

# Energie-Kennzahlen

---

Sammlung der BMG Engineering AG

---

**BMG ENGINEERING AG**

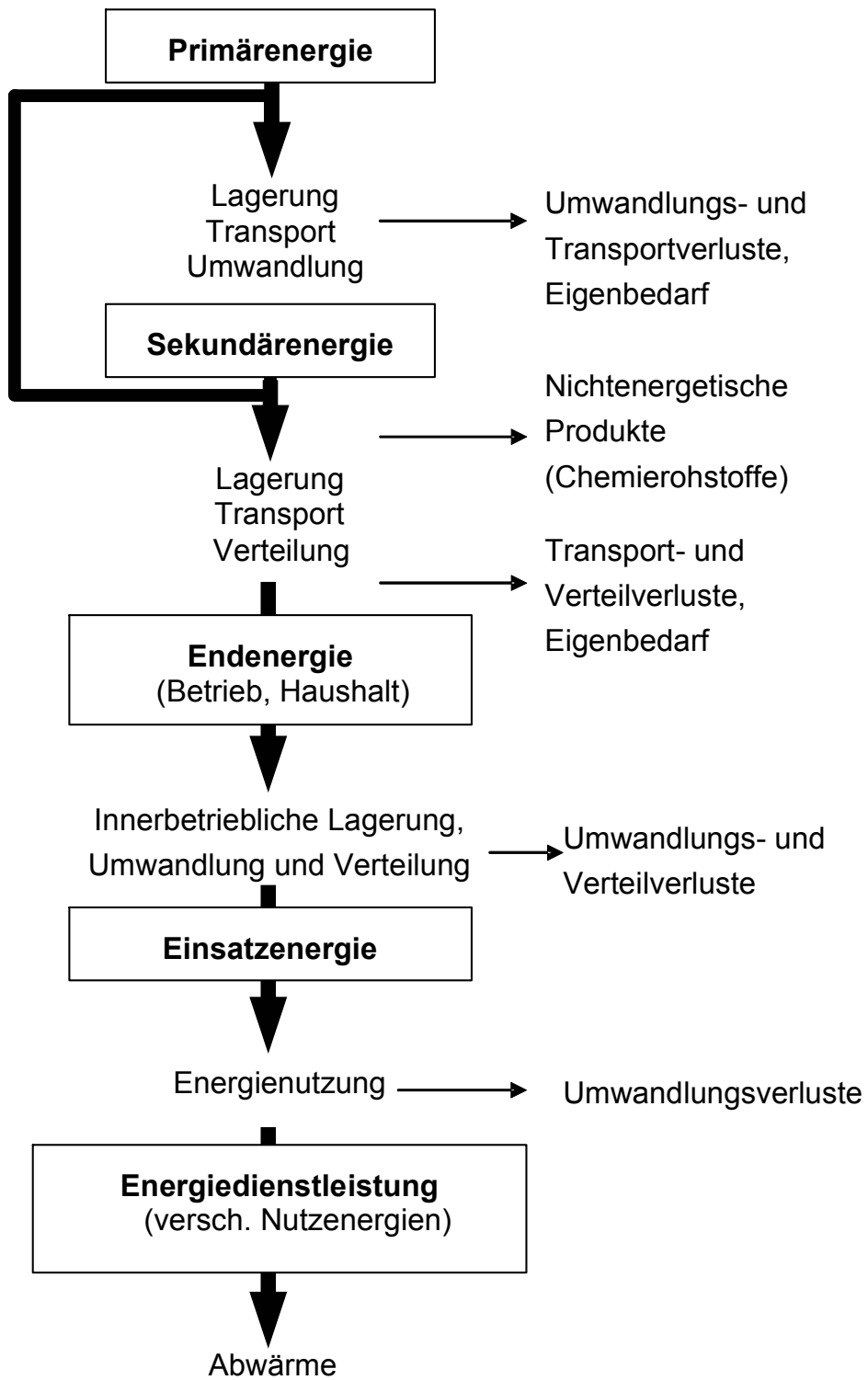
Consulting:  
Ifangstrasse 11 • CH-8952 Schlieren/Zürich  
Tel. 044 732 92 92 • Fax 044 730 66 22  
bmg@bmgeng.ch • www.bmgeng.ch

