

Der Energieinhalt von Holz und seine Bewertung

Holz als Brennstoff hilft, die fossilen und nur begrenzt vorhandenen Energieträger Kohle, Erdöl und Erdgas zu ersetzen. Als nachwachsender Rohstoff gewährleistet es eine nachhaltige und krisensichere Energieversorgung. Heimisches Holz stärkt zudem die regionale Wertschöpfung. Und: Mit Holz lässt sich sparen. Denn Sie bekommen viel Energie für Ihr Geld!

Holz, Heizöl, Erdgas: unsere Energie-Lieferanten

				
Scheitholz	Hackschnitzel	Pellets	Heizöl	Erdgas
10 kWh	10 kWh	10 kWh	10 kWh	10 kWh
2,5 kg	2,5 kg	2,0 kg	0,86 kg	0,84 kg
5 Liter	12,5 Liter	3 Liter	1 Liter	1000 Liter

Mit 10 kWh Energie können Sie beispielsweise 860 Liter Wasser um 10 °C erwärmen. Der Jahresbedarf an Heizenergie eines neugebauten Hauses mit ca. 150 qm Wohnfläche beträgt rund 15.000 kWh. Dazu benötigt man etwa 1.500 l Heizöl. Die gleiche Energie steckt in 3 Tonnen Pellets oder in ca. 8 Ster Laub- bzw. 10 Ster Nadelholz bei einem Wassergehalt von 15 %.

Wissenswertes zu Pellets

Pellets sind zylindrische Presslinge aus getrocknetem, **naturbelassenem Holz** (Sägemehl, Hobelspäne, Waldrestholz) ohne Zusatz chemischer Bindemittel.

Es gibt Industriepellets und Qualitätspellets. Industriepellets sind zur Verbrennung in modernen Pelletkesseln nicht zu empfehlen. Qualitätspellets sollten die Anforderungen der DIN 51731, der Önorm M7135, der „DIN plus“ oder der CEN/TS 14961 erfüllen. Pellets werden hauptsächlich als Sackware oder lose angeboten.

Pro 1 kW Heizlast des Gebäudes wird rund 1 m³ Lagerraum benötigt. Damit ist für ein gut gedämmtes Haus mit 150 qm Wohnfläche ein Lagerraum von 6-8 qm Grundfläche ausreichend.

Merkmale von Qualitäts-Pellets	
Heizwert	18 MJ/kg (~ 5 kWh/kg)
Schüttgewicht	650 kg/m ³
Durchmesser	6-8 mm
Länge	5-45 mm
Restfeuchtigkeit	< 10 %
Spezifisches Gewicht	> 1,12 kg/dm ³
Abrieb	< 0,5 %
Presshilfsmittel	< 2 %

Auf die Qualität der Pellets achten – Feuchtigkeit unbedingt vermeiden und auf mehrjährige Lagerhaltung verzichten.

Verkaufsmaße und Wassergehalt bei Brennholzsortimenten

Festmeter (fm): 1 m³ reine Holzmasse ohne Hohlräume

Raummeter (rm): 1 m³ lose geschichtetes Holz mit Hohlräumen

Schüttraummeter (Srm): 1 m³ Scheitholz oder Hackschnitzel, lose geschüttet mit Hohlräumen

Gewicht: Kilogramm

Zusätzlich sollte **Holzart** und **Wassergehalt** angegeben werden. Um Missverständnissen zwischen Käufer und Verkäufer vorzubeugen, sind genaue Absprachen beim Kauf unerlässlich, da je nach Einheit auch die Energieinhalte unterschiedlich sind.

Beim Brennholzkauf auf Verkaufsmaße und Wassergehalt achten!

