

Energieeinzelkennwerte

1. Anmerkungen

Dieses Kapitel dient der genauen Beschreibung der Einzelkennwerte. Die Reihenfolge soll folgende sein: zunächst werden Energiekennwerte der Wärmeenergien, dann der elektrischen Hilfsenergien erläutert. In der Gruppe der "Kennwerte der Wärmeenergien" werden zunächst die Wärmeverluste des beheizten Raumes, dann die Wärmegewinne, dann die technischen Verluste erklärt.

Es gibt eine Vielzahl von Energiebilanzverfahren mit unterschiedlichen Bezeichnungen für gleiche Energiekennwerte. Im Rahmen dieses Buches werden häufig verwendete Bezeichnungen und jeweils ein übliches Formelzeichen und eine übliche Einheit angegeben.

2. Bezugsfläche

Die Bezugsfläche wird zur Bildung von spezifischen Kennwerten verwendet. Je nach Bilanzverfahren können an dieser Stelle eine Vielzahl von verschiedenen Flächen als Bezugsfläche herangezogen werden. Zwei von ihnen haben sich in den gängigen Bilanzverfahren durchgesetzt: die Energiebezugsfläche und die Nutzfläche. Alle Flächen werden üblicherweise in der Einheit "Quadratmeter" (m^2) angegeben.

Die Energiebezugsfläche (meist A_{EB}) ist die Summe aller Wohn- bzw. Nutzflächen eines Gebäudes, für deren Nutzung eine Beheizung notwendig ist. Definiert sind die Wohnfläche im BGBI. II "Verordnung über wohnungswirtschaftliche Berechnungen" von 1990 und die beheizte Nutzfläche in der DIN 277 Teil 2 "Grundflächen und Rauminhalte im Hochbau; Gliederung der Nutzflächen, Funktionsflächen und Verkehrsflächen" von 1987.

Die Nutzfläche A_N wird aus dem äußeren Gebäudevolumen V_e berechnet. Maßgeblich ist dazu das Gebäudevolumen, das die beheizte Zone umschließt, also üblicherweise der gedämmte Bereich des Gebäudes. Diese Fläche wird auch von der EnEV und deren Berechnungsvorschriften verwendet.

Die Nutzfläche A_N ist im Mittel für alle Gebäude um etwa 25 bis 27 % größer als die Energiebezugsfläche.

3. Kompaktheit

Der Kompaktheitsgrad eines Gebäudes ist ein Kennwert, der maßgeblich für die spezifischen Wärmeverluste durch Transmission eine Rolle spielen.

Die Kompaktheit kann als Verhältnis der Hüllfläche zum umbauten Volumen angegeben werden. Dabei umschließt die Hüllfläche A den beheizten Bereich des Gebäudes an seinen äußeren Begrenzungen, das Volumen V_e gibt die Größe der beheizten Zone anhand ihrer Außenmaße wieder.

Der so definierte Kompaktheitsgrad wird in der Einheit "Quadratmeter pro Kubikmeter" (m^2/m^3) angegeben. Er wird auch von der EnEV 2002 und den zugehörigen Normen verwendet. Es kann Werte von über $A/V_e = 1,0 \text{ m}^2/\text{m}^3$ (Bild 3.1 A) für Einfamilienhäuser, über $A/V_e = 0,6 \text{ m}^2/\text{m}^3$ für Mehrfamilien- und Reihenhäuser (Bild 3.1 B) bis hin zu unter $A/V_e = 0,2 \text{ m}^2/\text{m}^3$ für sehr große Büro- oder Wohnkomplexe (Bild 3.1 C) annehmen.

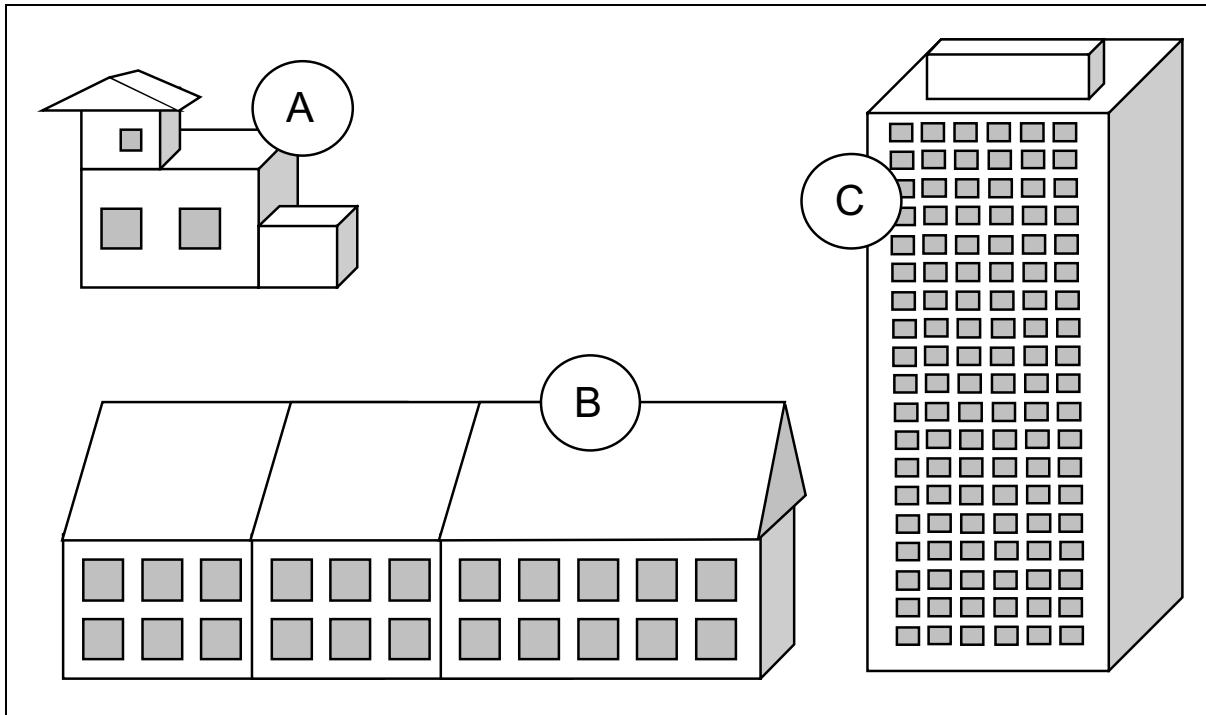


BILD 3.1 KOMPAKTHEITSGRAD FÜR GEBÄUDE

Eine andere Möglichkeit, die Kompaktheit eines Gebäudes auszudrücken, ist die Angabe des Verhältnisses der Hüllfläche A zur Energiebezugsfläche A_{EB} . Diese Größe ist dimensionslos. Sie gibt Auskunft darüber, wie viel Quadratmeter Außenfläche auf einen Quadratmeter beheizte Wohn- bzw. Nutzfläche kommen. Aus dieser Angabe ist unmittelbar ersichtlich: der spezifische Energiebedarf je Quadratmeter Bezugsfläche steigt (bei sonst gleichen Randbedingungen), wenn das Gebäude nicht so kompakt ist.

4. Heizperiode und Heizgrenze

Die Heizperiode (meist t_{HP}) und die Heizgrenztemperatur (meist ϑ_{HG}) sind zwei der Energieeinzelnennwerte, die von sehr vielen Randbedingungen beeinflusst werden. Beide hängen sowohl von der wärmetechnischen Qualität der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, als auch von der Anlagentechnik und der Nutzung ab. Gleichzeitig bestimmen sie die Energiebilanz entscheidend mit, denn sehr viele andere Energiekennwerte greifen auf diese beiden Größen zurück.

Die (theoretische) Heizgrenztemperatur beschreibt die Außentemperatur, ab der ein Gebäude nicht mehr durch die Heizungsanlage versorgt werden muss. Für den Fall, dass keine inneren und solaren Wärmegewinne für ein Gebäude auftreten, ist die theoretische Heizgrenztemperatur gleich der gewünschten Innentemperatur.

Die wirkliche Heizgrenztemperatur hängt jedoch von den Wärmeverlusten und den Wärmegewinnen des Gebäudes ab (vergleiche Bild 4.1). Die Heizgrenztemperatur (A) ist dann erreicht, wenn die Wärmegewinne gerade die Wärmeverluste decken. Fallen mehr Gewinne als Verluste an, muss nicht mehr geheizt werden. Die Heizgrenztemperatur wird in "Grad Celsius" ($^{\circ}\text{C}$) angegeben.

