendet, die dem Aufenthalt von Menschen dienen. Im Unterschied zu einer Pumpenwasserheizung dient das Hauptmedium Luft nicht nur dem Energietransport zum Heizen oder Kühlen. Raumlufttechnische Anlagen stellen in erster Linie eine für den menschlichen Organismus lebensnotwendige Voraussetzung sicher, indem Luft bzw. Sauerstoff für den Stoffwechsel Innenräumen zugeführt wird. Saubere Außenluft wird auch benötigt, um Schadstoffe, die in Gebäuden wie Laboren oder Gewerbeküchen freigesetzt werden können, durch Verdrängung oder Verdünnung aus dem Gebäude abzuführen. Durch raumlufttechnische Anlagen kann außerdem die Luftfeuchte in Räumen kontrolliert werden.

In der Vergangenheit haben sich die unterschiedlichsten Systeme von raumlufttechnischen Anlagen herausgebildet. Deren Energieeffizienz kann in sehr viel stärkerem Maße differieren, als man es von Heizungsanlagen gewohnt ist. Abbildung 51 zeigt die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale in einer grafischen Systematik aus DIN V 18599, Teil 7, die nachfolgend erläutert werden soll.

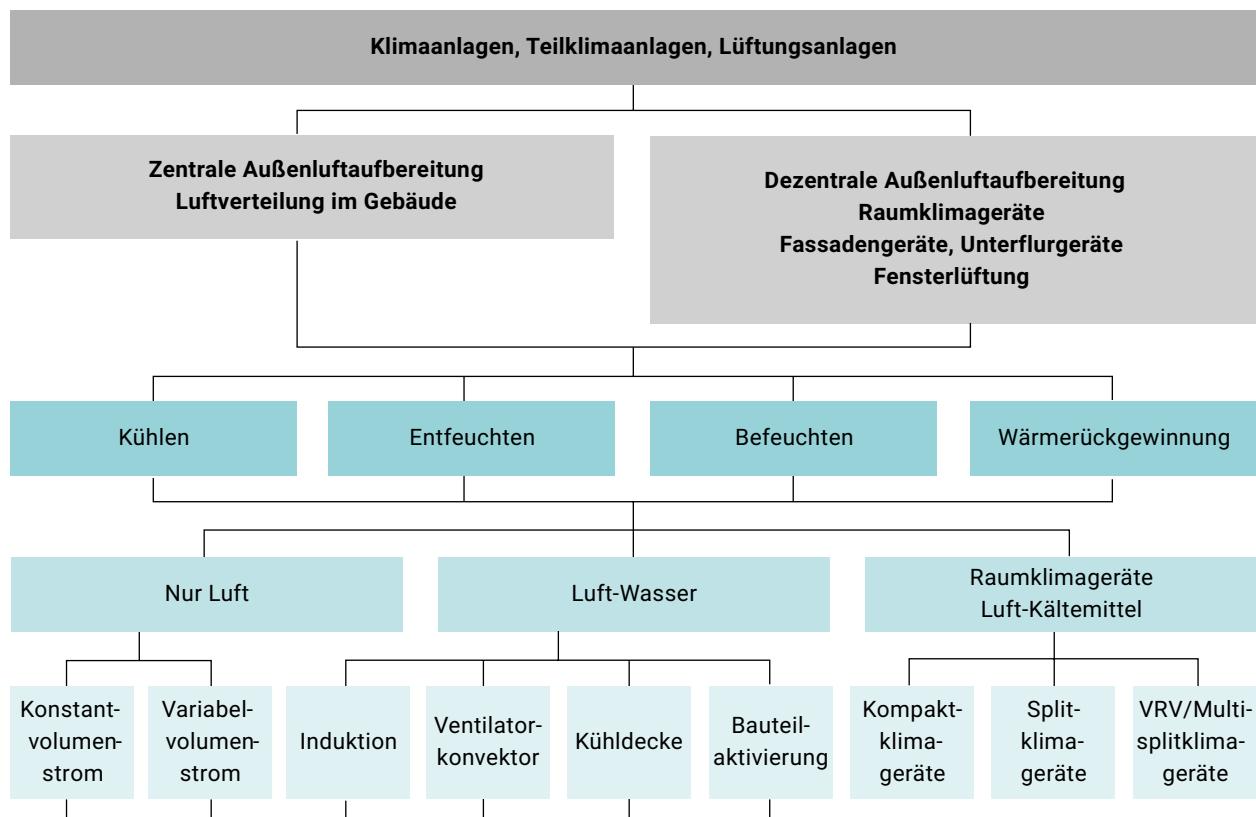


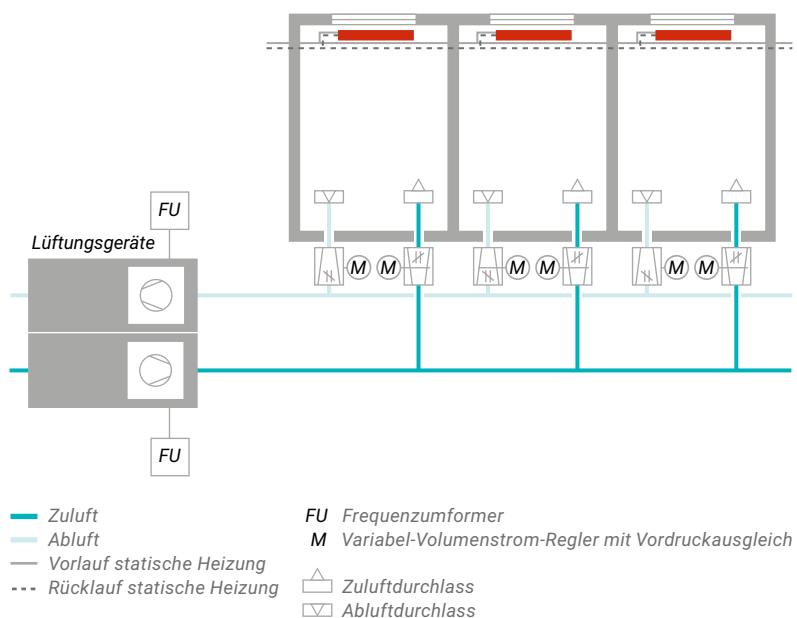
Abb. 51: Klassifizierung von raumlufttechnischen Anlagen nach DIN V 18599-7 [2]

Zunächst kann eine Einteilung in Klima-, Teilklima- und Lüftungsanlagen vorgenommen werden. Diese hängt von der Anzahl der thermodynamischen Luftaufbereitungsfunktionen ab. Bei reiner Heizfunktion spricht man von Lüftungsanlagen. Zwei bis drei Funktionen (Heizen, Kühlen, Befeuchten) sind für Teilklimaanlagen charakterisierend. Bei vier Luftbehandlungsfunktionen (in der Regel zusätzliches geregeltes Entfeuchten) handelt es sich um eine Klimaanlage.

In der nächsten Ebene erfolgt die Unterscheidung zwischen zentralen und dezentralen Anlagen. Die häufigsten dezentralen Anlagen sind Brüstungsgeräte oder fassadenintegrierte Geräte, die über kein oder nur ein sehr kurzes Kanalnetz verfügen. Ob zentral oder dezentral, in beiden Fällen können mehrere Luftaufbereitungsfunktionen kombiniert sein.

Bei einer Nur-Luft-Anlage wird der Energie-Kälte-Transport ausschließlich über die Luft vorgenommen. Dabei bemisst sich der Luftvolumenstrom nach der Kühllast. Die notwendigen Raumluftwechsel und damit die Anlagendimensionierung können sehr groß werden, da die Auslegung für den maximalen Lastfall vorgenommen werden muss.

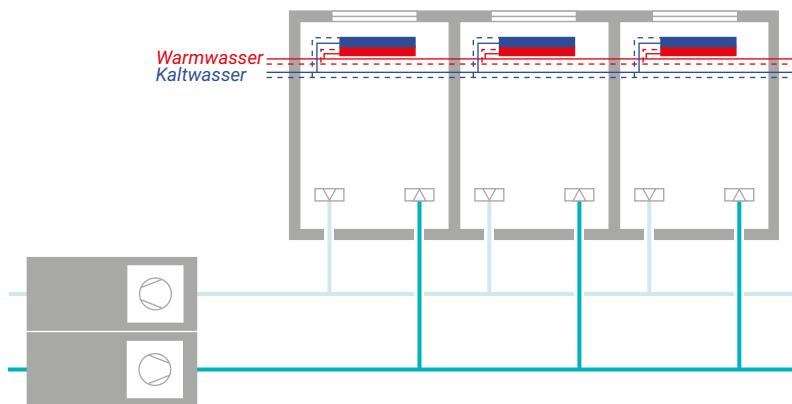
Nur-Luft-Anlagen werden in Konstant-Volumenstrom-Systeme (KVS) und Variabel-Volumenstrom-Systeme (VVS) unterschieden. Bei VVS-Anlagen wird der Luftvolumenstrom dem Bedarf (früher meist die Kühllast, heute zusätzlich auch Luftqualität) angepasst. Sie sind dadurch energiesparender, aber auch wesentlich aufwendiger in der Installation. Bei einer nur zentral regelbaren Anlage ließe sich der Luftvolumenstrom lediglich für alle Räume parallel verändern. Um eine raumweise bedarfsangepasste Versorgung und gleichzeitig den laufenden Druckabgleich zu ermöglichen, müssen je Raum motorische Volumenstromregler im Zuluft- und Abluftkanal installiert werden, die jeweils mit eigenen Regelkreisen ausgestattet sind. Die zentralen Ventilatoren müssen zudem drehzahlgeregelt sein. Abbildung 52 zeigt den prinzipiellen Aufbau.



**Abb. 52:** Prinzipschema eines Nur-Luft-Systems mit variablem Volumenstrom (VVS-Anlage)

Mit dem Einsatz von Luftqualitätsfühlern und Präsenzmeldern ergibt sich die Möglichkeit, den hygienisch notwendigen Mindestluftvolumenstrom anhand einer gemessenen Luftqualität individuell und einzelraumweise zu bestimmen. Hängt die Luftqualität von Personenzahlen ab, eignen sich CO<sub>2</sub>-Sensoren zur Indikation. Präsenzmelder können die Lüftung bei Abwesenheit einzelraumweise auch ganz absperren. In den beiden Fällen spricht man von einer bedarfsgeregelten Lüftung. Kühllastgeregelte und bedarfsgeregelte Lüftung können auch kombiniert werden.

Bei Luft-Wasser-Systemen erfolgt eine Funktionstrennung. Der Luftvolumenstrom wird nach hygienischen Gesichtspunkten ausgelegt und nicht nach der Kühllast. Die Spitzenkühlung erfolgt über das Medium Wasser. Hier sind verschiedene Systemlösungen denkbar: Induktionsgeräte, Ventilatorkonvektoren („Fan Coils“), Kühldecken oder thermisch aktive Bauteile (siehe Abbildung 53). Die Luftvolumenströme von Luft-Wasser-Systemen sind geringer, die Anlagen in der Regel energiesparender. Ausnahmen bestätigen diese Regel: z. B. kann bei der Kühlung von Rechenzentren ein Nur-Luft-System günstiger sein, da es die Möglichkeit zur Freikühlung mit Außenluft maximal ausnutzt.



**Abb. 53:** Prinzipschema eines Luft-Wasser-Systems

Als Raumklimageräte bezeichnet man Systeme, bei denen ein Kältemittel den Energietransport übernimmt, das innerhalb des Raumes verdampft wird („Direktverdampfer“ oder „DX-Geräte“; DX steht für „direct expansion“). Kompaktgeräte stellen eine komplette kleine Kältemaschine dar, bestehend aus Verdampfer, Verflüssiger, Verdichter und Expansionsventil. Die Kondensationsabwärme muss über Luftleitungen aus dem Raum geführt werden. Bei Splitgeräten ist die Maschine geteilt (gesplittet) – die Inneneinheiten bestehen aus dem Verdampfer/Expansionsventil, die Außengeräte aus dem Kondensator/Verdichter. In Multisplitgeräten werden mehrere Innengeräte mit einem Außengerät zu einer Anlage verbunden.

## 8.2 Einfluss auf die Gebäudezonierung

Die korrekte Klassifizierung und Zuordnung der raumlufttechnischen Anlagen ist eine wichtige Grundlage für die Zonierung des Gebäudes.

DIN V 18599-1 beschreibt die Kriterien, nach denen Nichtwohngebäude in unterschiedliche Zonen einzuteilen sind. Im ersten Schritt erfolgt die Einteilung nach der Nutzungsart. Unter Schritt 2 beschreibt die Norm, dass die Konditionierungsart (Heizen, Kühlen, Be- und Entfeuchten) und das Lüftungssystem (natürlich, mechanisch mit konstantem oder variablem Volumenstrom usw.) weitere Einteilungskriterien sind. Somit kann z. B. eine mögliche Unterteilung von Büroräumen in folgender Weise erforderlich werden:

- | Büro, natürlich belüftet, nur beheizt
- | Büro, natürlich belüftet, beheizt und gekühlt
- | Büro, mechanisch belüftet
- | Büro ...

Bei der Zonendefinition ist weiterhin zu beachten, dass bei hohen Luftwechseln zwischen unterschiedlichen Raumgruppen diese in eine Gebäudezone zusammenzufassen (DIN V 18599-2) sind (siehe Kapitel 5).

Ausnahmen sind bei gezielter Luftüberströmung von einer Zone in die andere möglich. Dies kann bei Lüftungsanlagen der Fall sein kann, die sich konzeptionsbedingt über mehrere Nutzungsbereiche erstrecken. In einem solchen Fall erfolgt die Bilanzierung der Lüftungsquellen/-senken mit der Solltemperatur der benachbarten Zone, von der die Luft überströmt.

Beispiel:

- | Cafeteria mit Küche. Die Zulufteinbringung erfolgt innerhalb der Cafeteria, die Abluft wird über die Küchenhaube abgesaugt.
- | Bettenzimmer mit Belüftung und Abluftführung über die zugeordnete Nasszelle

## 8.3 Modellbildung und Schnittstellen bei der Bilanzierung nach DIN V 18599

DIN V 18599 unterscheidet zwischen dem Nutzkältebedarf für die Raumkühlung und dem Nutzkältebedarf für die Außenluftaufbereitung. Diese Unterscheidung wurde aus zwei Gründen vorgenommen.

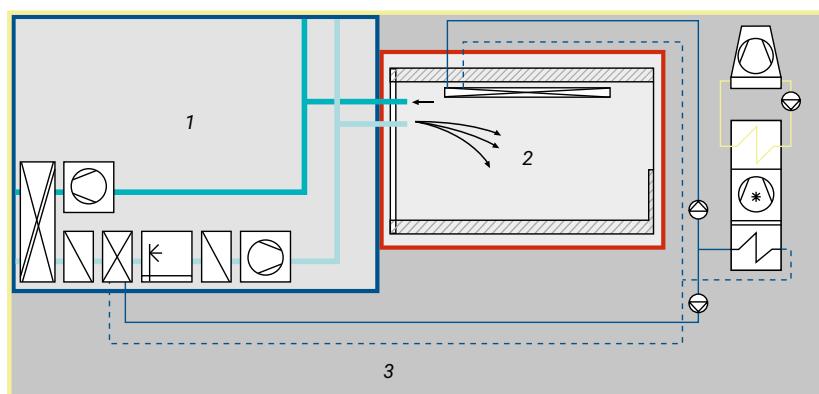
- Die Trennung in zwei Prozessabschnitte führt zu einer besseren Übersichtlichkeit.
- Praktisch werden Zentralanlagen üblicherweise ähnlich gesteuert und geregelt. Die zentrale Zulufttemperatur wird zunächst auf einen unteren/mittleren Sollwert vorgesteuert. Dezentrale Geräte werden anschließend einzelraumweise individuell nach der Raumtemperatur geregelt.

Abbildung 54 zeigt den Zuständigkeitsbereich der mit der Klimatisierung befass-ten Normteile und ihre Schnittstellen.

Im Normteil 3 wird der Nutzenergiebedarf berechnet, der notwendig ist, um Außenluft jährlich/monatlich auf einen definierten Zuluftzustand zu konditionieren. Durch Vorgabe des Zuluftsollzustandes kann die Berechnung unabhängig von der Raumbilanz erfolgen. Tritt die Zuluft mit Untertemperatur in die Zone, bildet sie eine Wärmesenke, sonst eine Wärmequelle.

Durch die Bilanzierung im Teil 2 der Norm wird der Nutzkältebedarf ermittelt, der notwendig ist, um die Raumsolltemperatur einzuhalten. Einflussgrößen sind alle Wärmequellen und -senken, die sich aus der Gebäudehülle, der Anlagentechnik, dem Außenklima und der Nutzung ergeben.

Teil 7 der Norm bewertet den Aufwand für Übergabe, Verteilung und Speicherung. Die Bedarfsanteile für Luft- und Raumkühlung werden zusammengefasst. Anschließend wird die Erzeugung bewertet.



- 1 Nutzenergiebedarf für die thermische Luftaufbereitung als Ergebnis der Bilanzierung nach DIN V 18599-3
- 2 Nutzenergiebedarf für Raumkühlung und -heizung als Ergebnis der Bilanzierung nach DIN V 18599-2
- 3 Energiebedarf für Raumluftechnik und Klimakälte nach DIN V 18599-7

**Abb. 54:** Schnittstellen zwischen den Normteilen der DIN V 18599 beim Kühlenergiebedarf

Das Zusammenwirken der Normteile 2 und 3 bzw. der entsprechenden Bilanzbereiche kann in unterschiedlichen Kombinationen dem Anlagensystem angepasst werden.

Beispiele:

- | Grundlüftung mit „abgebrochener“ bzw. unvollständiger Kühlung: Der Mindest Außenluftvolumenstrom wird zentral auf eine feste Solltemperatur gekühlt. Eine Nachbehandlung in der Zone oder eine Erhöhung des Volumenstroms entsprechend Kühllast erfolgen nicht. Die Kühllasten werden nur teilweise gedeckt, was zu einem Raumtemperaturanstieg führt. Die Außenluftkonditionierung wird nach Teil 3 bilanziert, der Nutzkältebedarf für die Raumkühlung zu null gesetzt.
- | Fensterlüftung mit Umluftkühlgerät: Der Nutzenergiebedarf für die Luftaufbereitung (Teil 3) wird zu null gesetzt. Für die Umluftkühlgeräte ergibt sich der Nutzkältebedarf aus der Zonenbilanz (Teil 2).
- | Grundlüftung mechanisch mit Spitzenkühlung über Kühldecken: Beide Normteile 2 und 3 kommen zur Anwendung. Mit der Grundlüftung kann bei entsprechender Untertemperatur eine Grundlast des Kältebedarfs gedeckt werden. Der Spitzenkühlbedarf ergibt sich aus der Zonenbilanz nach Teil 2.
- | Nur-Luft-Anlage mit konstantem Volumenstrom zur vollständigen Kühlung: Der Luftvolumenstrom muss für die maximale Kühllast dimensioniert sein. Die Zulufttemperatur muss den veränderlichen Kühllasten der Berechnungsmonate angepasst werden. Die Bilanzierung der Kälte erfolgt nach Teil 3. **Hinweis:** Eine zu tiefe Zuluftsolltemperatur kann bei der Zonenbilanz zu einer Heizlast (Nachheizbedarf) führen.
- | Nur-Luft-Anlage mit variablem Volumenstrom zur vollständigen Kühlung: Der Luftvolumenstrom muss für die maximale Kühllast dimensioniert sein. Weiterhin sind die Vorgaben eines anlagenbedingten Mindestvolumenstroms und einer Zulufttemperatur < Raumsolltemperatur erforderlich. Mindestluftvolumenstrom und Zulufttemperatur führen zu einer Wärmesenke. Führt die Zonenbilanz trotz dieser Senke zu einem Nutzkältebedarf, wird hieraus eine adäquate Volumenstromerhöhung errechnet und dem Mindestvolumenstrom zugeschlagen. Anschließend wird der Kühlbedarf der Zone zu null gesetzt, da die Zuluftanlage mit dem Gesamtvolumenstrom den kompletten Bedarf deckt. Der Gesamtluftvolumenstrom bildet dann die Grundlage der Bilanzierung des Nutzenergiebedarfs für die thermische Luftaufbereitung in Teil 3.

In den Fällen mit mechanischer Grundlüftung kann der mittlere monatliche Mindestluftwechsel reduziert werden, wenn die Voraussetzungen für die bedarfsgerechte Lüftung vorliegen.

Das Grundverständnis für das Zusammenspiel der einzelnen Normteile ist für die korrekte Modellierung der unterschiedlichen Anlagenkonfigurationen und deren Regelkonzepte von außerordentlicher Bedeutung.

Mit der Vorgabe der Zuluftsolltemperatur wird die Größe der Wärmesenke innerhalb der Zonenbilanz beeinflusst. Dem Anwender eröffnet sich ein gewisser Optimierungsspielraum, wie er auch beim realen Anlagenbetrieb besteht.

- | Zu extreme Vorgaben der Zuluftsolltemperatur können zum Effekt des gegenläufigen Kühlens und Heizens führen und den Nutzenergiebedarf insgesamt erhöhen.
- | Zu hohe Vorgaben der Zuluftsolltemperatur können das Freikühlpotenzial mindern und bei VVS-Anlagen zu einer unnötigen Volumenstromerhöhung führen.

**Beispiel:** Innen liegender Raum mit Kühlbedarf aufgrund interner Wärmequellen; Raumsolltemperatur: 24 °C. Aus der Änderung der Vorgabe für den Zulufttemperatur-Sollwert von 21 auf 18 °C folgt eine Halbierung des Zuluftvolumenstroms.

Es empfiehlt sich also, die Standardsollwerte zu prüfen und ggf. zwischen den einzelnen Monaten zu variieren. Dabei ist zu beachten, dass die Zulufttemperaturen je nach Raumluftströmung wärmephysiologischen Grenzen unterliegen. So kann bei einer Quellluftströmung mit bodennahen Luftdurchlässen eine maximale Untertemperatur im Kühlfall von 4 K und im Heizfall von 2 K nicht überschritten werden. Tabelle 10 in DIN V 18599-7 gibt Standardwerte für die maximalen Zulufttemperaturdifferenzen in Abhängigkeit der Luftführung an, die zu berücksichtigen sind.

## 8.4 Bilanzierung des Nutzkältebedarfs für die Raumkühlung

Die Bilanzierungsmethode für den Nutzkältebedarf einer Zone nach DIN V 18599-2 ist aus dem Verfahren für die Heizwärme abgeleitet worden. Je Berechnungsmonat werden die Wärmesenken und -quellen saldiert. Der Kühlbedarf ergibt sich entsprechend Abbildung 55 aus den nicht für die Heizwärme nutzbaren Wärmegewinnen. Benötigt wird daher der monatliche Ausnutzungsgrad, der wiederum aus dem Quellen-Senken-Verhältnis und der Zeitkonstante ermittelt wird. Die Zeitkonstante beschreibt das Wärmespeichervermögen der Gebäudezone. Die Bilanzierung erfolgt für Tage mit und Tage ohne Hauptnutzung (z. B. Wochenende). Der Wärme- und Kältebilanz werden unterschiedliche Raumsolltemperaturen zugrunde gelegt.

Bei der Berechnung des Ausnutzungsgrades berücksichtigt das Verfahren, dass ein Schwankungsbereich der Raumtemperatur („Nullenergiebereich“) zugelassen wird, innerhalb dessen kein Energiebedarf entsteht. Dieser Schwankungsbereich beträgt 2 K. Bei einer maximalen Raumsolltemperatur für die Kühlung von 24 °C beträgt somit die Bilanztemperatur für den Kühlfall 22 °C.

Wärmequellen und -senken werden gebildet aus:

- █ Transmissionswärmeströmen durch Außenbauteile und Bauteile zu Nachbarzonen mit abweichender Solltemperatur
- █ natürlicher Lüftung: Infiltration und Fensterlüftung
- █ mechanischer Lüftung
- █ Solarstrahlung durch transparente Bauteile und Absorption auf opaken Bauteilen
- █ nutzungsbedingten Quellen: Personenwärme und Arbeitshilfen
- █ Wärmeeinträgen der Anlagentechnik: Beleuchtung, Rohrwärmeabgabe u. Ä.

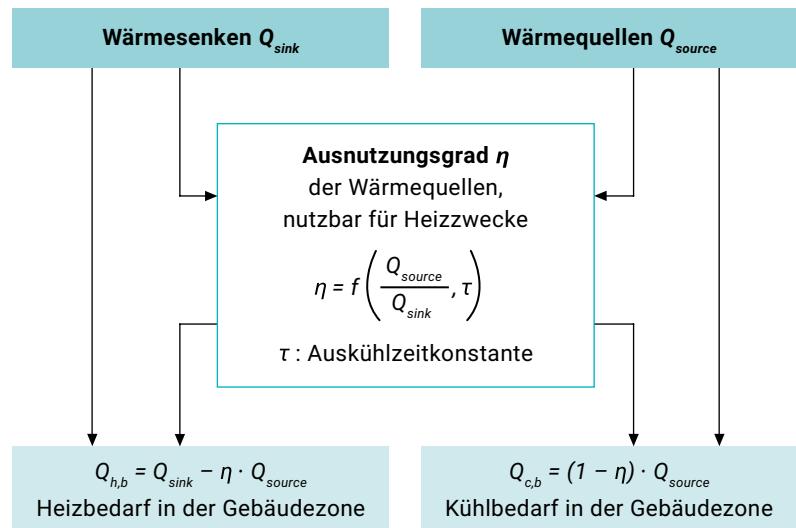


Abb. 55: Prinzip der Bilanzierung des Kühlbedarfs einer Zone nach DIN V 18599-2 [2]

Bedingt durch das Monatsverfahren, das auf monatlich gemittelten Wetterdaten basiert, führen bei einer Raumsolltemperatur Kühlung von 24 °C Transmission und natürliche Lüftung immer zu einer Wärmesenke. In keinem Monat kann eine Wärmequelle gebildet werden, da die maximale monatliche Außentemperatur im Monat August 18,3 °C beträgt und unter der Raumsolltemperatur liegt.

Mechanische Lüftungsanlagen werden, bezogen auf die Kältebilanz, ebenfalls immer eine Wärmesenke bilden. Grund: Teil 3 der Norm begrenzt die zentrale Zuluftsolltemperatur auf den Bereich 14 bis 22 °C. Mit Vorgabe der Zulufttemperatur lassen sich die Bilanzanteile Kühlung zwischen Teil 3 und Teil 2 der Norm verschieben. Im vorangegangenen Abschnitt wurde darauf hingewiesen, welche Optimierungsmöglichkeiten sich hieraus ergeben.

Die natürliche Außenluftinfiltration kann durch raumlufttechnische Anlagen beeinflusst werden, wenn diese die Druckverhältnisse im Gebäude verändern. Zuluftüberschuss führt zu einem Überdruck, Abluftüberschuss zu einem Unterdruck im Gebäude. Bei ausbalanciertem Zu- und Abluftvolumenstrom ergibt sich aus dem Rechenverfahren der DIN V 18599-2 kein Einfluss auf die Infiltration.

Die Mindestluftwechsel bei Fensterlüftung werden analog zur mechanischen Lüftung bestimmt. Allerdings berücksichtigt das Rechenmodell einen saisonalen, außentemperaturabhängigen Korrekturansatz. Da das Fensterlüften immer den Nutzereingriff voraussetzt, wird von einem bedarfsgeregelten Ansatz in Abhängigkeit der Präsenz ausgegangen. Luftqualitätsgeregelte Fensterluftwechsel können nur bei entsprechender Sensorik und Automation angerechnet werden.

Die Randbedingungen für mechanische Lüftungsanlagen nach DIN V 18599-10 sehen dagegen immer eine Betriebszeit vor, die länger als die eigentliche durchschnittliche Nutzungszeit der Zone verläuft. Dies ist u. a. der Tatsache geschuldet, dass z. B. aufgrund von Gleitzeitregelungen Pufferzeiten zu Beginn der Betriebszeiten berücksichtigt werden. Für genauere Bedarfsanpassungen würde es zusätzlicher Sensorik bedürfen.



**Hinweis:** Bei mechanisch belüfteten Nichtwohngebäuden ist eine ausbalancierte Volumenstrombilanz fast der Regelfall. Häufig anzutreffen sind zwar Zu- und Abluftanlagen mit Zuluftüberschuss, wobei die Abluftdifferenz dann über dezentrale Einzelablüfter (z. B. in WCs) gedeckt wird. In Gebäuden mit dem Risiko von Schadstoffausbreitungen (z. B. Labore) sind geringe Zuluftdefizite von 3 bis 5 Prozent zur Druckhaltung üblich.

Reine Abluftanlagen mit natürlicher Außenluftnachströmung trifft man bei Nichtwohngebäuden entweder nur in einzelnen Räumen oder Industriehallen mit geringen Ansprüchen an die Raumluftqualität.

## 8.5 Festlegung des Luftwechsels bei mechanischer Lüftung

Die Festlegung der Luftwechsel (besser: Luftvolumenströme) ist in der Norm DIN V 18599 recht eindeutig geregelt. Für mechanische Lüftungsanlagen sind der Berechnung die tatsächlich geplanten bzw. vor Ort erhobenen Luftvolumenströme zugrunde zu legen. Sind diese nicht bekannt oder ermittelbar, gibt DIN V 18599-10 für die Nutzungsarten 1 – 33 Mindest-Außenluftvolumenströme an.

Der Mindestluftwechsel einer Zone nach Teil 10 muss immer gedeckt werden, um eine standardisierte Gebäudebewertung sicherzustellen. Unterschreitet der Anlagenvolumenstrom den Mindestwert, wird für den Differenzbetrag eine Fensterlüftung unterstellt.

Bei öffentlich-rechtlichen Nachweisen im Zusammenhang mit dem GEG bestehen gewisse Einschränkungen. Das GEG verweist auf die Nutzungsrandbedingungen der DIN V 18599-10, Tabelle 5. Tabelle 5 enthält die spezifischen Mindest-Außenluftvolumenströme der Standardnutzungsarten. Diese werden bei der Berechnung des Referenzgebäudes zugrunde gelegt. Mit der vom DIBT veröffentlichten 11. Staffel von Auslegungsfragen zur EnEV wurde deutlich Stellung bezogen. Danach sind Änderungen an den Nutzungsrandbedingungen innerhalb einer „Katalognutzung“ nach DIN V 18599-10 nicht zulässig.

Fast immer werden der reale Anlagenluftvolumenstrom und der Mindest-Außenluftvolumenstrom nach DIN V 18599-10, Tabelle 5 voneinander abweichen. Die Norm gibt hier die komplexe Ingenieurpraxis nur stark verkürzt wieder. So ist beispielsweise die Dimensionierung des Luftvolumenstroms für Großküchen nach den Regeln der Technik ausstattungsabhängig vorzunehmen, um gesundheitlich zuträgliche Luftqualität am Arbeitsplatz zu gewährleisten. Teil 10, Tabelle 5 spiegelt dies nicht wider.

Wie ist vorzugehen, wenn der reale Anlagenluftvolumenstrom größer als der Mindestwert nach Tabelle 5 ist?

Folgende Grundsätze sollten berücksichtigt werden.

- | Dem Gebäudebetreiber soll aus dem Nachweisverfahren des GEG kein Nachteil entstehen, wenn er anderweitige Regeln beachtet, die den Gesundheits- und Arbeitsschutz betreffen.
- | Die Ergebnisse des Nachweisverfahrens sollen möglichst realitätsnah sein, um zielgenaue Anreize für energetische Verbesserungen zu bieten.
- | Energetisch ineffiziente Anlagensysteme sollten im Ergebnis der Energieausweise auch als solche kenntlich werden.

Daraus lassen sich folgende Empfehlungen ableiten.

Zunächst sollte die Funktion der Anlage analysiert werden:

- | Bemisst sich der Anlagenvolumenstrom aus dem hygienisch notwendigen Mindestluftwechsel?
- | Bemisst sich der Anlagenvolumenstrom aus dem Kühlfall? Handelt es sich um ein Nur-Luft-System, dessen Luftvolumenstrom weit höher als der Mindestvolumenstrom ist?

Im **ersten Fall** müssen für den Nachweis und die Referenzgebäudebewertung einheitliche Luftvolumenströme zugrunde gelegt werden. Weichen Mindestwert und tatsächlicher Volumenstrom nur wenig voneinander ab, sind in beiden Fällen die Mindestwerte nach Tabelle 5 anzusetzen. Gibt es sehr große Abweichungen, kann vermutet werden, dass eine abweichende Nutzung vorliegt. Beispiel: „Sterilgutlager im Krankenhaus“ statt „Nr. 20 Lager, Technik, Archiv“ entsprechend DIN V 18599-10. In diesem Fall ermöglicht § 21 (3) des GEG das Erstellen neuer Nutzungsprofile, die für den Nachweis und das Referenzgebäude gleichermaßen anzuwenden sind.

Im **zweiten Fall** sind überhöhte Luftvolumenströme nicht nutzungs-, sondern anlagenbedingt. Referenztechnik des GEG ist im Fall der „Nur-Luft-Klimaanlage“ ein kühllastgeregeltes Variabel-Volumenstrom-System (Anlage 2, Zeile 6.4). Der Auslegungsvolumenstrom einer solchen Anlage folgt aus der Kühllast. Ist diese nicht bekannt, liefert DIN V 18599-2 ein Verfahren zur Berechnung der maximalen Kühllast (Anhang C), sodass die Bemessung automatisch erfolgen kann. In Monaten ohne Kühlbedarf würde eine derartige Anlage nicht abgeschaltet, sondern zur Sicherung des Mindestluftwechsels abgesenkt betrieben werden. Als Mindest-Außenluftvolumenstrom sind die Werte nach DIN V 18599-10, Tabelle 5 anzusetzen. Handelt es sich bei der ausgeführten Anlage um ein Konstant-Volumenstrom-System zur vollständigen Deckung der Kühllast, würde die Bilanzierung mit dem tatsächlichen Anlagenvolumenstrom erfolgen und erhebliche energetische Nachteile aufdecken.

Die Übernahme der RLT-Betriebszeiten für untergeordnete Nutzungsarten auf die Betriebszeiten übergeordneter Nutzungsarten ist zulässig, wenn dies eine in Hinblick auf das Nutzungskonzept des Gebäudes sinnvolle Annahme darstellt. Damit können z. B. die Nutzungs- und Betriebszeiten von Verkehrsflächen in Büro- und Krankenhäusern unterschiedlich gehandhabt werden.

## 8.6 Bilanzierung des Nutzenergiebedarfs für die thermische Luftaufbereitung

Der Nutzenergiebedarf für die thermische Luftaufbereitung setzt sich aus den Teilprozessen

- | Energierückgewinnung
- | Heizen
- | Kühlen
- | Befeuchten
- | Entfeuchten

zusammen, die in gegenseitiger Wechselwirkung stehen.

Um zu einem möglichst leicht handhabbaren Verfahren zu gelangen, stützt sich DIN V 18599-3 im Wesentlichen auf spezifische Energiekennwerte, die durch umfangreiche Simulationsrechnungen ermittelt wurden. Tatsächlich ist das Verfahren für die Handrechnung geeignet. Im Gegenzug mussten Begrenzungen der Flexibilität hingenommen werden. So ist die Anwendung der Energiekennwerte bei abweichenden Klimadaten nicht ohne Weiteres möglich.

Um den Luftaufbereitungsprozess zu charakterisieren, sind folgende Merkmale zu bestimmen:

### Feuchteanforderung

- | keine Anforderungen (alle Lüftungs- und Teilklimaanlagen)
- | Anforderungen mit Toleranz der Sollwerte (häufiger Fall in Gebäuden mit normalen Aufenthaltsqualitäten)
- | Anforderungen ohne Toleranz der Sollwerte (seltener Fall in Gebäuden mit besonderen Ansprüchen, z. B. Museen)

### Befeuhtertyp

- | Hier gibt es grundsätzlich die Unterscheidung in Verdunstungs- und Dampfbefeuchter. Verdunstungsbefeuchter bringen Wasser in flüssiger Phase in den Luftstrom (z. B. durch Zerstäubung, Berieselung). Dampfbefeuchter werden mit extern erzeugtem Prozessdampf beaufschlagt oder die Dampferzeugung erfolgt am Gerät dezentral elektrisch.
- | Verdunstungsbefeuchter werden weiter unterschieden in geregelt und ungeregelt. Ungeregelte Befeuchter (in Altanlagen der Regelfall) führen zu prozesstechnischen Nachteilen, da die Anlagen nach dem Prinzip der Taupunktregelung ineffizient betrieben wurden.



**Hinweis:** Ungeregelte Verdunstungsbefeuchter dürfen nach § 66 GEG nicht mehr neu installiert werden.

## Typ der Wärmerückgewinnung

- | Die Unterscheidung erfolgt in Anlagen mit und ohne Wärmerückgewinnung (WRG).
- | Wärmerückgewinnungsanlagen lassen sich weiterhin unterscheiden in Anlagen für reinen Wärmetransport und Systeme mit Wärme- und Feuchtentransport. Letztere Eigenschaft kann nach DIN V 18599-7 für Rotationswärmeübertrager mit Sorptionsmaterial gewählt werden.

## Rückwärmzahl

- | Die Energiekennwerte sind tabelliert für 45, 60 und 75 Prozent. Zwischenwerte können im weiteren Verfahren interpoliert werden.
- | Bei der Rückwärmzahl handelt es sich um ein reines Temperaturverhältnis. Die Definition weicht vom „Wärmebereitstellungsgrad“ bei Wohnungslüftungsanlagen ab.
- | DIN V 18599-7, Tabelle 9 gibt Standardwerte für unterschiedliche Systemlösungen an. **Achtung:** Soweit bessere Werte als nach Tabelle 9 angesetzt werden, ist ein Leistungsbeleg nach Norm erforderlich.
- | DIN V 18599-3 lässt es zu, eine (variable) Umluftbeimischung wie ein Wärmerückgewinnungssystem mit Feuchteübertragung zu bewerten. In diesem Fall sind Rückwärmzahl und Umluftrate identisch. **Hinweis:** Der Mindest-Außenluftvolumenstrom kann nicht durch Umluft ersetzt werden. Der Effekt der Energierrückgewinnung lässt sich nur anrechnen, wenn der Anlagenvolumenstrom eines Nur-Luft-Systems den Mindest-Außenluftvolumenstrom übersteigt. Der Umluftanteil ergibt sich maximal als Differenz aus Anlagenluftvolumenstrom und Mindest-Außenluftvolumenstrom.

Die Energiekennwerte bestehen aus jährlichen oder monatlichen Energiebedarfswerten, bezogen auf den Luftvolumenstrom. Sie werden in drei Schritten umgeformt:

- | Standardmäßig wurden die Kennwerte für eine Solltemperatur 18 °C simuliert. Die Umrechnung auf die Zuluftsolltemperatur im Bereich 14 bis 22 °C erfolgt über Gradienten, die ebenfalls Bestandteil des Tabellenwerks in Anhang A sind. In diesem Zusammenhang erfolgt auch die Anrechnung der Ventilatorennergie, die im Luftstrom in Wärme umgewandelt wird.
- | Umrechnung nach der Betriebszeit (Standard: 12 h/Tag): Hier wird vor allem berücksichtigt, dass der Kühlbedarf in den Nachtstunden aufgrund der Witterung deutlich geringer als am Tage ist.
- | Interpolation bei abweichenden Rückwärmzahlen

Das einfache Rechenverfahren in DIN V 18599-3 lässt Plausibilitätsprüfungen per Hand zu. Tabelle 24 zeigt einen Ausschnitt aus dem Tabellenwerk in Anhang A.

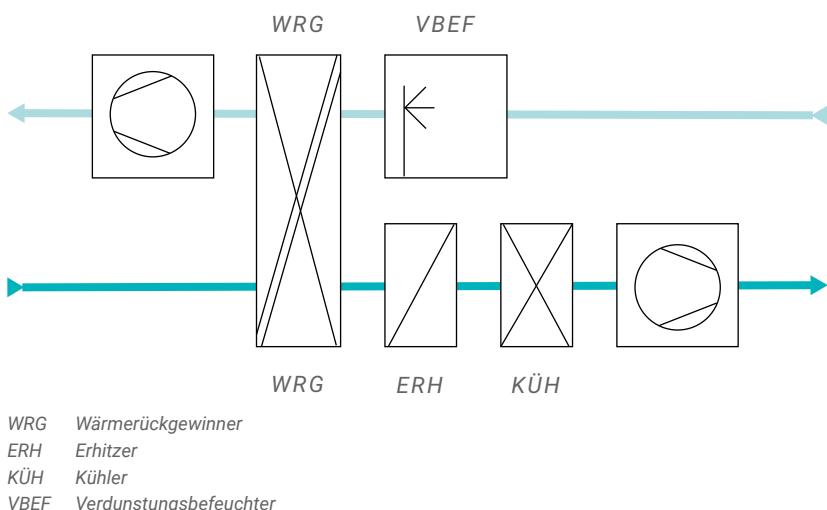
So lässt sich überschlägig ablesen, dass bei einer einfachen Anlage (Nr. 1: keine Feuchteanforderungen, keine WRG) der jährliche Heizwärmeverbrauch ca. 11,4 kWh je Luftstrom in m<sup>3</sup>/h und Jahr beträgt (bei 365 d und 12 h/d Anlagenbetriebszeit). Bei einer Solltemperatur von 20 statt 18 °C erhöht sich der Heizkennwert um  $2 \cdot 0,95 = 1,9$  kWh/(m<sup>3</sup>/h). Durch Einsatz einer WRG (45 Prozent) reduziert sich der Heizbedarf auf ca. 3,3 kWh/(m<sup>3</sup>/h).

Energiekennwerte für die thermische Luftaufbereitung nach DIN V 18599-3 (Auszug)																			
Varianten-Nr.	Feuchte-anforderung			Befeuchter-typ		WRG-Typ		Rückwärm-zahl			Energiekennwerte für $\vartheta_{V,mech} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}; t_{V,mech} = 12\text{ h}; d_{V,mech} = 365\text{ d}$ Gesamtjahr								
	keine	mit Toleranz	ohne Toleranz	Verdunstung nicht regelbar	Verdunstung regelbar	Dampfbefeuchter	keine	nur Wärme	Wärme und Feuchte	45 Prozent	60 Prozent	75 Prozent	Wärme	Dampf	Kälte				
													$q_{H,18\text{ }^{\circ}\text{C},12\text{ h}}$	$g_{H,u}$	$g_{H,o}$	$q_{St,12\text{ h}}$	$q_{C,18\text{ }^{\circ}\text{C}}$	$g_{C,u}$	$g_{C,o}$
													$\frac{Wh}{m^3/h}$	$\frac{Wh}{K \cdot m^3/h}$	$\frac{Wh}{m^3/h}$	$\frac{Wh}{K \cdot m^3/h}$			
1	x					x							10.291	924	1.150	–	2.358	855	389
2	x						x	x					3.096	559	947	–	2.322	855	389
3	x					x			x				1.148	274	783	–	2.309	856	389
4	x					x				x			40	9	443	–	2.303	855	392

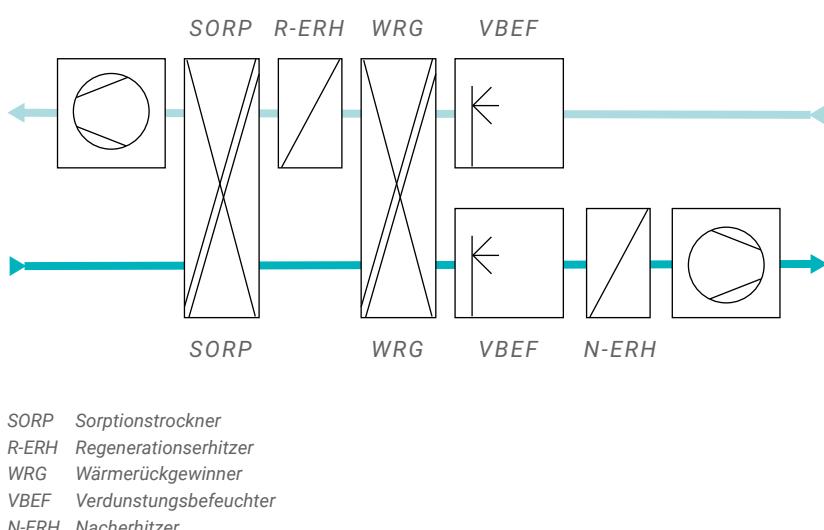
Tab. 23: Energiekennwerte für die thermische Luftaufbereitung nach DIN V 18599-3 (Auszug) [2]

Luftkonditionierungsprozesse, die alternative Kühlmethoden nutzen, lassen sich in Erweiterung des vorbeschriebenen Standardverfahrens wie folgt berechnen:

- Indirekte Verdunstungskühlung oder „adiabate Kühlung“: Dabei wird im Abluftgerät ein Verdunstungsbefeuchter installiert, der die Temperatur absenkt. Durch den Wärmerückgewinner kann die Zuluft regenerativ gekühlt werden, ohne dass die Zuluftfeuchte beeinträchtigt wird. DIN V 18599-3 gibt einen Faktor an, der die Reduzierung des konventionellen Kältebedarfs in Abhängigkeit der Temperatur- und Feuchteanforderungen sowie des Wärmerückgewinnungssystems beschreibt.
- Die sorptionsgestützte Klimatisierung stellt eine Erweiterung der indirekten Verdunstungskühlung dar. Mithilfe eines vorgeschalteten Sorptionstrockners kann die Außenluft vorgetrocknet werden, sodass auch in der Zuluft ein Wasserbefeuchter zur Temperaturabsenkung durch Verdunstung betrieben werden kann. Konventionelle Kälte kann dabei unter Umständen ganz substituiert werden. Stattdessen wird Wärme zur Regeneration des Sorptionstrockners benötigt, die durch einen Wärmeverhältnisfaktor quantifizierbar gemacht wird.