Sie wollen den Wassergehalt (w) des Brennholzes selbst bestimmen. Aufgepasst! Wassergehalt ist nicht gleich Holzfeuchte! Viele im Handel erhältlichen Messgeräte bestimmen die Holzfeuchte (u).

w: Anteil Wasser an der frischen Holzmasse

u: Anteil Wasser an der absolut trockenen Holzmasse

Umrechnungstabelle												
w (%)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
u (%)	5	11	18	25	33	43	54	67	82	100	122	150

Wichtige Verhältniszahlen zu den Raummaßen

Rundholz	Schichtholz		Scheite 33 cm lose geschüttet (Srm)	Hackschnitzel Schüttraummeter (Srm)
	Festmeter (fm)	Ster/Raummeter (rm) ungespalten gespalten		
1	1,4	1,6	2,1*	2,5
0,7	1	1,2	1,5*	1,8
0,6	0,9	1	1,3	1,5
0,5	0,6	0,7	1	1,1
0,4	0,5	0,6	1,1	1

* Mittelwerte von Fichte und Buche (s. LWF-Merkblatt Nr. 20)

Der Holzanteil in einem **Raummeter** hängt ab von:

- ▶ Form und Entastungsqualität der Hölzer,
- ▶ Durchmesser und Länge der Roller bzw. Spaltstücke,
- ▶ Sorgfalt beim Aufsetzen.

Der Holzanteil eines **Schüttraumeters** wird beeinflusst:

bei Scheitholz durch:

- ▶ Größe der Scheite,
- ▶ Holzart,
- ▶ Art der Befüllung;

bei Hackschnitzel durch:

- ▶ Größe der Hackschnitzel,
- ▶ Homogenität,
- ▶ Setzen beim Transport.

Holz ist kein homogener Stoff. Die nebenstehende Tabelle gibt nur durchschnittliche Umrechnungszahlen für die verschiedenen Sortimente wieder.

Trockenes Holz verwenden heißt Energie sparen

Wassergehalt in %	Heizwert in kWh/kg	
	Nadelholz	Laubholz
0	5,20	5,00
5	4,91	4,72
10	4,61	4,43
20	4,02	3,86
30	3,44	3,30
40	2,85	2,73
50	2,26	2,16
60	1,67	1,59

Bei der Holzverbrennung muss zunächst das im Holz enthaltene Wasser verdampfen. Dazu werden 0,68 kWh je kg Wasser benötigt. Zieht man die für die Verdampfung des Wassers benötigte Energie von der in der verbleibenden Trockenmasse (TM) enthaltenen Energie ab, errechnet sich der Heizwert. Nadelholz hat aufgrund seines höheren Anteils an Lignin und Harz einen etwas höheren Heizwert je kg als Laubholz.

Beispiel für Laubholz mit einem Wassergehalt von 30 %

Der Heizwert je kg beträgt:

$$(70 \% \times 5 \text{ kWh}) - (30 \% \times 0,68 \text{ kWh}) = 3,3 \text{ kWh}$$

Wasser brennt nicht! Brennholz mit hohen Wassergehalten hat nicht nur einen deutlich geringeren Heizwert als trockenes Holz, sondern führt auch zu stark erhöhten Emissionswerten.

Heizwerttabelle für verschiedene Baumarten

Qualitativ hochwertige Energie- und Brennholzsortimente weisen einen Wassergehalt < 20% auf und gelten als lufttrocken bzw. als ofenfertiges Scheitholz.

Die Volumeneinheiten fm, rm und Srm gelten für das Holz, wie es im Wald anfällt und zwar unabhängig vom Wassergehalt. Der Volumenschwund, der bei der Trocknung unter 25% Wassergehalt (Fasersättigungsbereich) beginnt, wird in der Tabelle nicht berücksichtigt.

In der Tabelle wurden die Heizwerte für den Raummeter (rm) pauschal mit 0,7 fm/rm und für den Schüttraummeter (Srm) Hackschnitzel mit 0,4 fm/Srm (vgl. vorhergehende Seite) berechnet. Bei der Berechnung der Energieinhalte pro Schüttraummeter Scheitholz wurde dem Einfluss der holzartentypischen Eigenheiten Rechnung getragen.

Auch bei gut gelagertem Holz kann der Heizwert aufgrund natürlicher Abbauprozesse um bis zu 3% pro Jahr sinken.