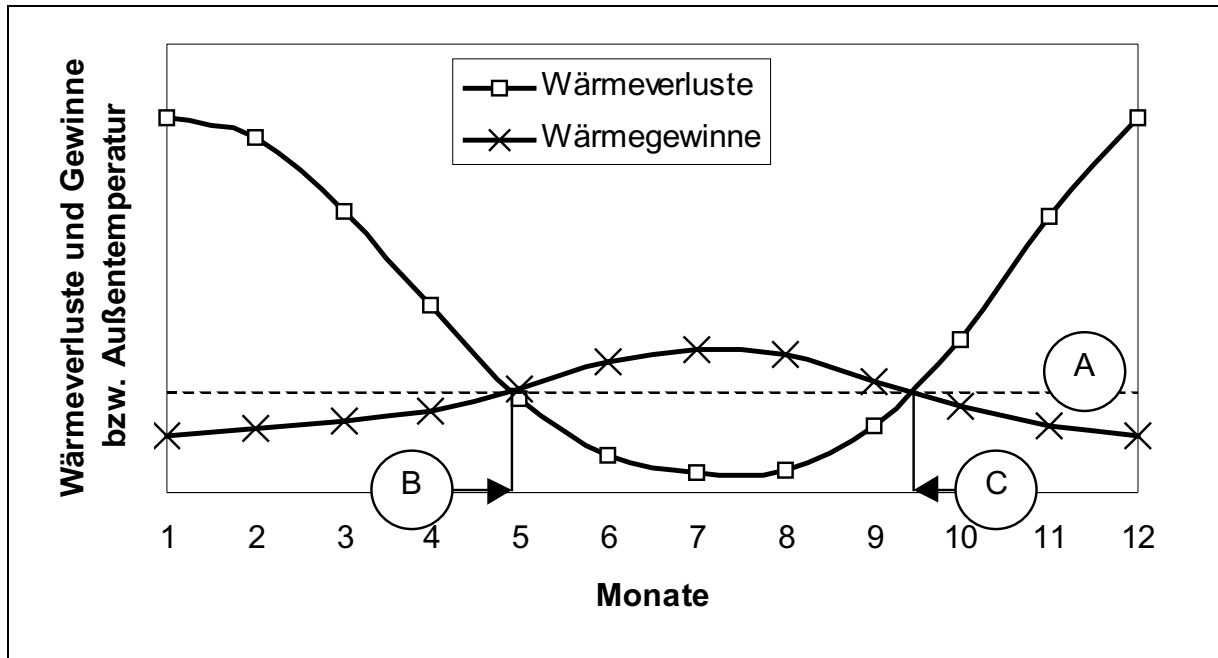


BILD 4.1 HEIZGRENZTEMPERATUR UND HEIZPERIODE

Die Heizperiode entspricht der Anzahl der Tage im Jahr, die ein Gebäude durch die Heizungsanlage versorgt wird. Sie beginnt, wenn die Wärmegewinne die Wärmeverluste nicht mehr decken im Herbst. Im Bild 4.1 ist dies Punkt (C). Die Heizperiode endet, im Frühjahr, wenn die Außentemperatur höher ist als die Heizgrenztemperatur. Im Bild 4.1 ist dies im Punkt (B) erreicht. Die Heizperiode wird in "Tagen pro Jahr" (d/a) oder "Stunden pro Jahr" (h/a) angegeben. Dies ist eine vereinfachte Betrachtung. Selbstverständlich treten auch in der Übergangszeit und im Sommer abwechselnde Perioden mit bzw. ohne Heizwärmebedarf auf.

Heizgrenztemperatur und Heizperiode hängen voneinander ab. Beide werden wesentlich vom Klima bestimmt.

5. Mittlere Außentemperatur

Ein Energieeinzelnennwert, der von der Heizgrenztemperatur und der Länge der Heizperiode abhängt, ist die mittlere Außentemperatur in der Heizperiode (meist ϑ_{am}). Sie wird in "Grad Celsius" ($^{\circ}\text{C}$) angegeben.

Die mittlere Außentemperatur wird anhand der Tagesmitteltemperaturen während der Heizzeit bestimmt. Sie ist um so geringer je kürzer die Heizperiode ist, da die Heiztage sich dann immer weiter in den Winter verschieben.

6. *Temperaturniveau im Raum*

Das Temperaturniveau im Raum (meist ϑ_i) wird in "Grad Celsius" ($^{\circ}\text{C}$) angegeben. Es wird in den verschiedenen Energiebilanzverfahren unterschiedlich definiert. Zum einen kann eine ideale Innentemperatur, zum anderen auch eine reale Innentemperatur herangezogen werden. Weiterhin gibt es die Lufttemperatur und die Empfindungstemperatur.

Die ideale Innentemperatur ist der Sollwert der Temperatur in den Räumen. Sie hängt von den Komfortansprüchen der Nutzer ab. Haben unterschiedliche Räume eines Gebäudes verschiedene Sollwerte, können diese in erster Näherung anhand der Raumvolumina oder Grundflächen bzw. Außenwandflächen und ihrer anteiligen Transmissionswärmeverluste gemittelt werden.

Die reale oder mittlere Innentemperatur (ϑ_{im}) berücksichtigt neben dem Temperatursollwert auch die Einflüsse der Regelung. Verminderte Temperaturen aufgrund von Absenk- oder Abschaltphasen der Raumheizung können ebenso berücksichtigt werden wie erhöhte Temperaturen aufgrund der Güte der realen, mit Regelabweichungen verbundenen Temperaturregelung im Raum im Zusammenspiel mit der zentralen Vorregelung.

Die Lufttemperatur ist - wie es der Name schon sagt - die Temperatur, welche die Raumluft aufweist. Die Empfindungstemperatur ist eine gewichtete Temperatur zwischen der Oberflächentemperatur der Innenwände und der Lufttemperatur. Der Mensch empfindet die Oberflächentemperatur der Wände (aufgrund seiner Wärmeabstrahlung) mit. Je niedriger die Oberflächentemperatur der Wände, desto höher muss die Lufttemperatur sein, um einen Ausgleich zu schaffen. In älteren Gebäuden mit schlecht gedämmten Außenwänden - und folglich geringen Oberflächentemperaturen an den Innenwänden - führen nur höhere Lufttemperaturen zur gleichen Empfindungstemperatur. In den gängigen Bilanzverfahren wird - physikalisch richtig - die Lufttemperatur zur Energiebilanz herangezogen. Für ältere Gebäude wird ggf. ein höherer Sollwert der Lufttemperatur verwendet.

Die Behaglichkeit hängt neben den Temperaturen der Innenoberflächen von weiteren Wertepaaren ab: der Temperatur und der Bewegung der Innenluft, der Temperatur und der relativen Feuchte der Innenluft. Zur Vertiefung mit dem Thema Behaglichkeitsfelder wird auf weiterführende Literatur, beispielsweise auf [Pohl] verwiesen.

Die EnEV 2002 verwendet für die Bilanzierung je nach Verfahren verschiedene Innentemperaturen. Teilweise werden die Einflüsse der Regelung pauschal erfasst, teilweise werden sie als eigene Energiekennwerte des Gebäudes berechnet.

7. *Gradtagszahl und Heizgradtage*

Gradtagszahlen (G_t oder F_{G_t}) und Heizgradtage (G) sind zwei Energieeinzelkennwerte, die sich vollständig aus anderen Größen ableiten lassen.

Die Gradtagszahl ist die Differenz zwischen Raumtemperatur und mittlerer Außentemperatur ϑ_{am} für alle Heiztage einer Heizperiode t_{HP} . Die Heizgradtage sind die Differenz zwischen Heizgrenztemperatur ϑ_{HG} und mittlerer Außentemperatur ϑ_{am} für alle Heiztage einer Heizperiode t_{HP} . Beide Größen werden in "Kelvin-Tage pro Jahr" (Kd/a) oder "Kilo-Kelvinstunden pro Jahr" (kKh/a) angegeben.

Bei der Bestimmung der Gradtagszahl kann entweder die mittlere Innentemperatur ϑ_{im} inklusive aller Regelungseinflüsse oder die ideale Sollinnentemperatur herangezogen werden. Die EnEV 2002 verwendet im allgemeinen den zweiten Ansatz, obwohl es ggf. auch die pauschal abgeminderte Gradtagszahl gibt, in der Absenkung- und Abschaltung der Raumheizung berücksichtigt ist.

8. Wärmedurchgangskoeffizient und Wärmebrücken

Der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteiles (meist U, früher k) wird bestimmt durch Wärmeleitung im Bauteil und durch den Wärmeübergang an den Oberflächen dieses Bauteils. Wärmeleitfähigkeiten für unterschiedliche Materialien bzw. Materialkombinationen bei mehrschichtigen Hüllflächen sind beispielsweise in der DIN 4108 Teil 4 und der DIN EN 12524 aufgeführt.

