

# End- und Primärenergie

## 1. Gesamtbilanz der Endenergien

Alle Einzelkennwerte der Energiebilanz sind aus den vorhergehenden Unterkapiteln bekannt. Sie müssen nun sinnvoll zusammengefasst werden. Die nachfolgenden Betrachtungen bauen dazu nach und nach eine durchgehende Bilanzgleichung auf.

Die spezifische Nutzwärme der Heizung und Lüftung  $q_h$  ist vergleichbar mit dem Jahresheizwärmebedarf nach EnEV 2002. Sie wird aus der Höhe der Transmissionswärmeverluste  $q_T$  und der Lüftungswärmeverluste  $q_V$  in der Heizzeit sowie der nutzbaren inneren und solaren Wärmegewinne bestimmt. Die nutzbaren Gewinne ergeben sich aus dem inneren und solaren Fremdwärmeanfall  $q_S$  und  $q_I$  und den Ausnutzungsgrad der Fremdwärme  $\eta$ .

$$q_h = [q_T + q_V - \eta \cdot (q_I + q_S)].$$

Für die Bewertung der Endenergie  $q_H$  des gesamten Heizungs- und Lüftungssystems spielen die Nutzwärme  $q_h$ , die Wärmeverluste der Verteilung  $q_{d,H}$  und der Speicherung  $q_{s,H}$ , die Deckungsanteile der Wärmeerzeuger  $a$  sowie deren Aufwandszahlen  $e_{g,H}$  eine Rolle. Der alternative Ansatz über die absoluten Wärmeverluste der Wärmeerzeugung ist ebenfalls denkbar, soll hier aber nicht weiter verfolgt werden.

$$q_H = [q_h + q_{d,H} + q_{s,H}] \cdot \Sigma(a \cdot e_{g,H}).$$

Für die Endenergie der Trinkwarmwasserbereitung  $q_W$  sieht der Ansatz ähnlich aus. Auch hier werden Nutzwärme  $q_w$ , die Wärmeverluste der Verteilung  $q_{d,W}$  und der Speicherung  $q_{s,W}$  sowie die Deckungsanteile  $a$  und Aufwandszahlen  $e_{g,W}$  der Wärmeerzeuger zusammengefasst.

$$q_W = [q_w + q_{d,W} + q_{s,W}] \cdot \Sigma(a \cdot e_{g,W}).$$

Die Endenergie aller Wärmeenergien  $q$  wird aus den Bestandteilen der Heizung und Lüftung  $q_H$  und der Trinkwarmwasserbereitung  $q_W$  zusammengesetzt.

$$q = q_H + q_W.$$

Der absolute Jahresendenergiebedarf  $Q$  für Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung wird aus der Bezugsfläche  $A_{EB}$  und dem spezifischen Kennwert  $q$  ermittelt.

$$Q = q \cdot A_{EB}.$$

Alle diese Einzelgleichungen können, indem sie ineinander eingesetzt werden, in eine durchgehende Gesamtbilanzgleichung gebracht werden.

$$Q = A_{EB} \cdot \left[ \begin{array}{l} (q_T + q_V - \eta \cdot q_I - \eta \cdot q_S + q_{d,H} + q_{s,H}) \cdot \Sigma(a \cdot e_{g,H}) \\ + (q_w + q_{d,W} + q_{s,W}) \cdot \Sigma(a \cdot e_{g,W}) \end{array} \right].$$

Diese Gleichung erscheint auf den ersten Blick sehr komplex. Da aber alle Einzelgrößen bekannt sind, ist der Ansatz sicher verständlich.

Die Endenergie der Wärme  $Q$  entspricht der Energiemenge, die für die Versorgung des Gebäudes in Form eines Energieträgers einzukaufen ist: Gas, Heizöl, Heizstrom, Fernwärme, o.a. Zusätzlich wird die Energiemenge  $Q_{EI}$  an Strom für die elektrischen Hilfsantriebe bilanziert. Die absolute elektrische Endenergie  $Q_{EI}$  kann analog aus dem flächenbezogenen Kennwert  $q_{EI}$  bestimmt werden.

$$Q_{EI} = q_{EI} \cdot A_{EB}$$

### BEISPIEL MFH:

Für das Mehrfamilienhaus wird die Endenergiebilanz nicht anhand der Gesamtgleichung sondern anhand der Einzelgleichungen nachvollzogen. Es ergeben sich im Standardjahr folgende Kennwerte.

