

*Innung für Spengler-, Sanitär-, Heizungs-
und Klimatechnik*

Schweinfurt - Main - Rhön

- SHK-Bildungszentrum und Bundesleistungszentrum -



IH 6/03

Energie aus Holz

Leistungseinheit

Die **Leistung** einer Holzverbrennungsanlage gibt an, **wieviel Energie pro Zeiteinheit** geliefert werden kann. Sie wird in **Watt (W)** angegeben. Da früher Leistungsangaben von Heizkesseln in **Wärmeeinheiten** (WE = kcal/h) erfolgten, soll der Zusammenhang hergestellt werden:

$$\begin{array}{lclclcl} 1 \text{ kW} & = & 860 \text{ kcal/h} & = & 860 \text{ WE} \\ 1000 \text{ WE} & = & 1 \text{ Mcal/h} & = & 1,16 \text{ kW} \end{array}$$

Wird beispielsweise ein Heizkessel mit 25 kW Heizleistung eine Stunde lang mit voller Heizlast betrieben, so gibt er eine Wärmemenge von etwa 25 kWh ab. Die **Nennwärmeleistung**, die am Typenschild vermerkt ist, gibt an, wieviel Wärme eine Feuerungsanlage bei Verwendung eines bestimmten Brennstoffes dauernd an den Wärmeträger abgeben kann.

Maßeinheiten für Brennholz

Übliche Maßeinheiten in der Forst- und Holzwirtschaft sind **Festmeter (fm)** für Rundholzsortimente und **Raummeter (rm)** für geschichtetes Holz bis 2 m Länge. Neuerdings kommt für kleinstückiges Holz, wie z.B. für Hackgut, der neue Begriff **Schüttraummeter (Srm)** dazu.

1 Festmeter (fm)

ist die Maßeinheit für 1 m³ feste Holzmasse

1 Raummeter (rm)

ist die Maßeinheit für geschichtete und geschüttete Holzteile, die unter Einschluss der Luftzwischenräume ein Gesamtvolumen von einem m³ füllen.

1 Schichtraummeter (rm)

ist die Maßeinheit für einen Raummeter geschichteter Holzstücke (Scheiter, Rollen, Prügel usw.)

1 Schüttraummeter (Srm)

ist die Maßeinheit für einen Raummeter geschütteter Holzteile (Stückholz, Hackgut, Sägespäne usw.)

1 Tonne absolut trocken (to atro)

ist die Maßeinheit für das Gewicht von einer Tonne absolut trockener Holzmasse.

Umrechnungszahlen gebräuchlicher Brennholzsortimente: Die in der Tabelle angeführten Umrechnungen sind Richtwerte, die je nach Schichtung, Korngröße, Verdichtung beim Transport etc. schwanken können (in Anlehnung an ÖNORM M 7132).

	... fm Rundholz	... rm Scheitholz	... rm Stückholz geschichtet	... Srm Stückholz geschüttet	... Srm Fein- hackgut	... Srm Grobhack- gut
1 fm Rundholz	1	1,40	1,20	2,00	2,50	3,00
1 rm Scheit- Holz, 1 m lang geschichtet	0,70	1	0,85	1,40	1,80	2,15
1 rm ofen- fertiges Stückholz geschichtet	0,85	1,20	1	1,67	2,00	2,50
1 Srm ofen- fertiges Stückholz geschüttet	0,50	0,70	0,60	1	1,25	1,50
1 Srm Fein- hackgut bis 30 mm	0,4	0,55	0,50	0,80	1	1,20
1 Srm Grob- hackgut von 30 bis 150 mm	0,33	0,47	0,40	0,67	0,85	1