Bei der Bestimmung eines mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten U_m werden die Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile der wärmeübertragenden Umfassungsfläche (Gebäudehülle), die den beheizten Bereich des Gebäudes umschließen (Wände, Fenster, Decken, Böden), herangezogen. Aber auch der Einfluss des an das Bauteil angrenzenden Mediums wird berücksichtigt. Der Wärmedurchgangskoeffizient eines an Erdreich grenzenden Bauteiles unterscheidet sich von dem, das an Luft angrenzt. Die Wärmeleitung im Bauteil kann dieselbe sein, aber der Wärmeübergang ist eine anderer. Wenn das Bauteil nicht unmittelbar an Außenluft, sondern an eine unbeheizte Zone grenzt, wird der Wärmedurchgang für dieses Bauteil ebenfalls verändert.

In einigen Energiebilanzverfahren wird der energetische Einfluss von Wärmebrücken pauschal bei der Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes berücksichtigt. Andere Berechnungsverfahren bilanzieren den Einfluss von Wärmebrücken anhand deren Abmessungen und spezieller Wärmebrückenverlustkoeffizienten ausführlich. Die EnEV 2002 lässt im Rahmen des Monatsbilanzverfahrens beides zu.

Alle Wärmedurchgangskoeffizienten für Bauteilflächen und der Mittelwert für die wärmeübertragende Umfassungsfläche werden in "Watt pro Quadratmeter und Kelvin" [$W/(m^2K)$] angegeben.

9. Spezifische Transmissionsheizlast bzw. spezifischer Transmissionswärmeverlust

Die spezifische Transmissionsheizlast oder nach EnEV der spezifische Transmissionswärmeverlust (meist H_T) ist ebenfalls ein zusammengesetzter Energiekennwert. In ihm sind - wie bei nur wenigen anderen Energiekennwerten - nur Eigenschaften des Gebäudes vereinigt.

Die spezifische Transmissionsheizlast wird bestimmt durch den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten für die wärmeübertragende Umfassungsfläche des Gebäudes U_m inklusive Berücksichtigung von Wärmebrücken und der Größe der wärmeübertragenden Umfassungsfläche A . Sie wird in der Einheit "Watt pro Kelvin" (W/K) angegeben.

10. Transmissionswärmeverlust bzw. Transmissionswärmebedarf

Der Transmissionswärmeverlust oder nach EnEV Transmissionswärmebedarf (meist Q_T) ist einer der klassischen Energiekennwerte für ein Gebäude. Er wird von zwei bereits besprochenen anderen Kennwerten bestimmt: der spezifischen Transmissionsheizlast H_T (vergleiche Kapitel 9) und der Gradtagszahl G_t .

Der Transmissionswärmeverlust wird in "Kilowattstunden pro Jahr" (kWh/a) angegeben.

11. Luftwechsel bzw. Luftwechselrate

Der Luftwechsel oder die Luftwechselrate (meist n) ist ein Maß dafür, wie oft das beheizte Luftvolumen mit Außenluft in einer Zeiteinheit ausgetauscht wird. Üblicherweise wird er in der Einheit "pro Stunde" ($1/h$ bzw. h^{-1}) angegeben. Somit bedeutet ein Luftwechsel von $0,5 h^{-1}$, dass das Luftvolumen eines Gebäudes 0,5 mal innerhalb einer Stunde bzw. einmal in zwei Stunden ausgetauscht wird.

Der Luftwechsel " n " ist eine Überlagerung von Fugen- und Fensterlüftung sowie dem Anlagenluftwechsel, wenn eine Lüftungsanlage vorhanden ist. Er wird also von der Güte des Gebäudes, dem Nutzerverhalten und der Anlagentechnik bestimmt. Aufgrund der verschiedenen Verursacher wird bei der Bestimmung des Luftwechsels in verschiedene Teil-Luftwechsel unterschieden. Diese Unterteilungen sind jedoch für verschiedene Bilanzverfahren unterschiedlich.

Im allgemeinen weisen alle Bilanzverfahren den mechanischen bzw. Anlagenluftwechsel aus. Der übrige Luftwechsel - eine Mischung der Einflüsse von Gebäudeundichtheiten und Nutzer - wird entweder als Restluftwechsel oder natürlicher Luftwechsel bezeichnet.

Für die Bilanzierung der Lüftungswärmeverluste wird der gesamte Luftwechsel benötigt, bestehend aus den Anteilen für die Anlage, die Gebäudeundichtheiten und den Nutzer. Dieser kann - ebenfalls je nach Bilanzverfahren verschieden - entweder als Summe der Anteile bestimmt werden oder als so genannter "energetischer Luftwechsel" berechnet werden.

Der Unterschied liegt in der Bewertung einer ggf. vorhandenen Einrichtung zur Wärmerückgewinnung in der Anlagentechnik. Wird der Gesamtluftwechsel einfach durch Addition der Teil-Luftwechsel (n_{Anlage} , n_{Rest}) bestimmt, dann ist keine Wärmerückgewinnung berücksichtigt. Wird jedoch der energetische Luftwechsel verwendet, dann ist berücksichtigt, dass der Teil der Luft, der über die Wärmerückgewinnung in das Gebäude strömt, nicht mittlere Außenlufttemperatur hat, sondern bereits teilweise vorgewärmt ist. Der energetische Luftwechsel ist geringer als der Gesamtluftwechsel.

Im Verlauf eines Jahres ist der Gesamtluftwechsel nicht konstant. Aufgrund des thermischen Antriebs ist der Luftaustausch durch Gebäudeundichtheiten im Winter am größten. Der Nutzer überlagert dieses physikalische Phänomen, da von allem in den Übergangsjahreszeiten ein hohes Bedürfnis nach Lüftung besteht. Insgesamt ist der Gesamtluftwechsel am kleinsten im Winter bei kalten Außentemperaturen und größer in den Übergangsjahreszeiten Frühjahr und Herbst. In einer Energiebilanz wird üblicherweise mit einem Mittelwert gerechnet.

Die EnEV 2002 und ihre Rechenverfahren lassen eine Bilanzierung mit dem energetischen Luftwechsel zu. Prädestiniert ist aber die Bilanz mit dem Gesamtluftwechsel. Die verminderten Wärmeverluste aufgrund der Luftvorwärmung in der Wärmerückgewinnung werden anhand anderer Energiekennwerte berechnet.

12. Spezifische Lüftungsheizlast bzw. spezifischer Lüftungswärmeverlust

Die spezifische Lüftungsheizlast oder nach EnEV Lüftungswärmeverlust (meist H_V) ist wie die spezifische Transmissionsheizlast ein zusammengesetzter Energiekennwert. Sie wird in der Einheit "Watt pro Kelvin" (W/K) angegeben.

Die spezifische Lüftungsheizlast wird bestimmt durch den zugrunde gelegten Luftwechsel, die Größe des belüfteten Volumens V_L und die Stoffeigenschaften der Luft. Dies sind die Dichte ρ und die spezifische Wärmespeicherkapazität c_p .

Das belüftete Volumen V_L wird nach EnEV aus dem Volumen in Außenmaßen V_e abgeleitet.

13. Lüftungswärmeverluste bzw. Lüftungswärmebedarf

Der Lüftungswärmeverlust oder nach EnEV Lüftungswärmebedarf (meist Q_V , auch Q_L) ist ebenfalls einer der klassischen Energiekennwerte für ein Gebäude. Er wird von zwei bereits besprochenen anderen Kennwerten bestimmt: der spezifischen Lüftungsheizlast H_V und der Gradtagszahl G_t .

Dadurch, dass von Bilanzverfahren zu Bilanzverfahren unterschiedliche Ansätze bei der Bestimmung des Luftwechsels und der Innentemperatur gewählt werden, ist der Lüftungswärmeverlust nach verschiedenen Berechnungsverfahren oft nicht vergleichbar.

Der Lüftungswärmeverlust wird in "Kilowattstunden pro Jahr" (kWh/a) angegeben.

14. Wärmeverluste des beheizten Gebäudes

Unter den Wärmeverlusten des Gebäudes versteht man die Summe aus Transmissionswärmeverlusten und den Lüftungswärmeverlusten. Sie werden wie die beiden Einzelbestandteile in "Kilowattstunden pro Jahr" (kWh/a) angegeben.

Die EnEV 2002 und ihre Rechenverfahren weisen die Wärmeverluste des beheizten Raumes explizit nicht aus.