Absolut trockenes Holz (atro)

Wassergehalt (w) = 0 %

Lufttrockenes Holz (lutro)

Wassergehalt (w) = 15-20 %

Frisch geschlagenes Holz

Wassergehalt (w) > 50 %

Wassergehalt in %		0	15	20	30	50
Baumart / Dichte ¹⁾	Maßeinheit	Heizwert in kWh				
Fichte	kg	5,20	4,32	4,02	3,44	2,26
379 kg TM/fm	fm	1971	1925	1906	1860	1713
	rm	1380	1348	1334	1302	1199
	Srm SH ²⁾	895	875	866	845	778
	Srm HS ³⁾	788	770	763	744	685
Kiefer	kg	5,20	4,32	4,02	3,44	2,26
431 kg TM/fm	fm	2241	2189	2168	2116	1948
	rm	1569	1533	1518	1481	1364
	Srm SH ²⁾	1018	995	985	961	885
	Srm HS ³⁾	896	876	867	846	779
Buche	kg	5,00	4,15	3,86	3,30	2,16
558 kg TM/fm	fm	2790	2723	2695	2627	2411
	rm	1953	1906	1887	1839	1687
	Srm SH ²⁾	1395	1361	1347	1313	1205
	Srm HS ³⁾	1116	1089	1078	1051	964
Eiche	kg	5,00	4,15	3,86	3,30	2,16
571 kg TM/fm	fm	2855	2786	2758	2689	2467
	rm	1999	1951	1931	1882	1727
	Srm SH ²⁾	1427	1393	1379	1344	1233
	Srm HS ³⁾	1142	1115	1103	1075	987
Pappel	kg	5,00	4,15	3,86	3,30	2,16
353 kg TM/fm	fm	1765	1723	1705	1662	1525
	rm	1236	1206	1193	1163	1067
	Srm SH ²⁾	840	820	812	791	726
	Srm HS ³⁾	706	689	682	665	610

¹⁾ Werte in kg Trockenmasse (TM) je fm ohne Berücksichtigung von Trockenschwund (Raumdichte nach Kollmann 1982)

²⁾ Srm SH: Schüttraummeter Scheitholz

³⁾ Srm HS: Schüttraummeter Hackschnitzel

Heizöl – Holz: Preisvergleich nach Energieinhalt

Heizölpreis	Theoretischer Holzpreis nach Energieinhalt für Buche in Euro je			
	fm	rm	Srm SH	Srm HS
€/l				
0,45	122	86	61	49
0,50	136	95	68	54
0,55	150	105	75	60
0,60	163	115	82	65
0,65	177	124	88	71
0,70	191	133	95	76
0,75	204	143	102	82
0,80	218	152	109	87
0,85	231	162	116	93

Der Energieinhalt eines Festmeters Buchenholzes (lufttrocken, Wassergehalt 15 %) mit rund 2.700 kWh entspricht dem Energieinhalt von 270 l Heizöl. Unterstellt man einen Heizölpreis von 0,65 € pro Liter, besitzt ein Festmeter Buchenholz einen theoretischen Wert von 177 € (Bereitstellungskosten und Wirkungsgrad der Heizung sind dabei nicht berücksichtigt).

kWh/Einheit x Kosten/kWh Heizöl = theoretischer Wert

Preisermittlung bei Hackschnitzeln

• nach Volumen

Wenn die Baumart bekannt und der Wassergehalt konstant ist, genügt es, mit einem festen Preis je Volumeneinheit (z. B. 12 €/Srm) abzurechnen. Besteht das Energieholz aus mehr als einer Baumart oder schwankt der Wassergehalt stark, ist das Volumenmaß ein unzureichender Ausgangswert für die Preisermittlung.

• nach Gewicht und Wassergehalt

Die Abrechnung nach Gewicht und Wassergehalt orientiert sich am Energieinhalt des Holzes. Voraussetzung ist, dass das Gewicht der Hackschnitzel sowie der Wassergehalt möglichst genau ermittelt werden (Beispiel Nadelholz siehe nebenstehende Tabelle).