Maßeinheiten für Brennholz

1 to Feinhackgut mit einem Wassergehalt von 25% entspricht
rund 4 Srm Feinhackgut Fichte

oder

rund 3 Srm Feinhackgut Buche

Stückholz – 25 cm lang: 1 Srm = 0,72 rm

Stückholz – 33 cm lang: 1 Srm = 0,68 rm

Sagenebenprodukt (SNP): Spreißel, Schwarten	gebunden	rm	0,55 - 0,65 i. D. 0,6 fm
Sägehackgut bis 50 mm	geschüttet	Srm	0,35 fm
Sägespäne bis 5 mm	geschüttet	Srm	0,33 fm
Hobelspäne	geschüttet	Srm	0,20 fm
Rinde unzerkleinert	geschüttet	Srm	0,25 - 0,40 fm

Der Heizwert des Holzes

Als **Heizwert** (Hu) – effektiver oder praktischer Heizwert – eines Brennstoffes wird jene **Wärmemenge** angegeben, die er in der Lage ist abzugeben. Der Heizwert des Holzes ist im wesentlichen von zwei Einflussgrößen abhängig:

- **Wassergehalt** (Holzfeuchtigkeit)
- **Gewicht** (Dichte)

Der Heizwert in Abhängigkeit vom Wassergehalt

Je mehr Wasser im Holz enthalten ist, desto geringer wird sein Heizwert, da das Wasser im Verlauf des Verbrennungsvorganges verdampft und dabei Wärme verbraucht wird. Die Verdampfungswärme für 1 kg Wasser beträgt ca. 0,68 kWh (2,44 MJ).

Da im praktischen Gebrauch zwei Ausdrücke häufig verwechselt werden, sollen diese einmal klargestellt werden.

Der **Wassergehalt** (w) des Holzes ist die in Prozente angegebene Masse an Wasser bezogen auf die **Gesamtmasse** (herkömmlich: Frischgewicht!).

Die **Holzfeuchtigkeit** (u) ist die in Prozenten angegebene Masse an Wasser bezogen auf die Darrmasse

(absolute Trockensubstanz = reine Holzmasse ohne Wasser).

Es gelten folgende Zusammenhänge:

Wassergehalt (w)	10	15	20	25	30	35	40	50	60
Feuchtigkeit (u)	11,1	17,6	25,0	33,3	42,9	53,8	66,7	100	150

Feuchtigkeit (u)	10	20	30	40	50	60	70	80	100	125	150
Wassergehalt (w)	9,1	16,6	23,1	28,5	33,3	37,5	41,2	44,4	50,0	55,6	60,0

Beispiel: „Waldfrisches Holz“, das angenommen je zur Hälfte seines Gewichtes aus reiner Holzmasse und Wasser besteht, hat somit einen Wassergehalt von $w = 50\%$ oder eine Feuchtigkeit von $u = 100\%$.

Im folgenden ist ausschließlich vom Wassergehalt (w) die Rede.

Der Einfluss des Wassergehaltes (w) auf den Heizwert (H_u) kann kurz folgendermaßen charakterisiert werden:

Bezogen auf die Gewichtseinheit ist der Unterschied der einzelnen Holzarten im Heizwert vernachlässigbar gering.