- spezifische Nutzwärme für die Heizung und Lüftung:

$$q_h = [q_T + q_V - \eta \cdot (q_i + q_s)] = 185 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} + 74 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} - 0,843 \cdot \left( 62 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} + 20 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} \right) \\ = 190 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}}$$

- spezifische Endenergie für die Heizung und Lüftung (nur Wärmeenergien):

$$q_H = [q_h + q_{d,H} + q_{s,H}] \cdot \Sigma(a \cdot e_{g,H}) = \left( 190 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} + 41 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} + 0 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} \right) \cdot (1,0 \cdot 1,08) \\ = 249 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}}$$

- spezifische Endenergie für die Trinkwarmwasserbereitung (nur Wärmeenergien):

$$q_W = [q_w + q_{d,W} + q_{s,W}] \cdot \Sigma(a \cdot e_{g,W}) = \left( 18 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} + 28 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} + 2 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} \right) \cdot (1,0 \cdot 1,12) \\ = 54 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}}$$

- spezifische Endenergie für die Heizung, Lüftung und Trinkwarmwasserbereitung (nur Wärmeenergien):

$$q = q_H + q_W = 249 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} + 54 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} \\ = 303 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}}$$

- absoluter Wert für die Endenergie Wärme:

$$Q = q \cdot A_{EB} = 303 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} \cdot 1098\text{m}^2 = 332694 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

- absoluter Endenergie der Hilfsenergien:

$$Q_{EI} = q_{EI} \cdot A_{EB} = 3 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} \cdot 1098\text{m}^2 = 3294 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Damit ist die Endenergiebilanz für das Gebäude abgeschlossen. Die Werte  $Q=333$  MWh/a und  $Q_{EI}=3,3$  MWh/a sind die Energiebedarfswerte für dieses Gebäude.

## 2. Primärenergiebilanz

Für eine ökologische Bewertung einer Modernisierungsmaßnahme oder auch eines Neubaus ist die Erstellung der Primärenergiebilanz sinnvoll. Der Hintergrund einer solchen Bilanz wurde bereits an anderer Stelle erläutert.

Die Energiemengen, die jeweils einem Energieträger zuzuordnen sind, müssen getrennt ausgewiesen werden. In der Primärenergiebilanz erfolgt die Bewertung anhand eines Primärenergiefaktors  $f_P$  analog zur Bewertung in der EnEV 2002. Eine Auswahl zeigt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..** Die Primärenergiefaktoren sind auf den Heizwert  $H_U$  bezogen und dem Hessischen Energiepass [Energiepass] [Gemis] entnommen.

Endenergieträger		Primärenergiefaktor $f_P$
Brennstoffe	Heizöl EL	1,10
	Erdgas H	1,07
	Flüssiggas	1,06
	Steinkohle	1,07
	Braunkohle	1,20
	Brennholz	1,01
	Holz hackschnitzel	1,06
	Strommix	2,97
„Fernwärme“	70% KWK	0,71
	35% KWK	1,10
	0% KWK	1,49
Steinkohle-Kondensations-Kraftwerk = Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) plus Heizöl-Spitzenlastkessel		
„Nahwärme“	70% KWK	0,62
	35% KWK	1,03
	0% KWK	1,43
Erdgas-BHKW = Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) plus Erdgas-Spitzenlastkessel		
zurückgewonnene Wärme, Solare Wärme		0,00

TABELLE 1 PRIMÄRENERGIEFAKTOREN

Der Ansatz einer Primärenergiebilanz ähnelt dem der Endenergiebilanz. Die Grundlage sind die gleichen Energiekennwerte. Ohne noch einmal alle Einzelgrößen zu erläutern, lautet der Ansatz zu Berechnung der Primärenergie für das Heizungs- und Lüftungssystem  $q_{H,P}$ :

$$q_{H,P} = [q_h + q_{dH} + q_{s,H}] \cdot \Sigma(a \cdot e_{g,H} \cdot f_P).$$

Für die Primärenergie der Trinkwarmwasserbereitung  $q_{W,P}$  sieht der Ansatz analog aus.