Labors:  
Ifangstrasse 11 • CH-8952 Schlieren/Zürich  
Tel. 044 732 92 92 • Fax 044 732 92 21  
labors@bmgeng.ch

Bankverbindung: CREDIT SUISSE, CH-8070 Zürich  
(CHF) IBAN CH25 0483 5057 1456 6100 0  
(EUR) IBAN CH34 0483 5057 1456 6200 2

# Stufen der Energieumwandlung

Quelle: Bundesamt für Konjunkturfragen Bern (Hrsg.); RAVEL -Industrie-Handbuch; EDMZ Bern 1993.



## Erläuterungen zur Abbildung

<b>Primärenergie</b>	<b>Genutztes</b> Erdöl, Erdgas, Steinkohle, Uran, Laufwasser, Biomasse, Sonneneinstrahlung, Wind usw.
<b>Sekundärenergie</b>	<b>Produziertes</b> Heizöl, Benzin, Dieselöl, Flüssiggas, Elektrizität, Fernwärme usw.
<b>Endenergie</b>	Energie welche vom Endverbraucher <b>eingekauft</b> wird
<b>Einsatzenergie</b>	Die dem Verbraucher zur Umwandlung in Nutzenergie <b>bereitgestellte</b> Energie: z.B. Elektrizität an Elektromotor, Warmwasser an Heizkörper
<b>Energiedienstleistung</b>	(verschiedene Nutzenergien) Verschiedene Aufteilungen sind möglich: Art Nutzenergie <ul style="list-style-type: none"><li>○ Wärme</li><li>○ Kraft</li><li>○ Licht, usw.</li></ul> Art Energiedienstleistung <ul style="list-style-type: none"><li>○ Mechanischer Antrieb</li><li>○ Beleuchtung</li><li>○ Klimatisierung usw.</li></ul>

## Wirkungsgrade der Energieumwandlung und -nutzung nach Energieträger und Verfahren

	Erdöl	Erdgas	Kohle	Uran	Wasser	Biomasse	Sonne
<b>1) Umwandlung / Transport</b>	0.91	0.91	0.91		--	--	--
<b>Stoffe</b>							
Benzin	0.82	--	--	--	--	--	--
Diesel	0.88	--	--	--	--	0.02	--
Methanol	--	0.64	--	--	--	0.01	--
Methan	--	0.85	--	--	--	--	--
Wasserstoff	--	0.54	--	--	--	--	--
Wasserstoff (Elektrolyse)	0.30	0.50	--	--	--	--	--
<b>2) Elektrizität</b>							
Kernkraft	--	--	--	0.32	--	--	--
Gasturbine	--	--	0.38	--	--	--	--
Dampfturbine	--	--	0.38	--	--	--	--
Kombiprozess (GuD)	0.52	0.52	0.52	--	--	--	--
Photovoltaik Panel	--	--	--	--	--	--	0.12
Wasserkraft	--	--	--	--	0.90	--	--
Brennstoffzelle (H <sub>2</sub> )	0.60	0.60	--	--	--	--	--
Brennstoffzelle (Methanol)	0.45	0.45	--	--	--	0.45	--
Holz / Biogas	--	--	--	--	--	0.30	--
Elektrizitätsverteilung	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
<b>3) Wärme</b>							
Wärmepumpe	3 - 6						
Ölheizung	0.85	--	--	--	--	--	--
Gasheizung	--	0.85	--	--	--	--	--
Holzheizung	--	--	--	--	--	0.80	--
Sonnenkollektoren	--	--	--	--	--	--	0.60

Quelle: „Energiespiegel“, Paul Scherrer Institut, Villigen 2000

## Wirkungsgrade von wichtigen Energieverbrauchern

Endverbraucher	Wirkungsgrad
<b>Verbrennungsmotor</b>	
Otto-Motor	0.25 – 0.35
PKW-Diesel	0.30 – 0.40
LKW-Diesel	0.30 – 0.45
<b>Elektromotor</b>	→ 0.90
<b>Licht</b>	
Herkömmliche Glühbirne	0.03
Energiesparlampe	0.25