**Abb. 56:** Schaltschema einer Teilklimaanlage mit indirekter Verdunstungskühlung und konventioneller Nachkühlung



**Abb. 57:** Schaltschema einer sorptionsgestützten Klimaanlage

## 8.7 Berechnung des Endenergiebedarfs für den Lufttransport



$$P_{SFP} = \frac{P_v}{V_L} \quad \text{Gleichung 1}$$

$$P_v = \frac{V_L \cdot \Delta p}{\eta_{sys}} \quad \text{Gleichung 2}$$

$$P_{SFP} = \frac{\Delta p}{\eta_{sys}} \quad \text{Gleichung 3}$$

Eingabegrößen für die Berechnung des Ventilatorstrombedarfs sind entweder die spezifische Ventilatorleistung ( $P_{SFP}$ ) oder die Gesamtdruckerhöhung und der Systemwirkungsgrad. Die Größen sind den Planungs- und Herstellerunterlagen zu entnehmen. Druckerhöhung und Wirkungsgrad können auch messtechnisch ermittelt werden. Im Rahmen der energetischen Inspektion nach § 74 ff. GEG sollten die Größen bei Bestandsanlagen erhoben werden. Bei Neubauten müssen die Vorgaben dem Fachplaner für die Dimensionierung des Kanalnetzes übermittelt werden.

Der SFP-Wert stellt die elektrische Wirkleistung bezogen auf den Luftvolumenstrom (Volumenstrom in  $\text{m}^3/\text{s}$ ) nach Gleichung 1 dar. Entsprechend Gleichung 2 kann die Wirkleistung eines Ventilators aus dem Luftvolumenstrom, der Gesamtdruckerhöhung und dem Systemwirkungsgrad (beinhaltet: Ventilator, Einbausituation, Riemenantrieb, Motor, Drehzahlregeleinrichtung) errechnet werden. Beide Gleichungen lassen sich zu Gleichung 3 überführen. Danach kann der SFP-Wert auch als Quotient aus Druckerhöhung und Wirkungsgrad beschrieben werden. Oder: Der SFP-Wert stellt die Druckerhöhung in  $P_a$  bei einem idealen Wirkungsgrad von 100 Prozent dar.

Die Berechnung des Endenergiebedarfs der Luftförderung wird nach Konstant-(KVS) und Variabel-Volumenstrom-Systemen (VVS) unterschieden. Bei KVS-Anlagen ergibt sich der Energiebedarf aus konstanter Leistung, multipliziert mit der Betriebsstundenzahl. Bei VVS-Anlagen berücksichtigt der Normteil 3, dass kühllastabhängig unterschiedliche mittlere Volumenströme je Berechnungsmonat auftreten. Ebenso wird berücksichtigt, dass der Zusammenhang zwischen abgesenktem Volumenstrom und Wirkleistung nicht linear ist, da die Druckverluste ebenfalls vom Volumenstrom abhängen.

Nicht klar geregelt ist die Vorgehensweise, wenn mit standardisierten Mindestluftvolumenströmen zu rechnen ist, die von den tatsächlichen Anlagenvolumenströmen abweichen (siehe Abschnitt „Festlegung des Luftwechsels bei mechanischer Lüftung“). Die reale Ventilatorleistung muss dann auf einen geringeren Luftvolumenstrom umgerechnet werden. Die Anwendung der Berechnungsgleichungen für VVS-Anlagen würde hier einen ungerechtfertigten Vorteil verschaffen, der den Zielsetzungen des GEG widerspräche. Korrekt wäre es, entweder den SFP-Wert oder die Druckerhöhung bzw. den Wirkungsgrad 1:1 auf die „fiktive“ Anlage zu übertragen.

## 8.8 Schnittstellen mit der Heizungstechnik

Schnittstellen zum Normteil 5 (Heiztechnik) bestehen dadurch, dass die Wärmeerzeugung, Speicherung, Verteilung und Übergabe an das Heizregister in Normteil 5 behandelt werden.

Weitere Schnittstellen bestehen in der Modellierung von Luftheizsystemen. Häufig gestellte Fragen lauten, warum die Zulufttemperatur von zentralen raumluftechnischen Anlagen (Normteil 3) nach oben auf 22 °C begrenzt wurde und wie bei der aktiven Beheizung mit einer Lüftungsanlage zu verfahren ist?

Die Antwort hängt mit der Struktur der Norm zusammen, bei der es u. a. darum ging, abgegrenzte Prozessabschnitte zu definieren. Die Obergrenze von 22 °C markiert den Übergang von der isothermen Lüftung zur aktiven Beheizung einer Zone. Der Nachheizbedarf oberhalb 22 °C Zulufttemperatur ist also vom Ergebnis der Zonenbilanz abhängig. Eine separate Berechnung in den Normteilen 3 und 7 wäre nicht möglich.

Bei einer Luftheizung (mit Außenluftanteil) würde man folgendermaßen vorgehen.

- | Zunächst wird eine Lüftungsanlage mit einem zentralen Zulufttemperatursollwert definiert. Der Sollwert für die Zulufttemperatur kann dem Raumtemperatursollwert gleichgesetzt werden. Der Nutzenergiebedarf wird nach DIN V 18599-3 berechnet.
- | Die Heizlastdeckung (Nacherwärmung oberhalb 22 °C) ergibt sich nutzenergetisch aus der Zonenbilanz nach DIN V 18599-2. Als Übergabesystem für die Endenergiebewertung wird nach DIN V 18599-5 „Warmluftheizung“ bzw. „Zuluftnacherwärmer“ nach Tabelle 16 oder 14 der Vornorm gewählt.
- | Die Ergebnisse aus 1 und 2 werden zum Gesamtergebnis zusammengefasst.

Bei Zentralanlagen, die mehrere Zonen beheizen, würde sich diese Vorgehensweise mit der realen Anlagentechnik decken, da es nicht möglich ist, unterschiedliche Räume mit einem zentralen Heizregister bedarfsgerecht zu beheizen. In derartigen Anlagen sind meist Zonennacherhitzer vorgesehen. In großen Hallen, die nur von einer Anlage beheizt werden, kann das Vor- und Nachheizregister zu einem zentralen Heizregister zusammengefasst vorkommen. Die Methodik der Trennung in zwei Prozessabschnitte würde aber auch hier zu keinem falschen Ergebnis führen.

## 8.9 Endenergiebedarf für Übergabe, Verteilung und Speicherung

Im Normteil DIN V 18599-7 erfolgt die endenergetische Bewertung von Raumlufttechnik und Klimakältesystemen. Die Prozessabschnitte Übergabe und Verteilung müssen dabei zweifach bewertet werden:

- | Übergabe- und Verteilaufwand luftseitig (z. B. Raumluftströmung, Luftkanalnetz)
- | Übergabe-, Verteil- und Speicheraufwand medienseitig (Wärme, Kälte, Dampf über separate Verteilsysteme)

Im Vergleich zur Heizungstechnik ist die Detaillierungstiefe bei der Bewertung des Übergabe- und Verteilaufwands deutlich geringer. Die Ursachen dafür sind:

- | Es liegen wenig gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse bezüglich der Aufwandszahlen vor.
- | Die spezifische Kälteabgabe von Luftkanälen und Rohrnetzen ist aufgrund der geringen Temperaturdifferenzen deutlich geringer als bei Wärmeverteilnetzen. Daher wurden Vereinfachungen vorgenommen.

Die Vereinfachungen im Teil 7 wirken sich z. B. so aus, dass zahlreiche Nutzungsgrade mit 1,0 belegt sind und daher nur Platzhalter für spätere Normenfortschreibungen darstellen. Verluste von Verteilsystemen werden pauschal bewertet bzw. vernachlässigt, sodass hier eine Ermittlung der Rohrleitungslängen für Kältenetze nicht notwendig wird.

Nicht zu vernachlässigen ist der Hilfsenergiebedarf für die Kälteverteilung (Pumpen). Häufig stehen verhältnismäßig hohen Kälteleistungen nur geringe monatliche Belastungen der Kaltwassernetze gegenüber. Durch die technische Begrenzung der Vorlauftemperaturen nach unten werden Kaltwassernetze immer mit sehr kleinen Temperaturspreizungen betrieben.

Beispiele:

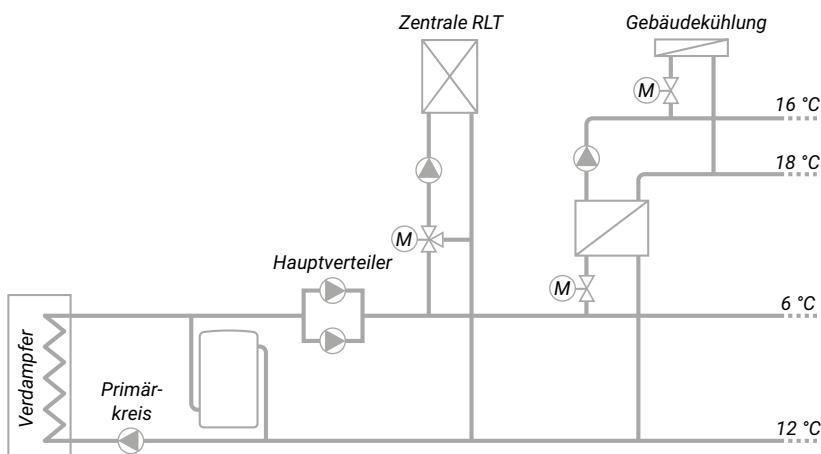
- | RLT-Kälte: üblicherweise 6/12 °C
- | Kühldecken: üblicherweise 16/18 °C
- | Betonkernaktivierung: üblicherweise 18/20 °C.

Kleine Temperaturspreizungen im Zusammenhang mit hohen Kälteleistungen führen zu hohen Kaltwasservolumenströmen. Die hohen Volumenströme bewirken hohe elektrische Pumpenleistungen. Die Erfahrungen mit der DIN V 18599 zeigen, dass die Hilfsenergien für die Kälteverteilung einen hohen Stellenwert im Endenergiebedarf für die Kälte einnehmen.

Eine sorgfältige Bearbeitung, z. B. bei der Bestimmung der maximalen Rohrleitungslängen, ist zu empfehlen. Da unterschiedliche Kaltwasserkreise mit unterschiedlichen hydraulischen Merkmalen auftreten können, ist das Vorliegen und richtige Interpretieren eines Kaltwasserschemas notwendig. Neben den Rohrleitungslängen müssen auch die Einzelwiderstände bestimmt werden.

Am Beispiel der nachfolgenden Abbildung 58 sollen einige Begrifflichkeiten erläutert werden.

- | Dargestellt ist links der Verdampfer einer Kältemaschine. Der Maschine zugeordnet ist eine Primärpumpe. Über einen Pufferspeicher findet eine ständige Überströmung statt, die auch bei fehlender Kälteabnahme im Gebäude zu einem konstanten Volumenstrom im Kältemaschinenkreis führt.
- | Nach dem Pufferspeicher folgt der Hauptverteiler mit zentralen Pumpen. Hier kann es möglicherweise zu einer weiteren Überströmung am Ende der Verteilung kommen, dargestellt ist sie jedoch nicht.
- | Von der Hauptverteilung geht ein Kreis für die Versorgung der RLT-Geräte ab. Die Vorlauftemperatur dieses RLT-Kreises kann durch eine Rücklaufbeimischung angehoben werden. Dafür ist eine separate Pumpe notwendig. Die Übergabe an den Kreis erfolgt direkt (hydraulisch). Das Regelventil (Dreiwegeventil) verursacht einen zusätzlichen Druckverlust.
- | Weiterhin geht von der Hauptverteilung ein Gebäudekreis ab. Die Übergabe erfolgt indirekt (Plattenwärmübertrager). Die Vorlauftemperaturregelung erfolgt auf der Primärseite des Plattenwärmübertragers mittels Durchgangsregelventil. Sekundärseitig erfolgt die Leistungsregelung ebenfalls per Durchgangsregelventil. Überströmungen finden nicht statt.
- | Im Fall einer wassergekühlten Kältemaschine (nicht dargestellt) käme zusätzlich noch der Kühlwasserkreis hinzu.



**Abb. 58:** Darstellung möglicher hydraulischer Kreise einer Kälteversorgungsanlage (DIN V 18599-7, Bild D.1) [2]

**Praxistipps:**

- | Nach Möglichkeit sollten die Rohrleitungslängen exakt ermittelt werden. Die Standardlängenangaben können im Einzelfall zu unrealistischen Ergebnissen führen.
- | Bei Vorliegen einer Fachplanung oder bei Bestandsanlagen kann die Pumpenleistung auch direkt übernommen werden. Dies reduziert den Bearbeitungsaufwand und kann zu günstigeren Ergebnissen führen.
- | Überströmungen sollten vermieden oder minimiert werden. Sie können den Hilfsenergiebedarf deutlich beeinflussen.
- | Die Standardeinstellung für die Pumpen: „Saisonale sowie Nacht- und Wochenendabschaltung“ kann zu sehr langen Pumpenlaufzeiten führen und das Ergebnis deutlich beeinflussen. Daher sollte überprüft werden, ob die Bedingungen für einen „bedarfsgesteuerten Betrieb“ vorliegen (DIN V 18599-7, Tabelle 15).
- | Für Vorbemessungen in einem frühen Planungsstadium bietet die Vornorm 18599-7 ein Kurzverfahren zur Berechnung des elektrischen Hilfsenergiebedarfs, welches mit sehr wenigen Eingabedaten auskommt. Bei Vorliegen genauerer Daten kann die Berechnung später verfeinert werden. Dieses vereinfachte Verfahren war in früheren Normenfassungen im (normativen) Anhang D aufgeführt und wurde nun in den Abschnitt 6.5.3 verschoben.

## 8.10 Endenergiebedarf für die Kälteerzeugung

Für die endenergetische Bewertung von Kälteerzeugungsanlagen stehen in der Normausgabe 2018 zwei grundsätzlich unterschiedliche Prinzipien zur Verfügung:

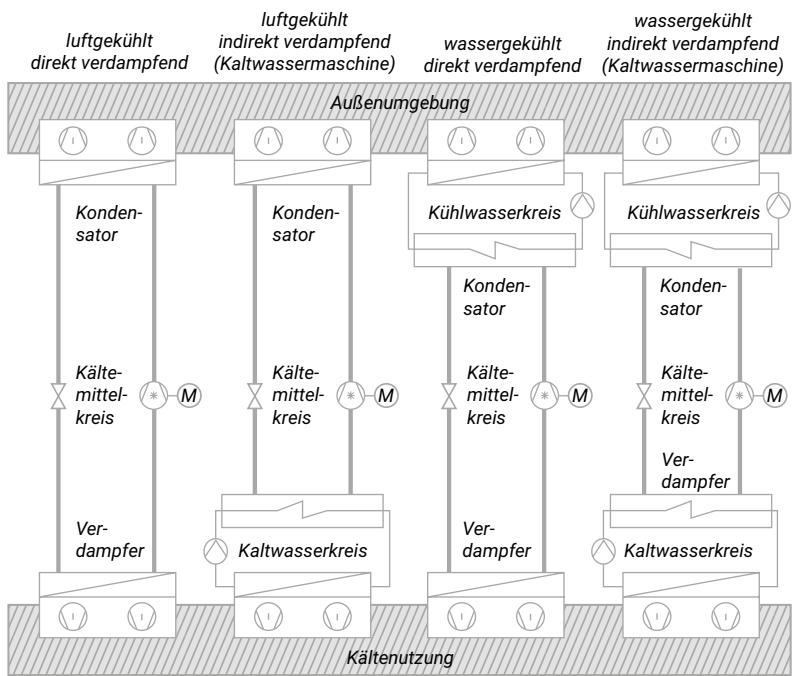
- | Kompressionskältemaschinen: Als Endenergie für den Antrieb des Kältemittelverdichters wird elektrische Energie benötigt.
- | Absorptionskältemaschinen: Der Endenergiebedarf entsteht in Form von Wärme für die thermische Verdichtung.
- | Freie Kühlung mit Nutzung von Außenluft und geothermische Kühlung mit Grundwasser oder Erdsonden

In der Vornorm DIN V 18599-7 werden Effizienzkennwerte für bestimmte Anlagenkonfigurationen zur Verfügung gestellt. Diese Standardwerte basieren auf durchschnittlichen Herstellerdaten, die aus Marktabfragen abgeleitet wurden.

Für die Bewertung müssen die Anlagen korrekt klassifiziert werden. Abbildung 59 zeigt die Systematik am Beispiel der Kompressionskältemaschinen.

- | Luftgekühlte Maschinen: Die Kondensation des Kältemittels erfolgt direkt in der Außenluft. Dazu muss die ganze Maschine oder ein Teil der Maschine (Splitausführung) im Freien stehen oder einen Außenluftanschluss vorweisen. Es entfällt der in Abbildung 59 dargestellte Rückkühlkreis.
- | Wassergekühlte Maschinen: Die Kondensation des Kältemittels erfolgt durch einen Kühlwasserkreis. Die Maschine kann innerhalb des Gebäudes stehen. Außerhalb des Gebäudes erfolgt die Rückkühlung des Kühlwassers durch einen Trockenrückkühlkörper oder Kühliturm wie in Abbildung 59.
- | Direktverdampfer: Das Kältemittel wird bei der Nutzenübergabe verdampft. Dies kann ein Verdampfer in einem Lüftungszentralgerät oder ein Verdampfer im Raum (Wärmeübertrager mit Umluftventilator) sein. Wegen der großen Kältemittelmengen sind Direktverdampfer eher bei kurzen Entfernungen zwischen Erzeugung und Übergabe oder bei geräteintegrierten Maschinen üblich. Es entfällt der in Abbildung 59 dargestellte Kaltwasserkreislauf zwischen „Verdampfer“ und „Zentraler RLT“.
- | Kaltwassermaschinen (indirekte Verdampfung): Das Kältemittel kühlt bei der Verdampfung einen Kaltwasserkreis wie in Abbildung 59. Über den Kaltwasserkreis kann die Kälte zu verschiedenen Nutzungen auch über große Distanzen verteilt werden. Die Kältemittelfüllmenge ist gering.

Bei wassergekühlten Maschinen entsteht zusätzlicher Energiebedarf durch die Kühlwasserpumpen und den Betrieb des Rückkühlwerkes (Ventilatoren), die gesondert bewertet werden müssen. In den Effizienzkennwerten luftgekühlter Maschinen ist dieser Energieaufwand bereits enthalten. Raumklimageräte („Splitgeräte“) sind immer luftgekühlte Kompressionskältemaschinen mit Direktverdampfung. Absorptionskältemaschinen sind immer wassergekühlte Maschinen mit indirekter Verdampfung.



**Abb. 59:** Prinzipschemata von Kompressionskältemaschinen

Die energetische Bewertung erfolgt durch zwei Kenngrößen, wobei der Rechengang einfach von Hand nachvollzogen werden kann.

- EER („Energie Efficiency Ratio“): Leistungsziffer im Nennlastfall. Der Nennlastfall ist gekennzeichnet durch 100 Prozent Last bei Nennaußenluftbedingungen (wärmster Sommerfall). EER ist der Quotient aus Erzeugerkalte- zu Endenergieleistung. Bei Kompressionskältemaschinen liegt die EER im Bereich von 2,5 bis 5,9 je nach Maschinentyp und Einsatzbedingungen.
- PLV<sub>av</sub> („Part Load Value (Average)“) kennzeichnet den mittleren Teillastfall. Dieser ergibt sich durch wechselnde Außenluftzustände und schwankenden Leistungsbedarf im Jahresverlauf. Je nach Teillastrategie verändert sich die Effizienz der Maschinen, wobei die Unterschiede erheblich sein können. PLV<sub>av</sub> multipliziert mit EER ergibt die durchschnittliche „saisonale Leistungsziffer“, mithilfe derer der jährliche Endenergiebedarf aus der jährlichen Erzeugerkalteabgabe errechnet werden kann.

Die beiden Energiekennwerte liegen im Normteil 7 in Form von Tabellenwerten vor. Dabei wird unterschieden in wasser- und luftgekühlte Maschinen sowie direktverdampfende Raumklimageräte.

Dabei ist die EER als Ergebnis von Erhebungen aus typischen Herstellerdaten statistisch ermittelt worden. Eine effiziente Kälteerzeugung wird vor allem durch geringe Temperaturunterschiede zwischen Wärmequelle und -senke erzielt. Auf der Nutzenseite kann dies durch die Auslegung auf möglichst hohe Vorlauftemperaturen erreicht werden. Die Kondensationstemperatur kann durch den Einsatz von Verdunstungsrückkühlern (typische Kühlwassertemperatur: 27/33 °C) statt Trockenrückkühlern (typische Kühlwassertemperatur: 40/45 °C) gesenkt werden. In größeren Leistungsbereichen geben die Standardwerte auch die höhere Effizienz von Schrauben- und Turboverdichtern wieder.

EER-Werte werden auch von den Herstellern in Produktdatenblättern z. B. nach einer EUROVENT-Zertifizierung oder nach EN 14511 bekanntgegeben. Dabei ist zu beachten, dass bei Verwendung dieser Daten die Temperaturbedingungen bei der EER-Ermittlung mit den genormten Randbedingungen der DIN V 18599-7 übereinstimmen müssen. Ist dies nicht der Fall, bietet die Vornorm eine Umrechnungsvorschrift an.

Wird mit Standardwerten für Bestandsanlagen älter als 1990 gearbeitet, muss ein Baujahr faktor nach Tabelle 19 der Vornorm für den EER-Wert berücksichtigt werden.

Bei Absorptionskältemaschinen wird EER durch das Nennwärmeverhältnis  $\xi$  ersetzt. Hier ist zu beachten, dass nicht alle Temperaturkombinationen, die bei Kompressionskältemaschinen realisierbar sind, technisch auch funktionieren. Als zusätzlicher Parameter kommt die Heizmedientemperatur hinzu, die immer einen hohen Betrag ( $> 80^\circ\text{C}$ ) annehmen muss. Tabelle 28 in DIN V 18599-7 (Ausgabe 2018) zeigt die realisierbaren Varianten von Absorptionsmaschinen auf. Die Tabelle enthält immer dann Lücken, wenn die entsprechende Parameterkombination unplausibel ist. Beispiel: hohe Kühlwasser- in Kombination mit niedriger Kaltwassertemperatur.

Die  $\text{PLV}_{av}$ -Werte wurden durch Simulationsrechnungen ermittelt. Ähnlich wie bei den RLT-Kennwerten aus DIN V 18599-3 lag diesen Simulationsrechnungen ein fester Wetterdatensatz zugrunde, sodass die Übertragbarkeit auf andere Standorte eingeschränkt ist. Wichtige Eingangsgrößen sind hier neben der Nutzungsart und der Teillastregelart die Art der Rückkühlung, variable oder konstante Kühlwassertemperaturen. Eine variable Kühlwassertemperatur ergibt energetische Vorteile, weil bei gemäßigter Witterung die Kühlwassertemperatur deutlich gegenüber dem Auslegungsfall abgesenkt werden kann.

Das Produkt aus EER und  $\text{PLV}_{av}$  kann auch als saisonale Leistungsziffer (SEER) oder Jahresarbeitszahl bezeichnet werden. Hier besteht Verwechslungsgefahr mit anderweitig definierten Angaben wie der ESEER (European Seasonal Energy Efficiency Ratio), die zwar die gleiche Bedeutung hat, jedoch auf anderen Randbedingungen basiert. Eine Übertragung der ESEER in die deutlich anwendungsspezifische SEER ist aufgrund der komplexen Abhängigkeiten nicht möglich.

Der Endenergiebedarf für die Rückkühlung (Kühlturmventilatoren) wird durch tabellierte spezifische Ventilatorleistungen und durch einen mittleren jährlichen Nutzungsfaktor bestimmt, der, wie die  $\text{PLV}_{av}$ -Werte, durch Simulationsrechnungen ermittelt und analog tabelliert wurde.

Bei der Berücksichtigung regenerativer Kälte wurde das Bewertungsverfahren an die für konventionelle Kältemaschinen eingeführten Rechenregeln angepasst, so dass ebenfalls mit EER und PLV gearbeitet wird.

### **Freie Kühlung**

Bei der freien Kühlung wird das Potenzial der Außenluft zur Kaltwassererzeugung bei niedrigen Außentemperaturen genutzt. Daher ist z. B. die freie Kühlung von reinen Außenluftanlagen nicht möglich. Sinnvolle Anwendungen ergeben sich bei Umluftanlagen oder wassergestützten Raumkühlsystemen, die z. B. bei innen liegenden Räumen oder Zonen mit besonders hohen internen Wärme-lasten ganzjährig zu einem Kältebedarf führen. Freikühlsysteme können für die technischen Anwendungen:

- | Freikühlung über Rückkühlwerke im Alternativbetrieb zur konventionellen Kälteerzeugung oder
- | bei geräteintegrierten Freikühlregistern im Parallelbetrieb luftgekühlter Kältemaschinen

bewertet werden. Für beide Fälle wird ein Freikühlfaktor angegeben, mit dem der SEER-Wert der konventionellen Kälteerzeugung multipliziert wird. Dieser Freikühl-faktor verbindet also den möglichen Deckungsanteil (ist damit anwendungs-abhängig) und den notwendigen Hilfsenergiebedarf z. B. für Rückkühlventilatoren.

### **Geothermische Kühlung**

Bei der geothermischen Kühlung wird unterschieden in die Nutzung von Grund-wasser und die Nutzung von (vertikalen) Erdsonden. Bei Erdsonden wird davon ausgegangen, dass durch den Einsatz von Wärmepumpen das Erdreich während der Heizperiode ausgekühlt und damit regelmäßig regeneriert wird und in der Folge für die Kältenutzung ohne Einsatz von Kältemaschinen zur Verfügung steht. Die Prüfung, ob Leistung und Energie ausreichend für die Versorgungsaufgabe sind, obliegt dem Normenanwender. Eine bivalente Betriebsweise in Verbindung mit konventionellen Kältemaschinen kann nicht bewertet werden.

In beiden Fällen wird der elektrische Energiebedarf für die Pumpen ebenfalls mit den Kennwerten EER und PLV bewertet, wodurch eine einheitliche Vorgehens-wei-se mit vergleichbaren Kennwerten gewahrt bleibt. Zur Bestimmung der EER-Werte sind die Temperaturspreizungen, die Güte der Pumpen, die Regelbarkeit der Pum-pen sowie die Erdsondengeometrie zu bestimmen.

# 9 Energiebedarf von Lüftungs-, Luftheizungsanlagen und Kühlsystemen für den Wohnungsbau

## 9.1 Systeme der Lüftung und Luftheizung

Die notwendigen lüftungstechnischen Maßnahmen bzw. die daraus abgeleiteten Systeme der Wohnungslüftung werden in Anlehnung an DIN 1946-6 nach ihrem Wirkprinzip eingeteilt (Abbildung 60).

Für die Anwendung in DIN V 18599-6 wird der bestimmungsgemäße Betrieb der Anlagentechnik nach den anerkannten Regeln der Technik vorausgesetzt. Diesbezügliche gesonderte Hinweise, wie beispielsweise hinsichtlich der Planung und Bemessung der Wohnungslüftungsanlagen, können DIN 1946-6 entnommen werden.

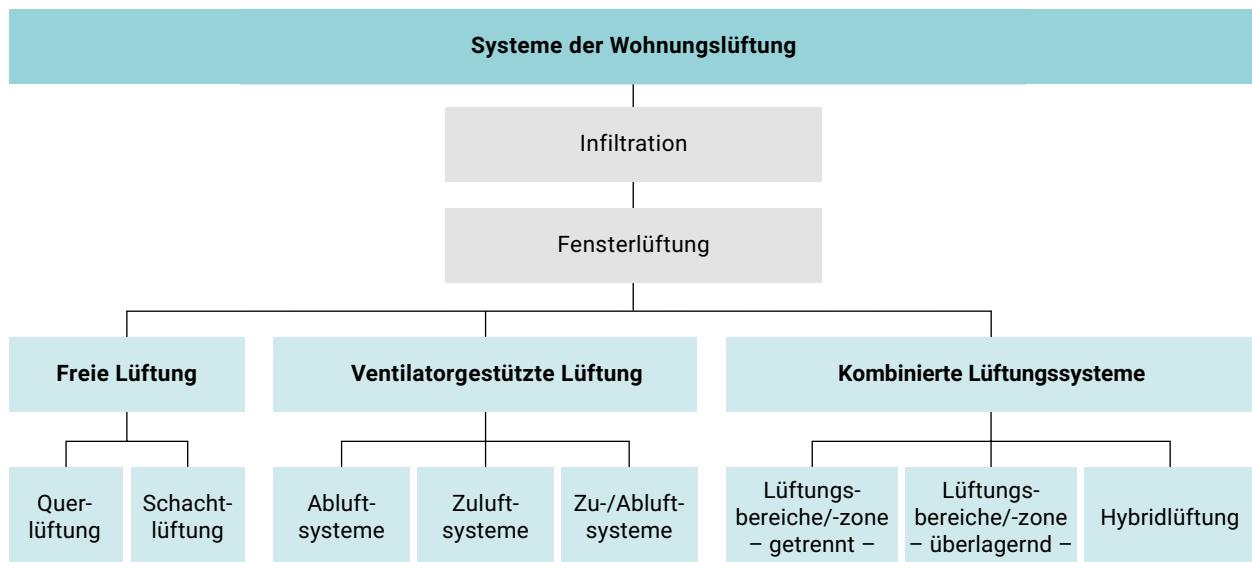


Abb. 60: Systemübersicht zur Wohnungslüftung nach DIN 1946-6:2019, Bild 1 [15]

Die Auslegung der gesamten lüftungstechnischen Maßnahmen einschließlich der Lüftungsanlage und ihrer Komponenten erfolgt nach DIN 1946-6 über den Außenluftvolumenstrom. Die energetische Bewertung der Wohnungslüftung mit Hilfe des energetisch wirksamen (mittleren) Gebäude-Außenluftvolumenstroms (bzw. -luftwechsels) ist Inhalt der DIN V 18599, Teil 2 und 6. Sowohl für die Auslegung als auch für die energetische Bilanzierung ergibt sich der Gebäude-Außenluftvolumenstrom/-luftwechsel aus:

- | Infiltration,
- | Fensteröffnen (durch den Nutzer) und
- | Lüftungsanlage.

Dabei ist zu beachten, dass bei der Auslegung und bei der energetischen Bilanzierung eine unterschiedliche Bewertung der einzelnen Lüftungsanteile vorzunehmen ist.

Die Auslegung erfolgt in Abhängigkeit von der Wohnungs Nutzung und -größe, der (falls bekannt) Personenzahl sowie dem Wärmeschutz und gilt für die gesamte lüftungstechnische Maßnahme unabhängig vom Lüftungskonzept (Fenster-, freie oder ventilatorgestützte Lüftung, je nachdem: kombinierte Lüftungssysteme).

Zur energetischen Bilanzierung liegen grundsätzlich die gleichen Abhängigkeiten wie bei der Auslegung vor. Die Bilanzierung über längere Zeiträume (z. B. jahresmittlerer Gebäude-Außenluftvolumenstrom bzw. -luftwechsel) kann aufgrund der unterschiedlichen Gewichtung der Luftvolumenstromanteile aber zu abweichen den Gesamt-Außenluftvolumenströmen gegenüber der Auslegung führen.

Luftheizungen sind nach DIN V 18599-6 als Heizsysteme definiert, bei denen die Wärmezufuhr in die Zone vollständig durch Luft als Wärmeträger erfolgt. Luftheizungen beinhalten mindestens einen Wärmeerzeuger – z. B. eine Abluft-Zuluft-Wärmepumpe – der mit einem Wärmeübertrager zur Wärmerückgewinnung kombiniert werden kann. Luftheizungen können mit Außen-, mit Umluft oder mit einer Kombination aus beiden betrieben werden.

## 9.2 Systeme der Wohnungskühlung

In DIN V 18599-6 sind die bilanzierbaren Wohnungskühlsysteme wie in Abbildung 61 eingeteilt. Der Fokus liegt dabei auf Lösungen, die in Verbindung mit klassischen Heiz- oder Lüftungssystemen realisiert werden können. Typisch ist z. B. die Nutzung von Heiz-Wärmepumpen als Kältemaschine, aber auch die passive Kühlung (u. a. Erdsonden, Erdreichwärmeübertrager, ventilatorgestützte Nachtlüftung). Weiterhin werden auch klassische Kühlssysteme wie Kompressionskältemaschinen und Split-/Multisplitgeräte abgebildet.

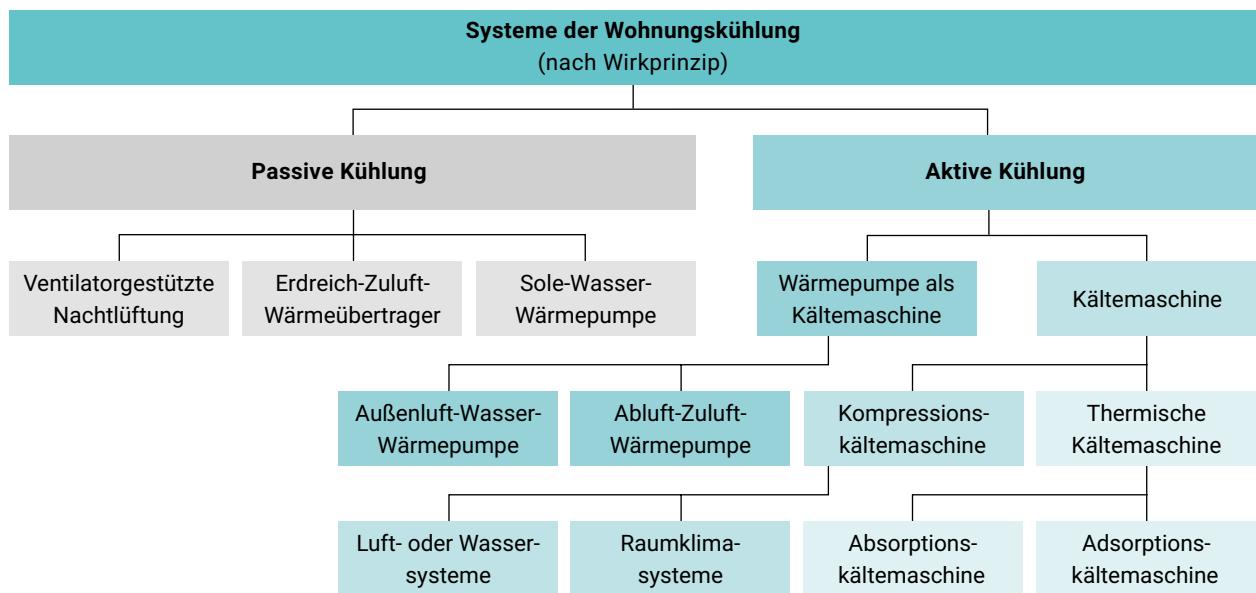


Abb. 61: Systemübersicht zur Wohnungskühlung nach DIN V 18599-6:2018 [2]

## 9.3 Grundlagen des Berechnungsverfahrens

In DIN V 18599-6 werden für die Berechnung des Nutzwärmebedarfs einer Zone (nach DIN V 18599-2) die Kennwerte zur Berücksichtigung der Lüftungswärmesenke (Zulufttemperatur und Anlagenluftwechsel) sowie die ungeregelten Wärme- und Kälteeinträge durch Wohnungslüftungsanlagen und Luftheizungsanlagen bereitgestellt.

Weiterhin werden für die einzelnen Prozessbereiche – Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung – die Wärmeverluste sowie der Hilfsenergiebedarf ermittelt.

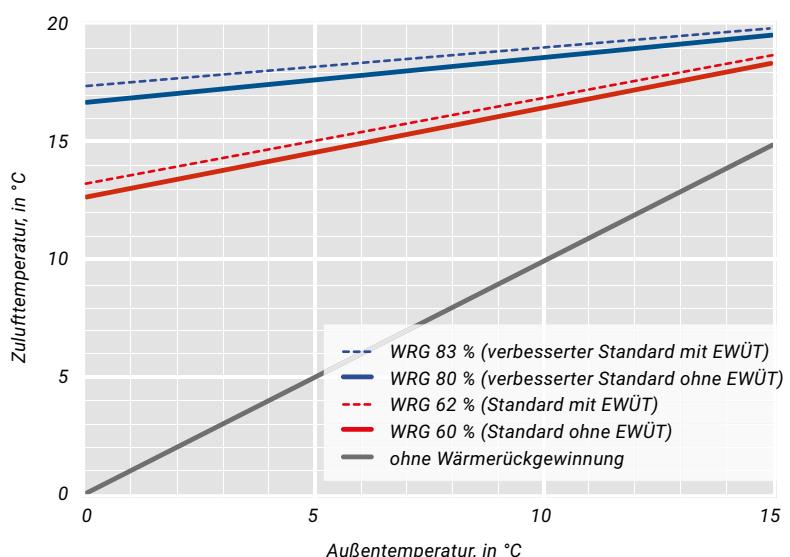
Für die Berechnung des Endenergie- und Primärenergiebedarfs (nach DIN V 18599-1) werden bei der Wärmeerzeugung die Erzeugerwärmeeabgabe und die Wärmeaufnahme durch Wärmerückgewinnung aus der Abluft berechnet.

Für die Wärmerückgewinnung mit **Abluft-Zuluft-Wärmeübertragern** werden in Teil 6 der DIN V 18599 die Zulufttemperatur nach dem Wärmeübertrager und der mittlere, zuluftseitige Anlagenluftwechsel (als monatliche Mittelwerte) berechnet. Diese Werte gehen in den Nutzwärmebedarf nach DIN V 18599-2 ein.

Kombinationen aus Wärmeübertrager und anderen Systemen (z. B. Luftheizungsanlage oder Abluft-Wärmepumpe) werden in der Berechnung getrennt. Der Wärmeübertrager der Kombination wird wie ein einzelner Wärmeübertrager behandelt.

Die Effizienz des Wärmeübertragers wird durch einen Gesamtnutzungsgrad beschrieben. Neben dem geprüften Wärmebereitstellungsgrad (alternativ europäische Kennwerte, z. B. Temperaturänderungsgrad nach DIN EN 308 bzw. DIN EN 13141-7/-8) können die spezifischen Einbaubedingungen durch Zuschläge (z. B. für Erdreich-Zuluft-Wärmeübertrager EWÜT) und Abschläge (z. B. für Abtaubetrieb, Aufstellung im unbeheizten Bereich oder Geräteleckagen) berücksichtigt werden.

Die nach DIN V 18599-6 ermittelten Zulufttemperaturen zeigt Abbildung 62 für wichtige Varianten. Das energetische Einsparpotenzial einer effizienten Wärmerückgewinnung mit Wärmeübertragern wird insbesondere bei niedrigen Außentemperaturen im Vergleich mit Systemen ohne Wärmerückgewinnung erkennbar.



**Abb. 62:** Zulufttemperaturen bei Einsatz von Wärmeübertragern für Standardfälle nach DIN V 18599-6 [2]

## 9.4 Luftwechsel

In Abhängigkeit von Lüftungskonzept und Gebäudedichtheit werden Lüftungsanteile für Infiltration, Fensteröffnen und Lüftungsanlage berechnet und zum Gesamtluftwechsel addiert. Für ventilatorgestützte Lüftung gilt:

$$n_{ges} = n_{Inf} + n_{Win} + n_{mech}$$

- $n_{ges}$  energetisch wirksamer, mittlerer Gesamtaußenluftwechsel im Bilanzzeitraum
- $n_{Inf}$  Mittelwert des Infiltrationsluftwechsels im Bilanzzeitraum in Abhängigkeit von Gebäudedichtheit und Lüftungskonzept
- $n_{Win}$  Mittelwert des Fensterluftwechsels im Bilanzzeitraum in Abhängigkeit von Lüftungskonzept, Nutzungszeit, hygienischen/ bauphysikalischen Aspekten
- $n_{mech}$  Mittelwert des Luftwechsels über die Lüftungsanlage im Bilanzzeitraum in Abhängigkeit von Lüftungskonzept und Betriebsdauer der Lüftungsanlage

Standardwerte ergeben sich nach DIN V 18599-10 für Wohngebäude mit einem nutzungsbedingten Mindestaußenluftwechsel  $n_{nutz} = 0,5 \text{ h}^{-1}$  und einem mittleren Anlagenluftwechsel  $n_{mech} = 0,4 \text{ h}^{-1}$ . Alternativ ist für den mittleren Anlagenluftwechsel eine detaillierte Berechnung zur Berücksichtigung zusätzlicher Effekte möglich wie

- | saisonale Abschaltung,
- | intermittierender Betrieb (z. B. Nacht- und Wochenendbetrieb),
- | mehrstufig wählbarer Anlagenvolumenstrom (z. B. reduzierte, Nenn- und Intensivlüftung nach DIN 1946-6) oder
- | nutzerunabhängige Bedarfsregelung nach einer geeigneten Führungsgröße.

Zu beachten ist weiterhin, dass eine zuluftseitige Bilanzierung erfolgt. Für Abluftanlagen fließt die nachströmende Außenluft in die Bilanz ein (berücksichtigt im Term Fensterluftwechsel  $n_{Win}$ ), der Anlagenluftwechsel wird null gesetzt (es erfolgt nur ventilatorgestützte Absaugung der Luft aus dem Gebäude). Demgegenüber wird bei Zu- und Abluftanlagen der ventilatorgestützte Zuluftwechsel bilanziert (im Term Luftwechsel über Lüftungsanlage  $n_{mech}$ ).

Gegenüber dem Rechengang nach DIN V 4701-10 ergibt sich lediglich für Zu- und Abluftanlagen eine Abweichung aufgrund der unterschiedlichen Bewertung der Infiltration.

## 9.5 Abluft-Wärmepumpen in Lüftungssystemen

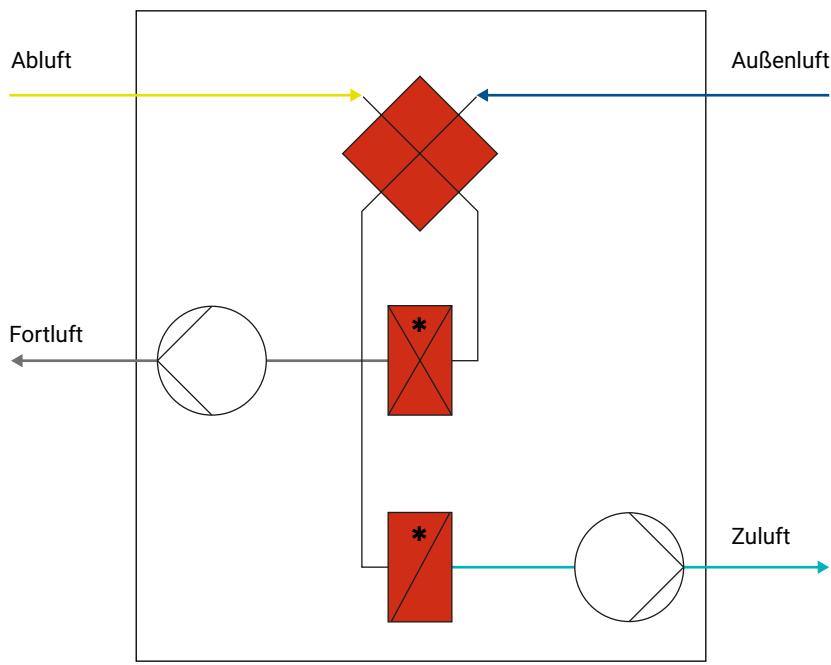
Abluft-Wärmepumpen sind nach DIN V 18599-6 Einrichtungen zur Nutzung des Wärmeinhalts der Abluft von Wohnungslüftungs- und Luftheizungsanlagen. Sie werden mit der Erzeugerwärmeabgabe und der Wärmeaufnahme durch Wärmerückgewinnung aus der Abluft bilanziert.