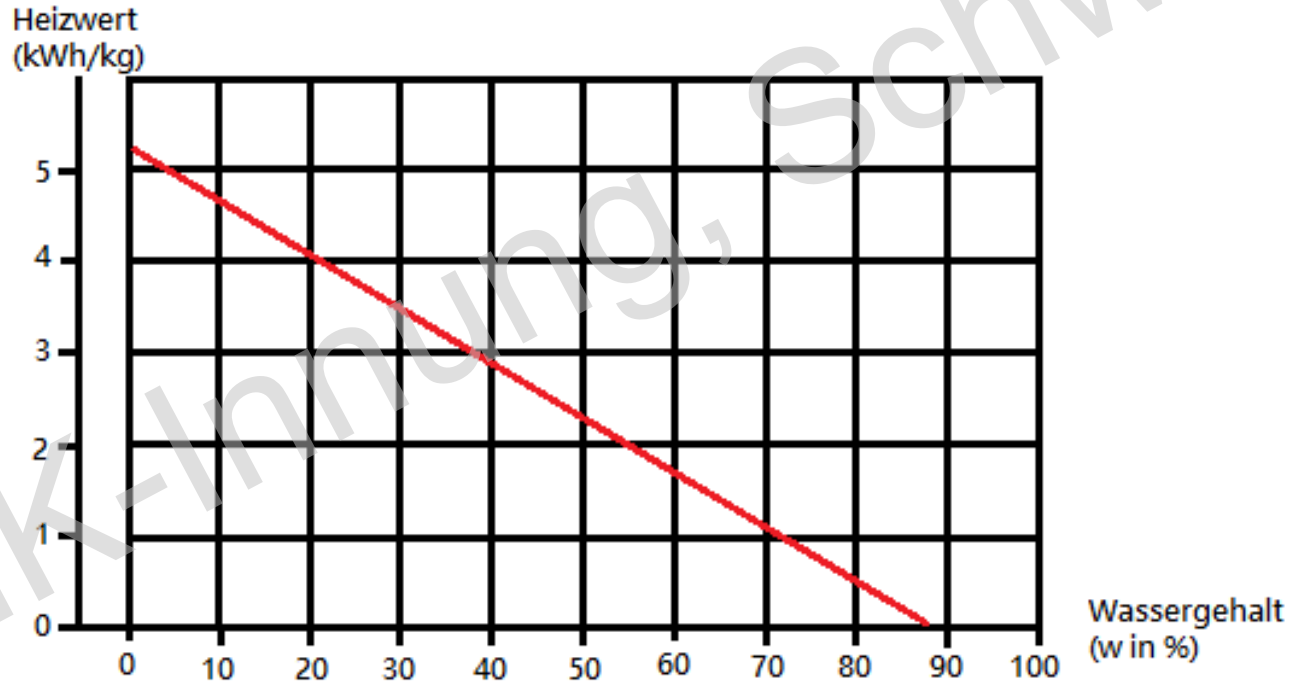
Für Berechnungen kann der Heizwert für alle Holzarten im Durchschnitt mit

5,2 kWh/kg = 19 MJ/kg Trockensubstanz (AT)

angenommen werden. Je nach dem Wassergehalt ändert sich auch der Heizwert (H_u).

Zustand des Holzes	Wassergehalt	Heizwert (Hu)
waldfrisch	50 – 60%	2,0 kWh/kg = 7,1 MJ/kg
über einen Sommer gelagert	25 – 35%	3,4 kWh/kg = 12,2 MJ/kg
über mehrere Jahre gelagert	15 – 25%	4,0 kWh/kg = 14,4 MJ/kg

In der unten stehenden Kurve kann der Heizwert (Hu) in Abhängigkeit des Wassergehaltes direkt entnommen werden. Der nutzbare Energiegehalt sinkt mit zunehmendem Wassergehalt sehr deutlich!



Beispiel:

Bei einem Wassergehalt von $w = 20\%$ liegt der Heizwert bei 4,0 kWh pro kg Holz.

Der Heizwert in Abhängigkeit vom Gewicht

Im Durchschnitt kann für „gut lufttrockenes“ Holz – nach mehrjähriger Lagerung – ein Wassergehalt von $w = 20\%$ unterstellt werden.

Holz: $4,0 \text{ kWh/kg} = 14,4 \text{ MJ/kg} = (3.440 \text{ kcal/kg})$

SHK-Innung, Schweinfurt

FHG Turbo / P2 / TMC

Ungeeignete Brennstoffe FHG

- Österreich: Holz feucht ($w > 25\%$),
Schleifstaube verbotene Stoffe
laut Luftreinhaltegesetz:
Spanplatte, Kunststoffe, Koks, Kohle ...
- Deutschland: Holz feucht ($w > 25\%$),
Brennstoffklassen laut BImSchV: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8

Nasser Brennstoff kann zu einem Kondensieren der Heizgase und in weiterer Folge zu einer Korrosion des Heizkessels führen.

