

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Energieeffizienz im Gebäudebereich

Auszug aus

Leitfaden Energieausweis. Teil 1.

Verbrauchserfassung für den Verbrauchs- / Bedarfsabgleich.

Die Verbrauchserfassung ist nur für den Verbrauchs- / Bedarfsabgleich geeignet und darf nicht der Erfassung für den Energieausweis auf Basis von Verbrauchsdaten zugrunde gelegt werden.

Mit freundlicher Unterstützung von

3.1 Verbrauchserfassung bei leitungsgebundenen Energieträgern

Für leitungsgebundene Energieträger erhält der Kunde von seinem Energieversorgungsunternehmen jährliche Abrechnungen. Hierin sind alle notwendigen Informationen für die Verbrauchserfassung (Abrechnungszeitraum und Energieverbrauch) enthalten. Die Abrechnung beinhaltet in der Regel auch die Angabe der verbrauchten Kilowattstunden. Eine Umrechnung der verbrauchten Mengen in Energie (kWh) kann damit entfallen. Zu beachten ist allerdings, dass im Fall von Erdgas als Energieträger vom Energieversorger in der Regel der auf den oberen Heizwert (Brennwert) H_5 bezogene Energieinhalt angegeben wird. Als Voraussetzung für einen Vergleich mit dem berechneten Bedarf, der auf den unteren Heizwert H_1 bezogen ist, muss daher eine Umrechnung stattfinden (siehe unten).

Die Verbrauchsabrechnungen sind jedoch nur dann verlässlich, wenn der abgerechnete Verbrauch am Zähler abgelesen wurde und nicht auf der Basis von Schätzungen von Versorgern über einen längeren Zeitraum hochgerechnet wurde.

Das Ergebnis der Verbrauchserfassung bei leitungsgebundenen Energieträgern ist im Gegensatz zur Verbrauchserfassung bei nicht-leitungsgebundenen Energieträgern rechnerisch stets eindeutig. Dies sollte jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass der ermittelte mittlere Verbrauchswert vom Nutzerverhalten abhängt. In Kapitel 3.3 wird die Interpretation der Ergebnisse näher erläutert.

Bestimmung des von der Witterung abhängigen Anteils

Für die Witterungsbereinigung muss zuerst der klimaabhängige und der klimaunabhängige Verbrauchsanteil für jedes Jahr ermittelt werden. Erfolgt die (klimaunabhängige) Warmwasserbereitung mit dem gleichen Energieträger wie die Heizung, muss der Anteil des Warmwasserverbrauchs vom Gesamtverbrauch abgezogen werden. Wird der Warmwasserverbrauch über einen Wasserzähler gemessen, kann das gemessene Volumen mit der spezifischen Wärmekapazität von Wasser von $1,15 \text{ Wh/l K}$ und einer standardisierten Temperaturerhöhung von $\Delta\vartheta = 45 \text{ K}$ multipliziert werden.

Zu dem gemessenen Verbrauch müssen noch die Verluste durch die Wasser-Verteilung und Speicherung hinzuaddiert werden. Hierfür können standardmäßig $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ angesetzt werden. Wird der Warmwasserverbrauch nicht gemessen, können pauschal 18 Prozent des Gesamtverbrauchs [1] angesetzt werden.

Witterungsbereinigung

Die Witterungsbereinigung erfolgt, um jährliche Witterungsschwankungen auszugleichen. Das heißt überdurchschnittlich warme oder kalte Heizperioden werden über einen Faktor an das langjährige Durchschnittsklima des Standorts angepasst. Um die Witterungsbereinigung durchführen zu können, müssen die Energieverbräuche den jeweiligen Jahren zugeordnet werden. Für jedes Jahr ist mit der jeweiligen Gradtagszahl ein Faktor zu ermitteln, mit dem der Verbrauchswert des Erfassungsjahres multipliziert wird. Das Ergebnis ist der für ein durchschnittliches Jahr bereinigte Verbrauchswert.

$$f_K = \frac{G_{20,15,D}}{G_{20,15,J}} \quad [-]$$

mit:

$G_{20,15,J}$ Gradtagszahl für das Messjahr J des gegebenen Standorts [Kd/a] bei einer Innentemperatur von 20° C und einer Heizgrenztemperatur ϑ_{HG} von 15° C

$G_{20,15,D}$ Gradtagszahl für ein durchschnittliches Jahr des gegebenen Standorts [Kd/a] bei einer Innentemperatur von 20° C und einer Heizgrenztemperatur ϑ_{HG} von 15° C