Bei Kombination einer Abluft-Wärmepumpe mit einem Abluft-Zuluft-Wärmeübertrager wird der Wärmeübertrager wie in Kapitel 9.3 beschrieben bilanziert (Abbildung 63). Dabei ist bei der Bewertung der Abluft-Wärmepumpe die verringerte Wärmequellentemperatur zu beachten. Als zusätzliche Wärmequelle kann seit der Normenfassung 2016 eine Außenluftbeimischung (Abbildung 64) bilanziert werden.

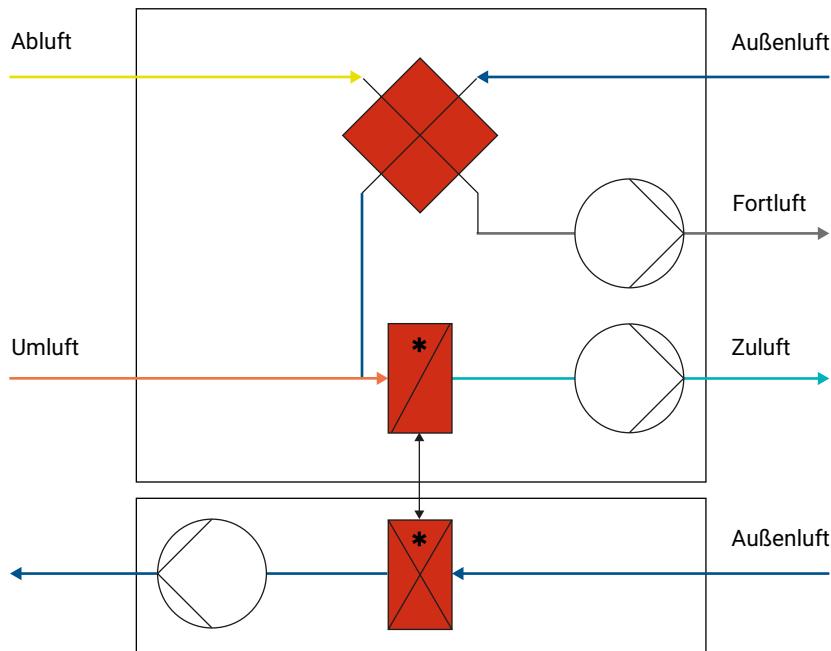
In DIN V 18599-6:2018 werden folgende Lösungen grundsätzlich behandelt:

- | Abluft-Zuluft-Wärmepumpen (Quelle: Abluft, Senke: Zuluft)
- | Abluft-Wasser-Wärmepumpen (Quelle: Abluft, Senke: Wasser)
- | Abluft-Zuluft/Wasser-Wärmepumpen (Quelle: Abluft, Senke: Zuluft, Wasser)

Bei der Wärmesenke Wasser ist die Nutzung für Heizung und/oder Trinkwassererwärmung möglich. Bei kombinierter Nutzung kann die Nutzung der Abwärme für Zulufterwärmung, Heizungsunterstützung oder Trinkwassererwärmung frei gewählt werden. Der Algorithmus der DIN V 18599-6 sieht bei Abluft-Wasser-Wärmepumpen Schnittstellen zu den Normteilen 5 (Nutzung für Heizung) bzw. 8 (Nutzung für Trinkwassererwärmung) vor. Die zunehmend marktüblichen Wärmepumpen mit drehzahlgeregelten Verdichtern werden detailliert und mit variablen Leistungszahlen in Abhängigkeit von der Leistungsregelung in der Bilanzierung berücksichtigt.



**Abb. 63:** Abluft-Zuluft-Wärmepumpe mit vorgeschaltetem Wärmeübertrager – ohne Außenluftbeimischung



**Abb. 64:** Abluft-Zuluft-Wärmepumpe mit vorgeschaltetem Wärmeübertrager – mit Außenluftbeimischung

## 9.6 Teillüftung

Der bisher verwendete und pauschal beschriebene Ansatz einer flächenanteiligen Berechnung aller relevanten Energiebedarfswerte führte in der Praxis zu Unklarheiten und Missverständnissen. Mit der Fassung 2018 der DIN V 18599-6 wird die Teillüftung detailliert und gültig für unterschiedliche Kombinationen, z. B. aus

- | freier Lüftung und ventilatorgestützter Lüftung,
- | ventilatorgestützter Lüftung mit und ohne Wärmerückgewinnung,
- | ventilatorgestützter Lüftung mit und ohne Bedarfsführung und
- | ventilatorgestützter Lüftung mit Heizperioden- und Ganzjahresbetrieb,

berechnet. Für die weitere Klarstellung wurde eine Definition der Teillüftung aufgenommen:

„Die Zone wird nur flächenanteilig ventilatorgestützt gelüftet oder in der Zone existieren unterschiedliche ventilatorgestützte Lüftungssysteme“

Anmerkung 1 zum Begriff: Typische Beispiele für Teillüftung sind:

- | zentrales Zu-/Abluftsystem im eigentlichen Wohnbereich und Fensterlüftung in wenig genutzten Nebenräumen;
- | dezentrale Zu-/Abluftgeräte in einzelnen Räumen/Raumgruppen und Abluftsystem in den übrigen Räumen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Auch bei Teillüftung ist für ventilatorgestützte Systeme der Wohnungslüftung deren Auslegung und bestimmungsgemäßer Betrieb nach den anerkannten Regeln der Technik vorausgesetzt. Diesbezügliche gesonderte Hinweise (z. B. hinsichtlich der Planung und Bemessung der Wohnungslüftungsanlagen) können DIN 1946-6 entnommen werden.“

## 9.7 Luftheizungen

Luftheizungsanlagen sind im Sinne der DIN V 18599 Heizsysteme, bei denen die Wärmezufuhr in die Zone vollständig durch Luft als Wärmeträger erfolgt. Grundsätzlich basiert die Bilanzierung von Luftheizungsanlagen im Sinne der DIN V 18599-6 auf der Bewertung von Zu- und Abluftsystemen. Zusätzlich ist die Nachheizung der Zuluft energetisch zu bewerten. Dies betrifft im Einzelnen:

- █ Wärmeverluste bei der Übergabe (Zulufttemperatur höher als Raumtemperatur),
- █ Wärmeverluste, ungeregelte Wärmeeinträge und Hilfsenergiebedarf bei der Verteilung (Zuluftleitungen und ggf. aus Umluftbetrieb),
- █ Wärmeverluste, ungeregelte Wärmeeinträge und Hilfsenergiebedarf bei der Erzeugung (Nachheizregister) und
- █ Erzeugerwärmeabgabe (Nachheizregister).

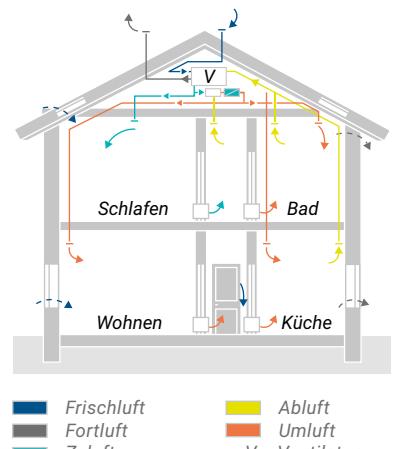
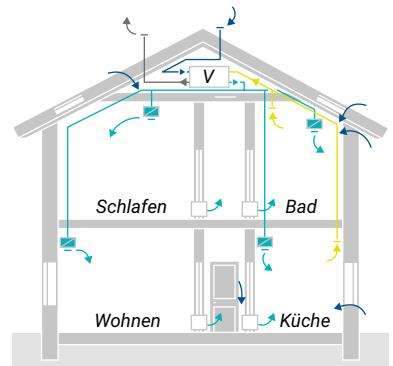
Kommt in Verbindung mit der Luftheizung ein Nachheizregister zum Einsatz, wird zwischen elektrischen und wasserführenden Nachheizregistern unterschieden. Luftheizungsanlagen mit elektrischer Nachheizung werden vollständig in Teil 6 der DIN V 18599 beschrieben. Bei wassergeführter Nachheizung ist eine Schnittstelle mit DIN V 18599-5 erforderlich.

Die Erzeugerwärmeabgabe des Nachheizregisters wird unter Berücksichtigung

- █ des Nutzwärmebedarfs (ggf. unter Beachtung der Wärmerückgewinnung durch Abluft-Zuluft-Wärmeübertrager),
- █ der Wärmeverluste für Übergabe, Verleitung, Speicherung bei Heizung und Wohnungslüftung,
- █ der Wärmeeinträge aus regenerativen Energiequellen und
- █ der Erzeugerwärmeabgabe der Abluft-Wärmepumpen für Heizung

ermittelt. Die Warmwasserbereitung wird im Regelfall separat nach DIN V 18599-8 bewertet.

Typische Unterscheidungsmerkmale für Luftheizungen sind die Art des Betriebes (nur Außenluft oder Außenluft und Umluft) und die Anordnung der Nachheizregister (raumweise oder zentral), siehe Abbildung 65.



**Abb. 65:** Schematische Darstellungen:  
Luftheizung im Außenluftbetrieb mit  
raumweiser Nachheizung (oben) [2]

Luftheizung im Außenluft-/Umluft-  
betrieb mit zentraler Nachheizung  
(unten) [2]

## 9.8 Wohnungskühlung

Für Wohnungskühlsysteme wird die Erzeugerkälteabgabe aus dem Nutzkältebedarf unter Beachtung der An- und Teilkühlung sowie aus den Wärmeverlusten bei der Übergabe, Verteilung und Speicherung berechnet. Der Nutzkältebedarf wird dabei nach DIN V 18599-2 bestimmt. Mit dem Teilkühl faktor  $f_{c,part}$  wird berücksichtigt, dass Wohngebäude ggf. nur teilweise gekühlt werden, er ist durch das Verhältnis von gekühlter Nutzfläche zur gesamten Nutzfläche definiert ( $0 < f_{c,part} \leq 1$ ). Der Ankühl faktor  $f_{c,limit}$  beschreibt, dass nicht alle Wohnungskühlsysteme für eine Vollkühlung und damit für eine vollständige Deckung des monatlichen Nutzkältebedarfs geeignet sind. Leistungsbegrenzungen der Kühlsysteme können bei der Kälteerzeugung (z. B. für einen Erdreich-Zuluft-Wärmeübertrager) oder bei der Kälteübergabe und -verteilung (z. B. Fußbodenkühlung) entstehen. Maßgeblich ist der aus der parallelen Betrachtung der Kälteerzeugung und der Kälteübergabe/-verteilung resultierende minimale Deckungsanteil am Nutzkältebedarf ( $0 < f_{c,limit} \leq 1$ ). Der Ankühl faktor ist damit von entscheidender Bedeutung, um unterschiedlichste Wohnungskühlsysteme nicht nur hinsichtlich ihrer energetischen Effizienz, sondern auch bezüglich ihres Kühl effekts vergleichen zu können.

Bei der Übergabe entstehen Wärmeverluste, dabei unterscheidet man thermische Effekte (latente Wärme) und die ungewollte Entfeuchtung in Luftkühlern (sensible Wärme). Bei der Übergabe wird Hilfsenergie benötigt, wenn im Raum Sekundärluftventilatoren (z. B. in Ventilatorkonvektoren oder in Inneneinheiten von Splitgeräten) zum Einsatz kommen.

Bei der Verteilung werden Wärmeverluste und ungeregelte Wärmeeinträge durch Kühlung in die jeweiligen Zonen bilanziert. Dabei erfolgt die Berechnung der Verluste grundsätzlich anteilig vom Nutzkältebedarf in Abhängigkeit vom Kälteträger (Wasser, Luft oder Kältemittel) und von den Kälteträgertemperaturen. Bei der separaten Bilanzierung von Luftleitungen außerhalb der thermischen Hülle sind im Kühlfall außerdem zu berücksichtigen:

- | Wärmedämmung der Luftleitungen,
- | Länge der Luftleitungen,
- | Lufttemperatur in den Luftleitungen,
- | Umgebungstemperatur (innerhalb/außerhalb der thermischen Hülle),
- | Betriebszeit der Anlage.

Hilfsenergie wird im Rahmen der Verteilung bilanziert, wenn im Kälteverteilnetz separate Ventilatoren bzw. Pumpen angeordnet sind. Das Vorgehen entspricht dem bei der Erzeugung beschriebenen für geräteintegrierte Ventilatoren bzw. Pumpen.

Der Einsatz von Kaltwasserspeichern ist keine Standardlösung bei der Wohnungskühlung. Der Prozessbereich Speicherung wird deshalb gegenwärtig in DIN V 18599-6 nicht berücksichtigt.

Die Wärmeverluste Kühlung bei der Erzeugung werden für die aktive Kühlung mit Kältemaschinen bilanziert. Für Systeme mit Heiz-Wärmepumpen im Kältebetrieb und mit Kältemaschinen werden die Wärmeverluste und ungeregelten Wärmeeinträge anteilig aus der Erzeugerkälteabgabe unter Beachtung des Aufstellortes bestimmt. Im Regelfall wird der Hilfsenergiebedarf für Ventilatoren,

Pumpen, Regelung sowie von Nebenantrieben nach DIN V 18599-6 dem Prozessbereich Erzeugung zugeordnet. Der Hilfsenergiebedarf von Ventilatoren wird dabei analog zum Vorgehen für die Wohnungslüftung berechnet. Der Hilfsenergiebedarf von Pumpen ergibt sich aus deren Leistungsaufnahme und Betriebszeit. Bei der Regelung wird zwischen der Leistungsaufnahme im Betrieb und in Standby unterschieden. Als Nebenantriebe werden beispielsweise Lösungsmittelpumpen in Absorptionskältemaschinen mit einer auf die Kälteleistung bezogenen Leistungsaufnahme und der Betriebszeit bilanziert. Bei der aktiven Kühlung mit

- Heiz-Wärmepumpen im Kältemaschinenbetrieb,
- Kompressionskältemaschinen,
- Raumklimasystemen oder
- Sorptionskältemaschinen

ist für die primärenergetische Bilanzierung die Berechnung des Endenergiebedarfs und des regenerativen Energieeinsatzes bei der Kälteerzeugung erforderlich. Die Berechnung für Wohnungskühlsysteme folgt dabei unter Nutzung der Nennkälteleistungszahl EER bzw. des Nennwärmeverhältnisses  $\zeta$ , des Teillastfaktors PLV sowie des Baujahrfaktors  $f_{C,B}$  mit den aus der Bilanzierung der Kühlung von Nichtwohngebäuden (DIN V 18599-7) bekannten Algorithmen. Tabelle 24 zeigt die in DIN V 18599-6:2018 beschriebenen Systeme der Wohnungskühlung unter Beachtung der sinnvoll kombinierbaren Komponenten zur Kälteerzeugung und -übergabe unter Angabe der Eignung für Voll- und Teilkühlung.

Kälteerzeugung	Kälteübergabe	Vollkühlung	Ankühlung
<b>Passive Kühlung</b>			
Sole-Wasser-Wärmepumpe	Flächenkühlung	X	X
	Heizkörper	-	X
	Ventilatorkonvektor	X	X
Ventilatorgestützte Nachtlüftung	Lüftungssystem	-	X
Erdreich-Zuluft-WÜT	Lüftungssystem	-	X
<b>Wärmepumpen im Kältemaschinenbetrieb</b>			
Außenluft-Wasser-Wärmepumpe	Flächenkühlung	X	X
	Heizkörper	-	X
	Ventilatorkonvektor	X	-
Abluft-Zuluft-Wärmepumpe	Lüftungssystem	-	X
<b>Kältemaschinen</b>			
Kompressionskältemaschine	Flächenkühlung	X	X
	Ventilatorkonvektor	X	-
Absorptionskältemaschine	Flächenkühlung	X	X
	Ventilatorkonvektor	X	-
Raumklimasysteme		X	-

**Tab. 24:** Systeme der Wohnungskühlung nach DIN V 18599-6:2018 und deren Eignung für Voll- und Ankühlung [2]

## 9.9 Novelle 2018

Neben der redaktionellen Fortschreibung einschließlich Fehlerbeseitigung und den schon beschriebenen Erweiterungen bezüglich Abluft-Wärmepumpen und Teillüftung enthält die aktuelle Fassung weitere Ergänzungen:

### **Umstellung der Berechnung der Wärmeverluste bei der Wärmeübertragung**

In den Anlagenteilen erfolgt einheitlich die Umstellung der Berechnung der Wärmeverluste der Wärmeübertragung auf ein Verfahren unter Berücksichtigung der Temperaturabweichungen im Raum (bisher mit Nutzungsgraden). Diese Umstellung wird in Teil 6 genutzt, um die Zahl der Kennwerte drastisch zu reduzieren und die Anwendung zu vereinfachen.

### **Anpassung an Ecodesign-Richtlinie**

Zur Anpassung an die Ecodesign-Richtlinie werden die Berechnungen für den Energieaufwand der Ventilatoren und für die Berücksichtigung verschiedener Frostschutzstrategien modifiziert.

#### **Ventilatoren:**

- | Umstellung von bezogener Leistungsaufnahme der Ventilatoren pel,fan auf spezifische Leistungsaufnahme der Ventilatoren SPI nach DIN EN 13142
- | Aktualisierung der Standardwerte für DC/EC-Systeme (Berücksichtigung der technologischen Weiterentwicklung)

#### **Frostschutzstrategien:**

- | Erweiterung für Frostschutz durch Reduzierung des Zuluftvolumenstroms (bisher nur Abschaltung des Zuluftventilators berücksichtigt)
- | Berücksichtigung von Abluft-Zuluft-Wärmepumpen mit einem zweiten Kondensator zur Luftvorwärmung

### **Erweiterung der Systeme zur Wohnungskühlung**

Bei der Wohnungskühlung erfolgt lediglich eine moderate Erweiterung (bei gleichzeitiger punktueller Vereinfachung) der bilanzierbaren Systeme. Zum einen werden Systeme zur Luftkühlung mit begrenzter Zulufttemperatur (Kühlgrenze) berücksichtigt, um den Aspekt der thermischen Behaglichkeit besser berücksichtigen zu können. Zum anderen erfolgt die Berechnung der Jahresarbeitszahl von Kompressionskältemaschinen unter Berücksichtigung des Baualters, um die Auswirkungen des technischen Fortschritts auf die Energieeffizienz erfassen zu können.

## 9.10 Ecodesign und Labeling

Wohnungslüftungsgeräte dürfen in der Europäischen Union ab 2016 nur unter Einhaltung der Ecodesign-Anforderungen vertrieben werden. Wohnungslüftungsgeräte, die nach der Ecodesign-Verordnung unter die Labelpflicht fallen, sind:

- █ Lüftungsgeräte > 30 W elektrische Leistungsaufnahme je Luftstrom
- █ Lüftungsgeräte bis 250 m<sup>3</sup>/h (im Bereich von 250 m<sup>3</sup>/h bis 1.000 m<sup>3</sup>/h kann der Hersteller die Lüftungsgeräte wahlweise für den Wohn- oder den Nichtwohngebiet deklarieren).

Die Effizienz von Wohnungslüftungsgeräten wird durch einen integralen Ansatz der Primärenergieeinsparung durch ventilatorgestützte Wohnungslüftung unter Berücksichtigung von

- █ eingesparter Wärmeenergie (z. B. durch Wärmerückgewinnung oder Bedarfsführung),
- █ Strombedarf der Ventilatoren und
- █ Energiebedarf Frostschutz

bewertet.

Die Effizienz von Wohnungslüftungsgeräten wird durch den spezifischen Energiebedarf der Lüftung je Quadratmeter beheizter Grundfläche einer Wohnung oder eines Gebäudes (SEC für specific energy consumption in kWh/(m<sup>2</sup>·a)) angegeben (Tabelle 25). Das Label enthält folgende Informationen:

- █ Name des Lieferanten oder der Marke,
- █ Modellkennung des Lieferanten,
- █ Energieeffizienz für durchschnittliches Klima,
- █ Schallleistungspegel in dB,
- █ maximaler Luftvolumenstrom in m<sup>3</sup>/h (ein Pfeil für unidirektionale Anlagen, zwei Pfeile für bidirektionale Anlagen).

SEC-Klasse	SEC in kWh/(m <sup>2</sup> · a)
A+ (am effizientesten)	SEC < -42
A	-42 ≤ SEC < -34
B	-34 ≤ SEC < -26
C	-26 ≤ SEC < -23
D	-23 ≤ SEC < -20
E	-20 ≤ SEC < -10
F	-10 ≤ SEC < 0
G (am ineffizientesten)	0 ≤ SEC

**Tab. 25:** SEC-Klassifizierung von Wohnungslüftungsgeräten ab 2016 (Angaben für mittleres Klima)

Ab dem 01.01.2016 durften nur noch Geräte mit SEC  $\leq 0$  (Klasse F oder besser) in der Europäischen Union in Verkehr gebracht werden. Seit dem 01.01.2018 gelten folgende Anforderungen an Wohnungslüftungsanlagen:

- | nur noch Geräte mit SEC  $\leq -20$  (Klasse D oder besser)
- | Einzelraumgeräte (ohne Luftleitung) oder Geräte mit nur einseitigem Kanalanschluss (nur Zu- oder nur Abluft) mit A-bewertetem Schallleistungspegel von max. 40 dB
- | mehrstufige (aus mindestens drei Drehzahlen) oder drehzahlgeregelte Ventilatoren (außer Anlagen, die auch der Entrauchung dienen)
- | Zu-/Abluftanlagen (bidirektionale Anlagen) mit Bypass für die Wärmerückgewinnung
- | Filter mit optischer Filterwechselanzeige

Für Wohnungslüftungsgeräte mit marktüblichen Parametern zeigt Tabelle 26 beispielhaft die SEC-Klassifizierung.

Parameter	Zentrale bedarfsgeführte Abluftanlage	Zentrale Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung
Spezifische Ventilatorleistung	SPI = 0,0001 kW/(m³/h) (DC)	SPI = 0,0003 kW/(m³/h) (DC)
Wärmerückgewinnung	$\eta_t = 0\%$	$\eta_t = 80\%$
Regelung	bedarfsgeführt (raumweise) Ventilator drehzahlgeregelt	bedarfsgeführt (zentral) Ventilator dreistufig
Spezifischer Energieverbrauch	SEC = -26,98 kWh/m²·a	SEC = -36,23 kWh/m²·a
SEC-Klassifizierung	B	A

**Tab. 26:** Beispiele für SEC-Klassifizierung von Wohnungslüftungsgeräten mit marktüblichen Parametern (Angaben für mittleres Klima)

## 9.11 Markttrends

### Raumweise Lüftungsgeräte

Es wird grundsätzlich zwischen zentralen (gebäudezentralen oder wohnungszentralen) und dezentralen (raumweisen) ventilatorgestützten Lüftungslösungen unterschieden. Dezentrale Lüftungsgeräte kommen wegen der vergleichsweise einfachen Nachrüstung häufig bei Sanierungen bzw. Modernisierungen zum Einsatz. Typisch ist auch ein punktueller Einsatz, z. B. wenn Schlafräume bei erhöhtem Außenlärm nur eingeschränkt fenstergelüftet werden können. Insbesondere in diesen Einsatzfällen hat die dauerhafte Einhaltung der Schallschutzanforderungen hohe Priorität und stellt große Ansprüche an die Konstruktion der Lüftungsgeräte (Schalldämmung) und insbesondere der Ventilatoren (Schallemission).

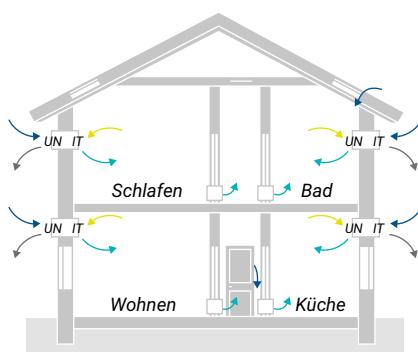
Im Detail lassen sich verschiedene Konzepte, u. a. nach der Anordnung und nach dem Wirkprinzip, unterscheiden.

#### Nach der Anordnung:

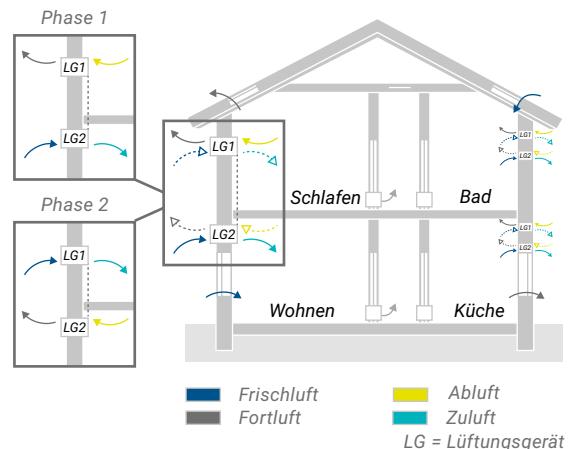
- | im Fenster (Lüftungsgerät als Bestandteil des Fensterrahmens)
- | am Fenster (Lüftungsgerät in der Brüstung, im Sturz oder seitlich neben dem Fenster)
- | in der Außenwand (Lüftungsgerät in Verbindung mit Kernbohrung)

#### Nach dem Wirkprinzip:

- | konventionelles Zweirichtungslüftungsgerät, im Regelfall mit Plattenwärmeübertrager (siehe Abbildung 66)
- | konventionelles Zweirichtungslüftungsgerät mit Nebenraumanschluss (z. B. zur Belüftung eines Schlafräums mit nebenliegendem Bad)
- | alternierende Lüftungsgeräte mit Speichermasse als Regenerator zur Wärmerückgewinnung (siehe Abbildung 67)



**Abb. 66:** Schematische Darstellung der raumweisen Lüftungsgeräte mit konventionellem Betrieb [2]



**Abb. 67:** Schematische Darstellung der raumweisen Lüftungsgeräte mit alternierendem Betrieb [2]

Vor- und Nachteile dezentraler Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung sind in Tabelle 27 zusammengefasst.

<b>Raumluftparameter</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ leicht raumweise regelbar</li> <li>- Filtermöglichkeiten eingeschränkt</li> </ul>
<b>Luftführung im Raum und Lüftungseffektivität</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Zuluftführung über Außenfassade</li> <li>- Kurzschlusseffekte bei Zu-/Abluftgeräten möglicherweise kritisch</li> <li>- Druckstabilität und Gebäudedurchströmung bei alternierenden Lüftungsgeräten unklar</li> </ul>
<b>Energiebilanz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Berücksichtigung im GEG auch bei Teillüftung möglich</li> <li>- kein Ökodesign-Label, aber EU-Kennzeichnungspflicht</li> </ul>
<b>Schallschutz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Verbesserung gegenüber offenem Fenster</li> <li>- Geräuschpegel in Schlafräumen von ca. 25 bis 35 dB(A) erforderlich, aber schwierig zu realisieren</li> </ul>
<b>Kondensatanfall und Vereisung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Kondensatvermeidung durch Wärmespeicher oder Regelung Zuluftvolumenstrom</li> <li>- Kondensatabfuhrung schwierig</li> </ul>
<b>Betrieb mit Feuerstätten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ balancierter Betrieb erlaubt auch Kombination mit raumluft-abhängigen Feuerstätten</li> <li>- bei Abschaltung zur Unterdruckvermeidung (z. B. im Havariefall) keine Lüftung</li> </ul>
<b>Installation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ geringer Platzbedarf</li> <li>+ Aufwand für Installation der Luftleitungen entfällt</li> <li>- Wandöffnungen und Elektroanschluss herstellen</li> </ul>
<b>Kosten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Vorteil bei Installation in einzelnen Räumen</li> <li>+ alternierende Lüftungsgeräte meist preiswerter</li> <li>- Wartung aufwendiger, Zugang zu allen Räumen notwendig</li> </ul>

**Tab. 27:** Dezentrale Systeme der Wohnungslüftung – Vorteile und Nachteile gegenüber zentralen Systemen

#### **Einsatz von Lüftungssystemen nach DIN 18017-3 für die Wohnungslüftung**

Wohnungen mit innen liegenden Bädern bzw. Toiletten sind aus Lüftungssicht besonders anspruchsvoll. Es greifen sowohl DIN 1946-6 als auch DIN 18017-3. Während DIN 1946-6 als Regel der Technik für das Lüftungskonzept der gesamten Nutzungseinheit maßgeblich ist, ist DIN 18017-3 bauaufsichtlich eingeführt und für die Lüftung der innen liegenden Bäder bzw. Toiletten heranzuziehen. Das Zusammenwirken beider Normen erweist sich als komplex und macht die Unterscheidung verschiedener Anwendungsfälle erforderlich, obwohl beide Normen parallel bearbeitet werden und damit grundsätzlich gut vereinbar sein sollten. Zu beachten ist auf jeden Fall, dass eine luftdichte Ausführung der Gebäudehülle entsprechend den Anforderungen des GEG oder gar weiter gehender Anforderungen wie an das Passivhaus nach DIN 18017-3 bzw. DIN 1946-6 eine sorgfältige Planung der Luftnachströmung und damit der Dimensionierung von Außenluft- und Überström-durchlässen erfordert.

Teil 3 der DIN 18017 in der Fassung von September 2009 regelt die Entlüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster mittels Ventilatoren. Auch andere Funktionsräume innerhalb von Wohnungen (z. B. Abstellräume oder Küchen mit Fenstern) können nach dieser Norm entlüftet werden. Der planmäßige Abluftvolumenstrom von  $40 \text{ m}^3/\text{h}$  für innen liegende Bäder (für Toilettenräume ist generell eine Halbierung aller auch im Folgenden genannten Werte zulässig) orientiert sich an den in DIN 1946-6 zur Anlagenbemessung genannten Werten. Bei ganztägigem, durchgehendem Betrieb dürfen die genannten Werte in Zeiten geringen Luftbedarfs, jedoch nicht mehr als 12 Stunden pro Tag, um die Hälfte reduziert werden. Mit bedarfsgeführten Abluftanlagen muss ein Abluftvolumenstrom von  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  realisierbar sein. Dieser darf allerdings

- | in Zeiten geringen Luftbedarfs dauerhaft auf mindestens  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  abgesenkt werden oder
- | im regelmäßigen Intervallbetrieb im Tagesmittel  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  nicht unterschreiten (maximale Abschaltzeit: 1 Stunde) oder
- | in Zeiten geringen Luftbedarfs bei normaler Nutzung und gutem Wärmeschutz (mindestens WSchVO 1995) auf  $0 \text{ m}^3/\text{h}$  reduziert werden, wenn nach dem Abschalten noch ein Luftvolumen von  $15 \text{ m}^3$  abgeführt wird.

Insgesamt können vier mögliche Kombinationen der Normen DIN 18017-3 und DIN 1946-6 unterschieden werden, in allen Varianten existieren innen liegende Bäder bzw. Toiletten.

## 1. Fall

Es sind keine lüftungstechnischen Maßnahmen nach DIN 1946-6 erforderlich, da der Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz kleiner ist als der Luftvolumenstrom durch Infiltration ( $q_{V,ges,NE,FL} \leq q_{V,Inf,wirk}$ ). Die Auslegung der Entlüftungsanlage erfolgt nur nach DIN 18017-3:

- | Innen liegende Räume werden nach DIN 18017-3 berücksichtigt.
- | Es sind geeignete Zulufräume zur Luftnachströmung festzulegen und (soweit zusätzlich zur Infiltration erforderlich) mit Außenluft- und Überströmluftdurchlässen auszustatten.
- | Die übrigen Räume werden nicht betrachtet.

## 2. Fall

Es sind lüftungstechnische Maßnahmen nach DIN 1946-6 erforderlich, da der Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz größer ist als der Luftvolumenstrom durch Infiltration ( $q_{V,ges,NE,FL} > q_{V,Inf,wirk}$ ). Die Auslegung der Entlüftungsanlage erfolgt nach DIN 18017-3, die Entlüftung nach DIN 18017-3 reicht im Dauerbetrieb für die gesamte Nutzungseinheit für die Lüftung zum Feuchteschutz aus:

- | Innen liegende Räume werden mit einer Entlüftungsanlage nach DIN 18017-3 ausgestattet.
- | Im Dauerbetrieb der Entlüftungsanlage ist die Lüftung zum Feuchteschutz für die gesamte Nutzungseinheit sichergestellt.
- | Alle nicht innen liegenden Räume (auch Küchen!) werden für die Luftnachströmung genutzt und sind (soweit zusätzlich zur Infiltration erforderlich) mit Außenluft- und Überströmluftdurchlässen auszustatten.
- | Der Strömungsweg Küche → Aufenthaltsraum → Bad ist nicht zulässig.

### **3. Fall**

Es sind lüftungstechnische Maßnahmen nach DIN 1946-6 erforderlich, da der Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz größer ist als der Luftvolumenstrom durch Infiltration ( $q_{V,ges,NE,FL} > q_{V,Inf,wirk}$ ). Die Auslegung der Entlüftungsanlage erfolgt nach DIN 18017-3, die Entlüftung nach DIN 18017-3 reicht im Dauerbetrieb für die gesamte Nutzungseinheit nicht für die Lüftung zum Feuchteschutz aus und es ist zusätzliche Querlüftung erforderlich:

- | Innen liegende Räume werden mit einer Entlüftungsanlage nach DIN 18017-3 ausgestattet.
- | Im Dauerbetrieb der Entlüftungsanlage ist die Lüftung zum Feuchteschutz für die gesamte Nutzungseinheit nicht sichergestellt.
- | Alle nicht innen liegenden Räume (auch Küchen!) werden für die Lufnachströmung sowie die Querlüftung zum Feuchteschutz genutzt und sind mit Außenluft- und Überströmluftdurchlässen auszustatten.
- | Der Strömungsweg Küche → Aufenthaltsraum → Bad ist nicht zulässig.

### **4. Fall**

Es sind lüftungstechnische Maßnahmen nach DIN 1946-6 erforderlich, da der Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz größer ist als der Luftvolumenstrom durch Infiltration ( $q_{V,ges,NE,FL} > q_{V,Inf,wirk}$ ). Die Auslegung einer Abluftanlage oder einer Zu-/Abluftanlage erfolgt für Nennlüftung nach DIN 1946-6 unter Einhaltung der Anforderungen der DIN 18017-3 an innen liegende Räume:

- | Alle Ablufträume (innen und außen liegend) werden mit einer Abluftanlage nach DIN 1946-6 unter Einhaltung der Volumenströme nach DIN 18017-3 ausgestattet.
- | Alle Zuluftträume werden für die Lufnachströmung genutzt.
- | Die Auslegung des Lüftungssystems erfolgt für Nennlüftung nach DIN 1946-6 unter Einhaltung der Anforderungen der DIN 18017-3 für innen liegende Räume.

In Tabelle 28 sind die wesentlichen Randbedingungen für die Fallunterscheidung an der Schnittstelle der Normen DIN 18017-3 und DIN 1946-6 zusammengefasst.

Randbedingung	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
Innen liegende Räume nach DIN 18017-3?			ja	
Lüftungstechnische Maßnahmen nach DIN 1946-6?	nein		ja ( $q_{V,ges,NE,FL} > q_{V,Inf,wirk}$ )	
<b>Geplantes Lüftungssystem</b>				
Entlüftungsanlage nach DIN 18017-3?		ja		inklusive
Querlüftung nach DIN 1946-6?		nein	ja	nein
Abluftanlage/Zu-/Abluftanlage nach DIN 1946-6?		nein		ja
<b>Geplante Lüftungsstufe</b>				
Lüftung zum Feuchteschutz?	nein	ja		inklusive
Reduzierte Lüftung?		nein	möglich	
Nennlüftung?		nein		
<b>Luftnachströmung aus</b>				
... einzelnen Zulufräumen?	ja		nein	
... allen Zulufräumen?	möglich		ja	
... Feuchträumen (z. B. Küchen)?	nein	ja		nein

**Tab. 28:** Randbedingungen für die Fallunterscheidung an der Schnittstelle von DIN 1946-6 und DIN 18017-3 [15], [16]

Für die Einordnung der Badentlüftung bei der Erstellung von Energieausweisen können mit der Maßgabe, dass Auslegung und energetische Bilanzierung zusammenpassen müssen, folgende drei Möglichkeiten unterschieden werden:

1. Die Badentlüfter sind nicht für den dauerhaften Betrieb bestimmt und werden beispielsweise manuell mit Lichtschalterkopplung betrieben. In diesem Fall sind sie generell nicht für die Wohnungslüftung nach DIN 1946-6 anrechenbar und auch nicht als RLT-Anlagen zu behandeln. Die GEG-Bilanzierung erfolgt für freie Lüftung (entspricht dem 1. Fall der Auslegung).
2. Die Badentlüfter werden dauerhaft nach den Vorgaben der DIN 18017-3 betrieben. Die Erfüllung der DIN 1946-6 für die gesamte Wohnung ist grundsätzlich möglich, wenn die Volumenströme der Badentlüfter im Dauerbetrieb ausreichen, um die Lüftung zum Feuchteschutz nach DIN 1946-6 für die gesamte Wohnung zu erfüllen und wenn alle Räume ohne Badentlüfter mit (ggf. schallgedämmten) Außenluftdurchlässen ausgestattet werden. Da für die Einhaltung des Mindestluftwechsels nach GEG ein erheblicher Anteil der Lüftung über Fensteröffnungen durch den Nutzer realisiert werden muss, erfolgt die GEG-Bilanzierung wiederum für freie Lüftung ohne Bonifizierung (entspricht dem 2. und dem 3. Fall der Auslegung).
3. Die Badentlüfter werden in allen Ablufräumen (nicht nur in den innen liegenden Bädern) eingesetzt, für Nennlüftung nach DIN 1946-6 ausgelegt und dauerhaft betrieben. Die Anlagen gelten dann als Lüftungssystem im Sinne des GEG mit den entsprechenden Konsequenzen (erhöhte Gebäudedichtheit und Bonifizierung z. B. für Bedarfsführung möglich). Dabei gilt, dass Badentlüfter vom Wirkprinzip her mit Abluftanlagen (und keinesfalls mit Zu-/Abluftanlagen) vergleichbar sind (entspricht dem 4. Fall der Auslegung).

### Weitere Trends

Heute marktbestimmende Trends machen auch vor der Wohnungslüftung nicht halt. Das Thema Smart Home ist dabei nicht auf den App-basierten vereinfachten Zugriff der Nutzer auf die Lüftungsgeräte beschränkt, sondern sollte insbesondere folgende Themen vorantreiben:

- | standardmäßig integrierte Bedarfslüftung (sensorgesteuerte Regelung der Luftvolumenströme nach geeigneten Führungsgrößen wie Feuchte und CO<sub>2</sub>),
- | verbesserte Systemintegration (u. a. Lüftung und Heizung, Lüftung und Feuerstätten, Lüftung und „konkurrierende“ Lüftungssysteme wie Bad-Entlüfter oder Fensterlüftung).

Aus technischer Sicht sind Fragestellungen des verbesserten Nutzerkomforts in Zusammenhang mit Luftqualität und Behaglichkeit zu beachten. Beispielhaft können hier zu trockene Luft im Winter und steigende Erwartungen an den Schallschutz genannt werden.

Auch die Preisenwicklung bzw. Kostensituation ist weiterhin von entscheidender Bedeutung für die Wahrnehmung der Wohnungslüftung und wird neben der unmittelbaren Bewertung der Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten auch zukünftig durch politische Rahmenbedingungen (Instrumente der Forderung und Förderung) bestimmt.

# 10 Energiebedarf für Beleuchtung

## 10.1 Beleuchtungstechnische Zonierung

Der Energiebedarf für Beleuchtung ist vordergründig abhängig von der Nutzung. Dies schließt sowohl Nutzungsduer und -zeit als auch Nutzungsart und -intensität ein. Ein Einzelbüro hat nach DIN V 18599-10 die gleiche Anzahl von täglichen Nutzungsstunden wie ein Hotelzimmer. Jedoch findet die Nutzung im Einzelbüro in der Zeit von 7.00 bis 18.00 Uhr – also überwiegend zur Tagzeit – und im Hotelzimmer in der Zeit von 21.00 bis 8.00 Uhr – also überwiegend zur Nachtzeit – statt. Andererseits hat ein Einzelbüro zwar die gleiche Nutzungsduer und -zeit wie eine Lagerfläche. Hier weichen aber aufgrund der Nutzungsart die Beleuchtungsstärke (Einzelbüro: 500 lx, Lager: 100 lx) und die Nutzungsintensität voneinander ab. Die Nutzungsintensität wird durch die relative Abwesenheit  $C_A$  berücksichtigt. Sie beschreibt den Anteil der Nutzungszeit, zu dem aufgrund von Abwesenheit keine Beleuchtung benötigt wird. Für ein Einzelbüro wird rechnerisch eine Abwesenheit von 30 Prozent und für ein Lager von 98 Prozent als Richtwert angegeben.

Die nutzungsabhängigen Unterschiede werden bereits durch die Gebäudezonierung berücksichtigt. Jedoch sind die einzelnen Gebäudezonen in weitere beleuchtungstechnische Berechnungsbereiche zu unterteilen, wenn relevante Unterschiede hinsichtlich der Tages- und Kunstlichtversorgung sowie des Systems zur Tagessicht- und Präsenzkontrolle vorliegen.

Unabhängig von der Anzahl der Räume, die eine Gebäudezone umfasst, und auch unabhängig von der Größe der Zonenfläche kann die Betrachtung nur eines beleuchtungstechnischen Berechnungsbereichs möglich sein oder aber es kann die Berücksichtigung einer Vielzahl von Berechnungsbereichen notwendig werden.

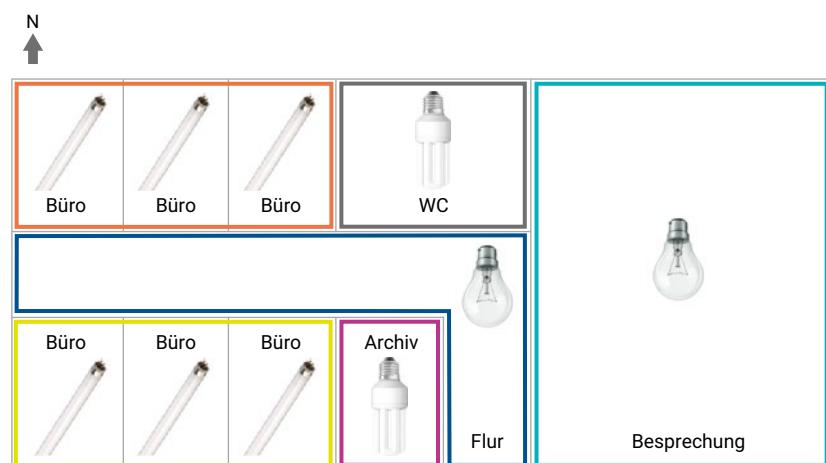
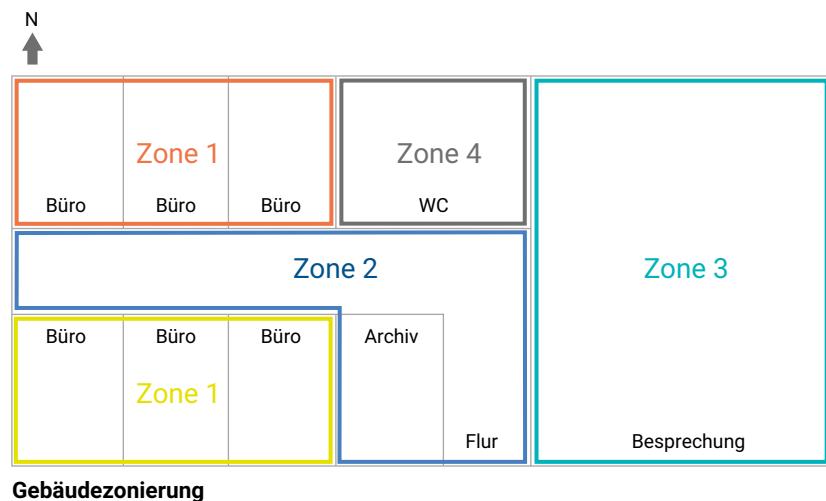
Nachfolgend sind die wesentlichen Teilungskriterien, die bei einer beleuchtungstechnischen Zonierung zu beachten sind, aufgeführt.