15. Passive solare Fremdwärme

Passive solare Fremdwärme (meist Q_S) ist die Folge direkter Sonneneinstrahlung durch transparente Bauteile. Sie wird bestimmt durch die Größe und Ausrichtung der Fenster zur Sonne, dem Energiedurchlassgrad der Fenster sowie Einflüssen der Verschattung und Verschmutzung.

Die im Verlaufe einer Heizperiode t_{HP} anfallende passive solare Fremdwärme zählt zunächst einmal als Fremdwärmeanfall. Dies drückt aus, dass sie nicht voll zur Deckung der Wärmeverluste beitragen kann, weil sie unregelmäßig auch dann auftritt, wenn keine Heizwärme benötigt wird. Den Teil des Fremdwärmeanfalles, der tatsächlich zu Heizzwecken benutzt wird, nennt man den nutzbaren solaren Fremdwärmegegewinn.

Sowohl der Fremdwärmeanfall als auch die nutzbaren Fremdwärmegegewinne werden in "Kilowattstunden pro Jahr" (kWh/a) angegeben.

Die EnEV 2002 und ihre Rechenverfahren bilanzieren sowohl den solaren Fremdwärmeanfall als auch die nutzbaren solaren Fremdwärmegegewinne anhand des beschriebenen Schemas.

16. Innere Fremdwärme

Alle Objekte innerhalb des beheizten Bereiches des Gebäudes mit einer Temperatur über der Raumtemperatur geben Wärme ab. Innere Fremdwärme (meist Q_I bzw. Q_i) ist auf die Wärmeabgabe von Personen, elektrischen Geräten und beheizten Komponenten der Anlagentechnik zurückzuführen.

Die im Verlaufe einer Heizperiode t_{HP} anfallende innere Fremdwärme wird analog zur solaren Fremdwärme behandelt. Sie zählt zunächst einmal als Fremdwärmeanfall, weil sie unregelmäßig auch dann auftritt, wenn keine Heizwärme benötigt wird. Den Teil des Fremdwärmeanfalles, der tatsächlich zu Heizzwecken benutzt wird, nennt man den nutzbaren inneren Fremdwärmegegewinn.

Sowohl der Fremdwärmeanfall als auch die nutzbaren Gewinne werden in "Kilowattstunden pro Jahr" (kWh/a) angegeben.

Verschiedene Bilanzverfahren berechnen die innere Fremdwärme unterschiedlich. Es gibt Bilanzverfahren, in denen alle inneren Wärmequellen wie oben beschrieben berücksichtigt werden. Andere Verfahren, zu denen auch die EnEV 2002 und ihre Rechenverfahren zählen, bilanzieren nur einen Teil der inneren Wärmequellen - die Personen und Geräte. Die Fremdwärme aus der Anlagentechnik wird anhand anderer Energiekennwerte, den sogenannten Wärmegutschriften im Zusammenhang mit der Ermittlung des Primärenergiebedarfes berücksichtigt.

17. Fremdwärmeanfall und unregelmäßige Wärmeabgabe

Der Fremdwärmeanfall wird durch zwei andere Kennwerte bestimmt: den Fremdwärmeanfall durch passive solare Einstrahlung und den inneren Fremdwärmeanfall. Wie die beiden Summanden wird er in "Kilowattstunden pro Jahr" (kWh/a) angegeben.

Der Fremdwärmeanfall ist der Energiebetrag, der innerhalb des beheizten Bereiches des Gebäudes aus anderen Energiequellen als den Heizflächen (bei Luftheizung den Luftauslässen) emittiert wird. Alle diese Fremdwärmequellen geben ihre Wärme unregelmäßig ab, also auch dann, wenn keine Heizwärme benötigt wird. Die angefallene Fremdwärme kann daher nur teilweise genutzt werden.

Der nicht nutzbare Teil führt in der Praxis zu erhöhten Raumtemperaturen und/oder erhöhten Luftwechseln. Aus diesem Ansatz heraus kann ein realer Luftwechsel definiert werden. Neben den im Normalfall schon enthaltenen Teil-Luftwechseln aus Anlagentechnik und Gebäudeundichtheiten sowie dem natürlichen Lüftungsverhalten der Nutzer (Kapitel 11) umfasst dieser noch zusätzlich das Ablüften der nicht nutzbaren Wärmeüberschüsse. Den Autoren ist keine Energiebilanz bekannt, die diesen Kennwert verwendet, obwohl er die Realität abbildet.

18. Ausnutzungsgrad der Fremdwärme

Der nun bereits mehrfach indirekt verwendete Ausnutzungsgrad der Fremdwärme (meist η_F , auch η_e oder η) hängt von diversen Einflussgrößen der Nutzung, Anlagentechnik und des Gebäudes ab. Er ist ein dimensionsloser Umrechnungsfaktor zwischen dem Fremdwärmeanfall und den nutzbaren inneren Wärmegewinnen.

Der Ausnutzungsgrad der Fremdwärme η wird je nach Art des Bilanzverfahrens unterschiedlich ermittelt. Teilweise sind Festwerte definiert oder es werden empirische Formeln zur Berechnung herangezogen. Grundlage für eine Berechnung sind üblicherweise die Höhe des Fremdwärmeanfalles und der Wärmeverluste des beheizten Raumes. Andere Verfahren berücksichtigen zusätzlich die Speicherfähigkeit des Gebäudes und die Art der Regelung der Temperatur im Raum.

Je höher die Wärmeverluste des beheizten Raumes, je geringer die Wärmegewinne des Gebäudes, je geringer die Speicherfähigkeit des Gebäudes und je flinker die Regelung, desto besser kann das Gebäude auf den Fremdwärmeanfall reagieren und ihn wirklich nutzen. Der Ausnutzungsgrad nimmt in diesem optimalen Fall Werte von fast 1,0 an.

Die EnEV 2002 und ihre Berechnungsverfahren verfolgen verschiedene Ansätze bei der Bestimmung des Fremdwärmenutzungsgrades. Für die Fremdwärme aus der Anlagentechnik ist ein Festwert definiert. Für den restlichen Fremdwärmeanfall aus Personen, Geräten und passiver solarer Einstrahlung wird entweder ebenfalls ein Festwert herangezogen, wobei dies ein anderer Wert als der für die Anlagentechnik ist. Oder der Fremdwärmenutzungsgrad wird ausführlich berechnet. Die Art der Temperaturregelung im Raum und somit die Flexibilität der Regelung wird in keinem dieser Ansätze explizit berücksichtigt.

19. Wärmegewinne

Die Wärmegewinne sind der nutzbare Anteil des Fremdwärmeanfalles. Sie werden durch zwei bereits erläuterte Energieeinzelkennwerte bestimmt: die Höhe des Fremdwärmeanfalles und des Nutzungsgrades für Fremdwärme. Üblicherweise erhalten sie kein eigenes Formelzeichen. Sie werden - wie der Fremdwärmeanfall - in der Einheit "Kilowattstunden pro Jahr" (kWh/a) angegeben.

20. Geregelte Wärmeabgabe

Die geregelte Wärmeabgabe ist ein relativ neuer Energiekennwert. Der Begriff wird in der klassischen Energiebilanz nicht verwendet, weil die geregelte Wärmeabgabe in den meisten Energiebilanzverfahren nicht bestimmt wird. Auch die EnEV 2002 und ihre Rechenverfahren bestimmen diese Größe nicht.

Die in einem Gebäude frei werdenden Energien, die die Wärmeverluste des beheizten Raumes decken, können grundsätzlich der geregelten und der ungeregelten Wärmeabgabe zugeordnet werden. Der Energiekennwert unregelmäßige Wärmeabgabe (alle inneren Fremdwärmequellen und die passive solare Fremdwärme) wurde bereits in Kapitel 17 erläutert.

Unter geregelter Wärmeabgabe werden alle Energien verstanden, die von den Heizflächen (oder durch Luftauslässe bei einer Luftheizung) geregelt innerhalb des Gebäudes abgegeben werden. Die geregelte Wärmeabgabe ist messbar. Sie wird in "Kilowattstunden pro Jahr" (kWh/a) angegeben.

21. Warmwassernutzen oder Warmwassernutzwärme

Der Warmwassernutzen oder die Warmwassernutzwärme (meist Q_{tw} oder Q_w) wird vor allem bestimmt von der gezapften Warmwassermenge im Verlauf eines Jahres. Diese hängt von der Anzahl der Nutzer ab. Weitere Einflüsse sind die Eintrittstemperatur des Kaltwassers in das Gebäude und die Nutztemperatur des Warmwassers.