Beispiel Nadelholz-Hackschnitzel			
Wassergehalt %	Heizwert kWh/kg	KF ¹⁾	Vergütung ²⁾ [50*KF] € je t
0	5,2	1,52	76
5	4,91	1,43	72
10	4,61	1,34	67
15	4,32	1,26	63
20	4,02	1,17	59
25	3,73	1,09	54
30	3,44	1,00	50
35	3,14	0,91	46
40	2,85	0,83	41
45	2,55	0,74	37
50	2,26	0,66	33
55	1,97	0,57	28
60	1,67	0,48	24

¹⁾ KF: Korrekturfaktor verhält sich proportional zum Heizwert, Wassergehalt 30% entspricht 1,00

²⁾ Grundvergütung beispielsweise 50 €/t bei Wassergehalt 30 %

• nach produzierter Wärme

Beispiel 1

Vorgabe: Fichtenhackschnitzel mit Wassergehalt 30 %
Bereitstellungskosten: 12 €/Srm

Berechnung:

Energieinhalt je Srm (aus Heizwerttabelle) 744 kWh

Preis nach Energieinhalt (= 12 / 744) 1,6 Cent/kWh

Jahresnutzungsgrad des Heizkessels 80 %

Preis je kWh nach Wärmemenge (=1,6/0,8) 2 Cent/kWh

► Bei Bereitstellungskosten von 12 €/Srm könnte die produzierte Wärmemenge für 2 Cent/kWh angeboten werden.

Beispiel 2

Vorgabe: Fichtenhackschnitzel mit Wassergehalt 30 %
Vereinbarter Preis nach Wärmemenge von 4 Cent/kWh

Berechnung:

Energieinhalt je Srm (aus Heizwerttabelle) 744 kWh

Jahresnutzungsgrad des Heizkessels 80 %

Reduktion durch Nutzungsgrad 744 kWh*0,8= 595 kWh

Rechnerischer Preis etwa (= 595 x 0,04) 24 €/Srm

► Die Vergütung von 4 Cent/kWh produzierter Wärmemenge bedeutet im Beispiel einen Preis von 24 €/Srm.

Nach Wärmemenge lässt sich einfach abrechnen. Allerdings verursacht die exakte Einschätzung des Jahresnutzungsgrades des Heizkessels Probleme. Als Anhaltswert für einen gut ausgelasteten Holzheizkessel können 80 % angenommen werden, d.h. der am Wärmemengenzähler abgelesene Wert entspricht etwa 80 % der ursprünglich im Holz enthaltenen Energie. Diese kann nie vollständig als Nutzwärme an das Wärmenetz abgegeben werden, weil unter anderem mit den über den Kamin austretenden Rauchgasen Wärme verloren geht.

Grundsätzlich weist Holz als Naturstoff veränderliche Dichten und Wassergehalte und damit unterschiedliche Heizwerte auf. Dies gilt es, bei allen Kalkulationen und Abrechnungen zu beachten.

Impressum

Herausgeber und Bezugsadresse: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising • Tel.: +49-(0)8161-71-4881 / Fax: +49-(0)8161-71-4971
E-Mail: redaktion@lwf.bayern.de • www.lwf.bayern.de

Verantwortlich: Olaf Schmidt, Präsident der LWF

Redaktion: Michael Mößnang

Autoren: Jürgen Hahn, Markus Schardt

Bildnachweis: LWF

Druck: Kastner Druck, Freising

Layout: design@gerd-rothe.de

3. überarb. Auflage: 20.000 Stück

Weitere Informationen zur energetischen Nutzung von Holz und Datenbanken zu Forstunternehmern finden Sie unter www.holzenergie-online.de im Internet-Angebot der LWF. Beachten Sie auch die weiteren Merkblätter der LWF rund um das Thema „Energieholz“.

Vervielfältigung und Weitergabe, auch in elektronischer Form, ist nach Rücksprache mit dem Herausgeber ausdrücklich erwünscht.