Teilungskriterien		
Kunstlicht	Tageslicht	Kontrollsysteme
Lampentyp	Tageslichtquotient	Präsenzerfassung
Vorschaltgerätetyp	Sonnen- und/oder Blendschutz	Konstantlichtregelung
Beleuchtungsart	Himmelsrichtung	Tageslichtabhängige Kontrolle
Raumindex	Lichttransmissionsgrad der Verglasung	

Tab. 29: Teilungskriterien

**Beispiel:**

Nachstehend sind für ein Bürogebäude sowohl das Ergebnis der Gebäudezonierung als auch das der beleuchtungstechnischen Zonierung dargestellt.



- Zone 1 (Büro): Beleuchtungsbereich Nord
- Zone 1 (Büro): Beleuchtungsbereich Süd
- Zone 2 (Flur/Archiv): Beleuchtungsbereich Flur
- Zone 2 (Flur/Archiv): Beleuchtungsbereich Archiv
- Zone 3 (WC): Beleuchtungsbereich WC
- Zone 4 (Besprechung): Beleuchtungsbereich Besprechung

**Abb. 68:** Bildung von Beleuchtungsbereichen

Obgleich Zone 1 sich in der Kunstlichtausstattung nicht unterscheidet, ist sie grundsätzlich in zwei Berechnungsbereiche aufzuteilen, da die Tageslichtnutzung aufgrund der unterschiedlichen Himmelsrichtung differiert (siehe hierzu auch Abschnitt 10.3.1). Die Aufteilung der Zone 2 ergibt sich aus den unterschiedlichen Lampentypen.

## 10.2 Kunstlichtversorgung

Die energetische Qualität der Kunstlichtversorgung wird durch die spezifische elektrische Bewertungsleistung ausgedrückt. Für deren Ermittlung stehen innerhalb der DIN V 18599 verschiedene Verfahren zur Verfügung.

Verfahren zur Bewertung der Kunstlichtversorgung		
Verfahren	Genauigkeit	Aufwand
Tabellenverfahren	gering ↓ hoch	gering ↓ hoch
Vereinfachtes Wirkungsgradverfahren		
Fachplanung/ Simulation		

Tab. 30: Verfahren zur Bewertung der Kunstlichtversorgung

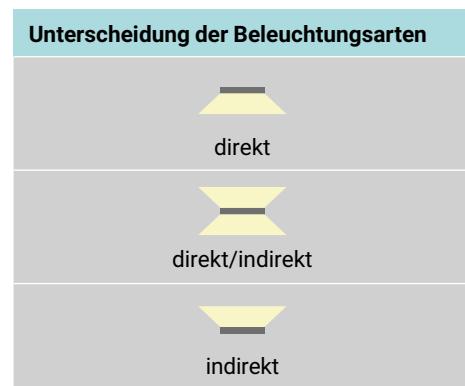
Das Standardverfahren ist das Tabellenverfahren. Dessen Anwendung ist im Vergleich mit den anderen Methoden mit dem geringsten Aufwand verbunden, verfügt jedoch auch über die geringste Genauigkeit. Zusätzlich besteht bei Bestandsanlagen noch die Möglichkeit, die installierte Leistung vor Ort zu erfassen.

### 10.2.1 Tabellenverfahren

Die spezifische elektrische Bewertungsleistung  $p_j$  in  $\text{W}/\text{m}^2$  wird bei Anwendung des Tabellenverfahrens folgendermaßen ermittelt:

$$p_j = p_{j,lx} \cdot \bar{E}_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_{VB} \cdot k_L$$

$p_{j,lx}$  Rechenwert für die spezifische elektrische Bewertungsleistung in Abhängigkeit der Beleuchtungsart in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{lx})$



Tab. 31: Unterscheidung der Beleuchtungsarten

Beleuchtungsart	Spezifische elektrische Bewertungsleistung $p_{j,lx}$ in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{lx})$											
	Raumindex											
	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5
direkt	0,045	0,041	0,037	0,035	0,033	0,029	0,027	0,025	0,024	0,023	0,022	0,021
direkt/indirekt	0,067	0,059	0,053	0,049	0,045	0,039	0,036	0,032	0,029	0,028	0,026	0,025
indirekt	0,122	0,105	0,090	0,080	0,071	0,058	0,050	0,044	0,039	0,037	0,035	0,033

Tab. 32: Spezifische elektrische Bewertungsleistung in Abhängigkeit der Beleuchtungsart und des Raumindex

Der Rechenwert  $p_{j,ix}$  wird in der Normenfassung 2018 bereits in Abhängigkeit des Raumindexes  $k$  angegeben. Der Raumindex kann für jedes Nutzungsprofil DIN V 18599-10, Tabelle 5 entnommen oder aus der realen Raumgeometrie berechnet werden:

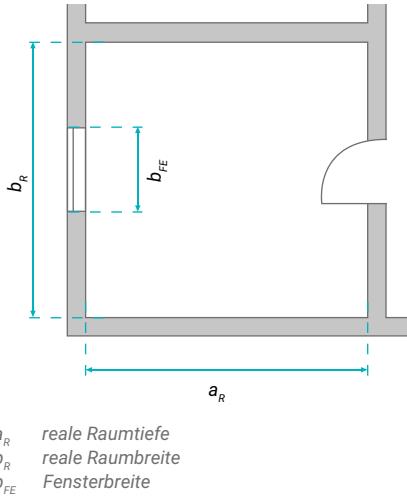
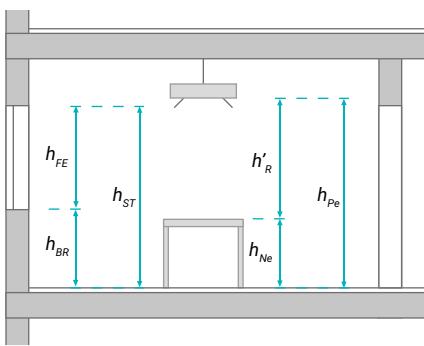


Abb. 69: Maßangaben im Grundriss [2]



$h_{FE}$  Fensterhöhe  
 $h_{BR}$  Brüstungshöhe  
 $h_{ST}$  Sturzhöhe  
 $h_{Ne}$  Höhe der Nutzebene  
 $h_{pe}$  Pendelhöhe  
 $h'_R$  Differenz aus  $h_{pe}$  und  $h_{Ne}$

Abb. 70: Maßangaben im Schnitt [2]

$$k = \frac{a_r \cdot b_r}{h' \cdot (a + b)}$$

$h'$  Differenz aus den Höhen der Leuchtenebene und der Nutzebene in m

Ergibt sich ein Raumindex von kleiner 0,6, dann kann vereinfachend der Rechenwert  $p_{j,ix}$  für  $k = 0,6$  verwendet werden. Der Raumindex  $k$  wird benötigt, um die dem Tabellenverfahren zugrunde gelegten repräsentativen Standardwerte des Raumwirkungsgrades anzupassen.

$\bar{E}_m$  Wartungswert der Beleuchtungsstärke in lx nach DIN V 18599-10, Tabelle 5

Der Wert variiert nutzungsabhängig zwischen 75 lx (Parkhäuser), 500 lx (z. B. Büoräume oder Werkstätten) und 1.000 lx (Bühnen).

$k_{WF}$  = 0,80/WF

Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung des Wartungsfaktors WF.

Durch den Wartungsfaktor nach DIN EN 12464-1 wird die Lichtstromabnahme einer Beleuchtungsanlage durch Alterungsprozesse berücksichtigt. Bei der Neuplanung einer Beleuchtungsanlage ergibt sich die tatsächlich zu installierende Beleuchtungsstärke (Neuwert) durch die Division des Wartungswerts mit dem Wartungsfaktor. Der Rechenwert  $p_{j,ix}$  hatte bis zur Normenfassung 2011 einen Wartungsfaktor 0,67 berücksichtigt. Der Anpassungsfaktor musste demnach mit Bezug auf diesen Wert ermittelt werden. In der Normenfassung 2018 berücksichtigt der Rechenwert  $p_{j,ix}$  nun einen Wartungsfaktor von 0,80.

$k_A$  Minderungsfaktor zur Berücksichtigung des Bereichs der Sehaufgabe nach DIN V 18599-10, Tabelle 5

Durch den Minderungsfaktor wird der Wartungswert der Beleuchtungsstärke auf einen bereichsbezogenen Mittelwert reduziert. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass der Wartungswert der Beleuchtungsstärke lediglich für den Bereich der Sehaufgabe und seine unmittelbare Umgebung einzuhalten ist, die spezifische elektrische Bewertungsleistung jedoch für die Fläche des gesamten Belechnungsbereiches ermittelt wird. Werden für ein Einzel- oder Gruppenbüro lediglich 84 Prozent der Nettogrundfläche für den Bereich der Sehaufgabe berücksichtigt, sind es für ein Großraumbüro 93 Prozent und für Verkehrsflächen 100 Prozent.

$k_{VB}$  Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung der Beleuchtung vertikaler Flächen nach DIN V 18599-10, Tabelle 5. Dieser berücksichtigt die Anpassung der installierten Leistung des Beleuchtungssystems auf Vorgaben an vertikale Beleuchtungsstärken. Dies trifft auf die in Tabelle 34 genannten Nutzungsprofile zu.

Für die Beleuchtung der vertikalen Tafelflächen in Schulklassenzimmern wird abweichend von der hier beschriebenen Vorgehensweise ein zusätzlicher jährlicher Endenergiebedarf für die Tafelbeleuchtung  $Q_{TB,nj} = 1,25 \cdot k_L \cdot A_j$  dem Endenergiebedarf  $Q_{lf,nj}$  hinzuaddiert.

Für alle anderen Nutzungsprofile nimmt der Anpassungsfaktor den Wert 1 an, d. h., es wird keine Anpassung vorgenommen.

$k_L$  Anpassungsfaktor Lampe. Der Anpassungsfaktor  $k_L$  wird benötigt, um die dem Tabellenverfahren zugrunde gelegten repräsentativen Standardwerte der Systemlichtausbeute anzupassen. Standardmäßig wird die Systemlichtausbeute einer stabförmigen Leuchtstofflampe mit elektronischem Vorschaltgerät angenommen. Alle anderen Typen werden dann durch den Anpassungsfaktor Lampe  $k_L$  abgebildet.

#### Anpassungsfaktor für die Beleuchtung vertikaler Flächen

Nutzungsprofil	Anpassungsfaktor $k_{VB}$
Einzelhandel/ Kaufhaus	1,5
Lager, Technik, Archiv	2,0
Bibliothek – Freihandbereich	1,7
Bibliothek – Magazin und Depot	2,0
Lager-, Logistikhallen	1,8

**Tab. 33:** Werte für den Anpassungsfaktor  $k_{VB}$  nach DIN V 18599-10

### Anpassungsfaktoren Lampenarten

Lampenart	$k_L$	Anmerkungen	Beispiel
Glühlampe	6,00	Überwiegende Verwendung im Wohnungsbau oder in bestehenden Nichtwohngebäuden ohne beleuchtungstechnische Sanierung; geringe Lichtausbeute (< 15 lm/W)	
Halogenglühlampe	5,00	Überwiegender Anwendungsbereich in Nichtwohngebäuden für Akzentbeleuchtung; bessere Lichtausbeute als Glühlampen	
Stabförmige Leuchtstofflampe mit	EVG		1,00 EVG: Elektronisches Vorschaltgerät VVG: Verlustarmes Vorschaltgerät
	VVG		1,14 KVG: Konventionelles Vorschaltgerät Effizienz ist abhängig vom Durchmesser der Leuchtstofflampe und vom Vorschaltgerät; hohe Effizienz bei T5-Lampen ( $\varnothing$ 16 mm) mit EVG; Lichtausbeute bis 110 lm/W.
	KVG		1,24
Stabförmige Leuchtstofflampe, T5, mit EVG	0,80	Gilt in Verbindung mit effizienten Reflektoren, mit einem Betriebswirkungsgrad der eingesetzten Leuchte $\eta_{lb} > 0,9$	
Kompakte Leuchtstofflampe mit externem	EVG	1,20	„Gebogene“ stabförmige Leuchtstofflampe mit geringerer Effizienz; durch Trennung der Komponenten ist im Wartungsfall nur das schadhafte Bauteil auszutauschen.
	VVG	1,40	
	KVG	1,50	
Kompakte Leuchtstofflampe mit integriertem EVG	1,60	Durch integriertes Vorschaltgerät ist ein Schraubgewinde möglich und somit für den Ersatz von Glühlampen geeignet.	
Metallhalogen-dampf-Hochdrucklampen mit	EVG	0,86	Anwendung in Hallengebäuden, als Architekturbeleuchtung oder im Straßenverkehr; gute Lichtausbeute und gute Farbwiedergabeeigenschaften
	KVG	1,00	
Natriumdampf-Hochdrucklampe	0,80	Vornehmliche Anwendung im Außenbereich; schlechte Farbwiedergabe	
Quecksilberdampf-Hochdrucklampe	1,70	Übliche Anwendung als Straßen- oder Industriebeleuchtung; gute Lichtausbeute; benötigt jedoch Aufheizphase	

Anpassungsfaktoren Lampenarten			
Lampenart	$k_L$	Anmerkungen	Beispiel
LED-Ersatzlampen, kolbenförmig (Retrofit-Produkte)	0,68	Ersatz für Glühlampen	
LED-Ersatzlampen, stabförmig (Retrofit-Produkte)	0,53	Ersatz für Leuchtstofflampen. Aufgrund der Konstruktionsweise von LED-Ersatzlampen haben diese eine zum Teil erheblich abweichende Lichtstärkeverteilung von den Lampen, die sie ersetzen. Sie sind daher auch nicht ideal abgestimmt auf die Leuchtenreflektoren, in die sie eingesetzt werden.	
LEDs in LED-Leuchten als Lichtbänder	0,44	Gilt für Leuchten, die speziell für das Leuchtmittel LED konstruiert wurden	
LEDs in sonstigen LED-Leuchten	0,49		

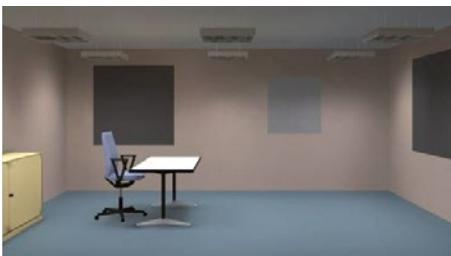
Tab. 34: Anpassungsfaktoren Lampenarten



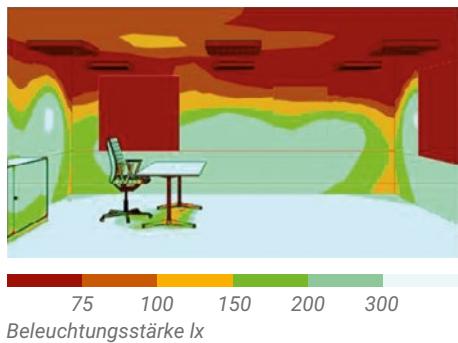
### 10.2.2 Vereinfachtes Wirkungsgradverfahren

Das vereinfachte Wirkungsgradverfahren nach DIN V 18599-4 basiert auf einer Anpassung des vorgenannten Rechenverfahrens. Es unterscheidet sich gegenüber dem Tabellenverfahren im Wesentlichen dadurch, dass durch die spezifische Be- trachtung der Systemlichtausbeute  $\eta_S$  in lm/W und des Betriebswirkungsgrads der eingesetzten Leuchte  $\eta_{LB}$  die Einbausituation besser abgebildet und Produkt- kennwerte verwendet werden können.

Das LiTG-Wirkungsgradverfahren der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft dient der überschlägigen Dimensionierung von Beleuchtungsanlagen in Räumen. Es ist geeignet, die Zahl der Leuchten und Lampen zu bestimmen, die zur Erreichung einer vor- gegebenen mittleren Beleuchtungs- stärke erforderlich sind. Nach diesem ersten Schritt kann noch eine genau- ere Berechnung folgen, die klärt, ob auch die Gleichmäßigkeitserfordernisse erfüllt sind und andere Bedingun- gen für eine gute Innenraumbeleuch- tung eingehalten werden. Das Wirkungsgradverfahren wird in der LiTG- Publikation Nr. 3.5 beschrieben. „Pro- jektierung von Beleuchtungsanlagen nach dem Wirkungsgradverfahren“ der Deutschen Lichttechnischen Gesell- schaft, LiTG e. V. [17]



**Abb. 71:** Leuchtdichtenverteilung



**Abb. 72:** Falschfarbendarstellung der Beleuchtungsstärke

### 10.2.3 Fachplanung

Die Erstellung eines detaillierten Raummodells mit oder ohne Einrichtungsgegenstände sowie die genaue Beschreibung des künstlichen Beleuchtungssystems liefern die größte Genauigkeit bei der Berechnung der elektrischen Anschlussleistung. Zusätzlich werden die Beleuchtungsstärke und die Leuchtdichte an jedem Punkt berechnet und dargestellt. Für die Berechnung mit einer entsprechenden Fachplanungssoftware sind jedoch wesentlich mehr Eingangsparameter erforderlich. Somit nehmen Berechnungen dieser Art auch einen wesentlich höheren Zeitaufwand in Anspruch.

### 10.2.4 Erfassen der installierten Leistung in bestehenden Gebäuden

Bei der Bewertung von Beleuchtungsanlagen im Bestand kann die tatsächlich installierte Systemleistung als elektrische Bewertungsleistung  $P_j$  herangezogen werden. Zur schnellen und vereinfachten Ermittlung der Gesamtleistung ist die jeweilige Lampenleistung um den Faktor  $k_{BG}$  zu erhöhen. Dieser bildet die zusätzliche Leistungsaufnahme der Betriebsgeräte ab. Sollten jedoch die Herstellerangaben zur Systemleistung der Bestandsanlage bekannt sein, so sind diese anstelle der vereinfachten Ermittlung zu verwenden.

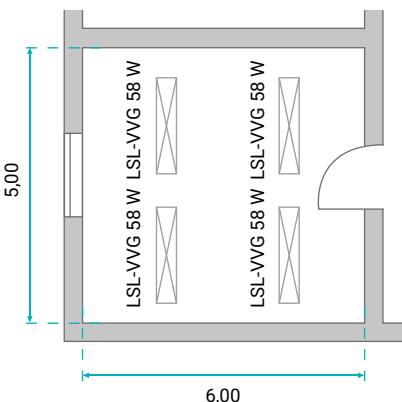
Faktor $k_{BG}$	
Lampenart	$k_{BG}$
Niedervolthalogenlampe mit Transformator	
stabförmige oder kompakte Leuchtstofflampe mit EVG	
Metallhalogendampf-Hochdrucklampe mit KVG	1,1
Natriumdampf-Hochdrucklampe mit KVG	
Quecksilberdampf-Hochdrucklampe mit KVG	
stabförmige oder kompakte Leuchtstofflampe mit KVG oder VVG	1,3

**Tab. 35:** Faktor  $k_{BG}$

Im Falle gleichartiger Räume und Beleuchtungsanlagen darf die in einem Raum ermittelte installierte Leistung auf alle Räume des Berechnungsbereichs umgelegt werden.

#### Beispiel

In einem Büraum befinden sich vier Langfeldleuchten mit je einer stabförmigen Leuchtstofflampe (58 W) und einem verlustarmen Vorschaltgerät. Die spezifische Bewertungsleistung ermittelt sich dann wie folgt:



**Abb. 73:** Beispiel Beleuchtung Büraum [2]

$$P_j = 1,3 \cdot 4 \cdot 58 \text{ W} = 301,6 \text{ W}$$

$$A_{NGF} = 5,00 \cdot 6,00 = 30,0 \text{ m}^2$$

$$p_j = 301,6 / 30,0 = 10,1 \text{ W/m}^2$$

## 10.3 Tageslichtversorgung

Tageslicht hat eine besondere Bedeutung für die psychische und physische Behaglichkeit des Menschen. Darüber hinaus ist Tageslicht auch eine erneuerbare Energie, da durch Tageslicht Kunstlicht ersetzt werden kann. Die Optimierung der Tageslichtversorgung im Bestand und im Neubau ist daher auch als energetische Planungsaufgabe zu verstehen. Die Einflussmöglichkeiten auf die Tageslichtversorgung im Bestand sind dabei deutlich geringer als im Neubau, aber auch dort kann eine Verbesserung der Lichtsituation erreicht werden.

Bei der Optimierung des Tageslichts ist ebenfalls die thermische Behaglichkeit zu berücksichtigen. Eine Überhitzung der Aufenthaltsräume im Sommer ist zu vermeiden. Bei der Optimierung der Tageslichtversorgung sollen folgende Zusammenhänge Berücksichtigung finden:

- | Die Tageslichtversorgung bei seitlicher Beleuchtung (vertikale Fassade) ist abhängig von der Raumgeometrie und der Fensteröffnung.
- | Für die Raumgeometrie ist das Verhältnis von Raumhöhe zu Raumtiefe maßgebend.
- | Fensterteile unterhalb der Höhe von Arbeits- und Nutzflächen tragen nur sehr wenig zur Tageslichtversorgung bei.
- | Je höher die Fenster eines Raumes in der Außenwand liegen, desto günstiger wirken sie sich aus, d. h., der Fenstersturz über einem Fenster sollte möglichst niedrig sein.

### Beispiel

Die Auswirkung der Fenstergeometrie auf die Tageslichtversorgung des Raumes soll an nachstehendem Beispiel erläutert werden.

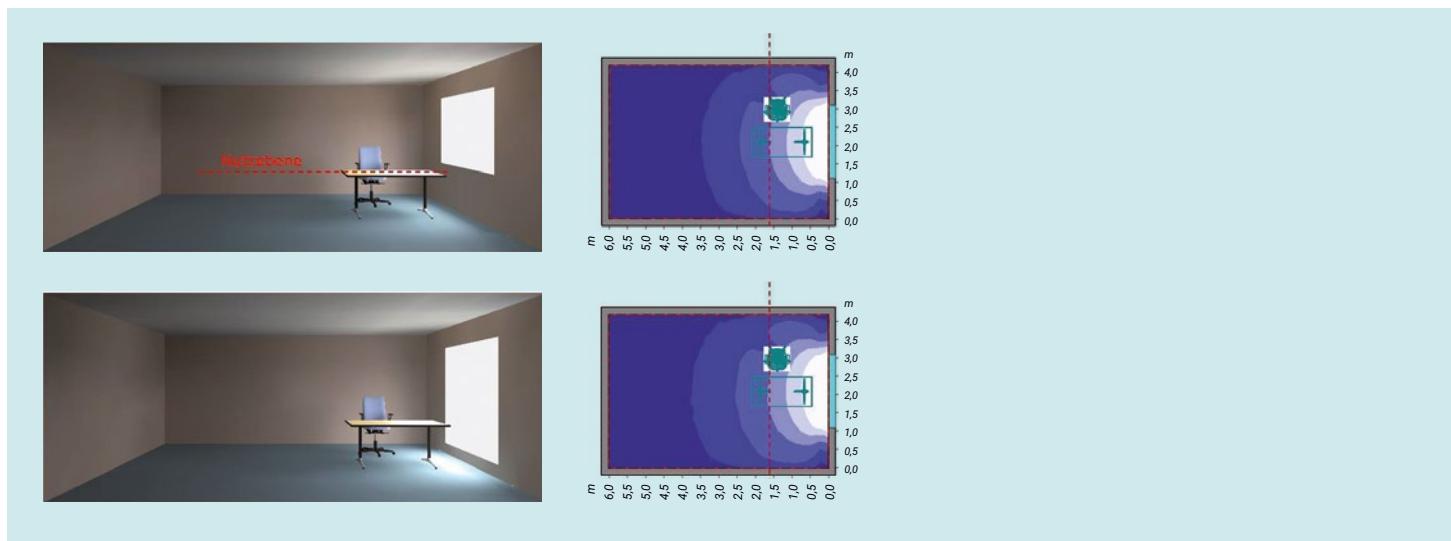


Abb. 74: Verteilung des Tageslichtquotienten auf Höhe der Nutzebene

Die Verteilung des Tageslichtquotienten (jeweils rechte Grafik) zeigt keine wesentliche Verbesserung durch die zusätzliche Fensteröffnung unterhalb der Nutzebene.



**Abb. 75:** Verbesserte Verteilung des Tageslichtquotienten auf Höhe der Nutzebene

Wird anstelle der bodentiefen Verglasung die Fensteröffnung durch eine Reduzierung der Sturzhöhe vergrößert, ergibt sich eine bessere Verteilung des Tageslichtquotienten.

Weiterhin gilt es zu beachten, dass

- | feste, über dem Fenster vorstehende Beschattungseinrichtungen den mittleren Tageslichtquotienten, insbesondere in Fensternähe, herabsetzen,
- | sich an Fensterplätzen nicht allzu hohe Verbauungen kaum auswirken, jedoch in der Raumtiefe,
- | verglaste Atrien sich im Allgemeinen ungünstig auf die Tageslichtverteilung in den angrenzenden Räumen auswirken und
- | für eine gleichmäßige Tageslichtversorgung Oberlichter besonders geeignet sind, jedoch bedarf es hier einer speziellen Beachtung des Sonnenschutzes.

Innerhalb der energetischen Bewertung von Gebäuden wird die Tageslichtversorgung durch den Tageslichtversorgungsfaktor berücksichtigt. Dieser wird in vier Verfahrensschritten ermittelt:

- | Unterteilung des Berechnungsbereiches in Bereiche mit und ohne Tageslichtversorgung,
- | Klassifizierung der Tageslichtversorgung in Abhängigkeit der baulichen Parameter,
- | Beschreiben der Fassadeneigenschaften und
- | Ermittlung der Tageslichtversorgungsfaktoren.

### 10.3.1 Ermittlung des tageslichtversorgten Bereichs

Für jeden Berechnungsbereich  $j$ , der über die Fassade mit Tageslicht versorgt wird, ist in der Regel eine Unterteilung in einen mit Tageslicht versorgten Bereich  $A_{TL,j}$  und in einen nicht mit Tageslicht versorgten Bereich  $A_{KTL,j}$  vorzunehmen. Die jeweiligen Flächenanteile werden wie folgt berechnet:

$$A_{TL,j} = a_{TL,j} \cdot b_{TL,j}$$

$a_{TL}$  Tiefe des Tageslichtbereichs in m; gemessen ab der raumseitigen Oberfläche der Außenwand senkrecht zur betrachteten Fassade.

$b_{TL}$  Breite des Tageslichtbereichs in m

In Fällen, in denen die reale Tiefe des Berechnungsbereichs  $a_R$  kleiner ist als die rechnerisch ermittelte maximale Tiefe des Berechnungsbereichs  $a_{TL,max}$ , ist als Tiefe des Tageslichtbereichs  $a_{TL}$  die reale Tiefe anzunehmen. In anderen Fällen ist  $a_{TL,max}$  als Tiefe des Tageslichtbereichs  $a_{TL}$  zu verwenden. Abweichend davon darf die reale Tiefe verwendet werden, wenn diese kleiner ist als  $1,25 \cdot a_{TL,max}$ . Es gilt daher:

$$a_R < 1,25 \cdot a_{TL,max} : a_{TL} = a_R$$

$$a_R > 1,25 \cdot a_{TL,max} : a_{TL} = a_{TL,max}$$

$a_R$  reale Tiefe des Raumes oder des Berechnungsbereichs in m

$a_{TL,max}$  maximale Tiefe des Berechnungsbereichs in m

$$a_{TL,max} = 2,5 \cdot (h_{St} - h_{Ne})$$

$h_{St}$  Sturzhöhe über dem Fußboden in m

$h_{Ne}$  Höhe der Nutzebene über dem Fußboden in m

Die Breite des Tageslichtbereichs ergibt sich aus der Breite der Fensteröffnungen und der halben Tiefe des Tageslichtbereichs. Sie darf aber nicht größer werden als die reale Breite des Raums bzw. des Berechnungsbereichs.

$$b_{TL} = \min(b_{FE} + 0,5 \cdot a_{TL}; b_R)$$

$b_{FE}$  Breite des Fensters in m

$b_R$  reale Breite des Raumes oder des Berechnungsbereichs in m

$$A_{KTL,j} = A_j - A_{TL,j}$$

$A_j$  Fläche des Berechnungsbereichs j in  $m^2$

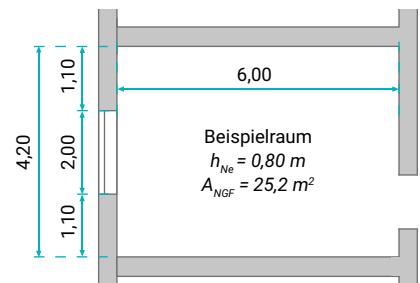
$$a_{TL,max} = 2,5 \cdot (2,20 - 0,80) = 3,50 \text{ m}$$

$$a_R/a_{TL,max} = 6,00/3,50 = 1,71 > 1,25$$

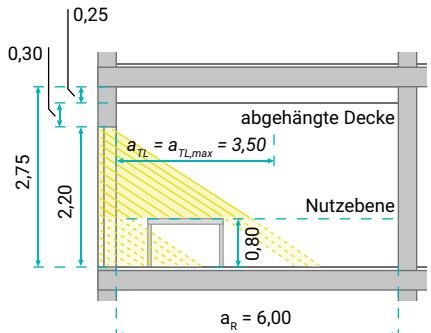
$$\rightarrow a_{TL} = 3,50 \text{ m}$$

Das Verhältnis von Raumtiefe und Tiefe des Tageslichtbereichs ist größer als 1,25. Somit darf nicht die gesamte Raumtiefe als tageslichtversorgt angenommen werden.

Unabhängig von der horizontalen Lage des Fensters darf der Wert  $0,5 \cdot a_{TL}$  – bis maximal der realen Raumbreite – bei der Ermittlung der tageslichtversorgten Breite berücksichtigt werden.

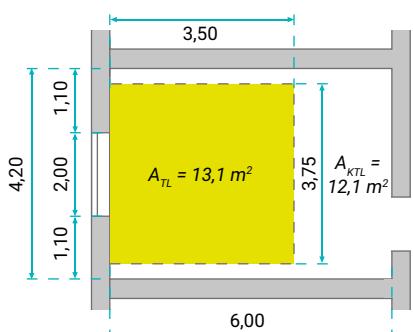


Grundriss

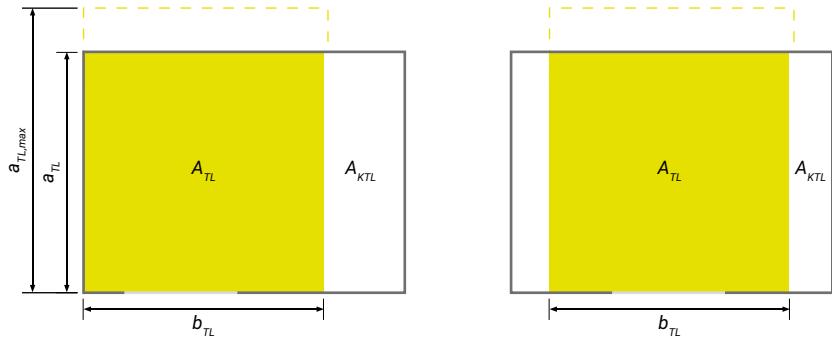


Schnitt mit Darstellung der tageslichtversorgten Tiefe

**Abb. 76:** Beispielhafte Berechnung der jeweiligen Faktoren zur Tageslichtversorgung



**Abb. 77:** Tageslichtversorgte Fläche

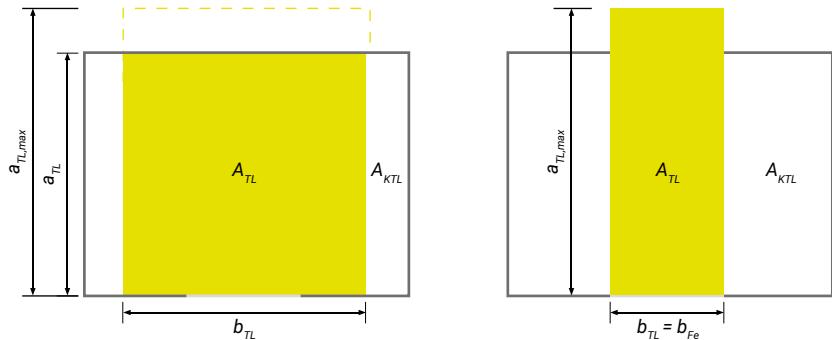


**Abb. 78:** Unabhängig von der Position des Fensters bleibt die Größe  $A_{TL}$  gleich

$$b_{TL} = \min(2,00 + 0,5 \cdot 3,50; 4,20)$$

$$b_{TL} = 3,75 \text{ m}$$

Die Ermittlung des tageslichtversorgten Bereichs kann grundsätzlich nicht automatisch erfolgen. Daher arbeiten einige Softwareprodukte mit vereinfachten Modellen. Die Breite des Bereichs mit Tageslichtversorgung  $b_{TL}$  wird darin auf die Breite des Fensters  $b_{FE}$  begrenzt. Die Tiefe des tageslichtversorgten Bereichs wird mit  $a_{TL,max}$  angesetzt. Dabei wird die tatsächliche Raumtiefe  $a_R$  außer Betracht gelassen. Jedem Fenster wird somit ein Tageslichtbereich zugewiesen. Mit dieser Vorgehensweise wird der Anteil der Tageslichtversorgung zwar unterschätzt, allerdings vereinfacht sich der Eingabeaufwand, da beispielsweise die Differenzierung nach der Orientierung, siehe Tabelle Teilungskriterien, entfällt.



**Abb. 79:** Vereinfachte Ermittlung der tageslichtversorgten Fläche  $A_{TL}$

$$A_{TL} = 3,50 \cdot 3,75 = 13,1 \text{ m}^2$$

$$A_{KTL} = 25,2 - 13,1 = 12,1 \text{ m}^2$$

Die Tageslichtversorgung bezieht sich immer auf die Nutzebene  $h_{Ne}$ , d. h., dass Fensterflächenanteile unterhalb der Nutzebene für die Bewertung der Tageslichtversorgung eines Raumes nicht berücksichtigt werden.

Auch in Fällen, in denen die Brüstungshöhe die Höhe der Nutzebene übersteigt, wird die Tiefe des tageslichtversorgten Bereichs bezogen auf die Höhe der Nutzebene ermittelt. Die Korrektur der kleineren Fensterfläche erfolgt in einem späteren Schritt bei der Ermittlung des Tageslichtquotienten  $D_{Rbj}$ .

### 10.3.2 Ermittlung des Tageslichtquotienten

In Räumen mit Fenstern kann das Tageslicht dazu beitragen, die für die Sehauflage erforderliche Beleuchtung bereitzustellen. Der Anteil des im Außenraum zur Verfügung gestellten Tageslichts, der im Innenraum genutzt werden kann, wird durch den Tageslichtquotient  $D_{Rb,j}$  abgebildet. Die Klassifizierung der Tageslichtversorgung erfolgt vereinfachend in vier Stufen. Bei Tageslichtquotienten > 10 Prozent besteht jedoch die Gefahr der sommerlichen Überhitzung, wenn es sich um Systeme ohne ausreichende Sonnenschutzfunktion handelt.

Tageslichtquotient	
Tageslichtquotient $D_{Rb,j}$	Klassifizierung der Tageslichtversorgung
$D_{Rb,j} \geq 6\%$	gut
$6\% > D_{Rb,j} \geq 4\%$	mittel
$4\% > D_{Rb,j} \geq 2\%$	gering
$D_{Rb,j} < 2\%$	keine

Tab. 36: Tageslichtquotient

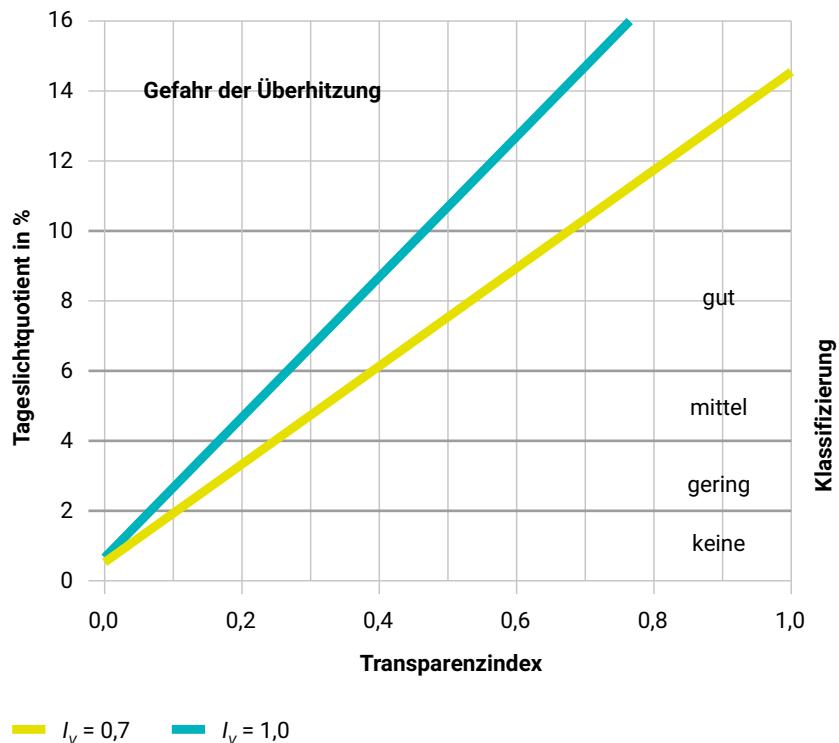
Bezogen auf das Maß der Rohbauöffnungen ermittelt sich der Tageslichtquotient in Prozent für den Berechnungsbereich  $j$  wie folgt:

$$D_{Rb,j} = \max((4,13 + 20 \cdot I_{Tr,j} - 1,36 \cdot I_{Rt,j}) \cdot I_{Vj}; 0)$$

Parameter zur Berechnung des Tageslichtquotienten		
Transparenzindex $I_{Tr}$	Raumtiefenindex $I_{Rt}$	Verbauungsindex $I_V$
<p>Der Transparenzindex <math>I_{Tr,j}</math> wird durch das Verhältnis der Fläche der Rohbauöffnung (oberhalb der Nutzebene) <math>A_{Rb}</math> zur tageslichtversorgten Fläche <math>A_{TL,j}</math> abgebildet.</p> <p>Je größer der Index, desto größer wird auch der Tageslichtquotient.</p>	<p>Der Raumtiefenindex <math>I_{Rt,j}</math> kann im Regelfall den Wert 2,5 nicht überschreiten. Er ist ein Korrektiv für die Lage der Nachweisachse des Tageslichtquotienten. Diese wird bei <math>0,5 \cdot a_{TL}</math> angelegt.</p> <p>Bei Raumsituationen mit <math>a_R &lt; a_{TL,max}</math> wird der Raumtiefenindex kleiner und der Tageslichtquotient größer, da die Nachweisachse näher an die Fassade rückt.</p>	<p>Durch den Verbauungsindex <math>I_V</math> wird die reduzierte Tageslichtnutzung infolge von Auskragungen und linearer Verbauung sowie von Atrien, Innenhöfen und Glasdoppelfassaden berücksichtigt.</p> <p>Tendiert der Verbauungsindex gegen null, dann ist auch keine Tageslichtversorgung möglich.</p> <p>Sofern keine detaillierten Werte bekannt sind, schlägt DIN V 18599-4 einen Standardwert von 0,7 vor.</p>

Tab. 37: Parameter zur Berechnung des Tageslichtquotienten

Im nachstehenden Diagramm ist der Ansatz für die Ermittlung des Tageslichtquotienten in Abhängigkeit des Transparenzindexes für einen Verbauungsindex von 0,7 (Standardwert) und 1,0 (keine Verschattung) ausgewertet. Dabei wird angenommen, dass die tageslichtversorgte Tiefe  $a_{TL,max}$  zur Verfügung steht.



**Abb. 80:** Abhängigkeit des Tageslichtquotienten vom Transparenz- und Verbauungsindex

Aus dem Diagramm wird deutlich, dass einerseits der Einfluss der Verbauung hoch ist und andererseits bereits ab einem Transparenzindex von 0,3, d. h. 0,3 m<sup>2</sup> Rohbauöffnung je 1 m<sup>2</sup> tageslichtversorger Fläche, eine gute Tageslichtversorgung möglich ist.

Für die Ermittlung des Verbauungsindexes werden maßgeblich die Anpassungsfaktoren für die lineare Verbauung, horizontale und vertikale Auskragung benötigt. Der Winkel für die lineare Verbauung kann entweder über mehrere Geschosse hinweg für eine ganze Fassade oder auch für jedes einzelne Geschoss ermittelt werden. Soll eine geschossweise Ermittlung erfolgen, müssen auch die beleuchtungstechnischen Berechnungsbereiche geschossweise angelegt werden.

Verbauung		
Lineare Verbauung	Horizontale	Vertikale
	Auskragung	
Fassadenschnitt	Fassadenschnitt	Grundriss
$\text{Für } \gamma_{V,V} < 60^\circ:$ $I_{V,V} = \cos(1,5 \cdot \gamma_{V,V})$ Sonst: $I_{V,V} = 0$	$\text{Für } \gamma_{V,hA} < 67,5^\circ:$ $I_{V,hA} = \cos(1,33 \cdot \gamma_{V,hA})$ Sonst: $I_{V,hA} = 0$	$I_{V,vA} = 1 - \frac{\gamma_{V,vA}}{300^\circ}$

Tab. 38: Verbauung [2]

Eine Auswertung der Verbauungswinkel zeigt, dass insbesondere die lineare Verbauung und die horizontale Auskragung einen starken Einfluss auf den Verbauungsindex haben.

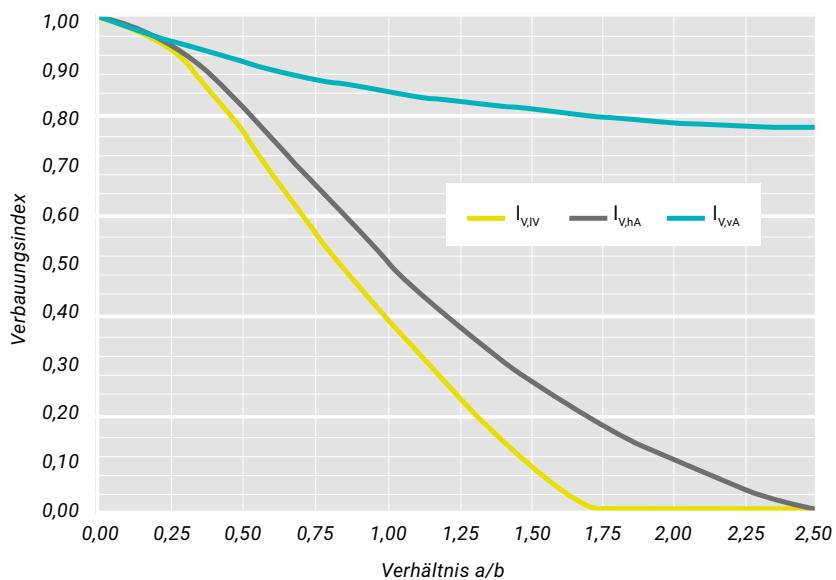
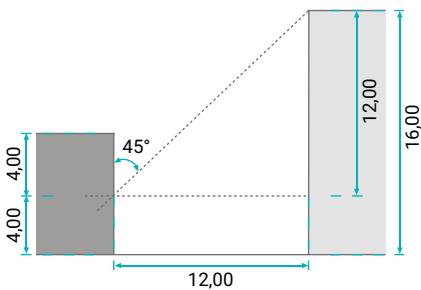


Abb. 81: Diagramm Verbauungsindex



**Abb. 82:** Beispiel zur linearen Verbauung (Schnitt)

#### Beispiel: lineare Verbauung

Der Tageslichtquotient  $D_{R0}$  soll hier, wenn keine Verbauung ( $I_v = 1,0$ ) berücksichtigt werden soll, 5 Prozent betragen. Die Klassifizierung erfolgt in „mittel“.

Mit Berücksichtigung der Verbauung ergibt sich für das Beispiel bei einem Verhältnis  $a/b$  von 1,0 somit ein Verbauungsindex für lineare Verbauung von 0,38. Der Tageslichtquotient mit Berücksichtigung des Verbauungsindexes beträgt dann nur noch  $0,38 \cdot 5\% = 1,9\%$ . Entsprechend der Klassifizierung wäre somit keine Tageslichtversorgung mehr gegeben.