Der Warmwassernutzen wird in "Kilowattstunden pro Jahr" (kWh/a) angegeben.

Die EnEV und die zugehörigen Rechenverfahren setzen für Wohngebäude einen spezifischen Einheitsnutzen in "Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr" [$\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$] voraus. Für diesen Einheitswert wird eine durchschnittliche Anzahl von Personen pro Quadratmeter (Nutzerdichte) und ein Standardwasserverbrauch pro Person angesetzt.

22. Regenerative Energien

Regenerative Energien stammen aus nicht endlichen Energiequellen. Die wichtigsten sind solare Wärme und die rückgewonnene Wärme einer Lüftungsanlage. Weitere können auch Umwelt- und Erdwärme sein. Regenerative Energien werden auf verschiedenste Weise bilanziert. Wichtige Bilanzarten und damit Energiekennwerte für regenerative Energien sollen hier erläutert werden.

Passive solare Wärme wird üblicherweise von allen Bilanzverfahren als Energiegewinn für das Gebäude angesehen und erhält einen eigenen Energiekennwert (vergleiche Kapitel 15).

Anders sieht es mit aktiv genutzter solarer Wärme aus. Die Energiemenge, die eine Solaranlage zur Heizung und Trinkwarmwasserbereitung bereitstellt, wird so bezeichnet. Diese kann als absolute regenerative Energiemenge (meist Q_r) bilanziert werden und mindert damit den Energieinput in das Gebäude aus endlichen Energien. Eine andere Darstellung des Energiegewinnes kann die Definition von Deckungsanteilen und Erzeugeraufwandszahlen für die Solaranlage sein (vergleiche Kapitel 28 und 27). Die Solaranlage wird dann so behandelt, als wenn sie einer von mehreren

Wärmeerzeugern des Gebäudes ist, der energetisch neutral (das heißt ohne Aufwand) Energie liefert. Den zweiten Ansatz beschreibt die EnEV 2002 und ihre Rechenverfahren.

Auch die rückgewonnene Energie einer Lüftungsanlage kann verschieden bilanziert werden. Zunächst gibt es die Möglichkeit, statt des Gesamtluftwechsels den verminderten energetischen Luftwechsel bei der Bestimmung der Verluste zu verwenden (vergleiche Kapitel 11). Dann werden die Lüftungswärmeverluste von Anfang an geringer bilanziert. Eine weitere Möglichkeit ist die Ausweisung einer absoluten regenerativen Energiemenge (Q_r) wie bei der Solaranlage. Diese Energiemenge kann zwar im Gebäude genutzt werden, ist aber energetisch neutral, das heißt sie vermindert den Input endlicher Energien in das Gebäude. Die dritte Möglichkeit der Bewertung erfolgt ähnlich wie die bei Solaranlagen über Deckungsanteile und Erzeugeraufwandzahlen. Die Wärmerückgewinnung wird als ein Wärmeerzeuger behandelt, der energetisch neutral (das heißt ohne Aufwand) Energie liefert - die Hilfsenergieanteile für den Ventilator werden hier nicht betrachtet. Die EnEV 2002 und das in Bezug genommene Rechenverfahren DIN V 4701 Teil 10 verfolgen den zweiten Ansatz, der die regenerative Energiemenge absolut bilanziert.

Die energetische neutrale Erd- und Umweltwärme, die von Wärmepumpen genutzt wird, wird üblicherweise in den Aufwandszahlen oder Nutzungsgraden der Wärmeerzeuger berücksichtigt, kann aber auch in gleichem Maße als absoluter Kennwert bilanziert werden.

Andere Erd- und Umweltenergien können ebenso wie bereits für die Solaranlagen und die rückgewonnene Energie einer Lüftungsanlage beschrieben als absoluter regenerativer Energiebetrag Q_r bilanziert werden. Alle absoluten regenerativen Energien werden in "Kilowattstunden pro Jahr" (kWh/a) angegeben.

23. Wärmeverluste der Wärmeübergabe

Die Wärmeverluste der Wärmeübergabe werden nicht in jedem Bilanzverfahren verwendet. Die EnEV 2002 - basierend auf der europäischen Norm DIN EN 832 - und zugehörige Rechenverfahren nutzen diesen Kennwert jedoch, daher soll er hier erläutert werden.

Die Theorie, die für die Ermittlung dieser Größe zugrunde gelegt wird, ist folgende: die Soll-Innentemperatur eines Gebäudes und die reale Temperatur unterscheiden sich. Dies ist auf die Art der Wärmeübergabe und Temperaturregelung zurückzuführen. Üblicherweise erhöhen der Regler (Funktionsprinzip) und die Regelstrecke (Trägheit, Zeitverhalten und Ansprechempfindlichkeit der Wärmeübergabeeinrichtungen) im gemeinsamen Zusammenspiel mit dem Raum und dem Gebäude und den Störgrößen, z.B. Fremdwärmeanfall, das Temperaturniveau gegenüber dem Sollwert.

Während einige Bilanzverfahren an dieser Stelle sofort mit einer erhöhten Innentemperatur ggf. auch mit einem erhöhten Luftwechsel und einer verlängerten Heizzeit rechnen, definieren andere den Wärmeverlust der Übergabe (meist Q_{ce} nach [EN 832]). Er ist die Energiemenge in "Kilowattstunden pro Jahr" (kWh/a), die auf das Phänomen der Temperaturabweichung und auch teilweise einer erhöhten Lüftung (ideales System verglichen mit dem realen System) zurückzuführen ist.

Diese Energiemenge ist explizit nicht messbar, im Gegensatz zur mittleren Temperaturabweichung im Jahr. In einer Energiebilanz sollte immer entweder der eine (Erhöhung der Rauminnentemperatur und evtl. des Luftwechsels und der Heizzeit) oder andere (Ausweisung eines Wärmeverlustes für die Übergabe und Regelung) Weg der Berücksichtigung der Wärmeübergabeverluste beschriftet werden.

24. Wärmeverluste der Verteilung

Die Wärmeverluste von Verteilungen werden in den unterschiedlichen Bilanzverfahren verschieden berücksichtigt.

In älteren Verfahren wird oft ein pauschaler Nutzungsgrad der Verteilung definiert. Dieser setzt die folgenden beiden Energiemengen ins Verhältnis: die Energiemenge, die aus einem Verteilsystem jährlich entnommen wird und die Energiemenge, die dafür hineinfließen muss. Zwischen diesen beiden Energiemengen stehen die Wärmeverluste der Verteilung (meist Q_d). Neuere Energiebilanzverfahren bestimmen diesen Energiekennwert nur als absolute Größe. Er wird in "Kilowattstunden pro Jahr" (kWh/a) angegeben. Üblicherweise wird in Verteilungsverluste der Heizleitungen, der Lüftungsleitungen und der Trinkwarmwasserleitungen unterschieden.

Die Bilanzierung der Wärmeabgabe eines wärmedurchströmten Rohrabschnittes (bzw. des Abschnittes eines Lüftungskanals) ist für alle Bilanzverfahren zunächst gleich und nur von der Physik bestimmt: ausschlaggebend für die Verluste sind die Länge und der Umfang des Rohres, die mittlere Temperatur innerhalb und außerhalb des Rohres im Betrachtungszeitraum und der Wärmedurchgangskoeffizient zwischen Rohrinne und der Umgebung. Der Ansatz ähnelt dem der Bestimmung der Transmissionswärmeverluste für das Gebäude.

Die Bilanzierung der Kenngröße "Wärmeverluste des gesamten Verteilsystems" ist wiederum von Verfahren zu Verfahren verschieden. Es gibt Bilanzen, die von vornherein davon ausgehen, dass ein Teil oder der gesamte Wärmeverlust von Leitungen und Kanälen zur Raumheizung genutzt werden - sofern sich die betreffenden Abschnitte im beheizten Bereich befinden. Diese Verfahren bilanzieren als Energiekennwert der "Verteilverluste" nur die echten Wärmeverluste, also nur den nicht nutzbaren Anteil der Wärmeabgabe. Die Wärmeabgabe der Verteilungen wird in diesen Verfahren nicht als innere Fremdwärme angesehen und bewertet.

Andere Verfahren bilanzieren zunächst einmal alle Wärmeverluste der Verteilung als Verluste. In diesen wird der Anteil der Wärmeverluste, der zur Raumheizung beitragen kann, als Fremdwärmeanfall in Rechnung gestellt und bewertet.

Die EnEV und ihre Berechnungsvorschriften bilanziert die Verluste der Trinkwarmwasserverteilung als nutzbare Fremdwärme nach dem zweiten Ansatz, die Verluste der Heizung und Lüftung jedoch sofort vermindert nach dem ersten Ansatz.