Quelle: „Energiespiegel“, Paul Scherrer Institut, Villigen 2000 und andere

### Rechenbeispiel für die Tabelle 1.2.3 und 1.2.4

Berechnung des Gesamtwirkungsgrades eines Elektromotors welcher mit einer Brennstoffzelle betrieben wird:

Transportverluste von Erdöl	$\eta=0.91$
Wasserstoff durch Elektrolyse (Elektrizität) aus Öl hergestellt:	$\eta=0.30$
Elektrizität aus Wasserstoff Brennstoffzelle:	$\eta=0.60$
Wirkungsgrad des Elektromotors:	$\eta=0.90$

Gesamtwirkungsgrad:  $\eta_{\text{Ges}} = 0.91 \cdot 0.3 \cdot 0.6 \cdot 0.9 = 0.15$

Nur 15% des Primärenergieinhaltes können am Elektromotor genutzt werden!

## CO<sub>2</sub>-Emissionen ausgewählter Energieträger

Brennstoffe	CO <sub>2</sub> -Emissionen (bezogen auf den Heizwert H <sub>i</sub> entspricht H <sub>u</sub> )			
	kg/t <sup>6</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/MJ	kg/MWh
Azetylen	3'400	4.1	0.070	252
Benzin <sup>1</sup>	3'140	2'339	0.074	266
Bitumen <sup>2</sup>	--	--	0.081	292
Braunkohle <sup>3</sup>	2'140	--	0.106	382
Butan	3'050	8.3	0.067	239
Dieselöl <sup>1</sup>	3'150	2'614	0.074	265
Erdgas <sup>1</sup>	2'560	2.0	0.055	198
Flüssiggas <sup>2</sup>	2'885	1'470	0.063	227
Heizöl EL <sup>1</sup>	3'140	2'653	0.074	265
Heizöl S <sup>1</sup>	3'170	3'011	0.077	277
Kerosin <sup>1</sup>	3'150	2'520	0.073	263
Steinkohle <sup>1</sup>	2'640	-	0.094	338
Koks <sup>5</sup>	2'880	4'937	0.101	360
Laubholz	1'780	890	0.124	445
Nadelholz	1'960	979	0.124	445
Propan	3'030	6.1	0.065	235
Rohöl <sup>2,4</sup>	3'100	2'481	0.073	263
Torf <sup>2</sup>	1'565	1'613	0.106	382

<sup>1</sup> BAFU; Energieinhalte und CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren von fossilen Energieträgern; [www.umwelt-schweiz.ch](http://www.umwelt-schweiz.ch)

<sup>2</sup> Quelle Greenhouse Gas Inventory Workbook Volume 2; IPCC/OECD Joint programme, aus CEFIC Responsible Care Report, 1998

<sup>3</sup> Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.); RAVEL Industrie Handbuch; EDMZ Bern 1993.

<sup>4</sup> Werte als Approximation auch für Naphtha, Lubricants und Refinery Feedstock's, verwendbar

<sup>5</sup> IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual / Revised 1996