#### 10.3.3 Beschreiben der Fassadeneigenschaften

Die Fassadeneigenschaften werden durch den effektiven Lichttransmissionsgrad  $\tau_{eff}$  beschrieben, der wiederum auf dem Lichttransmissionsgrad der Fassadenverglasung für senkrechten Lichteinfall  $\tau_{D65}$  basiert. Anhaltswerte dafür sind in nachstehender Tabelle angegeben.

Lichttransmissionsgrad	
Verglasungsart	$\tau_{D65}$
Einfachverglasung ( $U_g = 5,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , $g = 87\%$ )	0,90
Zweifach-Wärmeschutzverglasung ( $U_g = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , $g = 60\%$ )	0,80
Zweifach-Sonnenschutzverglasung ( $U_g = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , $g = 37\%$ )	0,67
Dreifach-Wärmeschutzverglasung ( $U_g = 0,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , $g = 50\%$ )	0,70
Dreifach-Sonnenschutzverglasung ( $U_g = 0,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , $g = 34\%$ )	0,63

**Tab. 39:** Lichttransmissionsgrad

Diese Werte gelten für den Zustand des nicht aktivierten Sonnen- und/oder Blendschutzes. Eine detaillierte Berechnung für den Zustand des aktvierten Sonnen- und/oder Blendschutzes erfolgt im Regelfall nicht. Vielmehr wird der Sonnen- und/oder Blendschutz zusammen mit dem Tageslichtversorgungsfaktor  $C_{TL,Vers,j}$  unter Berücksichtigung von Systemlösungen betrachtet.

Tageslichtversorgungsfaktor		
Systemlösung	$C_{TL,Vers,SA,j}$	
<p><b>Nur Blendschutz:</b> Systeme, die Blendschutz nach den für das Nutzungsprofil geltenden einschlägigen Bestimmungen, z. B. Bildschirmarbeitsverordnung, bereitstellen, einschließlich manuell betriebener Lamellenbehänge</p> <p><b>Beispiele:</b> Innen liegender vertikaler Lamellenbehang      Außen liegender horizontaler Lamellenbehang</p>  <p>Quelle: <a href="http://www.rollorieper.de">www.rollorieper.de</a></p>	0,15	
<p><b>Automatisch betriebene Sonnen- und/oder Blendschutzsysteme:</b> Tageslichtabhängig rückziehbare Sonnen- und/oder Blendschutzsysteme; Lamellenbehänge, bei denen nach dem Herunterfahren die Lamellen automatisch wieder geringfügig geöffnet werden, sodass die Lichttransmission gegenüber dem vollständig geschlossenen Behang erhöht ist</p>	0,40	
<p><b>Lichtlenkende Systeme (ohne zusätzliche Sonnen- und/oder Blendschutzsysteme):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Lamellenbehänge im Cut-off-Betrieb: Im sogenannten Cut-off-Betrieb werden die Lamellen sonnenstandsabhängig so ausgerichtet, dass direkter Sonnenlichteintrag durch die Fassade gerade vermieden wird, diffuses Tageslicht aber eindringen kann.</li> <li>■ Lichtlenkgläser: Fassadensysteme, die Gläser nutzen, die bei einer im Azimutwinkel senkrechten Besonnung unter 35° mindestens 30 Prozent des einfallenden Direktlichts in den oberen Viertelraum lenken</li> <li>■ Tageslichtlenkende außen liegende Lamellenbehänge</li> <li>■ Tageslichtlenkende innen liegende Lamellenbehänge im Scheibenzwischenraum oder im Spalt von Glasdoppelfassaden</li> </ul> <p><b>Beispiele:</b> Innen liegender Sonnen-/Blendschutz      Außen liegender Sonnen-/Blendschutz</p>  <p>Quelle: <a href="http://www.warema.de">www.warema.de</a></p>	0,60	
Kein Sonnen- und/oder Blendschutz	0,70	

**Tab. 40:** Tageslichtversorgungsfaktor bei aktiviertem Sonnen- und/oder Blendschutz

## 10.4 Kontrollsysteme

Die einfachste Regelung eines Beleuchtungssystems in einem Gebäude ist der Schalter mit der Funktion An/Aus. Dieser kann dezentral (raumweise) und/oder zentral (raumübergreifend) eingesetzt werden. Der Schalter kann entweder manuell durch den Nutzer betätigt oder zeitabhängig elektronisch geschaltet werden. Eine solche Art der Regelung berücksichtigt jedoch weder die An- oder Abwesenheit von Personen noch die durch das Tageslicht zur Verfügung gestellte Beleuchtungsstärke.

### 10.4.1 Tageslichtabhängige Kontrollsysteme

Die Verwendung von tageslichtabhängigen Systemen dient der optimierten Tageslichtnutzung. Sie messen die Beleuchtungsstärke in einem Raum, um bei Unterschreitung eines vorgegebenen Sollwerts die Beleuchtung einzuschalten bzw. bei Überschreitung dieses Wertes auszuschalten. Bei Systemen zur Tageslichtsteuerung kann zwischen gedimmten und nicht gedimmten Systemen sowie zwischen vollständig autarken Systemen und solchen mit manuellem Einfluss unterschieden werden. Der Einsatz einer Tageslichtsteuerung ist insbesondere für Aufenthaltsräume mit moderater Tageslichtversorgung und hohen Anforderungen an die Beleuchtungsstärke anzuraten.

Im Rahmen der energetischen Bilanzierung ist der Einfluss der tageslichtabhängigen Kontrollsysteme abhängig von dem Wartungswert der Beleuchtungsstärke, der Tageslichtversorgung und der Kontrollart. In der DIN V 18599-4 werden grundsätzlich folgende Arten unterschieden:

#### Tageslichtabhängig ein-/ausschaltende Systeme

Bei Erreichen des Wartungswertes der Beleuchtungsstärke am Nachweisort der Beleuchtungsstärke durch das Tageslicht wird das Kunstlicht ausgeschaltet. Ein Wiedereinschalten erfolgt automatisch bei Unterschreiten des Wartungswertes der Beleuchtungsstärke durch Tageslicht.

Diese Systeme werden aufgrund eines ständigen Ein- und Ausschaltens der Kunstlichtanlage von Nutzern häufig außer Betrieb gesetzt.

#### Tageslichtabhängig stufenweise ein-/ausschaltende Systeme

Bis zum Erreichen des Wartungswertes der Beleuchtungsstärke am Nachweisort der Beleuchtungsstärke durch das Tageslicht wird das Kunstlicht stufenweise ausgeschaltet. Ein Wiedereinschalten erfolgt stufenweise automatisch bei Unterschreiten des Wartungswertes der Beleuchtungsstärke durch Tageslicht.

#### Tageslichtabhängig ausschaltende Systeme

Bei Erreichen des Wartungswertes der Beleuchtungsstärke am Nachweisort der Beleuchtungsstärke durch das Tageslicht wird das Kunstlicht ausgeschaltet. Ein Wiedereinschalten erfolgt manuell.

Diese Systeme weisen ein großes Energieeinsparpotenzial auf. Allerdings ist die Erfüllung der Beleuchtungsanforderungen in Arbeitsräumen aufgrund des Schaltverhaltens der Nutzer nicht sichergestellt.

#### Tageslichtabhängig gedimmte Systeme, nicht abschaltend, wiedereinschaltend

Systeme, die während der Nutzungszeiten (Zeiten mit ausreichend Tageslicht) die Kunstlichtanlage bis auf die niedrigste Dimmstufe herunterdimmten, die Anlage jedoch nicht ausschalten und somit eine elektrische Leistungsaufnahme haben („Standby-Verluste“). Die Wiedereinschaltung erfolgt automatisch.

#### Tageslichtabhängig gedimmte Systeme, abschaltend, wiedereinschaltend

Systeme, die während der Nutzungszeiten (Zeiten mit ausreichend Tageslicht) die Kunstlichtanlage bis auf die niedrigste Stufe herunterdimmten und abschalt-

ten und somit keine elektrische Leistungsaufnahme haben. Die Wiedereinschaltung erfolgt automatisch.

#### **Tageslichtabhängig gedimmte Systeme, nicht abschaltend, nicht wiedereinschaltend**

Wie System „Tageslichtabhängig gedimmte Systeme, nicht abschaltend, wiedereinschaltend“, es erfolgt jedoch keine automatische Wiedereinschaltung.

Diese Systeme weisen ein großes Energieeinsparpotenzial auf. Allerdings ist die Erfüllung der Beleuchtungsanforderungen in Arbeitsräumen aufgrund des Schaltverhaltens der Nutzer nicht sichergestellt.

#### **Tageslichtabhängig gedimmte Systeme, abschaltend**

Wie System „Tageslichtabhängig gedimmte Systeme, nicht abschaltend, nicht wiedereinschaltend“, es erfolgt jedoch keine automatische Wiedereinschaltung.

Diese Systeme weisen ein großes Energieeinsparpotenzial auf. Allerdings ist die Erfüllung der Beleuchtungsanforderungen in Arbeitsräumen aufgrund des Schaltverhaltens der Nutzer nicht sichergestellt.

### **10.4.2 Präsenzabhängige Kontrollsysteme**

Im Gegensatz zur manuellen Regelung erfasst eine Präsenzsteuerung die Anwesenheit von Personen. Die Steuerung erfolgt üblicherweise über Wärmebewegung. Die Erfassungsreichweite als auch die Schaltdauer sind einstellbar. Eine Präsenzsteuerung kann insbesondere für unregelmäßig frequentierte Bereiche mit keiner oder einer nur sehr geringen Tageslichtversorgung empfohlen werden.

Die Faktoren zur Berücksichtigung einer präsenzabhängigen Kontrolle sind in nachstehender Tabelle angegeben. Sie zeigen, dass im Rahmen der energetischen Bewertung die manuelle Kontrolle mit dem Wert 0,50 bewertet wird, d. h., dass der Nutzer während der Hälfte der Zeit seiner Abwesenheit das Licht manuell ausschaltet.

<b>Präsenzabhängige Kontrollsysteme</b>	
<b>Kontrollsysteem</b>	<b><math>C_{Prä,kon,j}</math></b>
Ohne Präsenzmelder	0,50
Räume ohne Präsenzmelder mit einer relativen Abwesenheit $C_A > 0,90$ . Ausgenommen Nutzung 16 „WC- und Sanitärräume in NWG“	0,95
Mit Präsenzmelder	

**Tab. 41:** Präsenzabhängige Kontrollsysteme

### **10.4.3 Konstantlichtregelung**

Ähnlich einer tageslichtabhängigen Regelung funktioniert die sogenannte Konstantlichtregelung. Die Konstantlichtregelung ist jedoch auch in nicht tageslichtversorgten Bereichen und zu Nachtzeiten wirksam. Denn Konstantlichtregelungen ermöglichen es, die installierte Beleuchtungsstärke – einer neu installierten Beleuchtungsanlage bzw. nach einer erfolgten Wartung – innerhalb eines Wartungsintervalls auf den Wartungswert herunterzudimmen und somit gegenüber einem ungeregelten Betrieb Energie einzusparen. Das Beleuchtungssystem ist hierfür mit dimmbaren elektronischen Vorschaltgeräten und einem Konstantlichtregelkreis auszustatten.

Der Faktor zur Berücksichtigung der Konstantlichtkontrolle  $F_{KLj}$  wird in Abhängigkeit des Wartungsfaktors WF und des Faktors zur Beschreibung der Effizienz der Konstantlichtkontrolle  $C_{KLj}$  berechnet. Für letzteren sieht die Norm noch keine Standard- oder Anhaltswerte vor. Es gilt daher zunächst  $C_{KLj} = 1$ .

## 10.5 Aufwandszahlen für Beleuchtungszwecke

Der Struktur der DIN V 18599 folgend können auch für die Beleuchtung Aufwandszahlen ermittelt werden. Somit ist eine Differenzierung von Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung möglich. Die Berechnung der Aufwandszahlen nimmt jedoch keinen Einfluss auf die Bestimmung des Endenergiebedarfs, noch ändert sich die Berechnungsmethodik.

Die Aufwandszahl für Beleuchtungszwecke  $e_{i,j}$  ist definiert durch das Verhältnis von End- zu Nutzenergiebedarf. Da sich jedoch kein Nutzenergiebedarf für Beleuchtung berechnen lässt, musste eine Referenzbeleuchtung festgelegt werden. Daher ist die Aufwandszahl für Beleuchtungszwecke nicht mit den Aufwandszahlen anderer technischer Gewerke vergleichbar. Die Berechnung der Aufwandszahl erfolgt mittels Betrachtung von Teilaufwandszahlen der Einzeleinflüsse.

$$e_{i,j} = e_{i,KL,j} \cdot e_{i,Prä,kon,j} \cdot e_{i,TL,kon,j} \cdot e_{i,K,j}$$

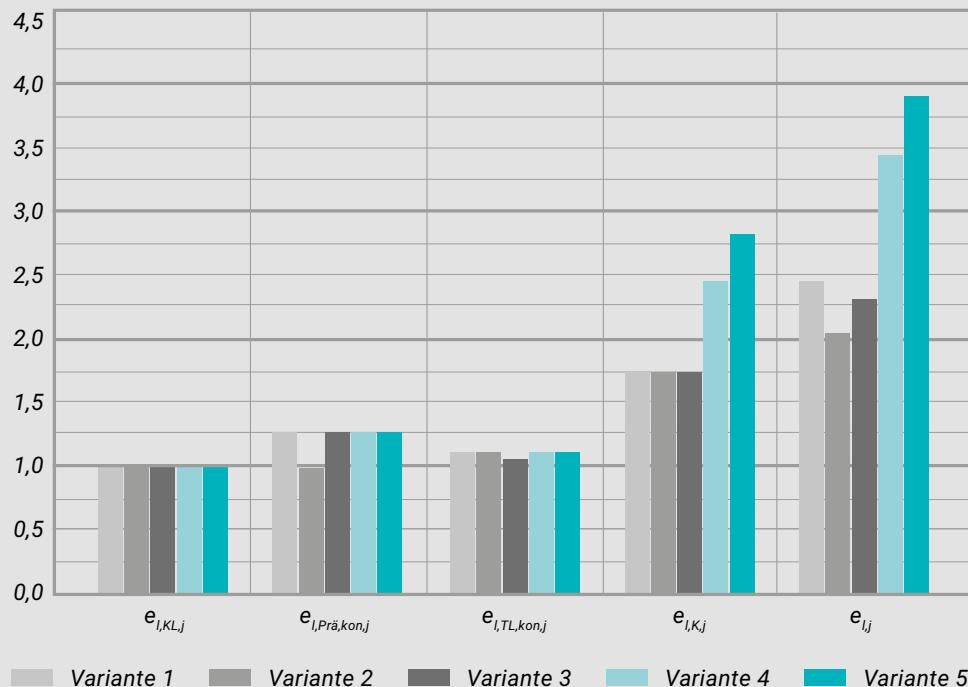
Teilaufwandszahlen und Einflussgrößen	
Teilaufwandszahl für	Maßgebliche Einflussgrößen
Konstantlichtregelung $e_{i,KL,j}$	Faktor zur Beschreibung der Effizienz der Konstantlichtkontrolle $C_{KL,j}$ ; derzeit 1
Präsenzerfassung $e_{i,Prä,kon,j}$	Faktor zur Beschreibung der Effizienz der Präsenzkontrolle $C_{Prä,kon,j}$
Tageslichtabhängige Kontrolle $e_{i,TL,kon,j}$	Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Beleuchtungskontrollsystems $C_{TL,kon,j}$
Künstliches Beleuchtungssystem $e_{i,K,j}$	Anpassungsfaktor $k_R$ zur Berücksichtigung des Einflusses der Raumauslegung, Anpassungsfaktor $k_L$ für nicht stabförmige Leuchtstofflampen und spezifische elektrische Bewertungsleistung $p_{j,lx}$

**Tab. 42:** Teilaufwandszahlen und Einflussgrößen

Alle Teilaufwandszahlen können unmittelbar aus der energetischen Bewertung nach Tabellenverfahren oder dem vereinfachten Wirkungsgradverfahren ermittelt werden.

Für den Beispielraum aus Abschnitt 10.3.1 soll die Aufwandszahl ermittelt werden. Die Nutzung wird als Einzelbüro angenommen. Der Raum soll eine mittlere Tageslichtversorgung aufweisen und keinen Sonnenschutz (nur Blendschutz) haben.

Teilaufwandszahlen				
Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
ohne Präsenzmelder	<b>mit Präsenzmelder</b>	ohne Präsenzmelder	ohne Präsenzmelder	ohne Präsenzmelder
ohne Tageslicht-kontrolle	ohne Tageslicht-kontrolle	<b>mit Tageslicht-kontrolle (dimmbar, abschaltend)</b>	ohne Tageslicht-kontrolle	ohne Tageslicht-kontrolle
stabförmige Leucht-stofflampe mit EVG	stabförmige Leucht-stofflampe mit EVG	stabförmige Leucht-stofflampe mit EVG	stabförmige Leucht-stofflampe mit EVG	<b>Kompakteuchtstofflampe mit integriertem Vorschaltgerät</b>
direkte Beleuchtungsart	direkte Beleuchtungsart	direkte Beleuchtungsart	<b>direkte/indirekte Beleuchtungsart</b>	direkte Beleuchtungsart



- $e_{ij}$  Aufwandszahl für Beleuchtungszwecke  
 $e_{i,KL,j}$  Teilaufwandszahl für Konstantlichtregelung  
 $e_{i,Prä,kon,j}$  Teilaufwandszahl für Präsenzerfassung  
 $e_{i,TL,kon,j}$  Teilaufwandszahl für tageslichtabhängige Kunstlichtkontrolle  
 $e_{i,Kj}$  Teilaufwandszahl für das künstliche Beleuchtungssystem

**Tab. 43:** Teilaufwandszahlen

Die Teilaufwandszahlen der Beleuchtung zeigen, dass für das betrachtete Beispiel die Kontrollsysteme nur einen geringen Einfluss nehmen. Dagegen wirken sich die Beleuchtungs- und die Lampenart wesentlich auf die Aufwandszahl aus.

# 11 Bilanzierung der Stromerzeugung stromproduzierender Anlagen

## 11.1 Hintergrund

Die DIN V 18599 beschäftigt sich in Teil 9 „End- und Primärenergiebedarf von stromproduzierenden Anlagen“ mit der Bilanzierung der Stromerzeugung stromproduzierender Anlagen, die im oder am Gebäude betrieben werden können. Aufgrund ihrer Marktbedeutung werden KWK-Systeme, Windenergieanlagen und PV-Systeme behandelt. Andere stromerzeugende Techniken, wie z. B. Kleinwasserkraftanlagen, sind wegen der geringen Relevanz für den Gebäuderbereich nicht abgebildet.



**Hinweis:** Die in der Monatsbilanz nach GEG anrechenbaren Werte des erzeugten Stroms sind keinesfalls als selbst genutzte Anteile zu interpretieren. So werden auch bei einer ausgeglichenen Monatsbilanz erzeugte Anteile ins Netz eingespeist und zu anderen Zeiten wird Strom aus dem Netz bezogen, da Erzeugung und Bedarf unterschiedliche Zeitprofile aufweisen.

Den Rahmen für eine Anrechnung der Stromerzeugung in der Gebäudebilanz gibt aktuell § 23 des GEG vor. Danach darf Strom aus erneuerbaren Energien vom berechneten Primärenergiebedarf der Energiebilanz abgezogen werden, sofern er im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zum Gebäude erzeugt und vorrangig im Gebäude selbst genutzt wird. Da die DIN V 18599 nur eine monatliche Berechnung sowohl der Stromerzeugung als auch des -bedarfs ermöglicht, erfolgt die bilanzielle Verrechnung ebenfalls auf Monatsebene. Der in jedem Monat erzeugte Strom wird vom errechneten Strombedarf abgezogen. Negative Werte sind dabei nicht zulässig, über den monatlichen Strombedarf hinaus erzeugte Strommengen wirken sich dadurch in der Bilanz nicht aus.

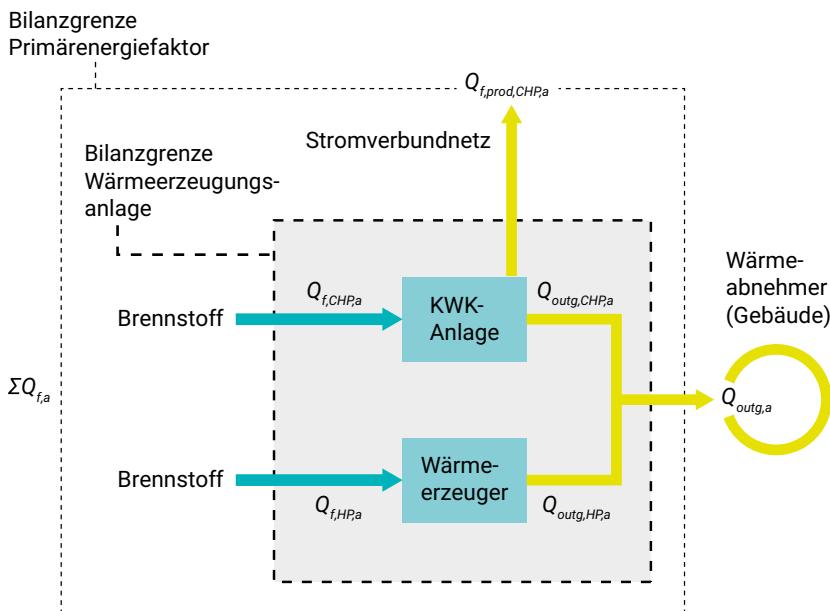
Stromerzeugende Systeme im bzw. am Gebäude haben in den letzten Jahren eine größere Bedeutung gewonnen. Sie sind für Plus-Energiehäuser unverzichtbar, der Marktanteil wird im Rahmen der anstehenden Sektorenkopplung weiter steigen.

## 11.2 Kraft-Wärme-Kopplung



### 11.2.1 Allgemeines

Als Kraft-Wärme-Kopplung wird die gleichzeitige und gekoppelte Erzeugung von Wärme und Strom bezeichnet. Ein KWK-System enthält in der Regel neben der eigentlichen KWK-Anlage einen weiteren Wärmeerzeuger zur Abdeckung der Spitzenlast. Das grundsätzliche Bilanzierungsschema zeigt Abbildung 1. Das in der Norm enthaltene Verfahren ist nur bei der im Gebäudebereich üblichen wärmegeführten Betriebsweise anwendbar.



**Hinweis:** Als wärmegeführt sind alle Betriebsweisen zu verstehen, bei denen die KWK-Wärme vollständig im Gebäude genutzt wird, d. h., bei denen es keine Möglichkeit zur Abführung überschüssiger Wärme an die Umgebung gibt. Wenn der Betrieb der KWK-Anlage im Tagesverlauf zur Optimierung der Eigenstromnutzung angepasst und die Wärme zwischenzeitlich in einem Pufferspeicher gespeichert wird, so ist dies im Sinne der Norm als wärmegeführt zu betrachten.

Abb. 83: Bilanzierungsschema für KWK-Systeme nach DIN V 18599-9 [2]

Die Norm enthält zwei Bewertungsmöglichkeiten für KWK-Systeme.

Im Verfahren A (Bilanzgrenze Wärmeerzeugungsanlage) werden die zugeführten Brennstoffmengen sowie die erzeugten Wärme- und Strommengen errechnet. Diese Kennwerte sind bei einer Energieberatung und bei Wirtschaftlichkeitsberechnungen erforderlich.

Für den öffentlich-rechtlichen Nachweis ist hingegen das Verfahren B (Bilanzgrenze Primärenergiefaktor) anzuwenden, bei dem die im Verfahren A berechneten Werte zu einem Primärenergiefaktor zusammengefasst werden. Der erzeugte Strom wird mit dem in Teil 1 der Norm definierten Verdrängungsmixfaktor von 2,8 vom Primärenergieinhalt der eingesetzten Brennstoffe abgezogen. Der Bilanzierungsansatz entspricht der in Teil 1 der Norm beschriebenen Ermittlung des Primärenergiefaktors bei externer Wärme-/Kälteleiherstellung.

Zentrale Eingangsgrößen für die Bewertung von KWK-Systemen sind die Deckungsanteile der KWK-Anlage und des Spitzenlasterzeugers sowie die Stromkennzahl bzw. der elektrische und die thermischen Nutzungsgrade.

Die grundsätzlichen Bilanzgleichungen der Norm gelten für alle Arten von KWK-Systemen. Standardwerte und detailliertere Berechnungsvorgaben sind entsprechend der Marktbedeutung für KWK mit Verbrennungs-, Stirling-/Dampfexpansionsmotoren und Brennstoffzellen enthalten. Im Anhang A der Norm werden Berechnungsbeispiele für Motor-BHKW und Brennstoffzellen erläutert.

### 11.2.2 Motor-BHKW

Die Norm unterscheidet zwischen Mikro-KWK (thermische Leistung  $\leq 20 \text{ kW}$ ) und sonstigen KWK-Anlagen.

Für die in Wohngebäuden vergleichsweise oft anzutreffenden Mikro-KWK enthält die Norm ein vereinfachtes Verfahren, mit dem der KWK-Deckungsanteil anhand der thermischen Leistung und der Größe des Pufferspeichers bestimmt werden kann. Alternativ können Standardwerte verwendet werden, die eine Berechnung auch ohne Kenntnis des konkret eingesetzten KWK-Gerätes ermöglichen.

Bei größeren KWK-Anlagen ist der Deckungsanteil ingenieurmäßig nach Planungsunterlagen zu berechnen. Eine normkonforme Berechnung ist damit nur nach Kenntnis des eingesetzten BHKW möglich.

Sowohl für Mikro-KWK als auch für sonstige KWK enthält die Norm Standardwerte für die Stromkennzahl und den Nutzungsgrad.

### 11.2.3 Brennstoffzellen

Das Betriebsverhalten von Brennstoffzellen unterscheidet sich grundlegend von dem motorischen BHKW. Die Norm wird diesen Unterschieden durch einen entsprechenden separaten Berechnungsabschnitt gerecht. Der Berechnungsansatz wurde aus der DIN SPEC 32737 übernommen.

Eingangsgrößen der Berechnung sind:

- | der elektrische Nettowirkungsgrad der Brennstoffzelle zu Beginn der Nutzungsdauer
- | der Gesamtwirkungsgrad der Brennstoffzelle zu Beginn der Nutzungsdauer
- | die elektrische Leistung der Brennstoffzelle zu Beginn der Nutzungsdauer
- | die thermische Leistung der Brennstoffzelle im Warmwasserbetrieb zu Beginn der Nutzungsdauer
- | der Eigenstromverbrauch der Brennstoffzelle für einen Startvorgang

Falls die Brennstoffzelle modulieren kann oder konstruktionsbedingte Abschaltzeiten vorliegen, etwa infolge von Grenztemperaturen, erforderlichen Regenerationszeiten oder begrenzter Anzahl möglicher Kaltstarts, sind weitere Eingangsgrößen erforderlich.

Für Brennstoffzellen mit einer thermischen Leistung zwischen 0,3 und 5 kW in Gebäuden mit wohn- und wohnähnlicher Nutzung enthält die Norm ein Berechnungsverfahren, mit dem Brennstoffbedarf, Stromerzeugung und Primärenergiefaktor berechnet werden können.

Infolge der konstruktionsbedingt großen Unterschiede der Brennstoffzellen können in der Norm keine Standardwerte für die Eingangsparameter angegeben werden. Die entsprechenden Datensätze der Eingangsparameter sind immer vom Hersteller bereitzustellen.

Für den Spitzenlastwärmeverzweiger können ebenfalls Produktkenn- oder auch Standardwerte herangezogen werden.



**Hinweis:** Das Bewertungsverfahren sieht die Berücksichtigung eines möglichen Rückgangs der elektrischen Leistung bzw. des elektrischen Wirkungsgrades (Degradation) des Brennstoffzellenstacks über die Nutzungsdauer vor. Da die normative Basis zur Bestimmung entsprechender Kennwerte bisher fehlt, werden die Koeffizienten mit einem Wert von 1,0 angenommen.

## 11.3 Windenergie

Mit DIN V 18599-9 können die Stromerträge von Windkraftanlagen, die im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zum Gebäude installiert werden, berechnet werden. Entsprechend den üblichen Größenklassen handelt es sich dabei um Anlagen der Kategorien Mikro bis S (Tabelle 44).

Kategorie	Rotorfläche $A_{Rotor}$ in m <sup>2</sup>	WEA- Leistung $P_{WEA}$ in kW	Rotordurch- messer $D_{Rotor}$ in m	Typische Nabenhöhe $h_2$ in m
S	40 bis 200	bis 75	7 bis 16	20 bis 50
XS	3,5 bis 40	bis 40	2,1 bis 7	12 bis 30
Mikro	$\leq 3,5$	bis 1	$\leq 2,1$	6 bis 20

Tab. 44: Kategorien und Kenndaten der Windenergieanlagen [2]

Die zur Berechnung benötigte mittlere monatliche Windgeschwindigkeit für eine Referenzhöhe von 10 m erhält man vom Deutschen Wetterdienst, aus Messungen vor Ort oder als Standardwert aus Teil 10 der Norm. Die Umrechnung auf die Nabenhöhe erfolgt über den Höhenexponent geländeabhängig oder mit einem Standardexponent von 0,14. Die Aufteilung in Windklassen (Häufigkeit) wird mit der Weibull-Verteilung vorgenommen, der Standardwert für den Formfaktor beträgt 2. Für jede Klasse kann die Windleistung errechnet werden. Abbildung 2 zeigt den Zusammenhang zwischen der Windgeschwindigkeit, der Häufigkeit, mit der diese Windgeschwindigkeit auftritt, und der zugehörigen Windleistung.

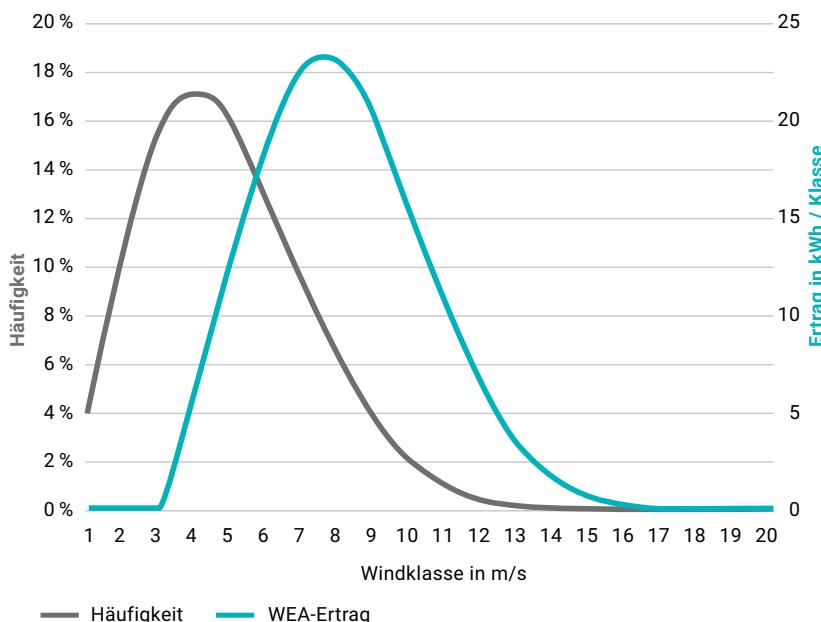


Abb. 84: Häufigkeits- und Ertragsverteilung der Windklassen

Anhand der Leistungskurve der Windenergieanlage (Wirkungsgrad) kann die erzeugte Leistung in jeder Klasse berechnet werden. Auch hier ist die Verwendung von Produktkennwerten zulässig, alternativ kann ein Standardwert von 0,2 verwendet werden. Aus der Summe der Windklassen ergibt sich der Gesamtertrag im jeweiligen Monat.

Der Berechnungsansatz für Windenergieanlagen ist insgesamt recht einfach und gut für eine Anwendung im Gebäudebereich geeignet. Wenn Standardwerte verwendet werden, dann sind nur die Nabenhöhe und die Rotorfläche als Eingangsdaten erforderlich.

## 11.4 Photovoltaik

### 11.4.1 Elektrischer Energiebedarf

Für Energieberatungen und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen müssen die im Gebäude genutzten Strommengen einer PV-Anlage und die ins Netz eingespeisten Strommengen bekannt sein. Daher greift die Energiebilanzierung der PV-Systeme auf den gesamten Elektroenergiebedarf eines Gebäudes zurück. Dieser setzt sich zusammen aus dem ohnehin in der DIN V 18599 bilanzierten Gebäudeanteil (Heizung, Warmwasser, Kühlung, Beleuchtung, RLT) und dem sonstigen nutzerbedingten Strombedarf.

#### Wohngebäude

Nutzerbedingte Strombedarfe entstehen in Wohngebäuden für Beleuchtung und alle sonstigen elektrischen Geräte. DIN V 18599-9 verweist hier auf den Teil 10 der Norm, der einen Anwenderstrombedarf außerhalb der GEG-Bilanz von  $63 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{d})$  angibt.

#### Nichtwohngebäude

In Nichtwohngebäuden sind die möglichen Nutzerstrombedarfe sehr unterschiedlich, die Norm enthält daher keine Standardwerte. Damit ist eine Berechnung der selbst genutzten und eingespeisten Anteile des erzeugten PV-Stromes für Nichtwohngebäude nicht möglich. Die Berechnung der gesamten erzeugten PV-Strommenge ist hingegen unabhängig von der Art der Nutzung des Gebäudes immer möglich.

### 11.4.2 Stromerzeugung

Die monatliche PV-Strommenge wird unter Berücksichtigung der solaren Einstrahlung, der mittleren Peakleistung des PV-Systems und des Systemleistungsfaktors ermittelt.

Die monatliche solare Einstrahlung wird aus der in Teil 10 der Norm angegebenen mittleren monatlichen Strahlungsenergie in Abhängigkeit von Standort, Neigung und Ausrichtung der PV-Module bestimmt.

Die Peakleistung am Anfang der Lebensdauer kann bei Normprüfbedingungen im Labor gemessen (Herstellerangabe) oder vor Ort ermittelt werden. Alternativ können Standardwerte nach Tabelle B.2 zur Anwendung kommen. Dabei werden die in der Norm enthaltenen Standardpeakleistungen nach Zellentyp und Baujahr differenziert. So werden für die ab dem Jahr 2017 gebauten PV-Module Peakleistungen von  $166 \text{ W/m}^2$  (polykristallines Silizium) bzw.  $182 \text{ W/m}^2$  (monokristallines Silizium) als Standardwerte angegeben. Die Werte für PV-Module mit einem Baujahr bis 2016 entsprechen den Standardwerten der Norm in der Ausgabe von 2011 und 2016 ( $125 \text{ W/m}^2$  für polykristallines Silizium bzw.  $135 \text{ W/m}^2$  für monokristallines Silizium). Nach Norm können weiterhin produktspezifische Kenndaten ohne Einschränkung verwendet werden.

In der Neuausgabe der Norm wird die Degradation der Peakleistung berücksichtigt und die mittlere Peakleistung über einen Zeitraum von 25 Jahren berechnet. Dabei wird von einer linearen Degradation entweder mit der vom Hersteller garantierten Peakleistung bei Norm-Prüfbedingungen nach 25 Jahren oder mit einem festen Faktor von 0,9, der sich an Leistungsgarantien der Hersteller orientiert, ausgegangen.

Der Systemleistungsfaktor ist normativ festgelegt und wird anhand der Einbau-situation (unbelüftet, mäßig belüftet, freistehend) und der Art der Technologie (kristallin, amorph, organisch) ausgewählt. Für die gebräuchlichen kristallinen Module liegen die Werte zwischen 0,7 (unbelüftet) und 0,8 (freistehend).

#### **11.4.3 Eigennutzung, Einspeisung, Batteriespeicher**

Die innerhalb des Gebäudes genutzte Energiemenge ergibt sich aus einer Monatsbilanz durch den Vergleich mittlerer Leistungen. Für die Erzeugungsseite wird vereinfachend eine Gleichverteilung über die tägliche Stundenzahl mit relevanter solarer Einstrahlung angenommen. Für die Bedarfsseite wird ebenfalls eine Gleichverteilung, allerdings über den gesamten Monat, unterstellt. Dabei werden elektrische Durchlauferhitzer, elektrisch betriebene Wärmepumpen und Warmwasserspeicher gesondert behandelt, da sie ein spezielles Lastprofil aufweisen. Eine entsprechende Dimensionierung der Wärmepumpe sowie Regelung vorausgesetzt, ist mithilfe von Wärmepumpen und zugehörigen Wärmespeichern eine erhöhte Nutzung des PV-Stroms möglich. Leistungsspitzen, die sich aus dem Betrieb von Durchlauferhitzern ergeben, können hingegen nur zum Teil aus der Photovoltaikanlage gedeckt werden.

Bei der Berechnung des selbst genutzten und des eingespeisten Anteils können Batteriespeicher berücksichtigt werden. Falls deren Nutzkapazität nicht bekannt ist, darf für Wohngebäude mit einer Nutzkapazität von 1 kWh je 1.000 kWh jährlich summierten Elektroenergiebedarfs des Gebäudes einschließlich Nutzeranwendungen gerechnet werden. Batteriespeicher führen grundsätzlich zu einer höheren Eigennutzung des PV-Stroms. Der negative Effekt der Batterieverluste wird über den Systemwirkungsgrad des Batteriespeichers erfasst, die in der Norm enthaltenen Standardwerte liegen zwischen 89 und 94 Prozent.

# 12 Einfluss der Gebäudeautomation

## 12.1 Allgemeines

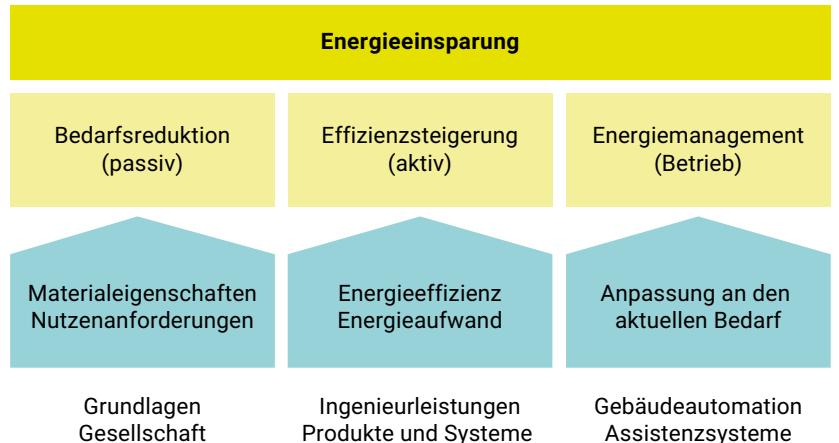
Vor dem Hintergrund des sich abzeichnenden Klimawandels besteht die allgemeine Notwendigkeit, den Verbrauch von Ressourcen und damit die CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich zu reduzieren. Daher müssen auch alle Einflüsse der Gebäudeautomation, deren Einsatz in Zukunft deutlich wachsen wird, im Bewertungsverfahren berücksichtigt werden.

Die Berechnung des Energiebedarfs von Gebäuden einschließlich der Gebäude-technik (und der Gebäudeautomation) dient daher einerseits zur allgemeinen Beurteilung der energetischen Qualität und andererseits dezidiert zum Nachweis, dass das vom Verordnungsgeber vorgegebene Anforderungsniveau erreicht wird.

In der Vornormenreihe DIN V 18599, Teil 1 bis 10 werden die Verfahren zur Berechnung des Energiebedarfs der Gebäudehülle und der Gebäudetechnik sowie zur Bewertung ihrer Interaktion detailliert beschrieben. Dabei wird jeweils die energetische Qualität einer Komponente (z. B. Vorlauftemperaturregler) oder eines Anlagenteilbereichs bewertet. Die Betriebsführung (z. B. das Ein- und Ausschalten eines Vorlauftemperaturreglers) der gebäudetechnischen Anlagen für Heizen, Kühlen, Trinkwassererwärmung, Raumlufttechnik und Beleuchtung hat jedoch einen zusätzlichen Einfluss auf den Energiebedarf und wird in DIN V 18599-11 – „Gebäu-deautomation“ behandelt.

## 12.2 3-Säulen-Modell der Energieeinsparung

Der Energiebedarf und damit auch die Quantifizierung der möglichen Energieeinsparungen von Gebäuden und der Gebäudetechnik setzen sich generell aus drei Säulen zusammen, die den Einfluss der jeweiligen Bereiche deutlich machen. In Abbildung 85 sind diese Säulen dargestellt.



**Abb. 85:** 3-Säulen-Modell der Energieeinsparung

Die erste Säule beschreibt die Bedarfsreduktion, die keinen unmittelbaren Energieaufwand besitzt und daher als passive Maßnahme bezeichnet werden kann. In aller Regel kann Bedarfsreduktion durch veränderte Materialeigenschaften (z. B. Verbesserung der Wärmedurchgangszahlen von Bauteilen) und durch veränderte Nutzenanforderungen (z. B. Aufenthalt in Räumen mit niedrigerer Raumtemperatur) erzielt werden. Bauteile mit geringeren Wärmedurchgangszahlen resultieren immer aus Grundlagenforschung (Produktentwicklung), während Nutzenanforderungen (z. B. die Höhe der Raumtemperatur) durch die Gesellschaft (Komfortwünsche) beeinflusst werden.

Energieaufwand entsteht erst bei der zweiten Säule des 3-Säulen-Modells, da mit der installierten Anlagentechnik der Bedarf des Gebäudes gedeckt werden muss. Daher können auch nur Komponenten oder Systeme der Anlagentechnik energieeffiziente Eigenschaften besitzen und miteinander verglichen werden. Bei der Berechnung des Energieaufwands in Richtung der Bedarfsentwicklung, also von der Übergabe im Raum bis zur Erzeugung nach dem allgemeinen Vorgehen in DIN V 18599, wird die Energieeffizienz als Quotient aus Energieaufwand zu Energiebedarf angegeben, da der Energiebedarf immer die Bezugsgröße darstellt. Als Größe zur Beschreibung der Energieeffizienz wird die Aufwandszahl angegeben.

Die Energieeffizienz repräsentiert sich im Wesentlichen durch die jeweiligen Produkte bzw. Systeme, die auch unmittelbar miteinander (bei gleichen Randbedingungen) verglichen werden können und in aller Regel auf Ingenieurleistungen bei der Produktentwicklung und Systemkonzeption bei Anlagen zurückzuführen sind.

Die dritte Säule des Modells beschreibt den Energieaufwand beim Betrieb der Anlagen, der auch als Energiemanagement bezeichnet werden kann. Beim Betrieb der gebäudetechnischen Anlagen kommt es darauf an, den Energieaufwand an den aktuellen Bedarf anzupassen und zu verhindern, dass z. B. gleichzeitiges Heizen und Kühlen stattfindet, um Raumtemperatursollwerte einzuhalten. Energiemanagementfunktionen sind es auch, wenn z. B. Sonnenschutzeinrichtungen so rechtzeitig aktiviert werden können, bevor die solare Einstrahlung zur unerwünschten Wärmequelle im Raum wird. Energiemanagement wird in aller Regel wegen der komplexen Zusammenhänge mit Gebäudeautomationssystemen durchgeführt, die auch Assistenzsysteme enthalten können und die beliebige Verknüpfungen der verfügbaren Informationen erlauben.

## 12.3 Allgemeine Bestimmung der Energieeffizienz

Durch die Vorgabe fester Nutzungsrandbedingungen in DIN V 18599, Teil 10 können die Effekte der Betriebsführung nicht aufgezeigt werden, da der durch diese Randbedingungen geforderte Bedarf je nach Qualität der Regelung einen höheren oder geringeren Energieaufwand erfordert.

Einflüsse der Betriebsführung ergeben sich im Wesentlichen durch die Anpassung an wechselnde Nutzungsrandbedingungen, sodass auf den wechselnden Bedarf reagiert werden kann. Diese Anpassungsfähigkeit wird auch unter dem Begriff „bedarfsgeführte Regelung“ subsummiert.

Das Bewertungsverfahren in DIN 18599-11 beruht auf einem pragmatischen Ansatz, der in Abhängigkeit der Ausstattungsmerkmale von Gebäudeautomationssystemen und der zugehörigen Regelung sowie der Art des zu betrachtenden Gebäudetyps Größen zur Berücksichtigung bei der Bestimmung des Energiebedarfs bereitstellt.