Gleichung 1: Bestimmung der Anpassungsfaktoren zur Witterungsbereinigung

$$B_{Vg,D} = f_K \cdot B_{H,J} \quad [\text{kWh/a}]$$

mit:

$B_{H,D}$ für ein durchschnittliches Jahr bereinigter Verbrauchswert [kWh/a]
(am gleichen Standort)

$B_{H,J}$ gemessener Verbrauchswert für den Zeitabschnitt i [kWh/a]

f_K Faktor zur Anpassung an den langjährigen Durchschnitt des Standortklimas (Klimabereinigung) [-]

Gleichung 2: Bereinigung auf ein durchschnittliches Jahr

Beispiel

Für ein Einfamilienhaus in Hannover mit einer Gebäudenutzfläche A_N von 120 m² werden für die jeweiligen Messjahre die folgenden Verbrauchswerte ermittelt:

- 2001 17.440 kWh
- 2002 17.860 kWh
- 2003 17.520 kWh
- 2004 17.390 kWh

Die Verbrauchswerte liegen jeweils für das vollständige Jahr vor. Zunächst wird der witterungsunabhängige Anteil für Warmwasser abgezogen. Da der Warmwasserverbrauch nicht gemessen wird, wird der Pauschalwert von 18 Prozent des Gesamtverbrauchs angesetzt. Damit ergibt sich ein witterungsabhängiger Anteil von:

- 2001 17.440 kWh · (100% – 18%) = 14.301 kWh
- 2002 17.860 kWh · 0,82 = 14.645 kWh
- 2003 17.520 kWh · 0,82 = 14.366 kWh
- 2004 17.390 kWh · 0,82 = 14.260 kWh

Um die Verbrauchswerte auf ein durchschnittliches Jahr am Standort Hannover umzurechnen wird zunächst mithilfe der Gradtagszahl der jeweiligen Jahre und eines Durchschnittsjahres an diesem Standort [2] für jedes Jahr ein Umrechnungsfaktor bestimmt und mit dem gemessenen Verbrauch multipliziert:

- 2001 14.301 kWh
 $f_k = 3.730 / 3.604 = 1,03$
 $B_{H,J} = 1,03 \cdot 14.301 \text{ kWh} = 14.730 \text{ kWh}$
- 2002 14.645 kWh
 $f_k = 3.730 / 3.450 = 1,08$
 $B_{H,J} = 1,08 \cdot 14.645 \text{ kWh} = 15.817 \text{ kWh}$
- 2003 14.366 kWh
 $f_k = 3.730 / 3.599 = 1,04$
 $B_{H,J} = 1,04 \cdot 14.366 \text{ kWh} = 14.940 \text{ kWh}$
- 2004 14.260 kWh
 $f_k = 3.730 / 3.551 = 1,05$
 $B_{H,J} = 1,05 \cdot 14.260 \text{ kWh} = 14.973 \text{ kWh}$

Zu diesen witterungsbereinigten Verbrauchswerten wird wiederum der Warmwasseranteil addiert:

- 2001 14.730 kWh + 17.440 · 0,18 = 17.869 kWh
- 2002 15.817 kWh + 17.860 · 0,18 = 19.032 kWh
- 2003 14.940 kWh + 17.520 · 0,18 = 18.095 kWh
- 2004 14.973 kWh + 17.390 · 0,18 = 18.103 kWh

Abschließend kann ein Mittelwert aus den bereinigten Werten gebildet werden und dieser als Verbrauchskennwert auf die Gebäudenutzfläche A_N bezogen dargestellt werden:

- Mittelwert: $18.275 \text{ (kWh/a)} / 120 \text{ m}^2 = 152,3 \text{ kWh/m}^2$

3.2 Verbrauchserfassung bei nicht-leitungsgebundenen Energieträgern

Bei den nicht-leitungsgebundenen Energieträgern kann der Eigentümer im Rahmen seiner Lagerkapazitäten auf schwankende Energiepreise reagieren. Für eine genaue Verbrauchserfassung sind in der Regel keine Messeinrichtungen vorhanden. Die Verbrauchsberechnung muss daher auf der Basis der vergangenen Brennstoffliefermengen durchgeführt werden. Daher liefert eine Verbrauchserfassung bei nicht-leitungsgebundenen Energieträgern zwei Ergebnisse. Einen maximalen und einen minimalen mittleren Energieverbrauch. Eine Klimabereinigung ist hier meist nicht möglich, da der Verbrauch nicht genau genug einzelnen Heizperioden zugeordnet werden kann. Die möglichen Fehler durch eine falsche Zuordnung und Klimabereinigung wären größer, als der Fehler, der durch die Vernachlässigung der Klimabereinigung entsteht. Da das Klima in den einzelnen Heizperioden um das langjährige Mittel schwankt, nähert sich der Mittelwert tendenziell dem Ergebnis einer Klimabereinigung an.