<sup>6</sup> berechnete Werte

## Mengenäquivalente von Energieträgern

	[MJ]	Steinkohle [kg]	Heizöl EL [kg]	Heizöl EL [l]	Flüssiggas [kg]	Erdgas Ho [m <sup>3</sup> ]	Erdgas Hu [m <sup>3</sup> ]	Elektrizität [kWh]	Holz [kg]	Holz- schnittel [kg]
<b>1kg Steinkohle</b>	29.3	1.00	0.69	0.82	0.64	0.78	0.87	8.14	1.89	2.42
<b>1kg Heizöl EL</b>	42.7	1.46	1.00	1.19	0.93	1.14	1.26	11.86	2.75	3.53
<b>1l Heizöl EL</b>	35.9	1.23	0.84	1.00	0.78	0.95	1.06	9.97	2.32	2.97
<b>1kg Flüssiggas</b>	46.0	1.57	1.08	1.28	1.00	1.22	1.36	12.78	2.97	3.80
<b>1m<sup>3</sup> Erdgas Ho</b>	37.6	1.28	0.88	1.05	0.82	1.00	1.11	10.44	2.43	3.11
<b>1m<sup>3</sup> Erdgas Hu</b>	33.8	1.15	0.79	0.94	0.73	0.90	1.00	9.39	2.18	2.79
<b>1kWh Elektrizität</b>	3.6	0.12	0.08	0.10	0.08	0.10	0.11	1.00	0.23	0.30
<b>1kg Holz</b>	15.5	0.53	0.36	0.43	0.34	0.41	0.46	4.31	1.00	1.28
<b>1kg Holzschnittel</b>	12.1	0.41	0.28	0.34	0.26	0.32	0.36	3.36	0.78	1.00

## Energieaufwand zur Herstellung ausgewählter Güter

Materialien	Energieaufwand [MJ/kg]
<b>Natürliche Steine, Erde</b>	
Kies	0.014
Lehmstein (Normalstein natürlich) <sup>2</sup>	0.26
Lehmstein (technisch getrocknet) <sup>2</sup>	1.72
Sand, feucht	0.014
Sand, trocken	0.014
<b>Zuschlagsstoffe</b>	
Bausand, Baukies	0.015
Kalkstein gebrochen	0.830
Kalksteinmehl	0.649
Leicht-Betonstein (Bims) <sup>2</sup>	2.8
Leicht-Betonstein (Blähton, Lecca) <sup>2</sup>	3.5
Marostein (Zuschlag aus Mischabbruch) <sup>2</sup>	1.02
Porenbetonstein (Leichtstein, Normalstein) <sup>2</sup>	4.7
<b>Beton, Mörtel</b>	
Beton PC350	0.9
Blähton-Leichtbeton	2.0
Deckputz (74% Gips, innen) <sup>2</sup>	1.94
Expandiertes Polystyrol (EPS)-Leichtbeton (CEM I 390 kg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	3.7
Grund-, Deckputz (20% Kalk/Zement, innen und außen) <sup>2</sup>	1.5
Grundputz (45% Gips/Kalk, innen) <sup>2</sup>	1.56
Kalk	4.4
Klebemörtel (36% Zement, Wand- und Bodenbeläge) <sup>2</sup>	4.8
Kunstharzdeckputz (36% organische Bindmittel) <sup>2</sup>	11.40
Lehmmörtel (20% Lehm, Fertigmörtel) <sup>2</sup>	0.41
Leichtmauermörtel (56% Zement, 15% Perlit) <sup>2</sup>	4.20
Magerbeton (CEM I 150 kg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	0.47
Mauermörtel verlängert (19% Kalk/Zement) <sup>2</sup>	1.28
Mörtel, Kalkbasis	2.7
Normalbeton (CEM I 350 kg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	0.85
Normalmauermörtel (15% Zement) <sup>2</sup>	1.11
Porenbeton, armiert	5.8
Stahlbeton	
(CEM I 350 kg/m <sup>3</sup> , 0.8 Vol.-% Stahl) <sup>2</sup>	1.14
Stahlbeton	
(CEM I 350 kg/m <sup>3</sup> , 2 Vol.-% Stahl) <sup>2</sup>	1.55