### 12.3.1 Einflussgrößen auf die Energieeffizienz

Grundsätzlich kann der Einfluss der Gebäudeautomation auf den Energiebedarf im Wesentlichen durch

- | eine Veränderung der Belegungs- und Wärmequellendichte (Abbildung 86),
- | eine Anpassung der Betriebszeit der Anlagen (Abbildung 86) und
- | eine Anpassung der Sollwerte (Abbildung 87)

beschrieben werden.

In Abbildung 86 ist auf der linken Ordinate die relative Belegungsdichte im Nutzungszeitraum über der Stunde des Tages auf der Abszisse aufgetragen und auf der rechten Ordinate die Anpassung der Betriebszeit (Ein- und Ausschalten der Anlagen).

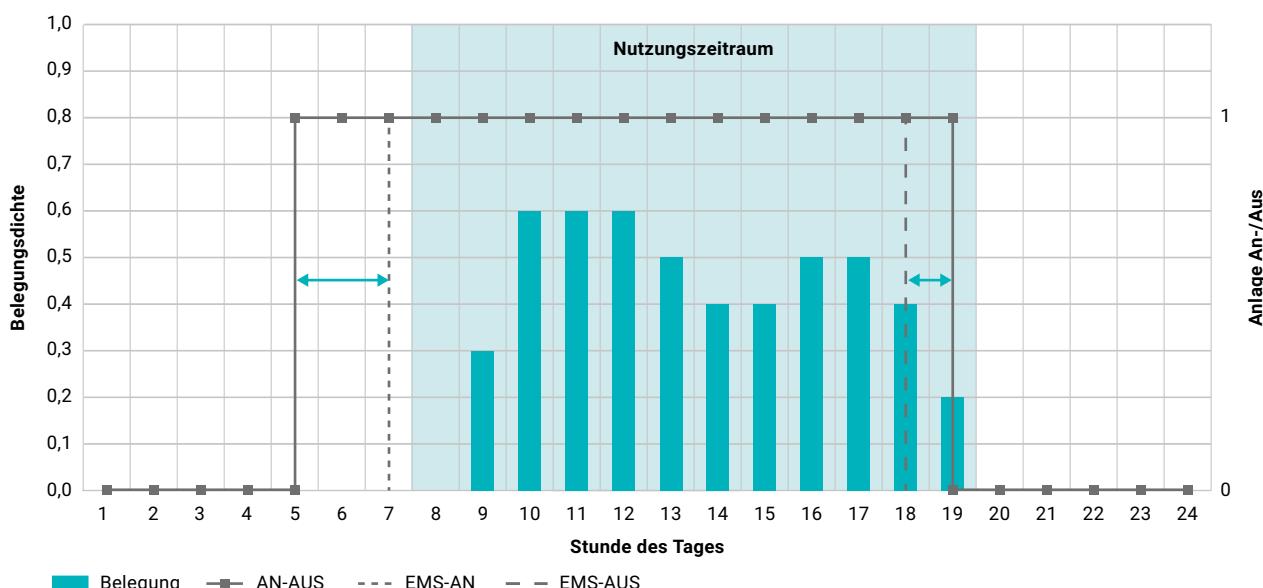
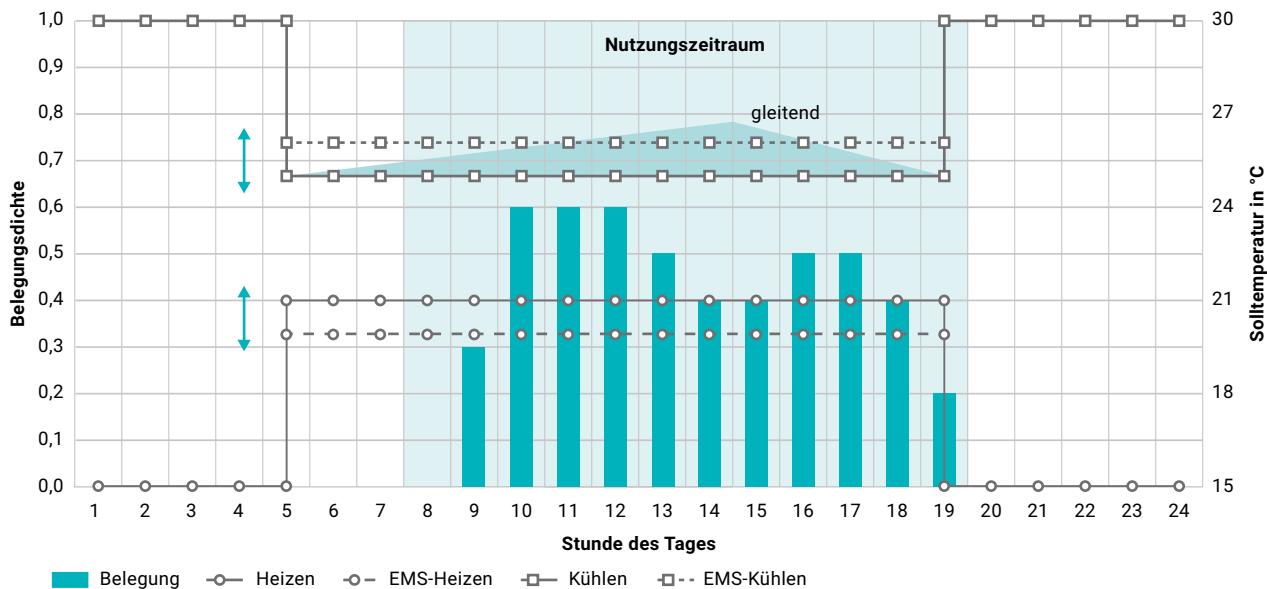


Abb. 86: Veränderung der Belegungsdichte und Wärmequellen, Anpassung der Betriebszeit [2]

Die Säulen in Abbildung 86 zeigen die Belegungsdichte im Nutzungszeitraum an, während die „AN-AUS“-Linie den zeitgesteuerten Normalbetrieb angibt. Die Energieeinsparung ist in Abbildung 86 unmittelbar ersichtlich, wenn das Anschalten der Anlage, durch die „EMS-AN“-Linie (EMS = Energy Management System) in Abbildung 86 dargestellt, später erfolgt und wenn das Ausschalten, durch die „EMS-AUS“-Linie in Abbildung 86 dargestellt, früher erfolgt.

Die Anpassung der Sollwerte ist in Abbildung 87 dargestellt. Neben der analog zu Abbildung 86 auf der linken Ordinate aufgetragenen relativen Belegungsdichte sind auf der Ordinate rechts die Sollwerte der Raumtemperatur aufgetragen.

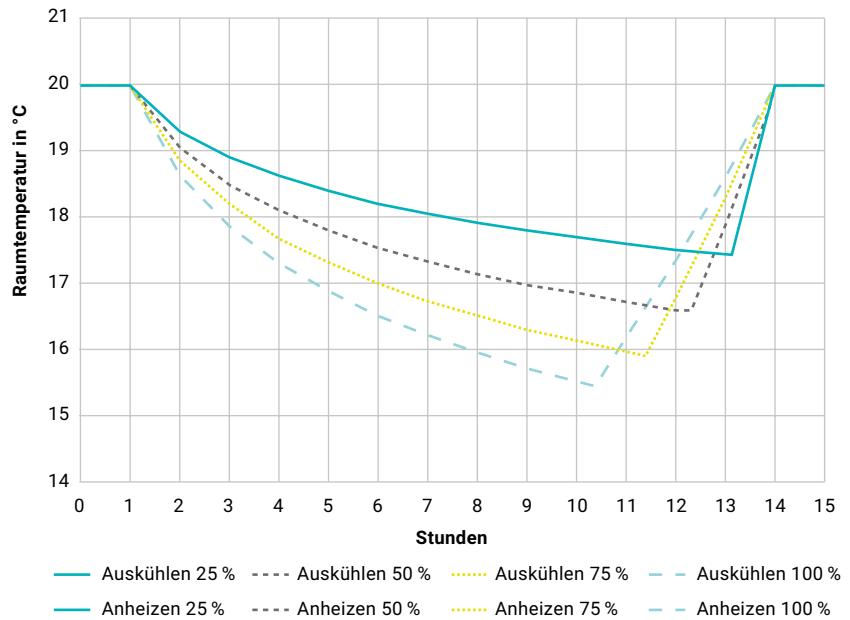


**Abb. 87:** Anpassung der Sollwerte [2]

Während und außerhalb der Betriebszeit besteht die Variationsmöglichkeit der Sollwerte der Raumtemperatur für Heizen und Kühlen, wobei auch gleitende Temperaturverläufe, insbesondere beim Kühlen, möglich sind (siehe hinterlegtes Dreieck in Abbildung 87). In Abbildung 87 ist sowohl die Standardsolltemperatur für Heizen als auch für Kühlen eingetragen. Die Linien mit der Kennung „EMS“ geben beispielhaft einen niedrigeren Sollwert beim Heizen und einen höheren beim Kühlen an.

Der Abstand der beiden Kurven für die Sollwerte der Raumtemperatur beim Heizen bzw. Kühlen wird als „Totband“ bezeichnet. Innerhalb dieses Totbandes erfolgt weder Heizen noch Kühlen, die Raumtemperatur schwingt frei. Wird das „Totband“ mit zu geringem oder keinem Abstand gewählt, wird bei geringen Temperaturerhöhungen bzw. -absenkungen sofort Kühlen oder Heizen aktiviert.

Eine weitere Energieeinsparmöglichkeit ergibt sich beim Heizen durch adaptives Betreiben der Anlagen beim Anheizen zu Beginn der Nutzungszeit bzw. Abkühlen am Ende der Nutzungszeit durch früheres Abschalten (siehe Abbildung 88). Bei diesen Vorgängen wird die Speicherfähigkeit des Gebäudes ausgenutzt, sodass z. B. ein Beenden des Heizens vor Ende der Nutzungszeit zu nahezu keiner Wahrnehmung als Behaglichkeitsdefizit bei den Nutzern führt. Die gleichen Überlegungen gelten umgekehrt für das Kühlen von Räumen.



**Abb. 88:** Anheizen und Auskühlen bei verschiedenen Teillasten [2]

Die Betriebsführung mithilfe von Gebäudeautomation führt daher zu einer Reduktion des Gesamt-Endenergiebedarfs. Die Bestimmung des jeweiligen Einflusses hängt von zahlreichen Faktoren ab und ist nicht trivial. Die im Zuge der Europäischen Normungsarbeiten zur Energy Performance of Buildings (EPBD) entstandene Europäische Norm EN 15232 hat die Bewertung des Einflusses der Gebäudeautomation auf die Energieeffizienz von Gebäuden zum Inhalt. Das Bewertungsverfahren in DIN EN 15232 beruht auf einem pragmatischen Ansatz, der in Abhängigkeit der Ausstattungsmerkmale von Gebäudeautomationssystemen und der zugehörigen Regelung sowie der Art des zu betrachtenden Gebäudetyps Faktoren zur Berücksichtigung bei der Bestimmung des Energiebedarfs bereitstellt.

Die auf ein diskretes Projekt bezogene Ermittlung der Energieeffizienz eines Gebäudeautomationssystems wäre nur mittels Simulationsrechnungen möglich, da sich der Einfluss aus den zeitabhängigen Aktions- und Reaktionsgrößen ergibt.

Während in DIN EN 15232 diese Einflüsse durch zugeordnete, feste Faktoren zur Multiplikation mit dem Energiebedarf bewertet werden, ist es eine essenzielle Anforderung in DIN V 18599, die Bewertung auf Rechenansätze zurückzuführen, die bereits in dieser Normenreihe bestehen.

## 12.4 Bestimmung der Energieeffizienz in DIN V 18599-11

Die Bestimmung der Energieeffizienz von Gebäudeautomationssystemen erfolgt in zwei Schritten. Zunächst müssen die Funktionen der Regelung und der Automatisierung in Klassen, sogenannte Automatisierungsgrade, eingeordnet werden. Dabei ist zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden zu unterscheiden, wobei sowohl einer vorgesehenen Anlagenausstattung ein Automatisierungsgrad zugeordnet oder ein Automatisierungsgrad vorgegeben werden kann, um dann die hierzu erforderlichen Komponenten auszuwählen.

### 12.4.1 Festlegung des Automatisierungsgrades

Da die Einordnung der Qualität der einzelnen Regelungen und deren Kommunikationsfähigkeit in vier Automationsgrade prinzipiell eine Eigenschaftsbeschreibung darstellt, konnte der grundsätzliche Aufbau aus DIN EN 15232 übernommen werden.

Für die vier Automatisierungsgrade A, B, C und D gilt:

- | Klasse C enthält Standardwerte für Gebäudeautomationsfunktionen, die – sofern keine weiteren Informationen zu einzelnen Automationsfunktionen vorliegen – für die Berechnung der Energiebedarfswerte zu verwenden sind.
- | Automatisierungsgrad B erfordert über die der Klasse C entsprechenden Standardwerte hinaus den Einsatz von Gebäude- und Raumautomationsfunktionen. Einzelne Regeleinrichtungen müssen in der Lage sein, untereinander oder mit einem übergeordneten Gebäudemanagementsystem zu kommunizieren.
- | Klasse A kann nur erreicht werden, wenn zusätzlich zum Funktionsumfang der Klasse B Funktionen des energetischen Gebäudemanagements umgesetzt werden. Dazu gehören beispielsweise die Verriegelung zwischen heizungs- und kühlungsseitiger Regelung, Monitoring oder Sollwertoptimierung.
- | Die eingesetzten Gebäudemanagementfunktionen können unter Umständen auch nur gewerkbezogene Funktionen umfassen.
- | Klasse D umfasst die Fälle, die die Standardwerte nach Klasse C nicht erfüllen. Ein energieeffizienter Gebäudebetrieb hinsichtlich der Gebäudeautomation ist nach dem Funktionsumfang der Klasse D nicht möglich.

Die Matrix zur Entscheidungsfindung, in welchen Automationsgrad eine bestehende bzw. eine neu zu errichtende Anlage einzuordnen ist, ist daher trivial. In Tabelle 45 ist ein Auszug aus Tabelle 3 in DIN V 18599-11 angegeben.

			Automatisierungsgrad								Festlegung der Kennwerte in DIN V 18599			
			Wohngebäude				Nichtwohngebäude							
			D	C	B	A	D	C	B	A				
Nr.	Heizung													
			<b>Wärmeübergabe</b> (Raumheizung, Raumhöhen < 4 m)								Wärmeübergabe $\Delta\theta_{ce}$ nach DIN V 18599:2018-09, Gleichung (35)			
			<b>Arten der Regelung der Raumtemperatur</b>											
1	H-1-1-1	0	Keine oder manuelle Regelung								ungeregelt			
2	H-1-1-2	1	Automatisierte ört- liche Regelung <b>ohne</b> Kommunikation (z. B. Thermostat- ventil, elektronischer Regler)								P-Regler 2 K oder 1 K, PI-Regler ohne Optimierung			
3	H-1-1-3	2	Automatisierte ört- liche Regelung <b>mit</b> Kommunikation (z. B. Zeitprogramme, Vorlauftemperatur- adaption)								PI-Regler mit Optimierung			
4	H-1-1-4	3	Bedarfsgeführte Einzelraumregelung mit Kommunikation (s. o.) und automati- scher Präsenzerfas- sung								PI-Regler mit Optimierung	Berücksichtigung der Absenkung der Bilanz- innenraumtemperatur durch automatische Präsenzerkennung (s. 7.1.1.1)		
			<b>Intermittierender Betrieb</b>								Temperaturkorrektur für intermittierenden Betrieb: $\Delta\theta_{int}$ nach DIN V 18599-10:2018-09, Abschnitt 6			
5	H-1-2-1	0	Manuell											
6	H-1-2-2	1	Zeitprogramm mit festen Schaltpunkten											

**Tab. 45:** Auszug der Definition der Automationsgrade in einem Gebäude [2]

Die Tabelle ist nach Gewerken, Anlagenteilbereichen und den einzelnen Komponenten in diesem Bereich aufgeteilt. Der Automatisierungsgrad ist für Wohn- und Nichtwohngebäude getrennt angegeben.

Tabelle 3 in DIN 18599-11 ist so aufgebaut, dass zunächst auf der linken Seite den verschiedenen Regel- und Gebäudemanagementaufgaben innerhalb der einzelnen Prozessbereiche und Gewerke unterschiedliche Steuer-, Regel-, Automations- und Gebäudemanagementaufgaben zugeordnet werden, die sich in ihrer Qualität (0, 1, 2 usw.) deutlich voneinander abgrenzen lassen. Die Automatisierungsfunktionen sind insgesamt durchnummiert, jede einzelne Funktion hat zudem eine eindeutige Kennzeichnungsnummer. Die rechte Seite der Tabelle 3 enthält Markierungen, die kennzeichnen, welcher Klasse A, B, C, oder D eine bestimmte Steuer-, Regel- und Gebäudemanagementfunktion entspricht.

Wenn der Einfluss einer Automatisierungsfunktion weniger als 5 Prozent Anteil am Gesamtenergiebedarf besitzt, ist diese Funktion nicht bestimmend für die Einordnung des Gesamtautomationsgrades. Tabelle 3 in DIN 18599-11 kann wie folgt angewendet werden:

- | Es wird eine Kategorie vorgegeben, die bei Neubau oder Sanierung eines Gebäudes erreicht werden soll. Für die Planung und Installation sind dann aus denjenigen Steuer-, Regel-, Automations- und Gebäudemanagementfunktionen diejenigen auszuwählen, die in der entsprechenden Spalte der Tabelle 3 (Nichtwohngebäude oder Wohngebäude) eine Markierung besitzen (Feld in Norm grau hinterlegt, in Tabelle 45 türkis markiert).
- | Es können unterschiedliche Ausstattungsgrade für die einzelnen Gewerke definiert werden.
- | Besteht keine Vorgabe zum Automatisierungsgrad, so ist Kategorie C als Standardwert anzuwenden.
- | Bei der Bewertung von Bestandsgebäuden kann mithilfe der Tabelle 3, Kategorie D leicht festgestellt werden, welche Funktionalitäten umgesetzt sind und welche Automatisierungsgrade im Sinne der Norm den technischen Anlagen zugeordnet werden können.

Neben der tabellarischen Darstellung zur Feststellung des Automatisierungsgrades sind in DIN V 18599-11 in Kapitel 7 detaillierte Beschreibungen zur Anwendung der Gebäudeautomationsfunktionen enthalten.

#### **Ablesebeispiel aus Tabelle 46 (Tabelle 3 in DIN V 18599-11):**

Bei der Wärmeübergabe Heizung ist eine örtliche Regelung mit Kommunikation (z. B. Zeitprogramm oder Vorlauftemperaturadaption) installiert.

Nach Tabelle 3 handelt es sich um Zeile 3 – das letzte markierte Feld kennzeichnet den Automationsgrad, hier bei Wohngebäuden „B“. Es werden die Automationsgrade „D“ und „B“ ebenfalls erfüllt.

Will man den höchsten Automationsgrad „A“ erreichen, geht man unter der Spalte „A“ senkrecht nach unten bis zum markierten Feld und erhält im Beispiel für die Wärmeübergabe die Zeile 4 – „Bedarfsgeführte Einzelraumregelung mit Kommunikation (s. o.) und automatischer Präsenzerfassung“.

#### **12.4.2 Einbindung in die Bewertungsmethodik**

In den Nutzenrandbedingungen DIN V 18599-10 sind Belegungsdichten für innere Wärmequellen angegeben. Dabei handelt es sich um Tagesmittelwerte, die über einen durchgehenden Zeitraum berücksichtigt werden. Im Bereich der Berechnung des Nutzenergiebedarfs von Beleuchtungsanlagen und bei raumluftechnischen Anlagen sind Abminderungsgrößen, dort „relative Anwesenheit“ und „Teilbetriebsfaktoren“ genannt, ebenfalls in DIN V 18599-10 angegeben. Bei abweichenden Nutzenrandbedingungen kann nach DIN V 18599-11 umgerechnet werden.

Die Adaption der Ein- und Ausschaltzeiten von Anlagen durch die Gebäudeautomation kann unmittelbar durch Veränderung der Anzahl der Stunden im reduzierten Betrieb angegeben werden. Gleichermaßen gilt für die Festlegung der Sollwerte bzw.

eines Totbandes. Die mögliche Energieeinsparung durch Absenkbetrieb hängt von der Gebäudeschwere und der maximal zulässigen Temperatur ab, auf die abgesenkt werden darf. Bei längeren Betriebszeiten gelten die gleichen Ansätze, die jedoch gesondert beschrieben werden. Die entsprechenden Berechnungsansätze münden insgesamt in die Bilanz-Innentemperatur für Heizen und Kühlen und sind in DIN V 18599-2 für monatliche Betrachtung angegeben:

Bilanz-Innentemperatur Heizen für eingeschränkten Betrieb unter Berücksichtigung der Gebäudeautomation:

$$\theta_{i,h} = \max \left( \theta_{i,h,soll} + \Delta\theta_{EMS} - f_{NA}(\theta_{i,h,soll} - \theta_e), \theta_{i,h,soll} - \Delta\theta_{i,NA} \frac{t_{NA}}{24 \text{ h}} \right)$$

wobei der Einfluss der Gebäudeautomation nur durch den Summanden  $\Delta\theta_{EMS}$  berücksichtigt wird.

$f_{NA}$  der Korrekturfaktor für eingeschränkten Heizbetrieb während der Nacht

$\theta_{i,h,soll}$  die mittlere Innentemperatur im normalen Heizbetrieb

$\theta_e$  der Monatsmittelwert der Außentemperatur

$\Delta\theta_{i,NA}$  die zulässige Absenkung der Innentemperatur für den reduzierten Betrieb

$t_{NA}$  die tägliche Dauer im reduzierten Heizbetrieb

$\Delta\theta_{EMS}$  der Summand zur Berücksichtigung der Gebäudeautomation

Der Korrekturfaktor für den eingeschränkten Betrieb während der Nacht wird für Absenk- und Abschaltbetrieb unterschiedlich berechnet, wobei der Einfluss der Gebäudeautomation jeweils durch den Faktor  $f_{adapt}$  berücksichtigt wird:

Absenkbetrieb:

$$f_{NA} = 0,13 \frac{t_{NA}}{24 \text{ h}} e^{-\left(\frac{\tau}{250 \text{ h}}\right)} \cdot f_{adapt}$$

Abschaltbetrieb:

$$f_{NA} = 0,26 \frac{t_{NA}}{24 \text{ h}} e^{-\left(\frac{\tau}{250 \text{ h}}\right)} \cdot f_{adapt}$$

$\tau$  die Auskühlzeitkonstante der Gebäudezone

$f_{adapt}$  der Faktor für adaptive Temperaturregelung

Damit liegen die grundsätzlichen Ansätze vor, innerhalb derer die Qualitätseigenschaften (Automationsgrade) von Gebäudeautomationssystemen berücksichtigt werden können. Nach dem Bilanzierungsverfahren in DIN V 18599 müssen somit die Automationsgrade in die Bestimmung der Bilanz-Innentemperatur einfließen, während sich ein weiterer Effekt, das adaptive Anheizen und Auskühlen, bei der Bestimmung der Korrekturfaktoren für eingeschränkten Betrieb auswirken muss.

Wenn ein Automationssystem in der Lage ist, adaptives Anheizen sicherzustellen, erhöht sich die Zeit des unterbrochenen Betriebs. In der Berechnungsmethodik DIN V 18599 muss sich daher der Korrekturfaktor erhöhen.

Aufgrund der vorgenommenen Gewichtung nach dem „Blauen Engel“ der Häufigkeit der jeweiligen Teillaststufen kann

$$f_{\text{adapt}} = 1,35 \quad \text{für adaptives Anheizen und}$$

$$f_{\text{adapt}} = 1,0 \quad \text{ohne adaptives Anheizen}$$

gesetzt werden.

Der Summand  $\Delta\theta_{\text{EMS}}$  ist für jeden Gebäudetyp und für jeden Automationsgrad festgelegt und in den Nutzenrandbedingungen, die in DIN V 18599-10 festgelegt sind, angegeben. Für Wohngebäude sind die beiden Größen, die den Einfluss der Gebäudeautomation auf die Energieeffizienz beschreiben, in DIN V 18599-10 in Tabelle 4 angegeben (siehe nachfolgende Tabelle 46).

Einfluss der Gebäudeautomation	Automationsgrad			
	D	C	B	A
Gebäudeautomation Summand $\Delta\theta_{\text{EMS}}$	0	0	-0,5	-1
Gebäudeautomation Faktor für adaptive Temperaturlösung $f_{\text{adapt}}$	1	1	1,35	1,35

**Tab. 46:** Richtwerte der Nutzenrandbedingungen für die Berechnung des Energiebedarfs von Wohngebäuden (Auszug) [2]

### 12.4.3 Vergleich mit DIN EN 15232

Mit DIN V 18599-11 und DIN EN 15232 liegen derzeit zwei gültige Normen vor, die, zwar aus unterschiedlichem Blickwinkel, den Einfluss der Gebäudeautomation auf den Energiebedarf von Gebäuden und deren Anlagentechnik beschreiben. In DIN EN 15232 ist eine Faktorenmethode als Kurzverfahren angegeben, bei dem für den entsprechenden Gebäudetyp unterschiedliche Faktoren für thermischen Aufwand und Stromaufwand in den vier Effizienzklassen (Automationsgraden) angegeben sind. Der ohne Berücksichtigung des Einflusses der Gebäudeautomation berechnete Endenergiebedarf wird nach diesem Kurzverfahren mit dem entsprechenden Faktor multipliziert, sodass die Energieeinsparung sehr einfach bestimmt werden kann. Dabei ist zu beachten, dass die Faktoren neben dem tatsächlichen Einfluss des Energiemanagements auch eine Energiebedarfsreduktion beinhalten, da z. B. beim Auskühlen bereits vor dem Ende der Nutzungszeit der Absenkbetrieb eingeleitet wird.

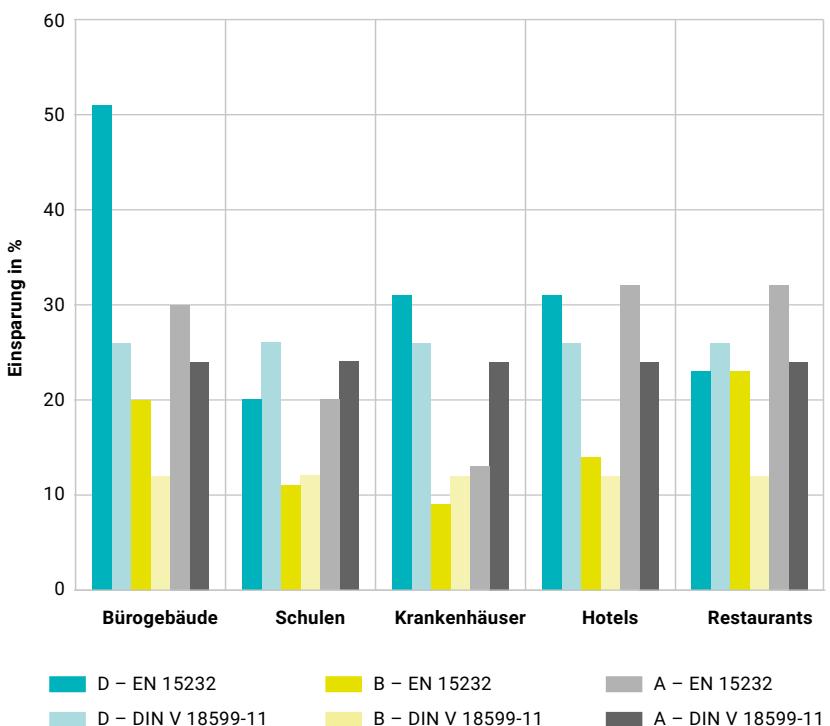
Das Bestehen zweier Normen zur energetischen Bewertung der Gebäudeautomation erfordert, dass die sich jeweils ergebenden Größenordnungen für ähnliche Anwendungsfälle sich vergleichen lassen.

#### 12.4.4 Vergleichsrechnungen

Für typische Ausführungsformen der Gebäudetypen

- | Bürogebäude,
- | Schulen,
- | Krankenhäuser,
- | Hotels und
- | Restaurants

sind Energiebedarfsberechnungen jeweils mit dem Kurzverfahren nach DIN EN 15232 (Faktorenmethode) und nach DIN V 18599-11 in Verbindung mit allen Teilen der DIN V 18599-1 bis DIN V 18599-10 durchgeführt worden. Die Ergebnisse der Vergleichsrechnungen sind in Abbildung 89 gegenübergestellt. Dabei sind innerhalb eines Gebäudetyps die Automationsgrade D, B und A aufgetragen. Bei Bürogebäuden ist die Differenz beim Automationsgrad D (Bestandsgebäude) am größten, während in den übrigen Varianten die Abweichungen akzeptabel sind.



**Abb. 89:** Vergleich Energieeffizienz Gebäudeautomation zwischen DIN EN 15232 und DIN V 18599-11

# 13 Ergebnisse, Plausibilitätsprüfung und Benchmarks

Die Plausibilisierung von nach DIN V 18599 berechneten Energiebedarfskennwerten ist eine sehr anspruchsvolle Aufgabe. Einerseits wegen der real vorhandenen Komplexität der Energieflüsse in mittel- oder hochtechnisierten Nichtwohngebäuden, andererseits aufgrund des Energiebilanzverfahrens selbst – mit unzähligen Eingaben und Randdaten sowie deren Wechselwirkungen im Rechenablauf.

Die Plausibilisierung stellt die zentrale Frage: „Kann die Berechnung stimmen?“ Wobei vor allem anderen geklärt werden muss, was „stimmen“ für den Fragesteller bedeutet. Es gibt zwei Ziele einer Plausibilisierung, von denen oft meist nur eines im Fokus einer Projektbearbeitung steht:

- | das Bilanzergebnis soll im Sinne des GEG mit der dort unterstellten Standardnutzung in rechtlicher Hinsicht „stimmen“ (d. h. plausibel und richtig sein) oder
- | das Bilanzergebnis soll die reale Nutzung abbilden; „stimmen“ meint hier in etwa „übereinstimmen mit dem heutigen oder künftigen Verbrauch“.

Der zweite Fall ist der anspruchsvollere, weil noch mehr Randdaten – nämlich auch die Nutzungsranddaten – einer kritischen Prüfung unterzogen werden müssen. Vor einer Plausibilisierung muss entschieden werden, welcher der beiden Fälle gewünscht ist.

## Mögliche Plausibilisierungen erfolgen über:

- | den Vergleich der Endenergie der Bedarfsberechnung mit den Verbrauchskennwerten für das gleiche Objekt, sofern diese im Bestand vorhanden sind,
- | die Einordnung der Gesamtenergiekennwerte (Wärme, Strom) in typische Bandbreiten, die in der Literatur bekannt sind, sofern für diese Objektart vorhanden,
- | die Analyse von meist flächenbezogenen Teilenergiekennwerten (nach Gewerken: Heizung, Kühlung usw.; sowie jeweils Nutz- und Verlustkennwerten),
- | die Überprüfung von dimensionslosen Kennzahlen (Nutzungsgrade, Aufwandszahlen, Anteile) zur Beschreibung der energetischen Prozesse und
- | die Untersuchung von weiteren Einzelkennwerten mit Einschätzung der Wahrscheinlichkeit, ob dieser Wert realistisch ist, z. B. mittlere Temperaturen, rechnerische Nutzungsdauern, Energiemengen je gefördertem Volumenstrom, Vollbenutzungsstunden, personenbezogene Kennwerte, Leitungslängen je Fläche usw.

Die Palette von möglichen Bilanzobjekten und deren Nutzungen und technischen Anlagen ist sehr groß. Dies macht die Angabe von typischen Kennwerten in der Literatur für jeden Einzelfall fast unmöglich. Je seltener Nutzungen und gleichzeitig komplexer Gebäude werden, desto geringer ist der in Literatur vorhandene, verallgemeinerbare Erfahrungsschatz. Hier ist Erfahrung aus früheren Projekten für den Berater bzw. Anwender erforderlich, um eine Plausibilisierung selbst durchführen zu können. Alternativ oder ergänzend kommen dann im Bestand Messungen zum Einsatz.

Tabelle 47 gibt einen Überblick über verschiedene komplexe Projekte, für die eine Plausibilitätsprüfung der Energiebilanz erfolgen soll. Die Möglichkeiten einer Plausibilitätsprüfung nehmen ab, wenn das Projekt eine wenig standardisierbare Nutzung aufweist, viele Nutzungen im Objekt vorhanden sind, das Gebäude hochtechnisiert ist und darüber hinaus Sondernutzungen aufweist.

A		B		C		D	
überwiegende Nutzung des Gebäudes als ...	Pkt.	Anzahl von unterschiedlichen Hauptnutzungen aus Spalte A	Pkt.	DIN V 18599-relevante Konditionierung	Pkt.	Sondernutzungen, Spezialverbraucher	Pkt.
Wohngebäude, Büro, Kindergarten, Pflegeheim	0	eine	1	Heizung, Beleuchtung, ggf. Warmwasserbereitung	0	keine	0
Wohnheim, Praxis, Turnhalle, Schule, Seminargebäude, Gericht, Museum, Bibliothek, Hörsaal, Justizvollzugsanstalt, Polizei- und Feuerwache	1	zwei	2	Heizung, Beleuchtung, ggf. Warmwasserbereitung, mechanische Lüftung	1	Betrieb elektrischer Großgeräte o. Ä.	2
Hotel, Theater, Rechenzentrum, Küche, Kantine, Restaurant, Schwimmhalle, Umkleidegebäude, Abfertigungshalle, Werkstatt, Läden inklusive Fleischerei, Bäckerei, Frisör	3	drei	3	Heizung, Beleuchtung, ggf. Warmwasserbereitung, mechanische Lüftung, dezentrale Kühlung	3	Prozesswärme mit z. B. Dampfkessel, Warmwasserkessel o. Ä.	3
Laborgebäude, Veranstaltungshalle, Krankenhaus, Produktionseinrichtung, Werkhalle, Einkaufszentrum	5	mehr als drei	5	Heizung, Beleuchtung, ggf. Warmwasserbereitung, Raumlufttechnik mit zentraler Kühlung	5	Prozesswärme, -kälte, elektrische Großgeräte o. Ä.	5

Gesamtpunkte:	1–3	4–7	8–12	13–16	17–20
Plausibilisierung:	sehr einfach möglich	einfach möglich	möglich	schwierig möglich	sehr schwierig möglich
Hilfen:	Standardkennwerte/typische Werte			↔ konkret eingesetzte Messwerte	
	Literatur, Erfahrung anderer			↔ persönliche Erfahrung des Beraters	

**Tab. 47:** Projektkomplexität und Einschätzung der Möglichkeiten einer Plausibilitätsprüfung

Das konkrete Objekt kann über die Summe von Punkten aus den Kategorien A bis D in eine „Schwierigkeitsklasse“ eingeordnet werden.

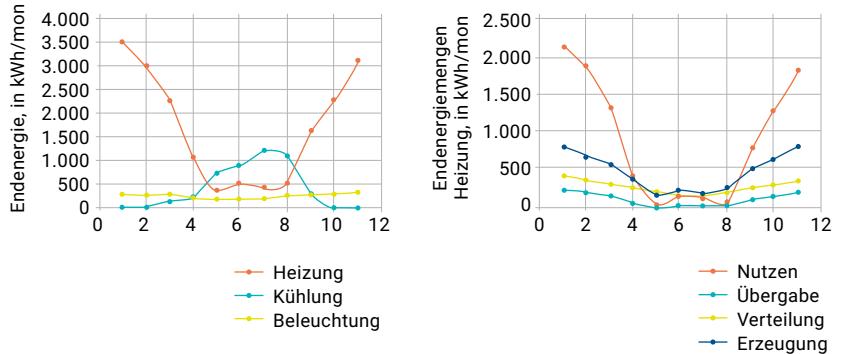
**Beispiel 1:** Das Büro- und Praxisgebäude (A = 0, B = 2), mit Heizung, Beleuchtung und Warmwasserbereitung (C = 0) und ohne weitere Sondernutzung (D = 0) erreicht eine Gesamtpunktzahl von 2. Die Plausibilisierung der Ergebnisse kann mit Hilfe der Literatur (siehe Kapitel 11.4 „Hinweise für einzelne Gewerke“) vergleichsweise einfach erfolgen, auch bei geringerer Praxiserfahrung des Anwenders.

**Beispiel 2:** Das Restaurant (A = 3, B = 1) mit Heizung, Beleuchtung, Raumlufttechnik und zentraler Kühlung (C = 5), mit der Küchentechnik als Sondernutzung (D = 3–5) erhält 12–14 Punkte. Die Plausibilisierung wäre möglich. Die Literaturkennwerte für solche Objekte sind rar gesät. Der Anwender braucht hier Praxiserfahrung aus früheren und im besten Fall vergleichbaren Projekten.

## 13.1 Grunddaten

Für die Plausibilisierung der Rechenergebnisse müssen Teil- und Gesamtkennwerte der Energiebilanz vorliegen. Dies sind idealerweise:

- | die Endenergien nach Gewerken als Jahreswerte und als monatlicher Verlauf, siehe Abbildung 90 links,
- | innerhalb der Gewerke die Nutz- und Verlustkennwerte als Jahreswerte und als monatlicher Verlauf, siehe Abbildung 90 rechts,



**Abb. 90:** Beispielhafte Monatsverläufe der Endenergien sowie der Nutz- und Verlustkennwerte

- | weitere Einzelgrößen aus der Bilanz (Temperaturen, Längen, Leistungen, Laufzeiten usw.), siehe Kapitel 13.4 „Hinweise für einzelne Gewerke“.

## 13.2 Gesamtkennwerte und Verbrauchsdaten

Die grundlegende Plausibilisierung von Ergebnissen kann anhand der Endenergien für Wärme (Gas, Öl, Fernwärme usw.) und Strom erfolgen. Die berechneten Bedarfswerte sind im Falle von Bestandsbauten mit dem Verbrauch zu vergleichen.

Alternativ bleibt – bei nicht vorhandenen Verbrauchsdaten – die Möglichkeit, das berechnete Objekt mit typischen seiner Art zu vergleichen. Das setzt Zugriff auf Vergleichskennwerte voraus. Es wird hier empfohlen, auf die „Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand“ vom 07.04.2015 zurückzugreifen. In den dort hinterlegten Tabellen 2.1. und 2.2. finden sich typische Werte. In der neusten Version dieser Bekanntmachung vom 15.04.2021 werden die Vergleichswerte für die Endenergieverbräuche Strom und Wärme aus der Summe der entsprechenden Teilenergiekennwerte für die jeweilige Gebäudekategorie gebildet. Einen Auszug der heizwertbezogenen Endenergiekennwerte für relevante Nutzungen gibt Tabelle 48.

		Heizung und Warmwasser, in kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	Strom, in kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Hotel	3 Sterne	95	60
	4 und 5 Sterne	105	65
Gaststätten	Kantine/Mensa	120	75
	Restaurant	205	95
Kino		55	80
Rechenzentrum		90	155
Hörsaal		90	40
Gesundheitswesen	Krankenhaus über 1.000 Betten	200	80
	Praxen	200	35
Schule	allgemeinbildende	90–105	10
	berufsbildende	80	20
Kindertagesstätte		110	20
Schwimmhalle		385–425	105–155
Produktion, Lager	unter 3.500 m <sup>2</sup>	110	20
Bibliothek		55	40
Justizvollzugsanstalt		180	40
Sporthalle		110	25
Handel	Non-Food über 300 m <sup>2</sup>	75	60
	Food, bis 300 m <sup>2</sup>	125	75
	Kaufhaus, Einkaufszentrum	70	85
Büro	nur beheizt	105	35
	Vollklimaanlage	135	105

Hinweis: Die Werte gelten nicht bei Wärmepumpen- und BHKW-Betrieb.

**Tab. 48:** Typische Vergleichskennwerte für Endenergien [18]

Es ist anzumerken, dass die Tabelle statistische Mittelwerte enthält – im Einzelfall kann das Objekt auch nur ein Drittel oder dreimal so viel Endenergie aufweisen! Bei der Plausibilisierung der Berechnung ist die Tabelle dennoch hilfreich. Es ist – mit Erfahrung – einzuschätzen, ob das Gebäude durchschnittlich, besser oder schlechter ist.

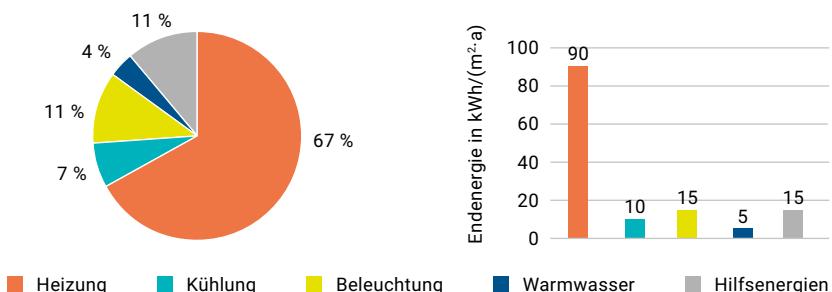
Der Neubau sollte zumindest beim Wärmekennwert nur etwa halb so hoch liegen. Der Stromkennwert von Neubauten kann dagegen fast das Mittelniveau erreichen.

Es ist zudem zu unterscheiden in eine Berechnung mit Standardnutzungsdaten (GEG-Nachweis, Energieausweis) und eine Beratung mit angepassten Nutzungsdaten. Im ersten Fall ergeben sich häufig höhere Bedarfeskennwerte, weil das Nutzungsverhalten meist intensiver eingeschätzt wird, als es tatsächlich ist. Selbst wenn beispielsweise ein Bestandsgebäude nachgerechnet wird, dessen Verbrauchsdaten bekannt sind, ergibt sich mit Standardnutzungsdaten ein höherer Bedarf.

### 13.3 Teilkennwerte

Für eine Plausibilisierung – und auch für eine Fehlersuche – sind Teilkennwerte praktikabel. Sie müssen zunächst gebildet, dann mit der Literatur oder typischen Werten verglichen werden. Fehlende Literaturangaben können nur durch Erfahrung des Normalwenders ausgeglichen werden.

Bedarfsanteile nach Gewerken



**Abb. 91:** Beispielhafte Aufteilung der Endenergie auf die Gewerke

Abbildung 91 zeigt die Endenergieanteile für ein standardmäßig gedämmtes Bürogebäude.

Der Endenergiebedarf für Heizung liegt mit  $90 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  tendenziell hoch, was unter GEG-Randdaten aber normal ist (der Verbrauch liegt vermutlich bei 2/3 dieses Wertes). Auch neue Schulen, Kindergärten usw. liegen in dieser Größenordnung – zumindest wenn keine Wärmepumpe eingesetzt wird.

Der Endenergiebedarf für Kühlung fällt – ebenfalls durch die GEG-Randdaten bedingt – mit  $10 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  sehr gering aus (der Verbrauch an Strom für Kühlung liegt optimistisch in der Realität beim Doppelten). Jedoch bedeutet dieser Kennwert, dass bei einer Arbeitszahl der zentralen Kältemaschine von ca. 4 bis 5 etwa 40 bis  $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  Kälte von der Maschine geliefert werden. Im Vergleich zu der Heizung erscheint dies nicht unplausibel.

Der Endenergiebedarf für Beleuchtung liegt bei  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Dienstleistungsbäude – ohne Verkaufseinrichtungen – hätten ähnliche Kennwerte, sofern wie hier Leuchtstofflampen zum Einsatz kommen. Reale Kennwerte liegen oft etwas unter den Rechenwerten, wenn die Beleuchtungsstärken nicht erreicht werden (Schulen, kleinere Büros).

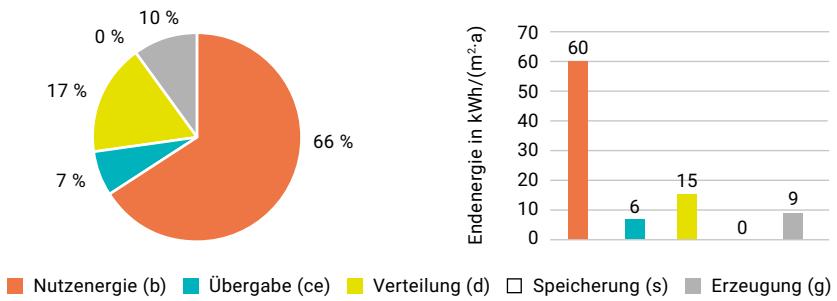
Bei Gebäuden, die praktisch keinen Warmwasserbedarf aufweisen – Büros, Museen, Theater, Schulen –, ist der Teilkennwert von  $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  für Strom dezentraler Erzeuger plausibel bzw. liegt an der oberen Grenze des Plausiblen. Falls hier – unnötigerweise – zentrale Netze eingesetzt werden, kann der Wert auch beim Doppelten liegen.