Da diese beiden Ansätze parallel von den verschiedenen Berechnungsverfahren verwendet werden, sind Energiekennwerte der Verteilung oft nicht unmittelbar untereinander vergleichbar.

25. Wärmeverlust von Speichern

Für die Speicher können fast alle Aussagen, die für das Verteilsystem gemacht wurden, übertragen werden.

Ältere Verfahren bilanzieren Speicher oft über Jahresnutzungsgrade, mitunter als kombinierte Nutzungsgrade inklusive des Verteilsystems. Ins Verhältnis werden dann die folgenden Energiemengen gesetzt: die Energiemenge, die aus dem Speicher (ggf. aus dem Verteilsystem) jährlich entnommen wird und die Energiemenge, die dafür in den Speicher hineinfließen muss.

Wird die Betrachtung allein auf den Speicher beschränkt, dann steht zwischen dem Energieinput und den Speicher und dem Energieoutput aus dem Speicher der Wärmeverlust der Speicherung (meist Q_s). Neuere Energiebilanzverfahren bestimmen diesen Energiekennwert nur als absolute Größe. Er wird in "Kilowattstunden pro Jahr" (kWh/a) angegeben. Üblicherweise wird in Speicherverluste der Heizung und der Trinkwarmwasserbereitung unterschieden.

Die Bilanzierung der Wärmeabgabe eines Speichers ist für alle Bilanzverfahren zunächst gleich und nur von der Physik bestimmt: ausschlaggebend für die Verluste sind die Hüllfläche des Speichers, die mittlere Temperatur innerhalb und außerhalb des Speichers im Betrachtungszeitraum und der Wärmedurchgangswert zwischen dem Speicherinneren und der Umgebung. Der Ansatz ähnelt dem der Bestimmung der Verluste eines Rohrabschnittes.

Die Bilanzierung der Kenngröße "Wärmeverlust des Speichers" ist auch hier von Verfahren zu Verfahren verschieden. Es gibt die zwei bereits für die Verteilung beschriebene Ansätze. Ein Ansatz bilanziert die Speicherverluste sofort vermindert, weil ein Teil oder der gesamte Wärmeverlust des Speichers zur Raumheizung verwendet werden kann (wenn der Speicher im beheizten Bereich aufgestellt ist). Der andere Ansatz bilanziert die Wärmeverluste erst einmal voll und setzt dann den teilweise nutzbaren Verlust als Fremdwärme an.

Die EnEV und ihre Berechnungsvorschriften bilanzieren auch die Verluste der Trinkwarmwasserspeicherung als nutzbare Fremdwärme nach dem zweiten Ansatz, die Verluste der Heizwasserspeicherung jedoch sofort vermindert nach dem ersten Ansatz.

Auch hier sei der Hinweis gegeben, dass Energiekennwerte der Speicherung aus verschiedenen Bilanzverfahren oft nicht unmittelbar untereinander vergleichbar sind.

26. Wärmeverlust von Wärmeerzeugern

Ein Wärmeerzeuger kann anhand verschiedener Energieeinzelkennwerte beschrieben werden, zum einen anhand seiner absoluten Wärmeverluste, zum anderen auch durch Aufwandszahlen oder Nutzungsgrade. An dieser Stelle soll zunächst auf die absoluten Verluste der Erzeugung (meist Q_g) eingegangen werden, die Definition der anderen beiden Energiekennwerte folgt im Kapitel 27.

Wird ein Wärmeerzeuger als "Black Box" unabhängig von seiner Charakteristik betrachtet, so ist er ein Teil der Anlagentechnik, in den Energie hinein strömt, ggf. umgewandelt wird und wieder heraus fließt. Diese Energieströme müssen nicht derselben Energieform angehören, können es aber. Beispiel für unterschiedliche Energieformen sind Wärmepumpen (thermische Umweltenergie und elektrische Energie werden zu thermischer Energie) oder Kessel (chemisch gebundene Energie wird zu thermischer Energie). Ein Beispiel für gleiche Energieform ist eine Fernwärmeübergabestation (vorher wie nachher thermische Energie). Werden alle Wärmeerzeuger nach diesem Schema betrachtet, dann können auch Solaranlagen und die Wärmerückgewinnung einer Lüftungsanlage als Wärmeerzeuger angesehen werden (vergleiche Kapitel 22).

Die zweite Charakteristik des Wärmeerzeugers als "Black Box" ist, dass die Höhe der in den Erzeuger insgesamt eingeflossenen Energien (Input) und die Höhe der aus dem Erzeuger als Nutzen abgegebenen Energien nicht gleich groß sind. Zwischen diesen beiden Größen stehen immer die Wärmeverluste des Erzeugers.

Die Verluste jedes beliebigen Erzeugers können in "Verluste des Betriebes" und "fixe Verluste" unterschieden werden. Für Kessel sind ähnliche Größen bereits heute gängige Werte. Annähernd fixe Verluste sind Bereitschaftsverluste außerhalb der Betriebszeit sowie Strahlungsverluste während der Betriebszeit. Verluste des Betriebes sind Abgasverluste und Vorspülverluste des Brenners vor dem Brennerstart. Die Betriebszeit ist dabei die Zeit, in der die wirkliche Energieumwandlung erfolgt - eine Vorspülung vor dem Brennerstart gehört damit eigentlich nicht zur Betriebszeit, wird jedoch aus Vereinfachungsgründen häufig dazugerechnet.

Die Übertragung dieses Ansatzes auf alle Erzeuger ist eine neue Betrachtungsweise auf dem Gebiet der Energiebilanzierung. Es gibt demnach für jeden Erzeuger die Betriebsverluste (hier $Q_{g,Betrieb}$) und die fixen Verluste (hier $Q_{g,fix}$), sowie einen Energieinput (hier Q_{Input}) und einen Energienutzen (hier Q_{Nutzen}).

Dies ist ein allgemeiner Ansatz, der im Falle der Betrachtung nach EnEV 2002 und deren begleitenden Rechenvorschriften mit einigen zusätzlichen Randbedingungen versehen wird: alle Energieströme, die einen endlichen Energieträger verbrauchen, werden als "Aufwand" bilanziert, alle Energieströme, die regenerativ sind, werden nicht bilanziert. Weiterhin werden, in Anlehnung an die seit Jahrzehnten in Deutschland übliche Verfahrensweise, alle chemisch gebundenen Energien nur anhand ihres Heizwertes bilanziert, auch wenn sie noch einen höheren Energieinhalt (aufgrund des Brennwertes) haben.

Aus diesen Randbedingungen lässt sich der absolute Wärmeverlust des Erzeugers (Q_g) nach EnEV 2002 ableiten:

$$Q_{g,Betrieb} + Q_{g,fix} = Q_{Aufwand} \text{ (nur endliche Energien, nur heizwertbezogen)} - Q_{Nutzen}$$

Für eine Wärmepumpe und eine Solaranlage und einen Teil der "besseren" Brennwertgeräte ergeben sich daher in der Bilanz negative Wärmeverluste des Erzeugers - also eigentlich vermeintliche Gewinne. Zum Verständnis dient Bild 26.1.

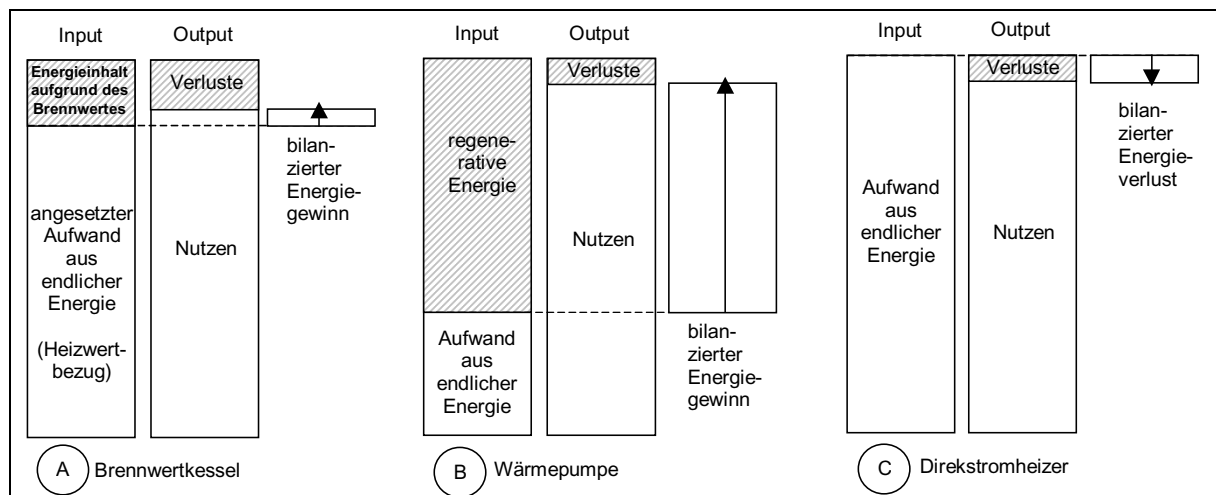


BILD 26.1 BEWERTUNG DER ENERGIEVERLUSTE FÜR WÄRMEERZEUGER

Die EnEV 2002 und ihre begleitenden Vorschriften bilanziert die Wärmeerzeugerverluste zwar nicht absolut, sondern als Aufwandszahl, die vorhergehenden Erläuterungen dienen jedoch dem Verständnis zum Thema Aufwandszahlen.