<b>Materialien</b>	<b>Energieaufwand [MJ/kg]</b>
Stahlbetonfertigteile, -Rohre	2.9
Silikatdeckputz (8% Wasserglas, 5% organische Bindemittel) <sup>2</sup>	7.5
Silikonharzdeckputz (5% Bindemittel) <sup>2</sup>	8.4
Transportbeton	0.8
Zement	4.9
Betonfertigteile (CEM I 350 kg/m <sup>3</sup> , 1.5 Vol.-% Stahl) <sup>2</sup>	1.68
<b>Holz, Holzwerkstoffe</b>	
Bauholz	19.4
Brettschichtholz	16.3
Faserplatte	15.2
Massivholz (natürlich / technisch getrocknet) <sup>2</sup>	1.5 / 2.6
<b>Metalle</b>	
Betonstabstahl	30.1
Gusseisen	13.0
Profilstahl	25.9
Spannstahl	34.0
Stahl	28.0
Stahl, recycelt	14.3
Stahl, rostfrei	31.9
Stahlbleche (grob)	32.3
Aluminium	171.2
Aluminium, 20% Recyclinganteil	140.1
Kupfer	46.8
Kupferdraht <sup>1</sup>	100.0
Titan	800.0
Weissblech <sup>1</sup>	24.0
<b>Verschiedene anorganische Stoffe</b>	
Bituminöses Heissmischgut	0.72
Bituminöses Kaltmischgut	0.37
Flachglas	21.85
Glasflasche aus 50% Altglas <sup>1</sup>	7.0
Glasflasche <sup>1</sup>	10.0
Steinzeugrohre	5.59
<b>Bauplatten</b>	
1- Schicht-Massivholzplatte (1.2% Bindemittel) <sup>2</sup>	8.8
3- Schicht-Massivholzplatte (3.5% Bindemittel, Dicke 20 mm) <sup>2</sup>	10.6
Betonplatten u. Steine (CEM I 350 kg/m <sup>3</sup> , nicht bewehrt) <sup>2</sup>	1.15

<b>Materialien</b>	<b>Energieaufwand [MJ/kg]</b>
Faserzement (Dach- und Fassadenschindel, klein) <sup>2</sup>	9.5
Faserzement (Wellplatte, gross) <sup>2</sup>	7.1
Gipsfaserplatte (18% Altpapierfasern) <sup>2</sup>	5.4
Gipskartonplatte (5% Graukarton, 12.5 mm) <sup>2</sup>	6.1
Hartfaserplatten (ohne Bindemittel) <sup>2</sup>	15.2
Holzwoleleichtbauplatte (48% Zement) <sup>2</sup>	10.6
Kunststein (9-33% Organische Bindemittel) <sup>2</sup>	15.3-51.7
Mitteldichte (MDF-) Faserplatte (15.5% Bindemittel) <sup>2</sup>	21.3
Naturstein (Boden- und Fassadenplatten, Küchenabdeckungen) <sup>2</sup>	11.6-14.4
Spanplatte (48% Zement, Dicke 3 mm) <sup>2</sup>	17.9
Spanplatte (6-10% Bindemittel) <sup>2</sup>	13.1
Steinzeug, Steingut (Grobkeramik) <sup>2</sup>	6.6
Vollgipsplatte	4.6
Weichfaserplatte (ohne Bindemittel) <sup>2</sup>	16.4
Weichfaserplatte bitumenimprägniert (12% Bitumen) <sup>2</sup>	20.8
<b>Mauerwerk, Ziegel</b>	
Backstein (Klinkerstein frostbeständig) <sup>2</sup>	3.1
Backstein (Leichtstein, Normalstein, Sichtstein, Vollstein) <sup>2</sup>	2.4
Dachziegel	3.10
Gasbetonsteine	1.98
Gips	1.42
Kalksandstein	0.96
Kalksandstein	0.88
Klinkerstein	3.12
Zementblockstein	1.87
<b>Wärmedämmung</b>	
Glaswolle, 20	18.0
Glaswolle, 300	18.0
Glaswolle, 60	18.0
Kork	3.4
Perlite	60.5
Polystyrol (PS), extrudiert	109
Polystyrol (PS), expandiert	105
Polystyrol (PS), expandiert hart	105
Polyurethan (PUR) Hartschaum	97.7
Schaumglas	11.4
Wärmedämmputz Expandiertes Polystyrol (66% Zement/ Kalk, 5% EPS) <sup>2</sup>	8.6

