
Kennwerte – Umweltfaktoren

1. Kurzinfo

In Umweltbilanzen werden die über die Gebäudegrenze in das Gebäude hinein fließenden Energien (→ siehe [Wärmeenergie](#), [Hilfsenergien](#), [Stromverbrauch](#)) zusätzlich aufgrund ihrer Umweltwirksamkeit bewertet. Die Bewertung erfolgt mit Primärenergiefaktoren bzw. mit CO₂-Äquivalenten – den Umweltfaktoren.

Der Primärenergiefaktor 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 Primärenergie, 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.

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.

Der Energieinhalt von Brennstoffen 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. Der Energieinhalt von Brennstoffen wird benötigt, um aus einer Energiemenge (→ siehe [Wärmeenergie](#), [Hilfsenergien](#), [Stromverbrauch](#)) eine Brennstoffmenge zu bestimmen.

2. Primärenergiefaktor und CO₂-Äquivalent

Primärenergie- und CO ₂ -Emissionsfaktoren			
		Primär- energie- Faktor	CO ₂ - Äquivalent- Emissionsfaktor ¹⁾
Endenergieträger		kWh _{Prim} / kWh _{End}	g / kWh _{End}
Brennstoffe ²⁾	Heizöl EL	1,10	297
	Erdgas	1,07	232
	Flüssiggas	1,09	257
	Steinkohle	1,07	410
	Braunkohle	1,20	455
	Brennholz	1,01	55
	Holzhackschnitzel	1,06	33
	Holz-Pellets	1,10	41
Strom	Strom-Mix	2,97	689
"Fernwärme" ³⁾	70 % KWK	0,71	214
	35 % KWK	1,10	306
	0 % KWK	1,49	398
"Nahwärme" ⁴⁾	70 % KWK	0,62	-84
	35 % KWK	1,03	113
	0 % KWK	1,43	311

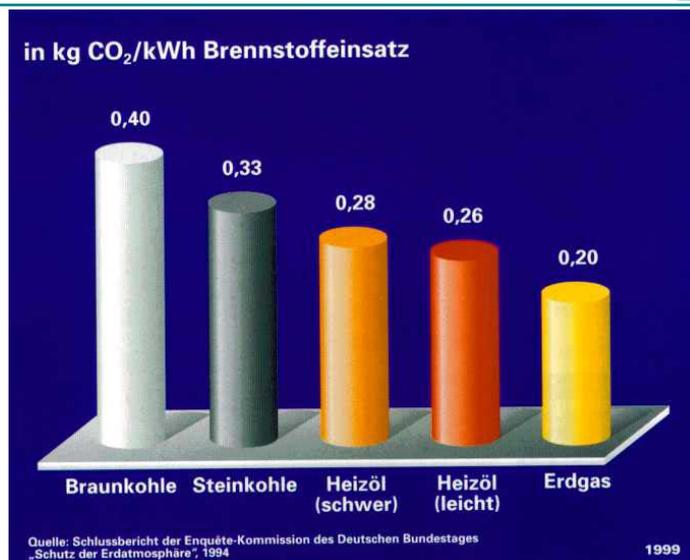
berechnet mit GEMIS 3.1
 Bilanziert wurde die vorgelagerte Kette für die Endenergie bis zur Übergabe im Gebäude.
¹⁾ Klimawirksame Emissionen (CO₂, CH₄, CO, NMVOC, NO_x, N₂O) ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten (Bilanzzeitraum 100 Jahre)
²⁾ Bezugsgröße: unterer Heizwert H_u
³⁾ Steinkohle-Kondensationskraftwerk (= Anteil KWK) + Heizöl-Spitzkessel
⁴⁾ Erdgas-BHKW (=Anteil KWK) + Erdgas-Spitzkessel (Zwischenwerte können interpoliert werden)

Tab. 25: Primärenergie- und CO₂- (Äquivalent-)Emissionsfaktoren
 (Quelle: Gemis 3.0/3.1)