Liegen bei nicht-leitungsgebundenen Energieträgern genaue Angaben zum Verbrauch in den einzelnen Heizperioden vor, z. B. durch besondere Messeinrichtungen oder dadurch, dass der Brennstoffspeicher stets vollständig aufgefüllt wurde, ist nach dem unter Kapitel 3.1.1 beschriebenen Verfahren mit Witterungsbereinigung vorzugehen.

Die verbrauchte Menge im Erfassungszeitraum ergibt sich aus der Anfangsmenge im Brennstoffspeicher (Tank für Heizöl, Flüssiggas oder Speicherraum/-silo für Pellets, Stückholz, oder Hackschnitzel), der zugekauften Menge und der vorhandenen Restmenge.

Die Anfangsmenge zum Zeitpunkt der ersten Brennstofflieferung ist meist unbekannt. Es ergibt sich damit eine Ungenauigkeit, die gleich der Differenz aus maximalem Speicherinhalt und der ersten bekannten Brennstofflieferung ist. Eine Befragung des Gebäudeeigentümers kann die Ungenauigkeit deutlich reduzieren. Wenn z. B. bekannt ist, dass der Speicher generell vollständig befüllt wurde, kann von einer konkreten Anfangsmenge ausgegangen werden. Wenn der Speicher stets zum gleichen Datum vollständig aufgefüllt wurde, ist die Verbrauchserfassung genau genug, um nach dem in Kapitel 3.1.1 beschriebenen Verfahren mit Witterungsbereinigung vorzugehen.

Je nach Speichertyp und vorhandener Messeinrichtung ist die Bestimmung der vorhandenen Restmenge mehr oder weniger genau durchführbar.

Öltanks sind häufig mit einem Peilstab ausgestattet oder der Ölstand ist von außen einsehbar. Diese einfachen Messeinrichtungen liefern jedoch nur Prozentwerte des Gesamtvolumens oder die Füllhöhe als Längenmaß. Die abgelesenen Werte müssen noch mithilfe einer zum Tank gehörenden Umrechnungstabelle oder durch genaue Berechnung unter Berücksichtigung der Tankgeometrie in Liter umgerechnet werden. In der Umrechnungstabelle werden Form und Größe des Tanks berücksichtigt. Restmengen bei Pellets- oder Stückholzlagern sind meist noch schwieriger abzuschätzen.

Die gesamten Ungenauigkeiten bei Rest- und Anfangsmenge können erheblich sein. Es ist wichtig, dass der potenzielle Fehler vom Aussteller abgeschätzt wird. Je größer der Fehler ist, desto geringer ist die Aussagekraft des Verbrauchs-/Bedarfsabgleichs für die Plausibilitätsprüfung der Datenaufnahme.

Ist die Anfangsmenge vor der ersten Brennstofflieferung unbekannt, sollten zwei Gesamtverbrauchsmengen berechnet werden: die erste mit der Annahme einer Anfangsmenge von Null und die zweite mit der Annahme, nach der ersten Brennstofflieferung sei der Speicher maximal gefüllt gewesen.

Bisher wurde der Verbrauch in der Mengeneinheit des Energieträgers erfasst. Um daraus den Energieverbrauch berechnen zu können, müssen die erfassten Mengen mit dem Brennwert des Energieträgers multipliziert und auf eine Bezugsfläche bezogen werden. Die korrekte Ermittlung der Bezugsfläche ist für den Energieausweis von großer Bedeutung, da sie das Gesamtergebnis stark beeinflusst. Für den Verbrauchs-/Bedarfsabgleich hingegen ist die Bezugsfläche weniger relevant, da Bedarf und Verbrauch stets auf die gleiche Fläche bezogen werden.