Für eine realistischere Bewertung eines Erzeugers kommt der oben allgemein gewählte Ansatz in abgewandelter Form in Betracht: zunächst sollten alle chemisch gebundenen Energien anhand des Brennwertes bilanziert werden. Damit kann vermieden werden, dass Brennwertkessel Energiegewinne schaffen.

Zweitens sollten die Verluste des Betriebes und die fixen Verluste einzeln ausgewiesen werden. Damit ist es möglich, verschieden effiziente Systeme detaillierter zu vergleichen. Die Verluste im Betrieb können dann anhand eines Wirkungsgrades (oder einer Leistungszahl) berechnet werden. Die fixen Wärmeverluste des Erzeugers an den umgebenden Raum können als Fremdwärme berechnet werden, falls sie teilweise oder ganz zur Raumheizung beitragen. Eine Anwendung dieses Verfahrens ist bisher in Deutschland nicht üblich. Es gibt daher bisher kein Rechenverfahren nach diesem Ansatz.

Alle absoluten Erzeugerverluste werden in der Einheit "Kilowattstunden pro Jahr" (kWh/a) angegeben.

27. Nutzungsgrad und Aufwandszahl eines Wärmeerzeugers

Der Jahresnutzungsgrad eines Wärmeerzeugers (meist η_a oder einfach η) ist ein Energiekennwert, der vor allem in den konventionellen Energiebilanzverfahren verwendet wird.

Aus der Betrachtung der Wärmeverluste der Erzeugung lässt sich der Nutzungsgrad einfach ableiten. Er ist das Verhältnis der Energie, die aus dem Wärmeerzeuger fließt (vereinfacht "Nutzen" genannt), zu der Energie, die in den Erzeuger fließt (üblicherweise "Aufwand"). Betrachtungszeitraum für diese Angabe ist ein Jahr. Weil beide Energiemengen dieselbe Einheit haben, ist der Nutzungsgrad eine dimensionslose Größe.

Bei der Betrachtung des Aufwandes und des Nutzens eines Erzeugers spielt es keine Rolle, um welche Energieformen es sich handelt. Alle Energieträger werden gleich behandelt. Regenerative Energien werden nicht in die Bilanz einbezogen.

Daher ergeben sich für rein regenerative Erzeuger, wie Solaranlagen und Wärmerückgewinnungen, Nutzungsgrade von null (kein Aufwand vorhanden). Für konventionelle Erzeuger wie Kessel oder Direktstromerzeuger liegen die Werte zwischen null und eins (der Nutzen ist kleiner als der Aufwand) und für alle Wärmepumpenprozesse ergeben sich üblicherweise Werte über eins (der Nutzen ist größer als der Aufwand). Abweichungen können bei Erzeugern auftreten, die den Brennwert eines Brennstoffes nutzen (Brennwertkessel). In diesem Fall kann der Nutzen auch größer sein als der Energieinhalt des Brennstoffes. Das liegt aber an der in Deutschland üblichen Betrachtungsweise, die den Energieinhalt eines Brennstoffes anhand seines Heizwertes bestimmt.

Die Aufwandszahl des Wärmeerzeugers (meist e_g) ist ein Energieeinzelkennwert, der in Deutschland erst mit der EnEV 2002 und ihren Berechnungsvorschriften in das Feld der Energiebilanzverfahren eingezogen ist. Sie ist der Kehrwert des Nutzungsgrades, es wird also "Aufwand" durch "Nutzen" geteilt. Sie ist damit ebenfalls eine dimensionslose Kenngröße.

Alle Aussagen, die für den Nutzungsgrad gemacht wurden, gelten prinzipiell auch für die Aufwandszahl. Aufgrund der Tatsache, dass jedoch reziproke Werte verwendet werden, ergeben sich für die einzelnen Erzeugerarten folgende Aufwandszahlen:

Die Aufwandszahlen rein regenerativer Erzeuger, wie Solaranlagen und Wärmerückgewinnungen, sind rein mathematisch nicht definiert (kein Aufwand vorhanden), sie werden jedoch üblicherweise zu null gesetzt. Für konventionelle Erzeuger wie Kessel oder Direktstromerzeuger liegen die Werte über null (der Aufwand ist größer als der Nutzen) und für alle Wärmepumpenprozesse ergeben sich üblicherweise Werte unter eins (der Aufwand ist kleiner als der Nutzen). Abweichungen können auch hier bei Erzeugern auftreten, die den Brennwert eines Brennstoffes nutzen (Brennwertkessel). In diesem Fall kann der Nutzen auch größer sein als der Energieinhalt des Brennstoffes. Dann ergeben sich Aufwandszahlen kleiner als eins.

28. Deckungsanteil

Deckungsanteile (meist a oder α) sind dimensionslose Energiekennwerte, die bei der Bewertung von Anlagen mit mehr als einem Wärmeerzeuger helfen. Ein Deckungsanteil gibt an, wie hoch der Anteil eines Erzeugers an der gesamten Energieanforderung des Gebäudes und der Anlagentechnik nach der Wärmeerzeugungsanlage ist. Da alle Erzeuger zusammen die Energieanforderung voll erfüllen müssen, ist die Summe aller Deckungsanteile eins.

Ein Beispiel zur Verdeutlichung: für die Trinkwarmwasserbereitung sollen zwei Erzeuger eingesetzt werden, eine Wärmepumpe und ein Heizstab zur Nachheizung. Für diese Kombination kann die Aussage gemacht werden, dass die Wärmepumpe beispielsweise 95 Prozent der benötigten Energie liefert, der Heizstab 5 Prozent. Die Deckungsanteile sind dann 0,95 und 0,05. Die gemeinsam erzeugte Energie wird anschließend in Form von Warmwasser gespeichert, verteilt und an den Nutzer übergeben.

Der Deckungsanteil kann berechnet werden aus absoluten Energiemengen. Ins Verhältnis werden dann die folgenden Energien gesetzt: die Energiemenge, die der betrachtete Erzeuger an das System übergibt zu der Energiemenge, die alle Erzeuger zusammen an das System übergeben. Relevant ist der "Nutzen" (Energie-Output) des Erzeugers.

Nicht alle Bilanzverfahren rechnen mit Deckungsanteilen, einige verwenden sofort die absoluten Energiemengen, die einzelne Erzeuger abgeben, ohne Deckungsanteile zu bestimmen. Deckungsanteile sind also Hilfsgrößen.

Sie können für verschiedene Prozesse im Gebäude definiert werden. Zum Beispiel gibt es Deckungsanteile für die Trinkwarmwasserbereitung, Deckungsanteile für die Heizung und Deckungsanteile für die Lüftung (Beispiel: von den beiden Erzeugern der Lüftung deckt die Wärmerückgewinnung 55 % und die Wärmepumpe 45 %). Die Bereiche Heizung und Lüftung werden ggf. auch zusammengefasst (Beispiel: von der Wärmeanforderung der Raumheizung deckt die Wärmerückgewinnung der Lüftung 40 % und der Heizkessel 60 %). Oder das Gebäude wird als Gesamtheit betrachtet (Beispiel: von der Energieanforderung des Gebäudes für Heizung, Lüftung und Trinkwarmwasserbereitung deckt die Solaranlage 15 %, die restlichen 85 % werden über einen Fernwärmeanschluss in das Gebäude gebracht).

Die EnEV 2002 und ihre Rechenverfahren greifen auf das Verfahren der Deckungsanteile zurück. Sie definieren Deckungsanteile für die Heizung und die Trinkwarmwasserbereitung separat. Die Lüftung wird ohne Deckungsanteile bilanziert.