Quelle: IWU

Heizungsanlage	CO ₂ - Emission kg CO ₂ /kWh
Kessel, Öl, 1995, Gasbrenner	0,357
Kessel, Gas, 1995, Gebläsebrenner	0,272
Kessel Brennwert	0,233
Elektroheizung, Nachtstrom	0,648
Elektrowärmepumpe, Luft/Wasser	0,227
Elektrowärmepumpe, Sole/Wasser	0,166
Elektrowärmepumpe, Wasser/Wasser	0,149
Gasmotorwärmepumpe, Luft/Wasser	0,170
Gasmotorwärmepumpe, Wasser/Wasser	0,100
Gasabsorptionswärmepumpe	0,182

Quelle: Solarinstitut, Jülich



CO₂-Bildung bei der Verbrennung fossiler Energieträger

Quelle: Ruhrgas

Primärenergie- und CO ₂ -Emissionsfaktoren			
		Primär-energie-faktor	CO ₂ -Äquivalent-Emissions-faktor ¹⁾
Endenergieträger		kWh _{prim} / kWh _{end}	g _{CO2} / kWh _{end}
Brennstoffe ²⁾	Heizöl EL	1.10	297
	Erdgas H	1.07	232
	Flüssiggas	1.09	257
	Steinkohle	1.07	410
	Braunkohle	1.20	455
	Brennholz	1.01	55
	Holz hackschnitzel	1.06	33
Strom	Strom-Mix	2.97	689
'Fernwärme' ³⁾	70% KWK	0.71	214
	35% KWK	1.10	306
	0% KWK	1.49	398
'Nahwärme' ⁴⁾	70% KWK	0.62	-84
	35% KWK	1.03	113
	0% KWK	1.43	311

berechnet mit GEMIS 3.08
 Bilanziert wurden die vorgelagerte Kette für die Endenergie bis zur Übergabe im Gebäude
¹⁾ klimawirksame Emissionen (CO₂, CH₄, CO, NMVOC, NO_x, N₂O) ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten
²⁾ Bezugsgröße: unterer Heizwert H_u
³⁾ Steinkohle-Kondensationskraftwerk (= Anteil KWK) + Heizöl-Spitzenkessel
⁴⁾ Erdgas-BHKW (= Anteil KWK) + Erdgas-Spitzenkessel
 (Zwischenwerte können interpoliert werden)

Tab. 3.16 Primärenergie- und CO₂-Emissionsfaktoren für verschiedene Energieträger, berechnet mit GEMIS 3.08⁶⁶.

Quelle: LEE 2000

3. Kumulierter Energieaufwand

Kumulierter Energieaufwand verschiedener Energieträger und Energieversorgungen					Rechenwerte EPHW		
Ergebnisse berechnet mit GEMIS Version 4.13					Stand: 20.12.2002		
Energieart	Prozeß ¹⁾	Kumulierter Energieaufwand [kWh _{Prim} /kWh _{End}]			Treibhausgase CO ₂ -Äquivalent [g/kWh _{End}]	Primärenergiebedarf (nicht erneuerbar) [kWh _{Prim} /kWh _{End}]	Treibhausgase CO ₂ -Äquivalent [g/kWh _{End}]
		Gesamt	nicht regenerativer Anteil	regenerativer Anteil ⁴⁾			
Brennstoffe ²⁾	Heizöl EL	1,13	1,13	0,00	311	1,1	310
	Erdgas H	1,14	1,14	0,00	247	1,1	250
	Flüssiggas	1,13	1,13	0,00	272	1,1	270
	Steinkohle	1,08	1,08	0,00	439	1,1	440
	Braunkohle	1,21	1,21	0,00	452	1,2	450
	Holzhackschnittel	1,07	0,06	1,01	35	0,1	30
	Brennholz	1,01	0,01	1,00	6	0,0	10
	Holz-Pellets	1,16	0,14	1,02	43	0,1	40
Strom	Strom-mix	2,98	2,68	0,30	683	2,7	680
Fernwärme ³⁾	Fernwärme 70 % KWK	0,78	0,77	0,01	241	0,8	240
	Fernwärme 35 % KWK	1,13	1,12	0,01	323	1,1	320
	Fernwärme 0 % KWK	1,49	1,48	0,01	406	1,5	410
Nahwärme ³⁾	Nahwärme 70 % KWK	0,73	0,72	0,01	-70	0,7	-70
	Nahwärme 35 % KWK	1,11	1,10	0,01	127	1,1	130
	Nahwärme 0 % KWK	1,48	1,47	0,01	323	1,5	320