Geeignete Brennstoffe

- Österreich: Scheitholz max. 56 cm ($w < 25\%$)
Hackgut ÖNORM M7133 G100 ($w < 25\%$) Sägerestholz ($w < 25\%$)
- Deutschland: Brennstoffklasse 4 (1. BImSchV von 1988)
- Richtwerte für die Praxis:
Hartholz (z. B. Buche) 2 Jahre gelagert
Weichholz (z. B. Fichte) 1 Jahr gelagert
Grobhackgut 1 Jahr gelagert

Grobabschätzung für Scheitholz

- Menge in Raummeter pro Jahr = Heizlast in kW x Faktor f
- Nadelholz f = 1,0 – 1,5
- Hartholz f = 0,7 – 1,0

SHK-Innung, Schweinfurt

Umrechnungstabelle

Maßeinheit	fm	fm	rm	Srm	Srm	Srm
Sortiment	Rundholz	Scheitholz	Stückholz geschichtet	Stückholz geschüttet	Hackgut G 30 "fein"	Hackgut G 50 "mittel"
1 fm Rundholz	1	1,4	1,2	2	2,5	3
1 rm Scheitholz 1 m lang geschichtet	0,7	1	0,8	1,4	1,75	2,1
1 rm Stückholz ofenfertig geschichtet	0,85	1,2	1	1,7		
1 Srm Stückholz ofenfertig geschüttet	0,5	0,7	0,6	1		
1 Srm (Wald) Hackgut G 30 "fein"	0,4	0,55			1	1,2
1 Srm (Wald) Hackgut G 50 "fein"	0,33	0,5			0,8	1
1 Tonne Hackgut (G 30) entspricht rd. 4 Srm Weichholz (Fichte) bei w = 25% 3 Srm Hartholz (Buche)						

Wichtige Normen

- Österreich: geschlossene Anlagen ÖNORM B 8131 offene Anlagen ÖNORM B 8130 (Sicherheits – VL/RL DN25 = 1“
- Deutschland: geschlossene Anlagen DIN 4751 Teil 2 offene Anlagen DIN 4751 Teil 1 (Sicherheits – VL/RL DN25 = 1“

Das heißt im Wesentlichen für geschlossene Anlagen:

- Manometer einbauen, Thermometer im Vorlauf (Rücklauf) einbauen
- Thermische Ablaufsicherung mit KW-Druck > 2 bar
- Ausdehnungsgefäß – Zuleitung $\frac{3}{4}$ “ und nicht absperrbar
- Sicherheitsventil mit Ansprechdruck 2,5 – 3 bar und mind. DN 15 = $\frac{1}{2}$ “

Holzarten im Leistungsverhältnis

Holzart	Gewicht/ Volumeneinheit Kg/m ³	Unterer Heizwert H_U bei einer Holzfeuchtigkeit von	
		15% kWh/kg	25% kWh/kg
Buche	720	3.976	3.476
Eiche	690	3.976	3.476
Kirschbaum	830	4.197	3.581
Laubhölzer	750	4.060	3.480
Fichte	470	4.535	3.576
Lärche	600	4.314	3.640
Tanne	450	4.407	3.598
Nadelhölzer	500	4.418	3.605

Einfluss des Wassergehaltes

Zustand des Holzes	Wassergehalt	Heizwert (H_U)
Waldfrisch	50 – 60%	2,0 kWh/kg
Über einen Sommer gelagert	25 – 40%	3,4 kWh/kg
Über mehrere Jahre gelagert	15 – 25%	4,0 kWh/kg
Pellets	7 – 10%	4,9 kWh/kg

Jährlicher Brennstoffverbrauch im Vergleich

Annahme: Wohnhaus mit 18 kW Heizlast

Ofenöl (Heizöl extra leicht)	3000 l
Scheitholz (Buche) lufttrocken	15 rm (9 fm)
Scheitholz (Fichte) lufttrocken	22 rm (15 fm)
Waldhackgut gemischt lufttrocken	32 Srm (13 fm)
Pellets	6000 kg
Koks	3750 kg
Erdgas	3000 m ³

