

Jörn Krimmling

# **Energieeffiziente Gebäude**

**Grundwissen und Arbeitsinstrumente für den Energieberater**

**2., aktualisierte Auflage**

Fraunhofer IRB Verlag

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	11
1.1	Das globale Energieproblem	11
1.2	Das Energiekonzept als Entscheidungsaufgabe	19
1.3	Verwendete Quellen	21
<b>2</b>	<b>Das Energiesystem »Gebäude«</b>	22
2.1	Energieumwandlungsprozesse	22
2.2	Raumklima und Energiebedarf	25
2.2.1	Vorbemerkungen	25
2.2.2	Das thermische Raumklima	27
2.2.3	Luftqualität	33
2.2.4	Das visuelle Raumklima	34
2.3	Energieströme und Energiebilanz	35
2.4	Die Energiebilanz von Gebäuden als Grundlage für Berechnungsverfahren	39
2.5	Energetische Bewertungsgrößen	44
2.5.1	Übersicht	44
2.5.2	Wirkungsgrad	45
2.5.3	Gütegrad	49
2.5.4	Nutzungsgrad	50
2.6	Zeitliche Strukturen des Energiebedarfs	52
2.7	Ökologische Aspekte	57
2.8	Verwendete Quellen	63
<b>3</b>	<b>Berechnungsverfahren zur Bestimmung des Energiebedarfs von Gebäuden</b>	64
3.1	Einfache Verfahren für den Heizenergiebedarf	64
3.1.1	Das Hüllflächenverfahren	64
3.1.2	Volllaststunden-Verfahren	67
3.2	Komplexe Berechnung des Heizenergiebedarfes	69
3.2.1	Vorbemerkung	69
3.2.2	Einperiodenverfahren	69
3.2.3	Monatsperiodenbilanzverfahren	73
3.3	Nutzenergiebedarf für Lüftung und Klimatisierung	73
3.4	Nutzenergiebedarf für Beleuchtung	78
3.5	Nutzenergiebedarf für die Trinkwarmwasserbereitung	83
3.6	End- und Primärenergiebedarf	84
3.6.1	Verfahren nach DIN 4701-10	84
3.6.2	Verfahren nach DIN 18599	88
3.7	Verwendete Quellen	91
<b>4</b>	<b>Energetische Gebäudegestaltung</b>	93
4.1	Vorbemerkung	93
4.2	Baukörper und Fassade	93
4.2.1	Betrachtung für den Heizfall	93

4.2.1.1	Einflüsse auf den Transmissionswärmeverlust	93
4.2.1.2	Einflüsse auf den Lüftungswärmeverlust	97
4.2.1.3	Nutzung solarer Einstrahlung	98
4.2.2	Niedrigenergie- und Passivhäuser	101
4.2.3	Betrachtung für den Kühlfall	103
4.3	Kessel- und Heizungsanlagen	106
4.3.1	Wärmebereitstellungsarten für Gebäude	106
4.3.2	Heizkesselanlagen	106
4.3.3	Wärmeverteilsystem und Anlagenregelung	111
4.4	Kraft-Wärme-Kopplung	115
4.4.1	Überblick	115
4.4.2	Blockheizkraftwerke (BHKW)	115
4.4.3	Alternative Anlagenkonzepte	119
4.5	Wärmepumpen und Kälteerzeuger	123
4.5.1	Thermodynamische Grundlagen	123
4.5.2	Wärmepumpen	124
4.5.3	Kälteerzeugung	129
4.6	Solare Wärmebereitstellung	132
4.7	Lüftungs- und Klimatisierungssysteme	135
4.7.1	Vorüberlegung	135
4.7.2	Wärmerückgewinnung	137
4.7.3	Optimierung des Lufttransports	140
4.8	Elektroenergiebereitstellung	145
4.9	Photovoltaiksysteme	146
4.10	Beleuchtungssysteme	147
4.11	Verwendete Quellen	149
<b>5</b>	<b>Wirtschaftliche Bewertung</b>	<b>152</b>
5.1	Systematisches Entscheiden	152
5.2	Die Nutzwertanalyse	154
5.3	Wirtschaftlichkeit als Entscheidungskriterium	156
5.4	Von der Energie- zur Zahlungsbilanz	159
5.5	Konstellationen einer Investitionsentscheidung	161
5.6	Einfache kostenrechnerische Verfahren	162
5.6.1	Kostenvergleich	162
5.6.2	Gewinnvergleich	163
5.6.3	Rentabilität	163
5.6.4	Amortisationsdauer	164
5.6.5	Beispiel kostenrechnerische Verfahren	164
5.7	Komplexe finanzmathematische Verfahren	167
5.7.1	Grundlagen und Ausgangswerte	167
5.7.2	Kapital- und Endwertverfahren	169
5.7.3	Annuitätenverfahren	174
5.7.4	Zinsfußmethoden	183