¹⁾ Vorgelagerte Kette für die Endenergie bis Übergabe im Gebäude inkl. Materialaufwand für Wärmeerzeuger, ohne Hilfsenergie im Haus
²⁾ Bezugsgröße: unterer Heizwert H_u
³⁾ Stromgutschrift für Kohlestrom
⁴⁾ Der regenerative Anteil beinhaltet auch sekundäre Ressourcen, z.B. Restholz und Müll
 Fernwärmeversorgung durch Steinkohle-Kondensationskraftwerk(=Anteil KWK) + Heizöl-Spitzenkessel
 Nahwärmeversorgung durch Erdgas-BHKW (=Anteil KWK) + Erdgas-Spitzenkessel

Gemiswerte Stand: 20.06.02

Quelle: IWU

4. Energieinhalt

Heizwerte und Dichte von Brennstoffen				
	unterer Heizwert H_u	oberer Heizwert (Brennwert) H_o	Dichte	Umrechnung gebräuchlicher Volumeneinheiten in kWh (H_u)
Brennstoffe	[kWh/kg]		[kg/m ³]	
Heizöl EL	11,8	12,7	860	1 Liter = 10,2 kWh
Erdgas H	13,7	15,0	0,76 ¹⁾	1 m ³ = 10,4 kWh
Erdgas L	11,7	12,8	0,76 ¹⁾	1 m ³ = 8,9 kWh
Flüssiggas	12,8	13,9	2,36 ¹⁾	1 m ³ = 30,2 kWh
Steinkohle	8,7	9,0	760 ²⁾	1 m ³ = 6600 kWh
Braunkohle	5,5	5,9	700 / 1000 ³⁾	1 m ³ = 3900 / 5500 kWh ³⁾
Brennholz	3,6 / 4,1 ⁴⁾	4,1 / 4,7 ⁴⁾	420 / 560 ⁵⁾	1 rm = 1700 / 2300 kWh ⁵⁾
Holz-Hackschnitzel	4,6 ⁶⁾	5,1 ⁶⁾	185 ⁷⁾	1 Scbm = 850 kWh
Holz-Pellets	4,9		1200 / 650 ⁸⁾	1 Scbm = 3200 kWh

Quellen: GEMIS 3.1, Recknagel/Sprenger
Anmerkungen: neue Bezeichnungen nach DIN EN 437: H₁ statt H_u / H₂ statt H_o
 neue Bezeichnungen nach Gas-Geräte-Richtlinie: "Erdgas E" statt "Erdgas H" / "Erdgas LL" statt "Erdgas L"

¹⁾ bezogen auf Normkubikmeter (m_N³)
²⁾ Schüttdichte Nüsse/Eierbriketts
³⁾ Briketts geschüttet / gesetzt
⁴⁾ bei Feuchtegehalt 30% (1 Jahr Freiluftlagerung) / 20% (lufttrocken)
 Je Erhöhung um 10% Feuchteanteil ergibt sich Abnahme des Heizwertes 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. 24: Heizwerte und Dichte von Brennstoffen
 (Quellen: GEMIS 3.0; Recknagel/Sprenger)

Quelle: IWU

Brennstoff	Heizwert
Biomasse:	
Stroh	4 kWh/kg
Schilfarten	4 kWh/kg
Getreidepflanzen	4,2 kWh/kg
Holz	4,4 kWh/kg
Biogas	6,1 kWh/m ³
Fossile Energieträger:	
Braunkohle	5,6 kWh/kg
Steinkohle	8,9 kWh/kg
Heizöl	11,7 kWh/kg
Erdgas	8,3 kWh/m ³