29. Technische Verluste

Die technischen Verluste eines Gebäudes (meist Q_t) sind ein Energiekennwert, der aus anderen Kennwerten zusammengesetzt ist. Sie umfassen alle Wärmeverluste, die unmittelbar mit der Raumwärme- und Warmwasserversorgung des Gebäudes zusammenhängen. Einige Bilanzverfahren geben technische Verluste auch zusätzlich getrennt nach Heizungssystem, Lüftungssystem und Trinkwarmwasserbereitung an.

Sie enthalten immer die Wärmeverluste der Verteilung und die Wärmeverluste der Speicherung. Je nach Bilanzverfahren schließen sie meist auch die Wärmeverluste der Wärmeerzeugung und ggf. die Wärmeverluste der Wärmeübergabe ein.

Da bereits für die genannten Einzelgrößen Differenzen in der Berechnung (beispielsweise Wärmeverlust der Heizwasserverteilung) auftreten, sind auch die mit verschiedenen Bilanzverfahren ermittelten technischen Verluste nicht unmittelbar vergleichbar. Die technischen Verluste werden in "Kilowattstunden pro Jahr" (kWh/a) angegeben. Die EnEV und ihre Rechenverfahren weisen die technischen Verluste nicht explizit aus.

30. Hilfsenergie

Auch der Ansatz der Bilanz von Hilfsenergien ist ein relativ neuer auf dem Gebiet der Energiebilanzverfahren. Zunächst muss jedoch definiert werden, was unter Hilfsenergie zu verstehen ist: die Hilfsenergie ist eine elektrische Energie, die unmittelbar mit der Versorgung eines Gebäudes mit Raumwärme und Warmwasser in Verbin-

dung steht. Als elektrische Hilfsgeräte zählen also alle Pumpen, Ventilatoren und elektrisch betriebene Regeleinrichtungen.

Hilfsenergien werden bilanziert, um verschiedene Versorgungssysteme gerecht miteinander zu vergleichen. Dieser Ansatz ist vor allem für komplizierte, aber energetisch effiziente Techniken (Solaranlagen, Wärmepumpen) interessant. Diese Anlagen haben sehr geringe Erzeugerverluste. Hinzu kommen jedoch dafür meist sehr hohe Hilfsenergiemengen, die die hohe Wärmeeffektivität schmälern ggf. sogar zunichte machen können.

Hilfsenergien (meist Q_{EI} oder Q_{HE}) werden in "Kilowattstunden pro Jahr" (kWh/a) angegeben und üblicherweise aus mittleren jährlichen Leistungen und jährlichen Laufzeiten berechnet. Bei der Berechnung der Hilfsenergie der Lüftung machen verschiedene Rechenverfahren unterschiedliche Ansätze. Zum einen wird der Ansatz verfolgt, die Lüftungsanlage nur in der Heizperiode zu berücksichtigen, in anderen Verfahren wird sie über das ganze Jahr betrachtet.

Hilfsenergien tragen indirekt auch zur Deckung der Verluste eines Gebäudes bei, denn ein Teil der elektrischen Energie wird in Wärmeenergie umgewandelt. Diese Wärme wird an den Raum abgegeben, in der sich das Hilfsgerät befindet, und im Falle von Pumpen und Ventilatoren auch an das Medium, das transportiert wird. In den üblichen Bilanzverfahren wird diese Energie nicht gesondert berechnet und bilanziert. Sie ist in der "inneren Fremdwärme aus elektrischen Geräten" pauschal enthalten oder wird vernachlässigt.

Die EnEV und deren Berechnungsvorschriften bilanzieren Hilfsenergien getrennt für die Heizung, Lüftung und Trinkwarmwasserbereitung. Die Hilfsenergien der Raumwärme und Lüftung werden nur in der Heizperiode bilanziert.

31. Primärenergiefaktor und CO₂-Äquivalent

Die bisher erläuterten Energiekennwerte hatten immer eine definierte äußere Bilanzgrenze, die Gebäudehülle. Sie dienten dazu, die folgenden Fragen zu beantworten: In welcher Form und wie viel Energie fließt über die Gebäudehülle? Wie sind die Energieströme gerichtet?

Diesen Ansatz der Energiebilanzierung verfolgen verschiedene Bilanzverfahren schon seit längerem, man nennt ihn Jahresendenergiebilanz. Der Ansatz der Jahresprimärenergiebilanz oder CO₂-Bilanz ist dagegen noch relativ neu.

In diesen Umweltbilanzen werden die über die Gebäudegrenze in das Gebäude hinein fließenden Energien zusätzlich aufgrund ihrer Umweltwirksamkeit bewertet. Die Bewertung erfolgt mit Primärenergiefaktoren bzw. mit CO₂-Äquivalenten.

Der Primärenergiefaktor (meist f_P) ist eine dimensionslose Kennzahl, die Werte zwischen 0 und üblicherweise 3 annehmen kann. Er berücksichtigt für jeden Energieträger den Aufwand, der bei der Förderung, der Erzeugung und beim Transport des Energieträgers bis zum Endverbraucher anfällt. Es werden also zwei Energien ins Verhältnis gesetzt: der Energieinhalt der Primärenergiemenge, die eingesetzt wird, um den Energieträger bereitzustellen (inklusive des Energieinhaltes des Brennstoffes) und der Energieinhalt, den der Energieträger hat, wenn er in das Gebäude eintritt. Die Bereitstellung soll u.a. auch alle Energiemengen für die Förderung, den

Transport und die Formierung für den Endverbraucher (z.B. Heizöl Extra Leicht) berücksichtigen.

Dies bedeutet beispielsweise, dass Strom in Deutschland beim heute typischen Kraftwerksmix einen Primärenergiefaktor von etwa 3,0 hat. Es werden je 3 Einheiten Primärenergie eingesetzt, um eine Einheit Strom zu erzeugen. Für regenerative Energien gilt üblicherweise der Primärenergiefaktor 0, weil für ihre Bereitstellung keine Primärenergie verbraucht wird.

Für die Angabe der üblichen Primärenergiefaktoren (Strom, Gas, Heizöl u.a.) wird ein bundesweiter Mittelwert gebildet. Bis zum Erscheinen des Buches konnte die Höhe des Primärenergiefaktors für Holz noch nicht geklärt werden, er wird bei etwa 1,0 bis 1,1 liegen.

Die EnEV 2002 verfolgt ausschließlich den Ansatz der Jahresprimärenergiebilanz. Einige Bilanzverfahren gehen jedoch noch über diesen Ansatz hinaus. Sie bewerten die über die Gebäudegrenze fließenden Energieströme mit sogenannten CO₂-Äquivalenten. CO₂-Äquivalente sind ein Maß für die Treibhauswirkung eines Energieträgers. Sie werden üblicherweise in der Einheit "Gramm pro Kilowattstunde" (g/kWh) angegeben. Anhand der Menge und Art der über die Gebäudegrenze fließenden Energien kann eine Jahresmenge CO₂-Äquivalent bestimmt werden.

Hier hat Holz beispielsweise einen Wert von nahezu null, da bei der Verbrennung das CO₂ frei wird, das die Pflanze während des Wachstums gebunden hat.

32. Energieinhalt von Brennstoffen

Der Energieinhalt von Brennstoffen ist keiner der klassischen Energiekennwerte. Bei der Analyse eines bestehenden Gebäudes oder auch für die Planung der Energiekosten kann diese Größe aber hilfreich sein.

Der Energieinhalt wird üblicherweise für alle die Energieträger angegeben, die über die Gebäudegrenze fließen und danach chemisch umgewandelt werden; das sind Gas, Öl, Kohle oder Holz. Die Einheit dieser Größe ist je nach Stoff entweder Kilowattstunden pro Kubikmeter (kWh/m³), Kilowattstunden pro Liter (kWh/l) oder Kilowattstunden pro Kilogramm (kWh/kg).

Der Energieinhalt gibt an, wie viel Energie in einer Einheit dieses Brennstoffes gebunden ist, beispielsweise 10 Kilowattstunden pro Liter Heizöl. Der Energieinhalt wird wie die Wärmeverluste der Wärmeerzeugung auf den Brennwert (H_O) oder den Heizwert (H_U) bezogen, angegeben. Der Brennwert ist dabei der größere Wert, denn er berücksichtigt, dass ein Teil des Wasserdampfes, der bei der Verbrennung entsteht, kondensiert und dabei zusätzliche Wärme freigibt. Der Heizwert berücksichtigt dies nicht. Für Strom und Nah- bzw. Fernwärme wird kein Energieinhalt definiert. Diese Energieträger werden nicht chemisch innerhalb des Gebäudes umgewandelt.

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