<b>Materialien</b>	<b>Energieaufwand [MJ/kg]</b>
Wärmedämmputz Perlit (16% Zement/ Kalk, 74% Perlit) <sup>2</sup>	8.3
<b>Kunststoffe</b>	
Polyamide (PA, z.B. Nylon) <sup>1</sup>	140.0
Polyethylen hoher Dichte (HD-PE)	47.0
Polyethylen niederer Dichte (LD-PE)	47.0
Polyvinylchlorid (PVC) (Dichtungsbahn, Schutzbahn, Unterdachbahn) <sup>2</sup>	72
<b>Papierwerkstoffe</b>	
Karton <sup>1</sup>	27.0
Papier aus 100% Altpapier <sup>1</sup>	16.0
Papier aus 20% Altpapier <sup>1</sup>	60.0
Papier, gebleicht <sup>1</sup>	79.0
<b>Rohrleitungen</b>	
Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS)-Rohr (Abwasser DN 100) <sup>2</sup>	70
Gusseisenrohr (Abwasser DN 100) <sup>2</sup>	593
Kupferrohr (Trinkwasser DN 20) <sup>2</sup>	66
Polyethylen (PE)-Rohr (Abwasser DN 100) <sup>2</sup>	109
Polyethylen-Alu.-Rohr (MEPLA) (Trinkwasser DN 20) <sup>2</sup>	38
Polypropylen (PP)-Rohr (Abwasser DN 100) <sup>2</sup>	68
Polyvinylchlorid (PVC)-Rohr (Abwasser DN 100) <sup>2</sup>	72
Stahlrohr rostfrei (Trinkwasser DN 20) <sup>2</sup>	65
Stahlrohr verzinkt (Trinkwasser DN 20) <sup>2</sup>	69

Quellen: Scholz: Baustoffkenntnis, Werner-Verlag 9.Auflage, Düsseldorf 1980

Roland Köhler (Hrsg.): Schweizer Energiefachbuch 2001; Künzler Bachmann Medien AG; St. Gallen 2001.

<sup>1</sup> Bundesamt für Konjunkturfragen Bern (Hrsg.); RAVEL-Industrie-Handbuch; EDMZ Bern 1993.

<sup>2</sup> Graue Energie von Baustoffen; 2. Vollständig überarbeitete Auflage 1998 mit Ergänzungen und Aktualisierungen; Büro für Umweltchemie, Zürich.

## Das Wichtigste in Kürze

### Energieumrechnung

	<b>kJ</b>	<b>MJ</b>	<b>kWh</b>	<b>MWh</b>
<b>kJ</b>	1	$10^{-3}$	$0.278 \cdot 10^{-3}$	$0.278 \cdot 10^{-6}$
<b>MJ</b>	$10^3$	1	0.278	$0.278 \cdot 10^{-3}$
<b>kWh</b>	$3.6 \cdot 10^3$	3.6	1	$10^3$
<b>MWh</b>	$3.6 \cdot 10^6$	$3.6 \cdot 10^3$	$10^3$	1

Lesebeispiel: 1 MJ = 0.278 kWh

### Energieträger

	<b>MJ</b>	<b>kWh</b>	<b>kg CO<sub>2</sub></b>
Dampf, 1 Tonne	2'500 – 2'900	700 – 800	119 – 242
Dampfkondensat, 1t	100 – 240	28 – 67	
Druckluft, 1'000 m <sup>3</sup>	360 – 540	100 – 150	2.1 – 4.1*
Eis, 1 Tonne	400 - 420	111 – 117	2.3 – 3.2*
Erdgas, 1 m <sup>3</sup>	35 – 45	9.7 – 12.5	2.02
Heizöl EL, 1'000 Liter	33'400 – 42'000	9'270 – 11'670	2'653
Braunkohle, 1 Tonne	27'000 – 32'700	7'500 – 8'900	2'090
Strom, 1 MWh	3'600	1'000	21 – 27*

\* Schweizer Strommix (21 – 27 kg CO<sub>2</sub> pro MWh)

*Die Angaben in diesen Tabellen sind nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt worden. Fehler können dennoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Die BMG Engineering AG haftet nicht für etwaige Unrichtigkeiten in diesem Leitfaden bzw. für allfällige Folgen aus dessen Benutzung und übernimmt auch keinerlei Verpflichtung oder Garantie.*

Schlieren, August 2009.