5.7.4.1	Interner Zinsfuß	183
5.7.4.2	Modifizierter interner Zinsfuß	184
5.7.5	Vollständige Finanzpläne	185
5.8	Optimierungsansätze	191
5.8.1	Vorbemerkung	191
5.8.2	Lineare Optimierung	191
5.8.3	Optimierungsprobleme Gesamtkostenfunktionen mit zwei Parametern	195
5.9	Entscheidungsmodelle von Privatpersonen	202
5.10	Verwendete Quellen	203
<b>6</b>	<b>Energiemanagement</b>	205
6.1	Zielstellung und Prozessanalyse	205
6.2	Allgemeiner Kostensenkungsansatz	208
6.3	Benchmarking als Einstiegsuntersuchung	209
6.4	Ansätze für Einsparpotenziale	216
6.4.1	Gebäude und Anlagengestaltung	216
6.4.1.1	Ansatzpunkte im Bereich der Heizung	216
6.4.1.2	Ansatzpunkte im Bereich der Lüftung/Klimatisierung	219
6.4.1.3	Ansatzpunkte im Bereich der Elektrotechnik/Beleuchtung	219
6.4.2	Gebäude- und Anlagenbetrieb	220
6.4.2.1	Untersuchungsansatz auf Prozessebene	220
6.4.2.2	Untersuchungsansatz auf Organisationsebene	225
6.4.3	Einkaufs- und Vertragsmanagement	233
6.4.3.1	Optimierung des Energieeinkaufsprozesses	233
6.4.3.2	Abschaltbare Energielieferverträge	234
6.5	Verwendete Quellen	236
<b>7</b>	<b>Energiedienstleistungen</b>	239
7.1	Energiecontracting	239
7.1.1	Grundprinzip und Marktsituation	239
7.1.2	Anlagencontracting	240
7.1.3	Einsparcontracting	246
7.1.4	Intracting	250
7.2	Energetische Aspekte von PPP-Projekten	251
7.3	Energieberatung	252
7.3.1	Leistungsbilder und Projektbearbeitungsstrategie	252
7.3.2	Arbeitsinstrumente	253
7.3.3	Kostenansätze	254
7.3.4	Beratungsbericht	258
7.3.5	Honorarkalkulation	258
7.4	Verwendete Quellen	262
<b>8</b>	<b>Gesetzliches Umfeld</b>	264
8.1	EU-Gesetzgebung	264

8.2	Nationale Umsetzung	265
8.3	Der Energieausweis	266
8.4	Verwendete Quellen	270
<b>9</b>	<b>Stoffwerte, Einheiten, Umrechnungen</b>	<b>272</b>
9.1	Stoffwerte	272
9.2	Einheiten, Umrechnungen	276
<b>10</b>	<b>Weiterführende Literatur</b>	<b>280</b>
10.1	Bücher	280
10.2	Normen und Richtlinien	281
10.2.1	Gesetze, Verordnungen, Maßgaben	283
<b>11</b>	<b>Sachregister</b>	<b>285</b>

**Hinweis:**

Die Beispiele im Buch wurden mit Hilfe der Tabellenkalkulationssoftware MS-EXCEL erstellt. Da die Software intern mit einer höheren Genauigkeit rechnet, als im Ausdruck angezeigt, können sich bei der Berechnung per Hand kleinere Abweichungen ergeben, insbesondere dann, wenn Beispiele in den Kapiteln mehrfach verwendet werden. Es wird daher empfohlen, die Beispiele mit Hilfe einer vergleichbaren Tabellenkalkulationssoftware nachzuvollziehen, da sie außerdem auf diesem Wege für andere Anwendungsfälle des Lesers verwendet werden können.