$$q_{W,P} = [q_w + q_{d,W} + q_{s,W}] \cdot \Sigma(a \cdot e_{g,W} \cdot f_P).$$

Für die elektrischen Hilfsenergien wird der Primärenergiebedarf  $q_{EI,P}$  mit Hilfe des Primärenergiefaktors für Strom bestimmt.

$$q_{EI,P} = q_{EI} \cdot f_{P,EI}.$$

Die Primärenergie aller Energien  $q_P$  wird aus den Bestandteilen der Heizung und Lüftung  $q_{H,P}$ , der Trinkwarmwasserbereitung  $q_{W,P}$  und der elektrischen Hilfsenergien  $q_{EI,P}$  zusammengesetzt.

$$q_P = q_{H,P} + q_{W,P} + q_{EI,P}$$

Der absolute Jahresprimärenergiebedarf  $Q_P$  für Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung und elektrische Hilfsenergien wird aus der Bezugsfläche  $A_{EB}$  und dem spezifischen Kennwert  $q_P$  ermittelt.

$$Q_P = q_P \cdot A_{EB}$$

Auch diese Einzelgleichungen können, indem sie ineinander eingesetzt werden, in eine komplexe durchgehende Gesamtbilanzgleichung gebracht werden.

$$Q_P = A_{EB} \cdot \left[ (q_T + q_V - \eta \cdot q_l - \eta \cdot q_S + q_{d,H} + q_{s,H}) \cdot \Sigma(a \cdot e_{g,H} \cdot f_P) + (q_w + q_{d,W} + q_{s,W}) \cdot \Sigma(a \cdot e_{g,W} \cdot f_P) + q_{EI} \cdot f_{P,EI} \right]$$

### BEISPIEL MFH:

Analog zur Endenergiebilanz für das Gebäude wird eine Primärenergiebilanz erstellt. Folgende Kennwerte ergeben sich:

- spezifische Primärenergie für Heizung und Lüftung (nur Wärmeenergien):

$$q_{H,P} = [q_h + q_{dH} + q_{s,H}] \cdot \Sigma(a \cdot e_{g,H} \cdot f_P) = \left( 190 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} + 41 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} + 0 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} \right) \cdot (1,0 \cdot 1,08 \cdot 1,07)$$

$$= 267 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}}$$

- spezifische Primärenergie für die Trinkwarmwasserbereitung (nur Wärmeenergien):

$$q_{W,P} = [q_w + q_{d,W} + q_{s,W}] \cdot \Sigma(a \cdot e_{g,W} \cdot f_P) = \left( 18 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} + 28 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} + 2 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} \right) \cdot (1,0 \cdot 1,12 \cdot 1,07)$$

$$= 58 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}}$$

- spezifische Primärenergie für die Hilfsenergien:

$$q_{EI,P} = q_{EI} \cdot f_{P,EI} = 3 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} \cdot 3,0 = 9 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}}$$

- spezifische Primärenergie für das Gebäude (Wärme- und Hilfsenergien):

$$q_P = q_{H,P} + q_{W,P} + q_{EI,P} = 267 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} + 58 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} + 9 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} = 334 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}}$$

- absoluter Wert der Primärenergie für das Gebäude:

$$Q_P = q_P \cdot A_{EB} = 334 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} \cdot 1098 \text{m}^2 = 366732 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Das Ergebnis der Primärenergiebilanz  $Q_P=367 \text{ MWh/a}$  bzw.  $q_P=334 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  wird in Vergleichsrechnungen, z.B. Modernisierungsrechnungen, als Referenzwert herangezogen.

Quelle: Jagnow, Horschler, Wolff;  
Die neue Energieeinsparverordnung 2002;  
Deutscher Wirtschaftsdienst; Köln; 2002