Die Hilfsenergie liegt mit  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  hoch – verglichen mit den anderen Teilkennwerten. Jedoch ist auch sie plausibel. Etwa die Hälfte entfällt allein auf die mechanische Belüftung. Der Rest verteilt sich zu fast gleichen Teilen auf die Heizung und die Kühlung mit einer Kompressionskältemaschine.

Weitere Überlegungen zu typischen Kennwerten liefert Abschnitt 13.4 „Hinweise für einzelne Gewerke“.

**Hinweis:** Nach Abschnitt 6 der Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand werden die für einen Energieausweis verpflichtenden Vergleichswerte anhand der Teilenergiekennwerte für die entsprechende Gebäudekategorie gebildet.

Nutz- und Verlustkennwerte für das Gewerk Heizung



**Abb. 92:** Beispielhafte Aufteilung der Endenergie auf Nutz- und Verlustkennwerte

Abbildung 92 zeigt die beispielhafte Zusammensetzung der Endenergie (90 kWh/(m<sup>2</sup> · a)) aus Nutz- und Verlustkennwerten für das Gewerk Heizung eines Bürogebäudes.

Für die Bilanz nach DIN V 18599 ist der hohe Anteil von Verteilverlusten typisch. Sie werden in voller Höhe als Verluste ausgewiesen, auch für Leitungen im beheizten Bereich. Ein Teil der 15 kWh/(m<sup>2</sup> · a) Verteilverluste ist jedoch für die Beheizung nutzbar, was in dieser Darstellung aber nicht direkt erkennbar ist (indirekt: daher ist die notwendige Nutzenergie geringer).

Darüber hinaus führt auch der Einsatz von Kesseln zu höheren Verlustkennwerten, als dies aus anderen Energiebilanzen bekannt ist. Dies ist durch den Brennwertbezug der Bilanz begründet. Typische Hilfskenngrößen zur Einschätzung der Verlustkennwerte werden in Abschnitt 13.4 genannt.

#### Dimensionslose Kennzahlen

Zur Einschätzung von anlagentechnischen Prozessschritten kann vielfach die Verwendung von Nutzungsgraden oder Aufwandszahlen – dimensionslosen Kennzahlen – hilfreich sein.

Nutzungsgrade sind gut geeignet, um Erzeuger zu bewerten bzw. die Ergebnisse zu plausibilisieren. Die Norm bewertet Wärme- und Kälteerzeuger ebenfalls mit Nutzungsgraden oder Arbeitszahlen. Aus Abbildung 92 folgt für den Erzeugernutzungsgrad ein Wert von:

$$\frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{q_b + q_{ce} + q_d + q_s}{q_f} = \frac{60 + 6 + 15 + 0}{90} = \frac{81}{90} = 90\%$$

Der Kessel nutzt zu 90 Prozent den Brennwert des Brennstoffes. Sofern es sich um einen Gaskessel handelt, ergibt sich ein heizwertbezogener Nutzungsgrad, der um den (festen) Faktor 1,11 höher liegt: 99,9 Prozent. Es handelt sich also um einen Brennwertkessel, der im Jahresmittel an der Kondensationsgrenze arbeitet.

Typische Hilfskenngrößen zur Einschätzung der Verlustkennwerte werden im Abschnitt 13.4 genannt.

#### Verläufe und Jahresgänge

Aus den monatlichen Kennwertverläufen der Nutzenergie und der Verlustkennwerte für jedes Gewerk einzeln lassen sich – mit einiger Erfahrung – Unregelmäßigkeiten und Unplausibilitäten erkennen:

- | Kühlung außerhalb der Kühlperiode
- | Heizung außerhalb der Heizperiode (außer bei Betrieb von zentralen RLT-Anlagen, wo auch im Sommer eine geringe Heizenergie benötigt wird, wie in Abbildung 90 ersichtlich)

## 13.4 Hinweise für einzelne Gewerke

Typische Werte zur Plausibilisierung von Bedarfskennwerten der Heizenergie sowie der Teilkennwerte, die zu diesen Gesamtkennwerten führen, werden nachfolgend für die Gewerke angegeben. Die Werte des realen Projektes sind mit den tabellierten – oder anderen Literaturkennwerten – zu vergleichen. Sofern deutlich von den Standardnutzungsdaten des GEG abweichende Nutzungen im Rahmen einer Beratung verwendet werden, ergeben sich andere Kennwerte.

### Heizung

Durch die verwendeten hohen Soll-Innentemperaturen und vergleichsweise hohen Luftwechselraten ergeben sich analog hohe Kennwerte auch für gut gedämmte Gebäude.

Nutzung	Neubau in kWh/(m <sup>2</sup> · a)	Durchschnittlicher Bestand in kWh/(m <sup>2</sup> · a)
Bettengebäude/Hotel	80–120	200–300
Büro	70–100	150–250
Handel	100–150	150–250
Produktion	80–120	150–200
Restaurant	100–300	150–400
Schule	100–150	200–350
Sporthalle	100–200	150–300

Hinweis: Energieträger Gas/Öl/Fernwärme bei einer zentralen Versorgung ohne BHKW

**Tab. 49:** Typische Endenergiekennwerte für Heizung, für ausgewählte Nutzungen – Nutzungsranddaten wie im GEG-Nachweis

Der Kennwert entspricht etwa nur 1/3 bis 1/4 der Zahlenwerte aus Tabelle 49, wenn Wärmepumpen eingesetzt werden. Auch andere Ausstattungsmerkmale beeinflussen das Ergebnis. Zur Einschätzung von Zwischenergebnissen können die Einzelkennwerte aus Tabelle 50 hilfreich sein.

Übergabe	Verteilung	Erzeugung
Aufwandszahl	flächenbezogener Energiekennwert in kWh/(m <sup>2</sup> · a)	Nutzungsgrad in % oder Arbeitszahl
Thermostatventile: 1,06–1,12	zentrales Heizkörpernetz im Neubau: 10–15 kWh/(m <sup>2</sup> · a)	Kessel, je nach Typ und Netztemperatur: 80–90 % (brennwertbezogen)
elektronische Regler: 1,02–1,05	zentrales Heizkörpernetz im Bestand: 15–25 kWh/(m <sup>2</sup> · a)	Wärmepumpe, je nach Wärmequelle und Netztemperatur: 2,5–4,0
	dezentrale Versorgung: 0–5 kWh/(m <sup>2</sup> · a)	Fernwärme, Elektrodirektheizung: 95–100 %

**Tab. 50:** Typische Einzelkennwerte für Übergabe, Verteilung und Erzeugung bei der Heizung

### Kühlung

Plausibel im Sinne des GEG-Nachweises sind eher geringe Endenergiekennwerte. Grund sind hier vor allem die vergleichsweise gering angenommenen internen Wärmequellen. Typische Endenergiekennwerte (für Strom) zeigt Tabelle 51.

Nutzung	Neubau in kWh/(m <sup>2</sup> · a)	Durchschnittlicher Bestand in kWh/(m <sup>2</sup> · a)
Bettengebäude/Hotel	5–10	5–20
Büro	5–10	5–20
Handel	5–15	5–25
Restaurant	5–15	5–25

Hinweis: Energieträger Strom bei Einsatz einer Kompressionskältemaschine; Kühlung aller Hauptnutzflächen; Werte sind bezogen auf das gesamte Gebäude.

**Tab. 51:** Typische Endenergiekennwerte für Heizung, für ausgewählte Nutzungen – Nutzungsranddaten wie im GEG-Nachweis

Die Effizienz der eingesetzten Kompressionskältemaschinen schwankt stark mit den Einsatzbedingungen, sodass die tabellierten Werte nur eine grobe Einschätzung darstellen. Sofern eine thermisch betriebene Kältemaschine verwendet wird, ergeben sich 4- bis 6-mal höhere Endenergiekennwerte, da die Arbeitszahlen sich deutlich unterscheiden. Andere typische Einzeleinflussgrößen zeigt Tabelle 52.

Übergabe	Verteilung	Erzeugung
Nutzungsgrad in %	Nutzungsgrad in %	Arbeitszahl
alle Systeme: 90–100 %	alle Systeme: 90–100 %	zentrale Kompressionskälte, je nach Regelung und Temperaturen sowie Nutzungsart: 3,0–5,0
		Kleinklimagerät: 2,5
		zentrale Absorptionskälte, je nach Regelung und Temperaturen sowie Nutzungsart: 0,7

**Tab. 52:** Typische Einzelkennwerte für Übergabe, Verteilung und Erzeugung bei der Kühlung

Zur Plausibilisierung der Erzeugereffizienz wird empfohlen, die Nennkälteleistungszahl und den Teillastfaktor in Teil 7 nachzuschlagen.

## Lüftung

Je nach Nutzungsprofil ergibt sich ein unterschiedlicher Luftwechsel und damit Stromaufwand für den Ventilator bei einer mechanischen Lüftung. Typische Kennwerte zeigt Tabelle 53.

Nutzung	Neubau oder Bestand in kWh/(m <sup>2</sup> · a)
Bettengebäude / Hotel	15–25
Büro	5–15
Handel	15–25
Produktion	20–40
Restaurant	30–60
Schule	10–15
Sporthalle	10–20

*Hinweis: Belüftung aller Hauptnutzflächen mit Zu- und Abluftanlage; Werte sind bezogen auf das gesamte Gebäude.*

**Tab. 53:** Typische Hilfsenergiekennwerte für Lüftung für ausgewählte Nutzungen – Nutzungsranddaten wie im GEG-Nachweis

Insbesondere für die lüftungsintensiven Nutzungen ergeben sich sehr große Hilfsenergiemengen, weil lange Nutzungszeiten der Ventilatoren unterstellt werden.

## Beleuchtung

Der Endenergieaufwand hängt insbesondere von der eingesetzten Lampen- und Leuchtenart ab. Einen weiteren Einfluss hat die Regelung. Die tabellierten Werte können bei Verwendung individueller Beleuchtungsleistungen merklich abweichen.

Nutzung	Neubau oder Bestand in kWh/(m <sup>2</sup> · a)
Bettengebäude/Hotel	10–15
Büro	10–15
Handel	15–25
Produktion	10–20
Restaurant	15–25
Schule	5–10
Sporthalle	10–15

*Hinweis: Leuchtstofflampen mit EVG, direkte Beleuchtung, manuelle Regelung*

**Tab. 54:** Typische Endenergiekennwerte für Beleuchtung für ausgewählte Nutzungen – Nutzungsranddaten wie im GEG-Nachweis

Sofern die Beleuchtung nicht direkt erfolgt, andere Lampen und Leuchten eingesetzt werden und die Regelungstechnik hochwertiger ist, können die Kennwerte aus Tabelle 54 mit den Faktoren in Tabelle 56 korrigiert werden.

Beleuchtungsart	Leuchtenart	Regelung
Faktor	Faktor	Faktor
	LEDs: 0,49–0,9	Präsenzerfassung und hochwertiges Tageslichtkontrollsyste: 0,40–0,60
direkt: 1,0	Leuchtstofflampen: 1,0–1,24	hochwertiges Tageslichtkontrollsyste: 0,50–0,70
direkt/indirekt: 1,2	Halogenlampen: 5	Präsenzerfassung: 0,70–0,90
indirekt: 2,0	Glühlampen: 6	

**Tab. 55:** Typische Zu- bzw. Abschlagsfaktoren auf die Endenergie der Beleuchtung nach Tabelle 54

#### Trinkwarmwasserbereitung

Die Endenergiekennwerte für Warmwasser können anhand der Nutzenergie nach DIN V 18599-10 plausibilisiert werden. Für die meisten Nutzungen sind dabei die technischen Verluste nicht ausschlaggebend, weil eine dezentrale Versorgung mit geringen Verlusten vorliegt. In zentralen Netzen von Hotels und Bettengebäuden können die Verteilverluste die Nutzenergie übersteigen.

Tabelle 56 zeigt typische Endenergiekennwerte anhand der GEG-Standardnutzung. Die Kennwerte für alle Nutzungen mit geringen Warmwasserbedarfswerten sind auch im Vergleich mit der Realität plausibel. Bei den warmwasserintensiven Nutzungen werden sehr hohe Nutzungsintensitäten angesetzt. Dies führt zu unrealistisch hohen Warmwasserkennwerten, die jedoch im Rahmen des Nachweises plausibel sind.

Nutzung	Neubau oder Bestand in kWh/(m <sup>2</sup> · a)
Bettengebäude/Hotel	70–100
Büro	0–5
Handel	0–10
Produktion	0–20
Restaurant	150–250
Schule	0–10
Sporthalle	15–25

*Hinweis: Erzeugung nicht mit Wärmepumpe; bei niedrigen Kennwerten dezentrale Netze, sonst zentrale*

**Tab. 56:** Typische Endenergiekennwerte für Warmwasser, für ausgewählte Nutzungen – Nutzungsranddaten wie im GEG-Nachweis

Die Endenergie fällt bei Einsatz von Wärmepumpen geringer aus als in Tabelle 56 dokumentiert. Tabelle 57 enthält den Einfluss der Erzeuger sowie andere typische Einzelkennwerte.

Verteilung	Erzeugung
flächenbezogener Energiekennwert in kWh/(m <sup>2</sup> · a)	Nutzungsgrad in % oder Arbeitszahl
gebäudezentrales Netz mit Zirkulation im Neubau: 10–15 kWh/(m <sup>2</sup> · a)	Kessel, je nach Typ und Netztemperatur: 70–85 % (brennwertbezogen)
zentrales Netz im Bestand: 15–25 kWh/(m <sup>2</sup> · a)	Wärmepumpe, je nach Wärmequelle und Netztemperatur: 2,0–3,5
dezentrale Versorgung: 0–5 kWh/(m <sup>2</sup> · a)	Fernwärme, Elektrodirektheizung: 95–100 %

**Tab. 57:** Typische Einzelkennwerte für Verteilung und Erzeugung bei der Trinkwarmwasserbereitung

## 13.5 Typische Fehlerquellen

Abschließend seien einige Fehlerquellen genannt, die häufig zu unplausiblen Ergebnissen führen:

- | falsche Geometriedaten (charakteristische Länge und Breite) zur Abschätzung von Leitungslängen, insbesondere für die Trinkwarmwassernetze, und daraus resultierend zu große Verteilverluste (und in Folge Erzeugerverluste),
- | falsche Grunddaten zur Abschätzung der Warmwassernutzenergie (Flächen von Gesamtgebäuden statt von Hauptnutzungen, doppelte Abschätzung auf Basis von Haupt- und Nebenflächen); richtig ist der Ansatz ausschließlich der Bezugsfläche nach DIN V 18599-10, Tabelle 6,
- | für Beleuchtungsberechnung bei Nichtwohngebäuden unkorrekte Eingabe von Beleuchtungsbereichen, sodass eine falsche Zuordnung von Fenster- zu Nettogrundflächenanteilen erfolgt (zu viel oder zu wenig Tageslichtnutzung ist die Folge).

Keine Fehlerquellen im herkömmlichen Sinne sind – zumindest für den GEG-Nachweis und Energieausweis – die Nutzungsranddaten, die zu vermeintlich unplausiblen Ergebnissen führen können:

- | sehr hohe Bilanzinnentemperaturen, welche im Heizfall zusammen mit den Wärmeübergabeverlusten (welche indirekt weiter erhöhte Raumtemperaturen oder Luftwechsel sind) zu hohen Teilkennwerten für Heizung führen,
- | hohe Bilanzinnentemperaturen auch im Kühlfall, welche gepaart mit den in vielen Nutzungsprofilen sehr gering geschätzten internen Wärmelasten zu einem rechnerisch sehr geringen Kühlbedarf führen,
- | hohe Sollbeleuchtungsstärken, welche zu hohen Beleuchtungsenergiemengen führen, was in einigen Nutzungsprofilen dann nicht realistisch ist, wenn in der Realität diese Beleuchtungsqualität nicht erreicht wird (typisch: Schulen, Sporthallen, Einzelbüros, Nebenräume),
- | hohe Sollaußenluftwechsel, welche zu hohen Lüftungsenergiemengen führen, was in einigen Nutzungsprofilen dann nicht realistisch ist, wenn in der Realität diese Lüftungsqualität nicht erreicht wird (typisch: alle nicht mechanisch belüfteten Objekte mit hoher Belegungsdichte),
- | hohe unterstellte Nutzungsintensität (große Mengen, hohe Temperaturen) für die Warmwasserbereitung bei den ohnehin warmwasserintensiven Profilen, was zu sehr großen Endenergieaufwendungen führen kann.

# 14 Verbrauchs-/Bedarfsabgleich

Die Normenreihe DIN V 18599 stellt eine Methode zur Bewertung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden zur Verfügung. Die Berechnungen erlauben die Beurteilung aller Energiemengen, die zur bestimmungsgemäßen Beheizung, Warmwasserbereitung, raumlufttechnischen Konditionierung und Beleuchtung von Gebäuden notwendig sind.

Für den GEG-Nachweis gelten feste Annahmen für nutzungs- und betriebsbezogene Randbedingungen. Werden jedoch individuelle Randdaten in das Rechenwerk eingesetzt, dann entsteht eine allgemeine, ingenieurmäßige Energiebedarfsbilanzierung von Gebäuden, z. B. mit dem Ziel des Abgleichs zwischen Energiebedarf und -verbrauch.

Das Beiblatt 1 zur DIN V 18599 greift diesen Aspekt auf und hilft Anwendern, entweder eine realistische Energiebilanz zu erstellen oder – im optimalen Fall – sogar einen Abgleich von rechnerischen Bedarfs- und gemessenen Verbrauchsdaten zu erreichen. Es ist ein Hilfsmittel für Energieberater und auch für Neueinsteiger in das Thema „Energiebilanz nach DIN V 18599“.

Der Normteil liefert Hinweise, welche Einflussgrößen einer Energiebilanz wie viel Einfluss haben und wo es sich lohnt, genauer hinzuschauen – vgl. auch nebenstehende Infobox. Er ist nicht relevant für die Erstellung von GEG-Nachweisen, jedoch hilfreich, wenn aus der gesetzlich vorgeschriebenen Bilanz ein echtes Optimierungswerkzeug für das Gebäude werden soll.



## Ziele des Beiblatts

- | Durch gezielte Variation der Eingaben den Bedarf an den (witterungskorrigierten) Verbrauch annähern
- | Eine realistische Bilanz erstellen, die z. B. Grundlage für eine Energieberatung ist
- | Wissen, welche Größen mit wie viel Aufwand erhoben werden müssen

## 14.1 Vorgehensweise und Anwendungseinschränkungen

Ziel ist es, den berechneten Endenergiebedarf an den (witterungs- und standortkorrigierten) Verbrauch anzugeleichen. Der dabei entstehende Bedarfskennwert kann eine Basis für möglichst realistische Wirtschaftlichkeitsberechnungen, Beratungen, Energieanalysen usw. sein. Die sich ergebende Energiebilanz ist nicht Grundlage eines öffentlich-rechtlichen Nachweises nach dem Gebäudeenergiegesetz.

### Vorgehensweise

Ausgangsüberlegung für den Abgleich zwischen Bedarf und Verbrauch sind die Verbrauchswerte eines Gebäudes sowie eine Energiebilanz nach DIN V 18599. Zwischen den Werten wird mit großer Wahrscheinlichkeit ein Unterschied bestehen. Die Annäherung beider Werte kann wie folgt erreicht werden:

- | Erhebung von Verbrauchsdaten; Ziel dieses Schrittes ist die Bestimmung der Energiemengen für alle Energieträger in Kilowattstunden innerhalb eines beliebigen Messzeitraums.
- | Witterungskorrektur und/oder Zeitausgleich; Ergebnis sind – soweit möglich – zeit-, standort- und witterungskorrigierte Verbrauchskennwerte für jeden Energieträger (Basis Klimastandort Deutschland).
- | Abschätzung der nicht nach DIN V 18599 bilanzierten, aber gemessenen Stromverbraucher, z. B. PCs, Aufzüge, Produktionsmaschinen etc.; dieses ingenieurmäßige Auffüllen der Differenz zwischen Bedarf und gemessenem Verbrauch ist erforderlich, wenn auch die Stromkennzahlen angenähert werden sollen.
- | Erhebung der realen Nutzungsranddaten; ausgehend von Standardnutzungen sind die Nutzungsrandbedingungen an den realen – zu den Verbrauchsdaten passenden – Fall anzupassen.
- | Erstellung einer ersten Bedarfsbilanz nach DIN V 18599 mit angemessener Zonierung und den oben genannten Nutzungsranddaten; es kann ggf. anders (grob- oder feinteiliger) zoniert werden als bei einem GEG-Nachweis inklusive Überprüfung der geometrischen Daten, wie z. B. Flächen, Volumina und Höhen.
- | Modifikation der Bedarfsbilanz bzw. der Eingabeparameter; zunächst alle Größen, die sowohl sehr hohen Einfluss auf das Endergebnis haben als auch sehr stark um den Standardwert der Norm oder einen fiktiven Mittelwert schwanken („+++“ in Tabelle 58)
- | wie „Modifikation der Bedarfsbilanz bzw. der Eingabeparameter“, jedoch für die Größen mit starkem, mittlerem, geringem usw. Bilanzeinfluss bzw. Abweichungen vom Mittel- oder Standardwert („++“ bis „–“ in Tabelle 58)

Generell ist das Verfahren nach DIN V 18599, Beiblatt 1 so aufgebaut, dass zunächst Kennwerte überprüft werden, die sich messtechnisch erheben lassen. Bei diesen werden Größen mit hohem Bilanzeinfluss vorrangig betrachtet.

Als Hilfestellung werden die Eingabegrößen innerhalb eines jeden Gewerks (bzw. Normteils) benannt, die einen großen Bilanzeinfluss haben. Es wird in fünf Abstufungen, von sehr gering bis sehr hoch, unterschieden.

Für jede Größe wird zudem angegeben, ob die DIN V 18599 einen oder mehrere Standardwerte vorsieht, die bei der Bedarfsbilanz ersatzweise gewählt werden, oder ob diese Größe immer ein Projektkenntwert ist, weil es keine Standardwerte gibt.

Die typische Abweichung der Praxiswerte vom Standardwert bzw. auch die Abweichung der Praxiswerte rund um einen (fiktiven) Mittelwert wird angegeben. Unter dem fiktiven Mittelwert ist der häufigste Wert bei einer Aufnahme zu verstehen. Es wird in fünf Abstufungen unterschieden, siehe Tabelle 58. Die Einstufung hinsichtlich des Bilanzeinflusses der Eingangsgrößen und der Abweichung gibt den groben Trend wieder. Sie erfolgte durch Fachleute, wobei sich die Bewertung auf den häufigsten Fall bezieht. Im Einzelfall können sich Abweichungen ergeben.

Innerhalb eines Normteils – und damit Gewerks – sollten die Größen zunächst geprüft werden, die einen hohen Bilanzeinfluss und gleichzeitig eine tendenziell hohe Abweichung vom Standardwert oder generell von der zunächst getroffenen Annahme haben, siehe Tabelle 58.

Legende		Bilanzeinfluss der Größe				
Abweichung vom Standard- oder (fiktiven) Mittelwert	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
	-	0	0	+	++	
	gering	-	0	+	++	
	mittel	0	0	+	++	
	hoch	0	+	+	++	
	sehr hoch	0	+	++	+++	

Tab. 58: Hinweise zur Bearbeitungsreihenfolge [19]

Entsprechend sollten die Eingaben für die Raumsolltemperatur auf jeden Fall, für die Personenabwärme nur unter Umständen kritisch betrachtet und ggf. modifiziert werden. Nach diesem Prinzip sind über alle zehn Teile der DIN V 18599 insgesamt etwa 300 mögliche Eingabegrößen der Energiebilanz bewertet. Vom Verschmutzungsfaktor der Beleuchtung bis zum Windschutzkoeffizienten, von der Bivalenztemperatur bei Wärmepumpen bis zum Differenzdruck im Trinkwassererwärmer, von der Druckverhältniszahl einer Lüftungsanlage bis zur Nennkälteleistungszahl einer Kompressionsmaschine (siehe DIN V 18599, Beiblatt 1:2010-01, Tabellen 5 bis 14).

#### Einsatzgrenzen

Wird der individuell – mit plausiblen Nutzungsranddaten – ermittelte Bedarf mit dem witterungskorrigierten Verbrauch verglichen, sollte nun eine hohe Übereinstimmung zu verzeichnen sein. Es kann von einer guten Annäherung gesprochen werden, wenn beide Werte auf  $\pm 10$  Prozent genähert sind.

Der Abgleich von Bedarfs- und Verbrauchswerten kann aber nicht in jedem Anwendungsfall erreicht werden. Zwei wesentliche Merkmale des Energiebedarfsverfahrens begründen dies: das Bedarfsverfahren nach DIN V 18599 verwendet einen (derzeit nicht änderbaren) festen Datensatz von Klimadaten und der Bilanzumfang für Prozessenergie in DIN V 18599 ist begrenzt. Die sich daraus ergebenden Konsequenzen sowie ein möglicher Interpretationsspielraum sind nachfolgend erläutert.

### Einschränkungen bei Klimadaten

Die Energiebilanz nach DIN V 18599 erfolgt anhand von Bilanzgleichungen und Kennwerten. Ein Teil der Energiekennwerte ist anhand realer Projektdaten zu verwenden, teilweise entstammen die Energiekennwerte jedoch Simulationsprogrammen. Auf Letztere wird insbesondere bei der Beschreibung von Kühlprozessen über raumlufttechnische Anlagen, bei der Bewertung der Tageslichtnutzung für die Beleuchtung oder von Solaranlagen bzw. Wärmepumpen zurückgegriffen. Ein Teil der in DIN V 18599 hinterlegten Kennwerte bezieht sich daher starr auf das Klima von Potsdam (stellvertretend für das „Standardklima Deutschland“). Diese Kennwerte können innerhalb eines Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs nicht auf andere Wetterdatensätze umgestellt werden.

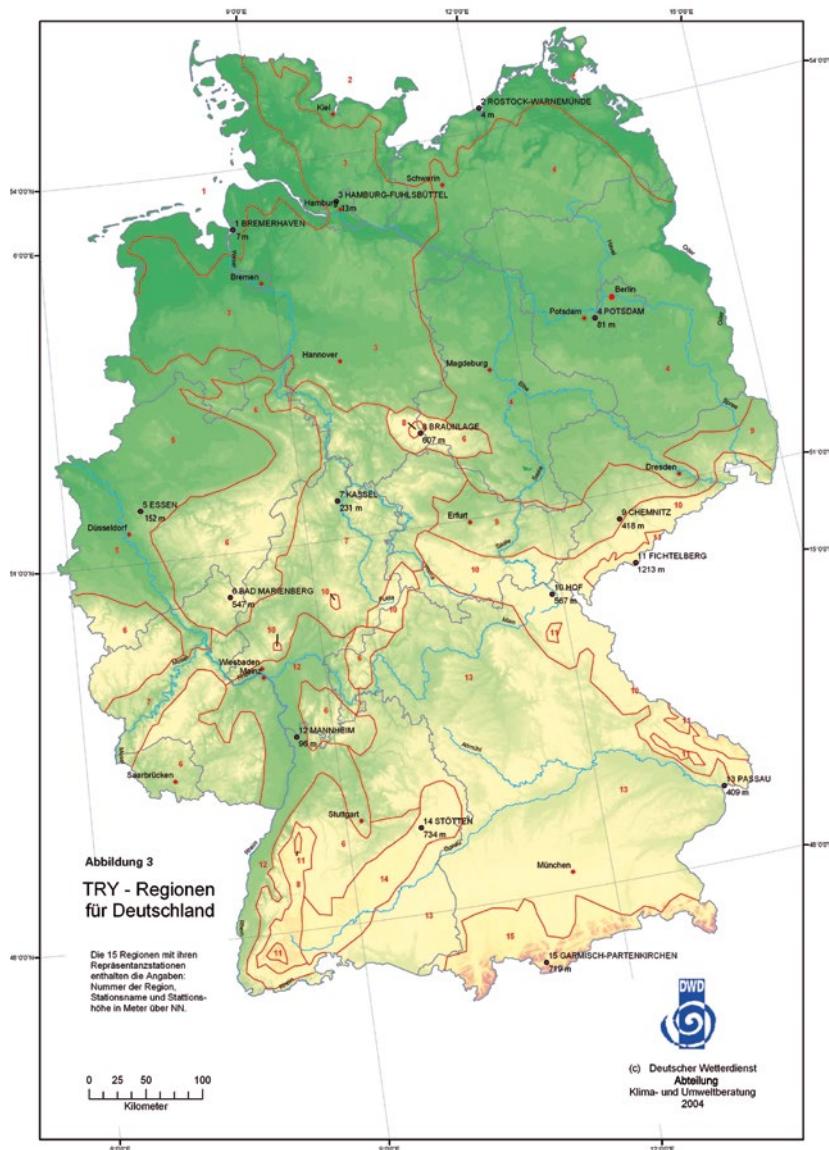


Abb. 93: TRY-Karte

Daher ist es nötig, die Verbrauchsdaten einer Witterungskorrektur (Standort und spezifisches jährliches Wetter) zu unterziehen, um eine Vergleichbarkeit mit dem Klimadatensatz für Potsdam herzustellen. Diese Vorgehensweise entspricht der Witterungskorrektur für Heizenergieverbrauchswerte. Die wünschenswerte Korrektur für Beleuchtungsstromaufwendungen oder den Energieverbrauch der Klimatisierung ist in der Literatur jedoch nicht beschrieben. Daher lässt sich der Standortfehler im Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich nicht unterbinden. Der Fehler, welcher sich aufgrund unterschiedlich warmer und lichtintensiver Jahre ergibt, kann durch eine Mittelwertbildung mehrerer Messjahre vermindert, aber nicht vermieden werden.

#### **Einschränkungen bei Nutzungsranddaten**

Im Gegensatz zu den festen Annahmen des Außenklimas lässt die Bilanz nach DIN V 18599 einen weitaus freieren Eingabespieldraum für Nutzungsranddaten (InnenTemperaturen, Luftwechsel, Feuchten, Beleuchtungsstärken) zu. Jedoch sind dem Verfahren auch hier Grenzen gesetzt.

Bei der Bilanz raumlufttechnischer Anlagen können nur Zulufttemperaturen zwischen 14 und 22 °C gewählt werden. Und auch bei Zuluftfeuchte-Sollwerten kann nur zwischen einem Band von 6 bis 10 g/kg oder einem festen Betrag von 8 g/kg gewählt werden. Damit ist ein Verbrauchsabgleich für Nutzungsprofile mit abweichenden Randdaten nicht (korrekt) möglich.

#### **Einschränkungen bei Prozessenergien**

Das vorliegende Verfahren ist nur geeignet, um Bedarfs- und Verbrauchswerte miteinander zu vergleichen, solange gleiche Energieanwendungen gemessen und rechnerisch bilanziert werden.

#### **Folgende thermische und elektrische Prozessenergien werden nicht in der Bilanz berücksichtigt:**

- | Prozessdampf- oder Wärme- oder Stromerzeugung für Küchen, Wäschereien, Sterilisation u. Ä.;
- | Deckung von Verdunstungsenergiemengen bei Schwimmbecken;
- | Außenheizungen für Auffahrten, Dachrinnen u. Ä.;
- | jegliche Produktionswärme;
- | Beleuchtung aus dekorativen Zwecken, Außen- und Sicherheitsbeleuchtung;
- | EDV-Einrichtungen (Computer, unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV), Zentralrechner usw.);
- | Telekommunikationseinrichtungen und -zentralen (Telefon, Fax usw.);
- | Büroeinrichtung (Drucker, Kopierer, usw.);
- | Funk- und Fernsehtechnik (Fernseher, Video, Radio, Satellitenreceiver usw.);
- | Haushaltsgeräte (Waschmaschinen, Trockner, Spülmaschinen usw.);
- | Verpflegungsgeräte (Kaffeemaschinen, Herde, Mikrowellen, Automaten usw.);
- | Transportanlagen (Rolltreppen, Aufzüge usw.);
- | Überwachungs- und Schließanlagen;
- | Krankenhaustechnik;
- | Werbeanzeigen;
- | Betrieb von elektrischen Geräten für die Produktion.

Ist im Messwert in nennenswertem Umfang Prozessenergie enthalten, welche nicht in der theoretischen Bedarfsbilanz erfasst wird und nicht rechnerisch oder messtechnisch ermittelt werden kann, wird ein Abgleich entsprechend unsicher oder kann nicht durchgeführt werden.

**Beispiel:** Der Messwert für Strom einer Werkstatt enthält zu großen Anteilen die Verbrauchswerte für Maschinen und Absauganlagen, aber nur zu einem geringen Anteil Beleuchtungs- und Pumpenstrom. In diesem Fall obliegt es dem Anwender, die sich ergebenden Daten – nach einem durchgeführten Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich – zu interpretieren. Alternativ sind Prozessenergianwendungen sinnvoll abzuschätzen oder im idealen Fall zu messen.

## 14.2 Verbrauchsdaten und Korrekturverfahren

Als Datenbasis für den Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich wird die Erhebung der Verbrauchsdaten mehrerer Jahre unbedingt empfohlen. Nach oben sind keine Grenzen gesetzt, sofern die in der Vergangenheit liegenden Messperioden den zu bilanzierenden Zustand repräsentieren.

### Erfassung der Verbrauchsmengen

Für die leitungsgebundenen Energieträger Gas, Strom und Fernwärme sind Zählerwerte mit Ablesedatum zu erfassen. Den Belegen werden die verbrauchten Mengen und die zugehörigen Messzeiträume entnommen. Bei Gas zusätzlich der Brennwert.

Bei den nicht leitungsgebundenen Energieträgern Öl, Kohle, Flüssiggas oder Holz ist bei der Erfassung der Mengen der Lagerbestand am Anfang und Ende der Messung zu beachten.

Sofern der Lagerbestand zum Anfang ( $A$ ) und Ende ( $E$ ) bekannt ist, z. B. bei jeweils vollgetankten Öltanks, lässt sich eine Verbrauchsmenge ( $V$ ) direkt erfassen. Sie ergibt sich aus:

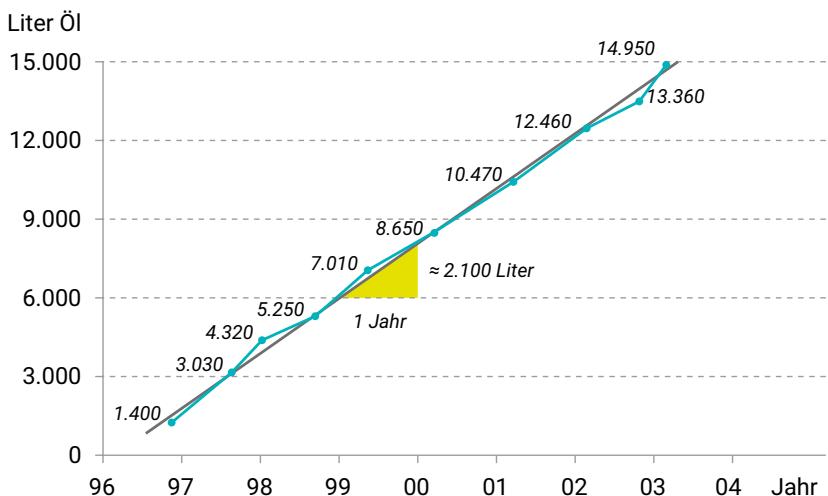
- | immer volle Lager nach dem Kauf: die hinzugekaufte Menge ( $T$ ) wurde im Zeitraum seit dem letzten Einkauf verbraucht ( $V = T$ ),
- | immer leere Lager vor dem Kauf: die hinzugekaufte Menge ( $T$ ) wird im Zeitraum bis zum nächsten Einkauf verbraucht ( $V = T$ ).

Ist unbekannt, ob jeweils immer vollgetankt oder die Lager immer leer gemacht werden, sind die Lagerbestände zu berücksichtigen:

- | Die seit dem letzten Kauf verbrauchte Menge ( $V$ ) ergibt sich aus der damals gekauften Menge ( $T$ ) zuzüglich des Anfangslagerbestandes damals ( $A$ ) und abzüglich des Endlagerbestandes heute ( $E$ ), d. h.  $V = A + T - E$ .
- | Ist der Anfangslagerbestand unbekannt, kann er geschätzt werden. Er liegt zwischen null (leeres Lager) und der Differenz aus maximalem Speicherinhalt und der ersten bekannten Brennstofflieferung (maximal möglicher Zukauf). Es ergibt sich eine Ungenauigkeit, die bei der Interpretation des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs berücksichtigt werden muss.

Alternativ erfolgt die Auftragung der Verbrauchsmengen kumuliert über der Zeit in einem Diagramm mit Bildung der Ausgleichsgeraden, analog zu dem Beispiel in Abbildung 94. Der Verbrauch innerhalb der Messzeit (erstes bis letztes Datum) ergibt sich aus der Zeitdifferenz mal der Steigung. Es empfiehlt sich in diesem Fall, Einkaufsbelege mindestens der letzten fünf Jahre auszuwerten.

Eine Modernisierung oder Unregelmäßigkeiten bei der Datenerfassung (fehlende Belege) zeigen sich in der grafischen Darstellung als veränderte Steigung bzw. stark ausreißende Messpunkte.



nach: H. Obermeyer

**Abb. 94:** Beispiel eines kumulierten Ölverbrauchs über die Zeit nach DIN V 18599, Beiblatt 1:2010-01 [19]

#### Umrechnung in Energiemengen

Der Abgleich zwischen Verbrauchs- und Bedarfswerten erfolgt auf Ebene der Endenergie. Daher müssen die Verbrauchsdaten unabhängig von ihrer Abrechnungseinheit zunächst in Energiemengen umgerechnet werden. Die DIN V 18599 bilanziert die Endenergie in der Regel als brennwertbezogene Größe, daher müssen die Verbrauchswerte (der Brennstoffe) mit dem Brennwert des Stoffes multipliziert werden.

Energieträger	Mengeneinheit	Heizwert HI	Brennwert HS	Verhältnis Brennwert / Heizwert	Hinweise
Heizöl leicht	l	ca. 10,0 kWh/l	ca. 10,6 kWh/l	1,06	–
Heizöl schwer	kg	ca. 10,9 kWh/kg	ca. 11,6 kWh/kg	1,06	–
Erdgas H (Erdgas E)	m³	ca. 10,4 kWh/m³	ca. 11,5 kWh/m³	1,11	Energiegehalt des Lieferanten verwenden
Erdgas L (Erdgas LL)	m³	ca. 8,9 kWh/m³	ca. 9,8 kWh/m³	1,11	
Stadtgas	m³	ca. 4,5 kWh/m³	ca. 5,0 kWh/m³	1,11	Energiegehalt des Lieferanten verwenden
Flüssiggas	kg	ca. 13,0 kWh/kg	ca. 14,2 kWh/kg	1,09	
Steinkohle	kg	ca. 8,8 kWh/kg	ca. 9,0 kWh/kg	1,02	–
Braunkohle	kg	ca. 5,5 kWh/kg	ca. 5,9 kWh/kg	1,07	–
Koks	kg	ca. 8,0 kWh/kg	ca. 8,3 kWh/kg	1,04	–
Holz	kg	ca. 4,1 kWh/kg	ca. 4,4 kWh/kg	1,08	für lufttrockenes Holz
Holzpellets	kg	ca. 5,0 kWh/kg	ca. 5,4 kWh/kg	1,08	
Holzhackschnitzel	SRm	ca. 650 kWh/SRm	ca. 700 kWh/SRm	1,08	SRm = Schüttraummeter
Nah- und Fernwärme	kWh	–	–	(1,0)	Umrechnung nicht erforderlich
Strom	kWh	–	–	(1,0)	

**Tab. 59:** Energiegehalte und Umrechnungsfaktoren nach DIN V 18599, Beiblatt 1:2010-01 [19]

**Wichtiger Hinweis:** Die witterungskorrigierten Endenergien aus dem Verbrauchsergieausweis sind nicht unmittelbar mit der DIN V 18599 vergleichbar, da sie auf den Heizwert bezogen sind. Sofern auf Verbrauchswerte aus Ausweisen zurückgegriffen werden soll, sind diese Werte mit dem Faktor „Verhältnis Brennwert/Heizwert“ nach Tabelle 59 „Energiegehalte und Umrechnungsfaktoren“ nach DIN V 18599, Beiblatt 1:2010-01 zu multiplizieren.

### Verbrauchskorrekturen im Überblick

Die Witterungs-, Standort- und Zeitkorrektur der Verbrauchsdaten ist notwendig, um die Messwerte mit den Rechenwerten vergleichbar zu machen. Es gibt dabei folgende Verfahrensgrenzen:

- eine Witterungs- und Standortkorrektur kann – mangels Verfahren – praktisch nur für den Heizungsanteil erfolgen, für Klimatisierungs-, Kühlungs- und Beleuchtungsaufwendungen erfolgt ersatzweise nur eine Zeitkorrektur;
- witterungsabhängige und -unabhängige Anteile des Verbrauchs sind einer unterschiedlichen Korrektur (Zeit- und Witterungskorrektur) zu unterziehen, was eine messtechnisch getrennte Erfassung wünschenswert macht; dies ist jedoch nur selten gegeben; die Aufteilung kann daher nur näherungsweise erfolgen;
- bei der Witterungs- und Standortkorrektur für den Heizungsanteil werden oft Wetterdaten verwendet, die zu einer Referenzwetterstation gehören; diese werden über Postleitzahlen zugeordnet.



Die Verwendung von Referenzwetterstationen ist immer mit gewissen Ungenauigkeiten bzw. Abweichungen verbunden.

### Korrektur witterungsbedingter Schwankungen

Für alle Anteile am Endenergieverbrauch gilt: sofern der Verbrauch witterungsbedingt schwankt, werden Witterungskorrekturverfahren verwendet, welche es ermöglichen, ein repräsentatives Jahr abzuschätzen. Fehlen diese Verfahren, wird empfohlen, möglichst nur volle Jahre (oder Vielfache voller Jahre) als repräsentative Verbrauchswerte zu verwenden. Die Vergleichbarkeit mit einem Standardjahr nimmt hierbei ab, je weniger Jahre verfügbar sind. Die einzelnen Verbrauchsanteile und Korrekturverfahren im Überblick:

- Heizung: witterungsabhängiger Verbrauch; es liegt ein erprobtes Korrekturverfahren vor (Witterungskorrektur); aus Verbrauchswerten können repräsentative Jahreswerte ermittelt werden, auch wenn keine vollständigen Jahre gemessen wurden.
- Trinkwarmwasserbereitung: nahezu witterungsunabhängiger Verbrauch; es liegt ein erprobtes Korrekturverfahren vor (Zeitkorrektur); aus Verbrauchswerten können repräsentative Jahreswerte ermittelt werden, auch wenn keine vollständigen Jahre gemessen wurden.
- Kühlung sowie RLT mit/ohne Entfeuchtung: witterungsabhängiger Verbrauch; es liegt kein erprobtes Korrekturverfahren vor; es wird empfohlen, möglichst nur volle Jahre (oder Vielfache voller Jahre) als repräsentative Verbrauchswerte zu verwenden; eine Korrektur entfällt dann bzw. bei Verwendung von Mehrjahreszeiträumen gilt die Zeitkorrektur.
- mechanische Lüftung: je nach Lüftungskonzept entweder witterungsabhängig oder witterungsunabhängig; es wird eine Zeitkorrektur empfohlen.
- Beleuchtung: bei den meisten Nutzungen leicht witterungsabhängiger Verbrauch. Ist der Beleuchtungsstrom nicht separat bekannt, sondern Teil des Gesamtstroms, wird eine Zeitkorrektur empfohlen. Bei separaten Messwerten kann das Verfahren der VDI 3807-4 herangezogen werden.

### Korrektur nutzungsbedingter Schwankungen

Für alle Anteile am Endenergieverbrauch gilt: sofern der Verbrauch nutzungsbedingt ganzjährig gleichmäßig (z. B. täglich) oder periodisch (z. B. wöchentlich, immer wochentags) stattfindet, kann in einem Witterungs- oder Zeitkorrekturverfahren auch aus Messzeiträumen, welche von zwölf Monaten abweichen, ein repräsentatives Jahr abgeschätzt werden.

Liegt der Verbrauch nutzungsbedingt saisonal stark schwankend vor, empfiehlt sich grundsätzlich die Messung ganzer Jahre (oder mehrerer ganzer Jahre). Die bekannten Korrekturverfahren können nutzungsbedingte Schwankungen nicht ausgleichen.