Quelle: BMWi

Heizwerte und Dichte von Brennstoffen				
	unterer Heizwert H_u	oberer Heizwert (Brennwert) H_o	Dichte	Umrechnung gebräuchlicher Volumeneinheiten in kWh (H_u)
Brennstoffe	[kWh/kg]		[kg/m ³]	
Heizöl EL	11,8	12,7	860	1 Liter = 10,2 kWh
Erdgas H	12,4	13,8	0,76 ¹⁾	1 m _N ³ = 9,5 kWh
Flüssiggas	12,8	13,9	2,36 ¹⁾	1 m _N ³ = 30,2 kWh
Steinkohle	8,7	9,0	760 ²⁾	1 m ³ = 6600 kWh
Braunkohle	5,5	5,9	700 / 1000 ³⁾	1 m ³ = 3900 / 5500 kWh ³⁾
Brennholz	3,6 / 4,1 ⁴⁾	4,1 / 4,7 ⁴⁾	420 / 560 ⁵⁾	1 rm = 1700 / 2300 kWh ⁵⁾

Quelle: Heizwerte aus GEMIS 3.0; Dichten aus Recknagel/Sprenger

¹⁾ bezogen auf Normkubikmeter (m_N³)

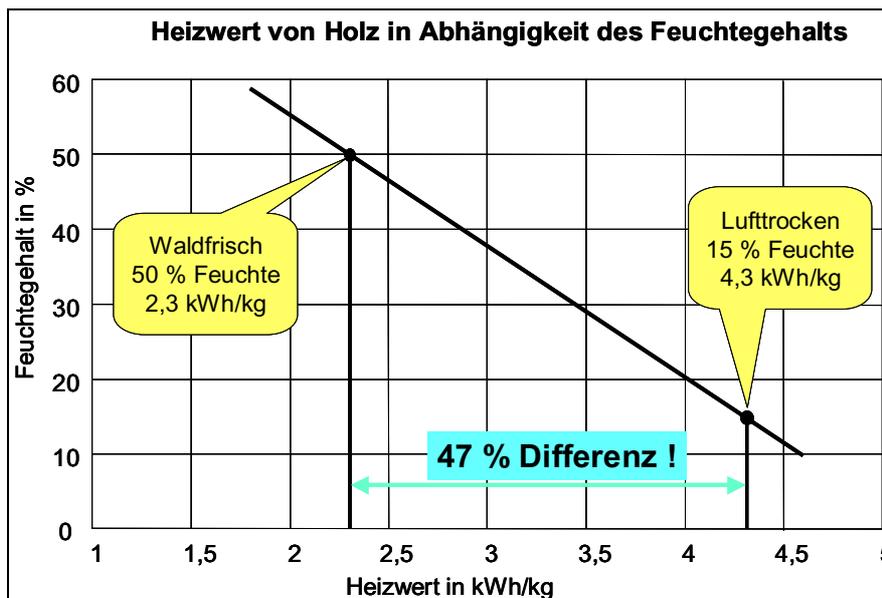
²⁾ Schüttdichte Nüsse/Eierbriketts

³⁾ Briketts geschüttet / gesetzt

⁴⁾ bei Feuchtegehalt 30% (1. Jahr Freiluftlagerung) / 20 % (lufttrocken)
Je Erhöhung um 10% Feuchteanteil ergibt sich Abnahme des Heizwertes 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

Quelle: IWU



Quelle: Buderus

Brennstoff	Einheit	Heizwert	Brennwert
Erdgas L	kWh / m ³	8,88	9,76
Erdgas H	kWh / m ³	10,42	11,42
Flüssiggas	kWh / m ³	25,80	28,02
Heizöl EL	kWh / kg	11,86	12,44
	(kWh / l)	(10,08)	(10,58)
Holz (Ø)	kWh / kg	4,3	-
Pellets	kWh / kg	5,3	-

Quelle: Buderus