Heizwerte und Dichten verschiedener Brennstoffe				
Brennstoffe	unterer Heizwert (Brennwert) H_i in [kWh/kg]	oberer Heizwert (Brennwert) H_s in [kWh/kg]	Dichte in [kg/m ³]	Umrechnung gebräuchlicher Volumeneinheiten in kWh (H_o)
Heizöl EL	11,8	12,7	860	1 Liter $\hat{=}$ 10,9 kWh
Erdgas H	13,7	15,0	0,76 ¹	1 m _{NB} ³ $\hat{=}$ 11,4 kWh
Erdgas L	11,7	12,8	0,76 ¹	1 m _{NB} ³ $\hat{=}$ 9,8 kWh
Flüssiggas	12,8	13,9	2,01 1/1960 ^{1a}	1 Liter $\hat{=}$ 27,1 kWh
Steinkohle	8,7	9,0	760 ²	1 m ³ $\hat{=}$ 6800 kWh
Braunkohle	5,5	5,9	700/1000 ³	1 m ³ $\hat{=}$ 4100/5900 kWh
Brennholz	3,6/4,1 ⁴	5,1	420 ⁵	1 m ³ $\hat{=}$ 2100/2900 kWh
Holz-Hackschnitzel	4,6 ⁶	5,1	185 ⁷	1 Scbm ³ $\hat{=}$ 940 kWh
Holz-Pellets	4,7	5,1	1200/650 ⁸	1 Scbm ³ $\hat{=}$ 3300 kWh

1 bezogen auf Normkubikmeter (Nm³)

1a verflüssigt

2 Schüttdichte Nüsse/Eierbriketts

3 Briketts geschüttet/gesetzt

4 bei Feuchtegehalt 30% (1 Jahr Freiluftlagerung) / 20% (lufttrocken)

Je Erhöhung um 10% Feuchteanteil ergibt sich eine Abnahme des Heizwerts um ca. 0,5 kWh/kg

5 Weichholz (Nadelholz) / Hartholz (Buche); bezogen auf Raummeter (1 rm = 1 ster; ca. 25% Raumanteil Luft) für lufttrockenes Holz

6 bei Feuchtegehalt 20% (lufttrocken)

7 Schüttdichte, bezogen auf Schüttkubikmeter Scbm

8 Einzelpellet/Schüttdichte

Tab. 1: Heizwerte und Dichten verschiedener Brennstoffe nach [2]

Der untere Heizwert H_i wird im Fall der Berechnung des Energiebedarfs nach DIN V 4701-10 als Bezugswert genommen. Er beinhaltet die Wärmemenge, die bei der Verbrennung freigesetzt wird, ohne die Verdampfungswärme des Wassers in den Verbrennungsgasen zu berücksichtigen. Auf diese Weise kommen Ausnutzungsgrade von mehr als 100 Prozent durch die Brennwertnutzung zustande. Der obere Heizwert oder Brennwert beinhaltet dagegen die gesamte im Brennstoff enthaltene Wärme. Für den Verbrauchs-/Bedarfsabgleich muss die Bezugsgröße immer gleich sein. Um den Bedarfskennwert auf H_s umzurechnen, muss er mit dem Verhältnis H_s / H_i aus Tab. 1 multipliziert werden.

Der genaue Rechengang ist noch einmal in Tabelle 2 dargestellt.

$B_{\text{ges}} = F_A + \sum F_L - F_E$	B_{ges} = Gesamtverbrauch an Brennstoffen in Liefereinheit (Liter, kg, m ³) $B_{\text{ges, max}}$ = Gesamtverbrauch an Brennstoffen bei maximaler Anfangsfüllung (Liter, kg, m ³) $B_{\text{ges, min}}$ = Gesamtverbrauch an Brennstoffen bei leerem Tank zu Beginn (Liter, kg, m ³)
$F_{A, \text{max}} = T_K - F_{L1}$	F_A = Füllung Tank zu Beginn des Bilanzzeitraums in Liefereinheit (Liter, kg, m ³) $F_{A, \text{max}}$ = maximal möglicher Füllstand zu Beginn des Bilanzzeitraums T_K = Kapazität des Tanks/Lagers
$B_{\text{ges, max}} = (T_K - F_{L1}) + F_{L1} - F_E$ $B_{\text{ges, min}} = F_{L1} - F_E$	F_{L1} = Füllung durch erste Lieferung F_{L_i} = Füllung durch Lieferungen in Liefereinheit (Liter, kg, m ³) F_E = Füllung am Ende des Bilanzzeitraums in Liefereinheit (Liter, kg, m ³)
$D_{\text{max}} = 100 \cdot \frac{B_{\text{ges, max}} - B_{\text{ges, min}}}{B_{\text{ges, min}}}$	D_{max} = maximale Werteabweichung bezogen auf $B_{\text{ges, min}}$ (%) B_{spez} = spezifischer Gesamtenergieverbrauch (kWh/m ²)
$B_{\text{spez}} = \frac{B_{\text{ges}} \cdot H_S \cdot 12}{n \cdot A_N}$	H_S = Brennwert des Brennstoffs (kWh/Liefereinheit), früher H_O n = Monate des Bilanzzeitraums A_N = Gebäudenutzfläche