### Witterungsabhängiger Verbrauch der Heizung

Korrigiert wird der Verbrauchsanteil für Heizung, hier  $Q_{h,mess}$  genannt. Der Anteil am Gesamtverbrauch eines Gebäudes, der von der Witterung abhängt, wird nach folgender Gleichung korrigiert:

$$Q_{h,bereinigt} = Q_{h,mess} \cdot \frac{Gt_{standard}}{Gt_{mess}}$$

Die Gradtagszahlen des Standardjahres  $Gt_{standard}$  verhalten sich zu den Gradtagszahlen des Untersuchungsjahres  $Gt_{mess}$  wie der Heizungsverbrauch im Standardjahr  $Q_{h,bereinigt}$  zum gemessenen Heizungsverbrauch  $Q_{h,mess}$ . Die Standardwerte sind Mittelwerte für das Langzeitklima des mittleren deutschen Standortes. Die Korrektur ist sinnvoll, weil auch die Bedarfswerte mit dem Standardklimadatensatz Deutschland berechnet werden.

### Witterungsunabhängiger Verbrauch

Witterungsunabhängig sind – in erster Näherung – die Verbrauchswerte für Warmwasserbereitung. Es erfolgt daher eine Zeitkorrektur. Der Anteil am Gesamtverbrauch eines Gebäudes, der nicht von der Witterung abhängt, beispielhaft sei hier der Anteil für die Trinkwarmwasserbereitung  $Q_{w,mess}$  herangezogen, wird nach folgender Gleichung korrigiert:

$$Q_{w,bereinigt} = Q_{w,mess} \cdot \frac{t_{standard} \text{ (bzw. } 365 \text{ d/a)}}{t_{mess}}$$

Der gemessene Verbrauch  $Q_{w,mess}$  wird anhand der Messtage  $t_{mess}$  auf die vollen 365 Tage eines Jahres angepasst. Die Korrektur heißt Zeitkorrektur. Diese Art der Normierung ist immer gleich – unabhängig vom Standort. Da Einzelmesswerte oft fehlen und/oder keine Korrekturverfahren bekannt sind, unterliegen in der Regel auch die Verbrauchsanteile für die Beleuchtung, Klimatisierung und Lüftung nur der Zeitkorrektur.

### Aufteilung des Verbrauchs

Eine getrennte Zeit- und Witterungskorrektur kann nur erfolgen, wenn die Anteile an der Endenergie auch getrennt bekannt sind.

Die sicherste Verbrauchsaufteilung ist die messtechnische. Dazu müssen an geeigneten Stellen Unterzähler installiert sein. Alternativ, jedoch mit eingeschränkter Genauigkeit, helfen Detailmessungen, wie sie in Kapitel 14.4 beschrieben werden. Dies sind Messungen, die den Verbrauch über der Zeit oder der Außentemperatur aufzeichnen und auswerten. Anhand solcher Messungen ist erkennbar,

- | welcher Anteil der Verbraucher witterungsunabhängig, d. h. ganzjährig vorhanden ist und welcher Anteil nur in der Sommer- bzw. Winterperiode auftritt (Auftragung des Verbrauchsverlaufs über der Außentemperatur eines Jahres in grober Rasterung; „Sommermessung“);
- | welchen Anteil einzelne Großverbraucher haben, wenn sie zu- oder abgeschaltet werden (Auftragung des Verbrauchsverlaufs über der Zeit einer Woche oder eines Tages in feiner Rasterung).

### Ermittlung der Klimadaten

Die Ermittlung der notwendigen Klimadaten zur Witterungskorrektur des Heizungsverbrauchs wird in VDI 3807 beschrieben. Bei den zu verwendenden Gradtagszahlen handelt es sich um aufsummierte Temperaturdifferenzen zwischen einer Raumtemperatur von 20 °C und der Außentemperatur, sofern der betreffende Tag ein Heitztag ist, d. h. unter 15 °C liegt.

In jedem Fall sind die Gradtagszahlen für ein mittleres Jahr am mittleren Standort Deutschland (Potsdam) und des Messjahres ins Verhältnis zu setzen und dabei gleiche Randdaten (Innentemperatur und Heizgrenze) zu verwenden.

## 14.3 Anpassung der Bedarfsbilanz

Liegt ein witterungs- und/oder zeitkorrigierter Verbrauch vor, ist die Bedarfsbilanz auf Realitätsnähe zu überprüfen. Es gelten folgende Grundregeln:

- | es sind angepasste Nutzungsranddaten zu verwenden,
- | Projektkenngrößen sind Standardwerten vorzuziehen.

Wird der individuell – mit plausiblen Nutzungsranddaten – ermittelte Bedarf mit dem witterungskorrigierten Verbrauch verglichen, sollte nun eine hohe Übereinstimmung zu verzeichnen sein. Es kann von einer guten Annäherung gesprochen werden, wenn beide Werte auf  $\pm 10\%$  genähert sind. Wird diese Abweichung nur erreicht, wenn nicht plausible Nutzungsbedingungen zugrunde gelegt werden müssen, sind Fehler bei der Datenaufnahme bzw. -verwendung wahrscheinlich.

### Einzel- und Gesamtvergleiche

Zunächst werden anhand der Position von ggf. vorhandenen (Unter-) Zählern oder Teilmesswerten die Energiemengen separiert, für die es einen genaueren Abgleich geben kann. Gibt es beispielsweise einen Wärmemengenzähler zwischen Wärmeerzeuger und Warmwasserspeicher, misst dieser die Energiemenge, die in der Energiebilanz „Erzeugernutzwärmemenge für Trinkwarmwasser  $Q_{w,outg}$ “ heißt. Für diese Teilenergiemenge ist zunächst ein Abgleich vorzunehmen.

Es empfiehlt sich als Reihenfolge einer Bearbeitung zunächst mit den Unterzählern zu beginnen und dann mit den Hauptzählern fortzufahren. Beim Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich der Hauptzähler werden die angenäherten Kennwerte des Unterzählers nicht mehr geändert.

Weicht der Bedarfs- vom Verbrauchskennwert ab, sind die Eingaben aller betroffenen Gewerke zu überprüfen. Begonnen wird mit den Größen, welche einen großen Bilanzeinfluss haben können. Dabei werden zunächst gewerkeübergreifend alle einflussreichen Größen bearbeitet.

### Wichtige Einflussgrößen auf die Bilanz

Bei der Erstellung eines Abgleichs zwischen Bedarf und Verbrauch sind die in Tabelle 60 gelisteten Größen und Einflüsse kritisch zu hinterfragen.

Teil	Aspekt / Größe	Hinweise
1	Zonierung	Die Zonierung des Gebäudes ist zu überprüfen. Zonen, die aus Vereinfachungsgründen zusammengefasst wurden, sind ggf. in Einzelzonen zu zerlegen. Dies ergibt sich aus dem Ziel, die Nutzungsranddaten möglichst realistisch anzusetzen. Das Grundmodell des Gebäudes weist voraussichtlich eine größere Anzahl von Zonen auf, wie es bei einer standardisierten Berechnung (z. B. eines GEG-Nachweises) der Fall ist.
	Geometriedaten	Es ist insgesamt davon auszugehen, dass hier wenig Fehlerpotenzial – bis auf Messfehler – zu finden ist. Dennoch sind die Geometriedaten kritisch zu überprüfen. Das gilt in erster Linie für die wärmeübertragende Hüllfläche.
10	Zeiten	Betriebszeiten sind in Zusammenarbeit mit Hausmeistern, der Betriebstechnik o. Ä. anzupassen.
	Temperaturen	Unter den Nutzungsranddaten sind die Temperaturen (Soll-Innentemperatur zur Betriebs- und Nebenzeitz) die einflussreichsten Größen. Hier ist bei einem Abgleich von Bedarf und Verbrauch zu beachten, dass die Norm Sollwerte als Eingaben des Anwenders berücksichtigt. Diese werden im Rahmen der Energiebilanz um den Einfluss von Absenkphasen nach unten, aber auch um Regelungs- und Wärmeübergabeeinflüsse der Anlagentechnik nach oben korrigiert. Die sich hieraus ergebende effektive, mittlere Innentemperatur wäre vergleichbar mit einem Messwert für die Temperatur. Sie wird aber im Rahmen der Energiebilanzierung nach Norm nicht ausgewiesen. Für den Abgleich heißt dies in der Regel, Sollwerte niedriger anzusetzen, als es die Messwerte aus Objekten vermuten lassen. Die Einflüsse der Wärmeübergabe erhöhen den Wert indirekt etwa um 1–2 K.
	interne Wärmelasten	Die inneren Wärmequellen (außer Personenabwärme) sollten für die realitätsnahe Energiebilanz abgeschätzt werden. Dienlich sind beispielsweise die real vorhandenen Stromverbrauchswerte oder Typenschilder und Laufzeiten stromverbrauchender Geräte. Dieses Vorgehen empfiehlt sich insbesondere bei Energiebilanzen für Produktionsstätten.
	Wasserverbrauch	Der Warmwasserverbrauch sollte – sofern möglich – aus Verbrauchsdaten abgeschätzt werden.
	Außenluftmenge	Für alle Gebäude (mit und ohne mechanische Lüftung) gilt, dass der Mindestaußenluftwechsel, der als Kennwert in der Norm hinterlegt ist, vielfach in der Praxis nicht erreicht wird. Dies äußert sich in unzureichenden hygienischen Luftzuständen – aber gleichzeitig in einem geringeren Energieverbrauch.  Der Mindestaußenluftwechsel ist beim Abgleich in der Regel leicht bis deutlich nach unten zu korrigieren. Die Abweichungen zwischen Realität und Normvorgaben sind besonders groß in Gebäuden mit hoher Belegungsdichte ohne mechanische Lüftung.
	Beleuchtungsstärke	Sinngemäß gelten die Aussagen zur Lüftung. In vielen Gebäuden werden die Beleuchtungsstärken der Norm nicht erreicht. Diese unzureichende Beleuchtung führt jedoch in der Praxis häufig zu deutlich kleineren Stromverbräuchen als die zugehörigen Bedarfswerte. Für den Abgleich wird empfohlen, die tatsächlich installierte Beleuchtungsleistung vorzugeben. Dann wird eine Angabe der Beleuchtungsstärke überflüssig.

Teil	Aspekt / Größe	Hinweise
2	U-Werte	Für Wärmedurchgangskoeffizienten ist eine Ermittlung aus Schichtdicken und Wärmeleitfähigkeiten der Materialien sowie Wärmeübergangswiderständen sinnvoll. Die Verwendung von Typologiewerten ist in der Regel bei einem Abgleich nicht sinnvoll.
	g-Werte	Die Verwendung von Herstellerwerten für den Energiedurchlassgrad $g_{\perp}$ einer Verglasung sollte erfolgen, wenn sie verfügbar sind.
	Verschattungseinfluss	Der Einfluss der Verschattung auf die Strahlungswärmequellen ist groß. Sofern der Untersuchungsaufwand dies zulässt, wird eine detaillierte Berechnung oder Simulation empfohlen. Dies bedeutet jedoch einen größeren Aufwand.
	Luftdichtheit	Die Verwendung eines Messwertes für die Gebäudedichtheit wird empfohlen.
	Wärmebrücken	Der Einfluss von Wärmebrücken ist zu überprüfen. Im Rahmen des GEG-Nachweises werden Wärmebrücken im Bestand besonders hoch (bis $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ) eingeschätzt. In der Praxis wirken Wärmebrücken jedoch besonders hoch, wenn bereits Wärmédämmsschichten vorhanden sind. Daher führt die sehr hohe Einschätzung von Wärmebrücken im Bestand regelmäßig zu rechnerisch sehr schlecht bewerteten Gebäuden.
4	installierte Beleuchtungsleistung	Für eine realitätsnahe Bilanz sollte die tatsächlich vorhandene installierte Leistung der künstlichen Beleuchtung ermittelt und nicht die mit dem Tabellen- oder dem vereinfachten Wirkungsgradverfahren ermittelte elektrische Bewertungsleistung verwendet werden.
	Tageslichtquotient	Der Einfluss des Tageslichtquotienten auf den Beleuchtungsenergiebedarf ist groß. Sofern der Untersuchungsaufwand dies zulässt, wird eine Messung oder Simulation empfohlen. Dies bedeutet jedoch einen größeren Aufwand.
	Präsenz- und tageslichtabhängige Kontrolle	Die Kontrollsysteme beeinflussen die effektive Betriebszeit. Sie haben einen großen Bilanzeinfluss, lassen sich aber praktisch nur über Simulationen detaillierter ermitteln.
3, 6	Anlagenluftwechsel bzw. Volumenströme	Für Gebäude mit mechanischen Lüftungsanlagen ergibt sich die Empfehlung, den tatsächlichen Luftwechsel bzw. Luftvolumenstrom der Anlagen rechnerisch zu erfassen. Häufig finden sich aktuellere Volumenstrom-Messprotokolle in den Wartungsunterlagen. Besteht der Verdacht größerer Abweichungen, sind eigene Luftvolumenstrommessungen zu empfehlen.
	Anlagenbetriebszeiten	Die Anlagenbetriebszeiten müssen immer vor Ort erhoben werden.
	Ventilatoren	Die Stromaufnahme der Ventilatoren sollte gemessen werden – zumindest sind jedoch die Herstellerwerte der realen Produkte anstelle von Standardwerten zu verwenden. Aus elektrischer Leistung und Luftvolumenstrom lässt sich die spezifische Ventilatorleistung bestimmen und in der Bedarfsrechnung berücksichtigen.
	Wärmerückgewinnung	Die Rückwärmzahl von Wärmerückgewinnungsanlagen (analog die Umlufrate von Mischkammern) lässt sich über Temperatur- bzw. Enthalpieverhältnisse messtechnisch prüfen.
	Temperatur- und Feuchtesollwerte	Die Sollwerte für die Be- und Entfeuchtung von Vollklimaanlagen können von den Standardwerten der Norm abweichen und dadurch zu Verbrauchsabweichungen führen. Feuchtesensoren sollten bei größeren Anlagen überprüft werden, da Fehlmesungen den Verbrauch spürbar beeinflussen können.

Teil	Aspekt / Größe	Hinweise
5, 8	Leitungsnetz der Wärmeverteilung	Wesentlichen Einfluss auf die Bedarfsberechnung hat die Leitungslänge. Dies sollte daher vor weiteren Anpassungen zumindest überschlägig abgeschätzt und angepasst werden.
	Erzeugerleistung (Wärme)	Der Einfluss der maximalen Leistung eines Wärmeerzeugers auf die Energiebilanz ist zwar nicht sehr groß, jedoch ist die Größe oft leicht zu bestimmen und kann daher beim Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich verwendet werden.
	Effizienzmerkmale der Wärmeerzeuger	Produktkenn- oder Messwerte für Leistungszahlen, Wirkungsgrade, Betriebsbereitschaftsverluste usw. der Wärmeerzeuger sollten verwendet werden, wenn sie vorliegen. Sie haben einen großen Bilanzeinfluss.
	Speichervolumen	Der Einfluss des Speichervolumens auf die Energiebilanz ist zwar nicht sehr groß, jedoch ist die Größe oft leicht zu bestimmen und kann daher beim Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich verwendet werden.
	Pumpenleistungen	Der Einfluss der Pumpenleistungen auf die Energiebilanz ist zwar nicht sehr groß, jedoch sind diese oft leicht zu bestimmen und können daher beim Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich verwendet werden.
	Zirkulationszeit	Bei Vorhandensein einer Zirkulationspumpe wird geraten, diese anhand der realen Laufzeit zu bewerten.
	Solarthermie	Für Gebäude mit Solarthermieanlagen für Trinkwarmwasserbereitung und/oder Heizungsunterstützung sollten die Ertragswerte der Anlage (gemessene Werte eines Wärmemengenzählers) berücksichtigt werden.
7	Effizienzmerkmale der Kälteerzeuger	Die Effizienz der Kälteerzeugung (Nennleistungsziffer oder Nennwärmeverhältnis) kann je nach Hersteller und Bauart Streuungen gegenüber den Standardwerten nach Norm aufweisen. Eine Verwendung von Produktkennwerten wird für die Aufstellung einer realistischen Energiebilanz empfohlen. Noch besser wären Messwerte des Realbetriebs.
	Pumpenleistungen	Wegen des hohen Primärenergieaufwands der Umwälzpumpen in Kalt- und Kühlwasserkreisen sollte deren Leistung immer direkt erhoben und in die Berechnung eingesetzt werden.
9	Blockheizkraftwerk	Für ein Blockheizkraftwerk ergibt sich beim Bedarf-Verbrauchs-Abgleich die bilanzrelevante Empfehlung, die realen Deckungsanteile bei der Wärmeversorgung zu berücksichtigen.

**Tab. 60:** Hinweise zur Bedarfsbilanz

## 14.4 Detailinformationen aus Verbrauchsmessungen

Jahresverbrauchswerte für Bedarf und Verbrauch sind für den Abgleich geeignet, wobei die Schwierigkeit besteht, sehr viele Eingabegrößen einer Bedarfsbilanz mit Werten zu belegen, um einen einzigen Verbrauchskennwert nachzubilden bzw. zu plausibilisieren.

Anhand von detaillierten Verbrauchsmessungen mit Auftragung des Verbrauchsverlaufes über der Zeit (Jahr, Monat, Woche, Tag, Stunde), der Außentemperatur oder einer anderen repräsentativen Größe (Maß für die Belastung) lassen sich weitere Hinweise für den Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich gewinnen.

### Energiesignatur

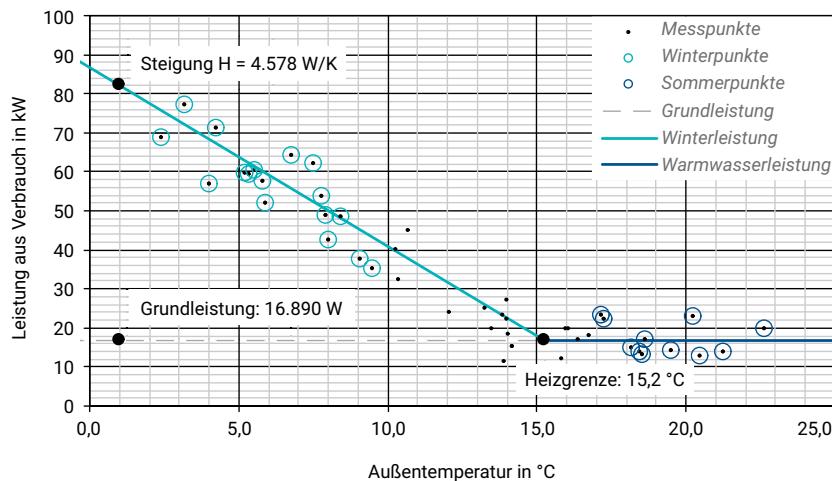
Ein praktikables Hilfsmittel ist die sogenannte Energiesignatur. Die Bestimmung einer Energiesignatur für Wärmeverbraucher erfolgt durch Auswertung des Verbrauchs über der Außentemperatur. Anhand dieses Verfahrens können die Heizgrenze sowie lastabhängige und lastunabhängige Energieanteile bestimmt werden.

Die Messwerte von monatlichen oder wöchentlichen Energiemengen werden als Leistungswerte (mittlere Leistung in der Messzeit) über der gemittelten Außen temperatur aufgetragen, vgl. Abbildung 95 „Auswertung von Detailmesswerten – Energieanalyse“.

Es wird eine Grundleistung sichtbar, sofern es von der Witterung unabhängige Verbraucher gibt. Diese gemessene Grundleistung kann mit der Energiebedarfsrechnung abgeglichen werden. Es kann sich beispielsweise um den Anteil für die Trinkwarmwasserbereitung handeln. Je nach Lage der Messstelle (vor dem Wärmeerzeuger, hinter dem Wärmeerzeuger usw.) wird der Messwert mit dem Rechenwert für die Endenergie oder dem Rechenwert für die Wärmeabgabe des Erzeugers verglichen.

Aus der Grafik lässt sich eine Heizgrenze erkennen, d. h. der Umschlagpunkt von Heizbetrieb in die heizfreie Zeit. Dieser Umschlagpunkt kann auch mit der Bedarfsbilanz abgeglichen werden.

Die eigentliche Energiesignatur des Verbrauchers ist die Steigung der Geraden. Sie repräsentiert die Zunahme der Leistung in W (oder kW) je Kelvin Abfall der Außentemperatur. Es wird auch vom „Fingerabdruck des Gebäudes“ gesprochen. Die Steigung H in W/K entspricht näherungsweise der Summe aus Transmissions- und Lüftungsheizlast einer Energiebedarfsrechnung. Diese Größe kann ebenfalls mit der Bedarfsberechnung abgeglichen werden. Die theoretischen Annahmen zu Flächen und Wärmedurchgangskoeffizienten sowie Luftwechsel und -volumen können überprüft werden.



**Abb. 95:** Auswertung von Detailmesswerten – Energieanalyse

Die Energiesignatur ist auch auf den Sommerfall und die Kühlbilanz übertragbar. Es sind Einflüsse des Außenklimas sowie der internen Lasten auf den Kühlbedarf zu erkennen.

#### Lastgangmessungen

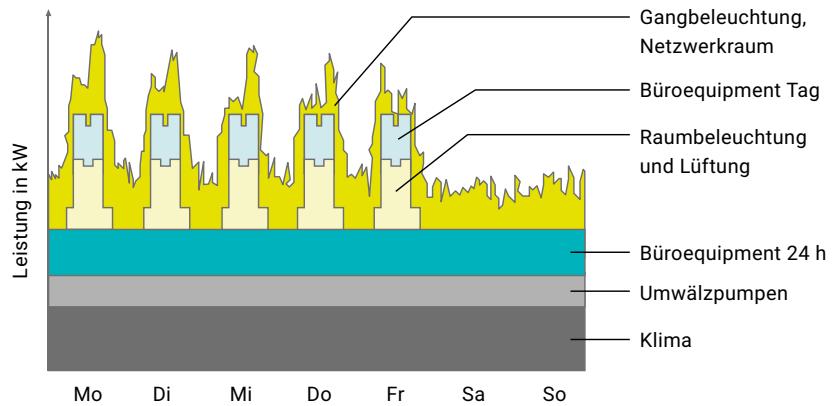
Die Lastganganalyse ist ein Verfahren zur Erfassung des Energieverbrauchs (Wärme, Kälte und Strom) in Abhängigkeit der Zeit (Zeitperiode – Tag, Woche, Monat oder Typtage). Die Lastganganalyse mit Auswertung des Verbrauchs über der Zeit kann verwendet werden, um Laufzeiten, Leistungs- und Energieanteile wichtiger Verbraucher zu bestimmen.

In erster Linie werden Stromlastgänge aufgezeichnet. Aber auch Wärme- und Kälteenergiemengen können gemessen werden. Die Aufzeichnung dient in der Regel hauptsächlich zur Erfassung der Abrechnungszählung. Die Messungen werden jedoch auch zur Leistungsoptimierung über die Lastganganalyse verwendet. Die Messperiode zur Bildung von Leistungsmittelwerten beträgt in aller Regel 15 Minuten. Leistungen ergeben sich aus gemessenen Energiemengen dividiert durch die Messzeit.

Wird der Lastgang eines Tages ausgewertet, liefern Zu- und Abschaltpunkte Hinweise auf die Leistung der entsprechenden Verbraucher sowie deren Betriebsdauer. Werden Lastgänge verschiedener Monate (andere äußere Klimadaten) überlagert, können Abhängigkeiten der Verbraucher von der Außentemperatur ermittelt werden (Leistung der Kühlung, Beleuchtung usw.).

**Eine Lastganganalyse gliedert sich in:**

- | Aufnahme und Darstellung der Messwerte über eine zu bewertende Messperiode;
- | Zu- bzw. Einordnung gleicher Typzeiten und -tage in Abhängigkeit der Betriebs-/Nutzungszeit;
- | Bestandsaufnahme der Verbraucher und der Nutzungszeiten in den Zonen, Räumen usw.;
- | Darstellung der Ergebnisse und Ableitung von möglichen Leistungs- und Energieeinsparungspotenzialen.



**Abb. 96:** Beispiel eines elektrischen Lastgangs

# 15 Anhang

Hier aufgeführt sind nur einige ausgewählte Begriffe. Ausführlichere Begriffserläuterungen sind in den jeweiligen Normteilen unter „Begriffe, Symbole und Einheiten“ zu finden.

## 15.1 Glossar

### 15.1.1 Allgemein

#### **Endenergie**

Die an der Haus- oder Grundstücksgrenze angelieferte Energieform, z. B. die Gasmenge am Hausanschlussraum oder die gelieferte Fernwärme.

#### **Energiebedarf**

Der Energiebedarf ist die rechnerische Energiemenge zum Erreichen gewünschter Zustände des Systems – jedoch im Gegensatz zum Verbrauch ohne Verluste. So mit liegt der Bedarf in der Regel unter den späteren Verbrauchswerten.

#### **Energieverbrauch**

Der Energieverbrauch ist die tatsächlich umgewandelte Energie beim Betrieb des Gebäudes, einschließlich aller Verluste. Der Verbrauch kann messtechnisch erfasst werden und dient als Abrechnungsgrundlage mit dem Energieversorgungsunternehmen.

#### **Heizenergieverbrauch/Kühlenergieverbrauch**

Der Heiz-/Kühlenergieverbrauch ist der Energieverbrauch eines Heiz-/Kältesystems unter Berücksichtigung aller Verluste zur Bereitstellung (Verbrauch).

#### **Heizlast**

Die Heizlast stellt die Heizleistung dar, die ein Raum/Gebäude benötigt, um am kältesten Tag – bei genormten meteorologischen Wetterdaten – ausreichend beheizt zu werden. Diese Leistung wurde in früheren Regelwerken „Wärmebedarf“ genannt. Da es sich um eine Leistung handelt, wird die Größe mit dem Begriff „Heizlast“ jedoch treffender bezeichnet. Sie wird berechnet nach DIN EN 12831.

#### **Heizwärmebedarf/Kühlbedarf**

In Abhängigkeit vom Wetter und von den Nutzungsbedingungen des Gebäudes vom Heiz-/Kühlsystem abzugebende Wärme/Kälte, die sich aus den Transmissions- und Lüftungswärmesensen und den inneren sowie solaren Wärmequellen ergibt (Bedarf).

#### **Kühllast**

Analog zur Heizlast eine Leistung. Die Kühllast stellt die Leistung dar, die einem Raum/Gebäude entzogen werden muss, um am Tag der größten Wärmelast – bei genormten meteorologischen Wetterdaten – ausreichend gekühlt zu werden, sodass die angestrebten Raumtemperaturen eingehalten werden. Sie wird berechnet mit VDI 2078.

**Nettogrundfläche (NGF)**

Die Nettogrundfläche setzt sich zusammen aus: Nutzfläche (NF), Technischer Funktionsfläche (TF, z. B. Heizungsräume) und Verkehrsfläche (VF, z. B. Flure und Treppen). Zur Nettogrundfläche gehört nicht die Konstruktionsfläche (KGF – Grundfläche der aufgehenden Bauteile aller Grundrissebenen).

**Nutzenergie**

Die zur Verrichtung einer Dienstleistung benötigte Energieform, z. B. die Wärmeabgabe eines Heizkörpers.

**Primärenergie und Primärenergiefaktor**

Die Primärenergie berücksichtigt neben dem Energiegehalt eines Energieträgers auch den Energieaufwand von der Gewinnung eines Energieträgers bis zur Bereitstellung der Endenergie beim Nutzer (Vorketten für Förderung, Aufbereitung, Umwandlung, Transport und Verteilung der betrachteten Energieträger). Die Primärenergie ist die Rohenergie. Der Primärenergiefaktor  $f_P$  zeigt, wie viel mehr dieser Primär- oder Rohenergie eingesetzt werden muss, um die Endenergie am Gebäude bereitzustellen. Er ist das Verhältnis von Primär- zu Endenergie.

**Raumlufttemperatur**

Die gemessene Temperatur der Luft im Raum.

**Strahlungstemperatur**

Die Strahlungstemperatur einer Zone beschreibt die mittlere Oberflächentemperatur der Raumumschließungsflächen.

**Versorgungs- oder Berechnungsbereich**

In der Energiebilanzierung die Flächen, die mit gleicher Technik ausgestattet sind; technische Kennwerte werden in der Regel zuerst für einen Versorgungs- oder Berechnungsbereich ermittelt und anschließend auf die betroffenen Zonen umgelegt.

**Wärmequelle**

Wärmemenge, die einer Gebäudezone zugeführt wird oder innerhalb einer Gebäudezone entsteht. Die Quellentemperatur liegt über der Innentemperatur. Nicht berücksichtigt werden Wärmeeinträge, die über die Anlagentechnik in die Zone eingebbracht werden, um die Rauminntemperatur aufrechtzuerhalten.

**Wärmesenke**

Wärmemenge, die einer Gebäudezone entzogen wird. Nicht berücksichtigt wird die Wärmeabfuhr durch Kühlung.

**Zonen**

In einer (thermodynamischen) Zone werden verschiedene Gebäudebereiche, sowohl einzelne Räume als auch Raumgruppen, zusammengefasst, die die gleichen Randbedingungen (z. B. gewünschte Innentemperatur) aufweisen. Zonen sind die Grundlage der Energiebilanzierung von Wärmesenken und -quellen.

## 15.1.2 Bauphysik

### Blockklima

Im Berechnungsverfahren (Glaser-Verfahren) nach DIN 4108, Teil 3 und 5 verwendete vereinfachte Klimarandbedingungen von -10 °C und 80 Prozent relativer Feuchte als Außenklima, 20 °C und 50 Prozent relativer Feuchte als Innenklima mit 1.440 h in der Tau- sowie in der Verdunstungsperiode (2.160 h) sowie 12 °C und 70 Prozent relativer Feuchte als Innen- und Außenklima.

### Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient ( $\Psi$ )

Hinsichtlich des erhöhten Wärmeabflusses im Bereich von Wärmebrücken wird vergleichbar zum U-Wert eines Bauteils als Maß für die Wärmebrückenwirkung der Begriff des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $\Psi$  mit der Einheit W/(m·K) verwendet. Der  $\Psi$ -Wert hängt von verschiedenen Einflussgrößen ab: der Qualität der Konstruktion und den verwendeten Abmessungen sowie den U-Werten der ungestörten Bauteile.

### Monolithische oder einschalige Wand

Unter einschaligen Wänden versteht man Wände, die aus einer Schale bestehen, die neben der Statik auch die Wetter-, Feuchte- und Wärmeschutzfunktionen übernimmt. Im Bestand sind diese typischerweise gemauert und bestehen aus Bruch-, Bimsvollstein, Voll-, Gitter-, Hochlochziegel, Hohlblocksteinen, Kalksandstein o. Ä.

### Perimeterdämmung

Wärmedämmung, die den Gebäudesockel bzw. den Keller von außen umschließt (lat. *perimeter* = Umfang). Sie bildet einen zusätzlichen Schutz der Abdichtung vor mechanischer Beschädigung. Wichtig für die Auswahl der Dämmstoffe sind eine geringe Wärmeleitfähigkeit, eine geringe Wasseraufnahme und eine hohe Druckfestigkeit. Perimeterdämmungen werden daher oft mit Hartschaumdämmplatten aus extrudiertem Polystyrol (XPS) ausgeführt.

### Taupunkt

Der Taupunkt – oder die Taupunkttemperatur – stellt die Temperatur dar, bei der der in der Luft enthaltene Wasserdampf (teilweise) zu kondensieren beginnt.

### Thermische Hüllfläche

Die thermische Hüllfläche, auch wärmedämmende Hüllfläche oder wärmeübertragende Umfassungsfläche genannt, ist die Grenzfläche zwischen den beheizten Räumen und der unbeheizten Umgebung (Außenluft, Keller, Erdreich). Je größer die thermische Hüllfläche ist, desto mehr Wärme wird nach außen abgegeben. Die Flächen werden getrennt nach Lage, thermischer Qualität und Umgebungstemperatur aufgenommen.

### U<sub>f</sub>-Wert

Der Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens (Frame).

### U<sub>g</sub>-Wert

Der Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung (Glazing).

### U<sub>w</sub>-Wert

Der Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters (Window), er wird flächengewichtet aus dem U-Wert der Verglasung und des Rahmens sowie des Wärmebrückenanteils bestimmt.

### **Wärmebrücken**

Wärmebrücken entstehen durch örtliche Schwächung von Dämmstoffschichten oder durch unsachgemäßen Einbau von Bauteilen. Sie führen zu einer erhöhten Wärmeableitung an diesen Stellen und werden auch als Kältebrücken bezeichnet. An der Innenseite kann die Oberflächentemperatur unter die Taupunkttemperatur sinken, sodass der in der Luft befindliche Wasserdampf auskondensiert und sich Schimmel oder Pilze ansiedeln.

### **Wärmedämmverbundsystem (WDVS)**

Wärmedämmverbundsysteme stellen ein kombiniertes Klebe-, Montage- und Bebeschichtungssystem dar. Wärmedämmende Materialien (Polystyrol, Steinwolle, Holzwolle-Leichtbauplatten, Kork etc.) werden auf den Außenwänden eines Gebäudes befestigt (mit Klebemörtel, Dübeln oder Halteleisten). Die Dämmung wird anschließend mit einer Beschichtung versehen. Diese Beschichtung besteht aus einem Unterputz mit Armierungsgewebe und einer Schlussbeschichtung (Putz, keramische Bekleidung), die möglichst wasserabweisend (hydrophobiert) und dennoch wasserdampfdurchlässig (diffusionsoffen) sein sollte. Der Begriff Verbundsystem bringt zum Ausdruck, dass die einzelnen Komponenten des Systems ein aufeinander abgestimmter Verbund sind.

### **Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)**

Der Wärmedurchgangskoeffizient ist ein Kennwert für die Wärmemenge in Watt, die pro Quadratmeter bei einem Temperaturunterschied von 1 Kelvin durch ein Bauteil zur kälteren Seite hin abfließt.

## **15.1.3 Heizung**

### **Abgasverlust**

Gibt an, wie viel Prozent der Heiznennwärmeleistung mit dem Abgas verloren gehen. Er ist umso kleiner, je niedriger die Abgastemperatur und je größer der CO<sub>2</sub>-Gehalt des Abgases ist.

### **Brennwertkessel**

Brennwertkessel sind in der Lage, den Energieinhalt des Brennstoffs (Öl, Gas oder Pellets) fast vollständig zu nutzen, indem auch die Kondensationswärme des Wasserdampfs im Abgas auf den Heizkreis übertragen wird. Sie stellen eine Weiterentwicklung der klassischen Niedertemperaturkessel dar.

### **Geothermie**

Zählt zu den regenerativen Energien. Bei der Geothermie wird das Erdreich zur Kühlung (direkt bzw. über eine Kältemaschine) und Beheizung (über eine Wärmepumpe) des Gebäudes genutzt. Die Erdreichtemperatur weist mit Werten zwischen 8 und 12 °C nur geringe Schwankungen auf.

### **Hydraulischer Abgleich**

Der hydraulische Abgleich ist eine Voraussetzung für die Versorgung der Heizflächen mit der richtigen Wassermenge. In schlecht abgeglichenen Heizungssystemen sind die Volumenströme nicht an die benötigte Leistung der Heizflächen angepasst. Die Folge: Eine Heizfläche wird nicht richtig warm, eine andere wird zu schnell durchströmt. Dadurch ist der Rücklauf zu heiß. In einem gut abgeglichenen Heizungssystem erhält jede Heizfläche die Heizwassermenge, die ihrer Leistung entspricht.

### **Niedertemperaturkessel**

Niedertemperaturkessel arbeiten entsprechend dem Wärmebedarf der zu versorgenden Bereiche mit minimalen Kesseltemperaturen von ca. 35 bis 40 °C. Dadurch werden die Abgasverluste, d. h. die nicht auf den Heizkreis zu übertragende Wärme der Verbrennungsgase, reduziert.

### **Pufferspeicher**

In Pufferspeichern wird Hezwasser (kein Trinkwasser) eingelagert, um Angebot und Nachfrage von Wärme auszugleichen. Sie sind typisch bei Solaranlagen (Tag-Nacht-Ausgleich), Wärmepumpen (Abschaltzeiten) oder Holzkesseln (Brennstoffüberangebot bei großen Holzstücken).

## **15.1.4 Lüftung/Kälte**

### **Absorptionskältemaschine**

Die Absorptionskältemaschine wird im Gegensatz zu den strombetriebenen Kompressionskältemaschinen durch Brennstoffe (Öl, Gas) oder Abwärme versorgt. Die Komponenten der Absorptionskältemaschine sind neben den Wärmetauschern („kalte“ und „warme“ Seite) Absorber und Austreiber mit Rektifikator.

### **Betonkernaktivierung oder thermische Bauteilaktivierung**

Systeme, die die Gebäudespeichermasse als Temperaturregulierung nutzen. Diese Systeme sind zur Raumheizung und/oder -kühlung einsetzbar.

### **Elektronisches Vorschaltgerät (EVG)**

EVGs betreiben Leuchtmittel mit höherer Frequenz und dadurch mit geringeren Verlusten.

### **Kompressionskältemaschine**

Kompressionskältemaschinen werden mit Strom betrieben. Komponenten dieser Kältemaschinen sind neben den Wärmetauschern („kalte“ und „warme“ Seite) Kompressor/Verdichter und Drosselorgan/Expansionsventil.

### **Konventionelles Vorschaltgerät (KVG), Verbrauchsarmes Vorschaltgerät (VVG)**

KVGs bzw. VVGs bestehen zumeist aus einem kupferumwickelten Eisenkern.

KVGs weisen hohe Verluste (bis zu 20 Prozent der Lampenleistung) auf.

### **Kühldecken**

Kühldecken nennt man Deckenelemente, durch die in einem geschlossenen Kreislauf gekühltes Wasser fließt. Man unterscheidet zwischen Strahlungs- und Konvektionsdecken. Mit Strahlungskühldecken werden Kühlleistungen bis ca. 100 W/m<sup>2</sup> erreicht. Bei den Konvektionskühldecken (mindestens 60 Prozent Konvektionsanteil) sind offene Konstruktionen möglich, dies erhöht die Kühlleistung bis zu 200 W/m<sup>2</sup>.

### **Luftwechselrate**

Zugeführter Luftvolumenstrom als Vielfaches des Raumvolumens in 1/h.

### **Spezifische Ventilatorleistung (SFP)**

Dieser Wert dient der Klassifizierung des elektrischen Energieverbrauchs von Ventilatoren. Der SFP-Wert hat die Einheit W/(m<sup>3</sup>·s) und bezieht den Stromverbrauch (in W) auf die geförderte Luftmenge (in m<sup>3</sup>/s). Der SFP-Wert wird in sieben Klassen unterteilt.

**Tageslichtquotient**

Verhältnis der Beleuchtungsstärke in einem Punkt einer gegebenen Ebene, die durch direktes oder indirektes Himmelslicht bei angenommener oder bekannter LeuchtdichteVerteilung erzeugt wird, zur Horizontalbeleuchtungsstärke bei unverbauter Himmelshalbkugel. Die Anteile des direkten Sonnenlichts an beiden Beleuchtungsstärken bleiben hierbei unberücksichtigt (CIE 17.4; 845-09-97).

**τ-Wert**

Der Lichttransmissionsgrad beschreibt das Verhältnis des durch transparente Flächen gelangenden sichtbaren Lichts zum außen auf die Scheibe auftreffenden Anteil.

**Wärmebereitstellungsgrad  $\eta'_{WRG}$** 

Der Wärmebereitstellungsgrad charakterisiert die Zulufttemperaturerhöhung, bezogen auf die maximal mögliche Temperaturerhöhung. Er kann als Heizperiodenmittel angegeben werden.

Eingangsgrößen sind die Betriebscharakteristik des Wärmeübertragers und die Abwärme von elektrischen Bauteilen (Ventilatoren, Regelung). [2]

**Wärmerückgewinnung (WRG)**

So nennt man das Verfahren zur Wiedernutzbarmachung von thermischer Energie. In Lüftungsanlagen wird der Energieinhalt der Abluft genutzt, um die Zuluft zu temperieren. Im Winter wird die Zuluft erwärmt und im Sommer gekühlt.

## 15.2 Literturnachweis

- [1] EU-Gebäuderichtlinie (EPBD), Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden
- [2] DIN V 18599-1-11:2018-09, Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung; Beuth, Berlin 2018
- [3] Standard C, Büroberatung, Ingenieurbüro P. Jung, 31. März 2009, im Auftrag der dena
- [4] Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand vom 8. Oktober 2020, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat
- [5] Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand vom 8. Oktober 2020, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat
- [6] Erfassung regionaltypischer Materialien im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualtersklasse und Ableitung typischer Bauteilaufbauten, 2., berichtigte Version, Oktober 2009, Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e. V. Kassel
- [7] Katalog regionaltypischer Materialien im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualtersklasse und Ableitung typischer Bauteilaufbauten, 2., berichtigte Version, Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e. V. Kassel
- [8] Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena, 2022) Leitfaden Energieausweis, Teil 1 – Energiebedarfsausweis: Datenaufnahme Wohngebäude
- [9] DIN 4108-2:2013-02, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- [10] GEG 2020-11-01, Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäu-deenergiegesetz – GEG)
- [11] DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden; Beiblatt 2: Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele
- [12] Spitzner, M. H.: Mustergültig – Das neue Beiblatt 2 der Normenreihe DIN 4108. Der Gebäudeenergieberater 2 (2006), Heft 5, S. 12–19
- [13] Spitzner, M. H.; Sprengard, C.; Simon, H.: Kalksandstein-Wärmebrückenkatalog. Hrsg.: Bundesverband Kalksandsteinindustrie e. V., Hannover; Verlag Bau+Technik, Düsseldorf 2015. Herunterladbar unter: [www.kalksandstein.de](http://www.kalksandstein.de)
- [14] Stiegel, H., Hauser, G.: Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen, 2006

- [15] DIN 1946-6:2019-12 Raumlufttechnik, Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen an die Auslegung, Ausführung, Inbetriebnahme und Übergabe sowie Instandhaltung
- [16] DIN 18017-3:2022-05, Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster, Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren
- [17] LiTG-Publikation 3.5: Projektierung von Beleuchtungsanlagen nach dem Wirkungsgradverfahren; 1988
- [18] Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand vom 07. April 2015, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
- [19] DIN V 18599 Beiblatt 1:2010-01, Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Beiblatt 1: Bedarfs-/Verbrauchsabgleich, Beuth, Berlin 2010
- [20] Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte im Wohngebäudebestand Vom 29. März 2021, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat
- [21] DIN EN ISO 13370:2018-03, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Wärmetransfer über das Erdreich – Berechnungsverfahren
- [22] DIN EN ISO 6946:2018-03, Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren
- [23] DIN 4108-3:2018-10, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung
- [24] Festlegung und Auslegungsvorschlag des DIN-Normenausschusses NA 005-56-91 AA zur EnEV, Sitzung am 22. Juli 2009, Dokumentnummer NA 005-56-91 AA N 631; unveröffentlicht

## **15.3 Bildnachweis**

Titelfoto: shutterstock/Cara-Foto

Foto Seite 8: shutterstock/Jarama

Abbildung 1, 2, 12, 13, 14, 19, 51, 55, 58, 60, 61, 62, 65, 66, 67, 69, 70, 73, 83,  
86 bis 88, 94

Tabelle 1 bis 6, 9, 10, 12, 23, 24, 44 bis 46, 59

Wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Maßgebend für das Anwenden der DIN-Norm ist deren Fassung mit dem  
neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6,  
10787 Berlin, erhältlich ist.

Abbildung 3

Ingenieurbüro P. Jung, Köln

Abbildung 4 bis 11, 68, 71, 72, 74 bis 82

Tabelle 7, 8, 29 bis 43

Lutz Dorsch (IfEE, Erkrath)

Abbildung 15 bis 18

Tabelle 7, 8, 11

Dr. Martin H. Spitzner (FIW, München)

Abbildung 20 bis 50, 90 bis 92, 95, 96

Tabelle 13 bis 22, 47 bis 58, 60

Kati Jagnow (Delta Q, Braunschweig)

Abbildung 52 bis 54, 56, 57, 59

Tabelle 25 bis 28

Heiko Schiller (schiller engineering, Hamburg)

Abbildung 63, 64

Thomas Hartmann (ITG, Dresden)

Abbildung 84

Bert Oschatz (ITG, Dresden)

Abbildung 85, 89

Rainer Hirschberg

Abbildung 93

Deutscher Wetterdienst, Offenbach



GEBÄUDEFORUM  
**KLIMANEUTRAL**

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