Grobabschätzung Pufferspeicherinhalt

- 55 bis 100 l pro kW bei Scheitholz (FHG)
- 25 bis 35 l pro kW bei Pellets (P2)
- 25 bis 35 l pro kW bei Hackgut (TMC)

Brennstoffkosten im Vergleich

Annahme: 15 kW Anlage, 1700 Betriebsstunden, 25.500 kWh/Jahr

Brennstoff	Preis je Einheit	Preis je kWh	Kessel-Wirkungsgrad	Brennstoffkosten
Heizöl EL	0,85 €/l	0,085 €/kWh	94%	2167,50 €
	1,80 €/l	0,180 €/kWh	94%	4590 €
Pellets	0,220 €/kg	0,044 €/kWh	91%	1122€
	0,370 €/kg	0,074 €/kWh	91%	1887€

Geeignete Brennstoffe TMC

- Österreich: Hackgut ÖNORM M 7133 G30 ($w < 35\%$)
- Deutschland: Brennstoffklasse 4 (1. BimSchV. von 1988)
- Richtwerte für die Praxis:
 - W20 luftgetrockne
 - W30 lagerfähig
 - W35 beschränkt lagerfähig
 - G30 Feinhackgut
- Achtung:
Sägespäne und Tischlereiabfälle dürfen nur bei Anlagen mit Zellradschleuse eingesetzt werden!

Ungeeignete Brennstoffe TMC

- Aufgrund diverser Luftreinhaltebestimmungen dürfen folgende Brennstoffe nicht verwendet werden:
- Spanplattenabfälle, reiner Schleifstaub, mit Holzschutzmittel behandelte Holzabfälle, Müll, Papier, Karton, Kohle etc...
- Aggressive Ablagerungen im Kessel durch das Verbrennen von Kunststoffen und Lacken-> Beschädigung von Brennkammer und Lambdasonde

Nasser Brennstoff kann zu einem Kondensieren der Heizgase und in weiterer Folge zu einer Korrosion des Heizkessels führen.

Grobabschätzung für Hackgut

- Menge G30 (w=20) in Schüttraummeter pro Jahr = Heizlast in **kW** x Faktor **f**
- Nadelholz f= 1,8 – 2,6
- Hartholz f= 1,5 – 1,8

Was sind Pellets?



2 kg Pellets = 1 l Ofen-Heizöl extra-leicht

Was sind Pellets

- Gepresste Hobel- und Sägespäne
- Durchmesser: 6 mm
- Keine chem./synth. Bindemittel, Lack- oder Leimreste
- Schüttgewicht: $>650 \text{ kg/m}^3$
- Wassergehalt: $\leq 10\%$
- Energiegehalt: $\geq 5,0 \text{ kWh/kg}$
- Dichte: $\geq 1,12 \text{ kg/dm}^3$
- Aschegehalt: $\leq 0,5\%$

Grobabschätzung für Pellets

- Pellets – Menge in kg pro Jahr = Heizlast in **kW x 400**
- Pellets – Menge in m^3 pro Jahr = Heizlast in **kW x 0,6**
- Lagerraum in m^3 = Heizlast in **kW x 0,9**
oder
Lagerraum in m^3 = Jahresbedarf in **m^3 x 1,5**

Kommunizierende Systeme



SHK-Innung, Schweinfurt

Kommunizierende Systeme



- Zur optimierten Lagerung zweier oder mehrerer Schichtspeicher
- Einfache Montage
- Rasche, einfachste und kostengünstige Lösung
- Verbindungskupplungen mit Schnellverschlüssen
- Ausbau fähig bis zu 4 Stück Schichtspeicher möglich

Ökozell Schichtleitsystem