Tab. 2: Berechnung des Energieverbrauchs eines Gebäudes

Beispiel

Herr Mustermann hat für sein Mehrfamilienhaus mit einer Gesamtnutzfläche A_N von 350 m² einen Öltank mit einer Tankkapazität von 10.000 Litern. Es liegen die folgenden Heizöllieferscheine vor:

- 12.02.2003 4.500 Liter
- 27.10.2003 5.000 Liter
- 18.05.2004 5.500 Liter
- 11.10.2004 4.500 Liter
- 03.05.2005 4.500 Liter

Brennwert Öl: 10,9 kWh/Liter

Der Peilstab im Tank steht am 17.06.2005 bei 60 Prozent der maximalen Füllhöhe. Da es sich um eine zylindrische Tankform handelt errechnet sich ein Restbestand im Tank von etwa 7.000 Litern.

Es liegen Lieferscheine über einen Erfassungszeitraum von insgesamt 28 Monaten vor. Die Summe des eingekauften Heizöls beträgt 24.000 Liter. Abzüglich des Restbestands im Tank von etwa 7.000 Litern ergibt sich ein Energieverbrauch von 17.000 Liter bei Annahme eines Anfangsfüllstandes von null Litern. Pro Monat ergibt sich damit ein gemittelter Heizölverbrauch über den Bilanzzeitraum von knapp 607 Litern Heizöl. Das entspricht einem Jahresölverbrauch von etwa 7.284 Litern bzw. einem Energieverbrauch von 7.284 Liter/Jahr · 10,9 kWh/Liter = 79.396 kWh/Jahr. Mit der Gesamtnutzfläche A_N von 350 m², ergibt sich daraus ein mittlerer spezifischer Energieverbrauch von 227 kWh/(m²a).

Geht man dagegen davon aus, dass der Tank mit der ersten Lieferung komplett gefüllt wurde, also ein Anfangsfüllstand vor der ersten Befüllung von 5.500 Litern angenommen wird, ergibt sich ein gemittelter Jahresverbrauch von 9.643 Litern über den Erfassungszeitraum. Bezogen auf die Gebäudenutzfläche A_N ergibt sich damit ein mittlerer spezifischer Energieverbrauch von 300 kWh/(m²a). Der tatsächliche Energieverbrauch bewegt sich zwischen den beiden Werten 227 und 300 kWh/(m²a). Die Abweichung von etwa 30 Prozent ist der mögliche Fehler, der sich aus dem unbekanntem Anfangsfüllstand ergibt. Für den Verbrauchs-/Bedarfs-Abgleich wird der Mittelwert aus beiden Grenzwerten verwendet.

Für den Fall, dass der Tank immer vollständig aufgefüllt wurde, ergibt sich der Brennstoffverbrauch für den Zeitraum zwischen zwei Füllungen aus der jeweils gelieferten Menge.

3.3 Verbrauchserfassung bei bivalenter Beheizung und mehreren Heizsystemen

Werden für die Beheizung mehrere Heizsysteme eingesetzt, ist die Verbrauchserfassung häufig nicht mit der notwendigen Genauigkeit durchführbar. Werden z. B. neben einer Zentralheizung auch Kachelöfen oder elektrische Öfen zur Beheizung eines Gebäudes eingesetzt, so müssen alle verbrauchten Endenergiemengen erfasst werden. Dies ist bei der Verwendung von Stückholz oder anderen Festbrennstoffen kaum möglich. Auch Stromverbräuche für elektrische Heizlüfter o. ä. können meist nicht korrekt ermittelt werden. In all diesen Fällen ist der Verbrauch nicht ausreichend genau ermittelbar. Es sollte daher auf einen Verbrauchs-/Bedarfsabgleich verzichtet werden.

Wird ein Gebäude durch Einzelheizsysteme wie Gasetagenheizungen beheizt, muss der Verbrauch von allen Parteien einzeln ermittelt werden. Eine zentrale Erfassung ist aus datenschutzrechtlichen und technischen Gründen meist nicht möglich. Ein Verbrauchs-/Bedarfsabgleich kann somit nur sehr aufwändig durchgeführt werden.

Quellenangaben

[1] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung:
Bekanntmachung – Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand vom 26.07.2007, Berlin

[2] IWU (Tobias Loga, Rolf Born, Marc Großklos, Matthias Bially):
Energiebilanz-Toolbox. Arbeitshilfe und Ergänzungen zum Energieausweis Heizung/Warmwasser; Darmstadt, 2001