

## Heizwerte und Wirkungsgrade

Heizwerte werden vom Wassergehalt bestimmt: Der obere Heizwert  $H_o$  und der untere Heizwert  $H_u$

Unter Heizwert ist die bei der Verbrennung von 1 kg Holz freiwerdende Wärmemenge zu verstehen. Sie wird in kWh/kg, häufig auch noch in der veralteten Form - in kcal/kg gemessen.

Bei 0% Wasser bzw. Feuchtegehalt (atro) beträgt der obere Heizwert  $H_o$  bei Laubholz ca. 4,6 kWh/kg (4.000 kcal/kg) und bei Nadelholz ca. 5,4 kWh/kg (4.700 kcal/kg). Der größere Heizwert des Nadelholzes - pro kg! - ist in dem höheren Harzgehalt begründet. Dafür ist beim Nadelholz der Feuchtegehalt (bei gleichen Bedingungen) im Allgemeinen etwas höher, bedingt durch die größere Porosität.

Für jeden anderen Wasser- oder Feuchtegehalt kann der zugehörige, sogenannte "untere Heizwert"  $H_u$  der grafischen Darstellung in Bild 5 entnommen, oder nach den hier angegebenen Formeln berechnet werden.

### Beispiel:

Wassergehalt  $x = 30$  Gew%  
( Feuchtegehalt  $u = 43$  atro %)

Heizwert  $H_u =$  2.636 kcal/kg bei Laubholz  
3.098 kcal/kg bei Nadelholz

Errechnung des Heizwertes  $H_u$  :  
für Nadelholz  $H_o = 4.688$  kcal/kg

$$H_u = \frac{H_o - 600 \times u}{1 + u} \quad H_u = \frac{4.688 - 600 \times 0,43}{1 + 0,43}$$

Heizwert  $H_u = 3.098$  kcal/kg bei Nadelholz

Die maximalen Feuchtegehalte liegen etwa zwischen  $u = 100 - 200$  atro % ( $x = 50 - 67$  Gew.%). Die Heizwertkurve zeigt, daß der Heizwert bei Holz mit zunehmendem Wasser- bzw. Feuchtegehalt stark abnimmt.

Die Verbrennung von Holz mit hohem Feuchtegehalt bedeutet also den Verlust wertvoller Wärmeenergie. Bei zunehmendem Wassergehalt muß ein immer größerer Anteil der im Holz enthaltenen Wärmemenge für die Verdampfung des Wassers aufgewendet werden. Dieser Wärmeanteil verschwindet mit dem Wasserdampf - der außerdem das Abgasvolumen unerwünscht ausweitet - nutzlos aus dem Schornstein.

Der Wirkungsgrad von Öl- und Gasheizungen ist bei modernen Anlagen übers ganze Jahr fast konstant und sehr hoch (ca. 90%). Bei Holzheizungen hingegen hängt der Wirkungsgrad u.a. von der jeweiligen Wärmeabnahme bzw. von der Einschaltdauer der automatischen Beschickung ab. Bei Vollast kann er zwar ebenfalls bei ca. 90% liegen; je weniger Wärme aber verbraucht wird, um so geringer wird er. Diese letztere Tatsache wird meist in Prospekten verschwiegen.

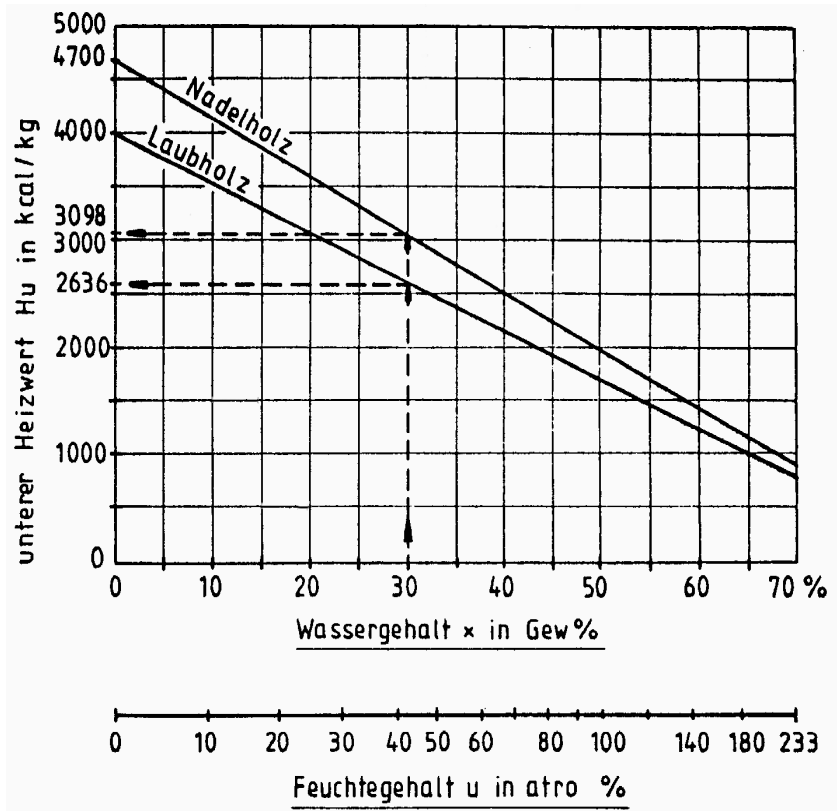
Entscheidend für Rentabilitätsberechnungen ist aber nicht der Vollastwirkungsgrad, sondern der Jahreswirkungsgrad. Also ein Durchschnittswert zwischen Vollast und Teillast, denn das Feuer muß auch dann unterhalten, d.h. Brennstoff verbraucht werden, wenn keine Wärme abgenommen wird. (Feuererhaltprogramm)

Bei Holzfeuerungen müssen die Abgase beim Verlassen des Heizkessels noch ca. 135 -150° C und beim Austritt aus dem Kamin noch ca. 60°C heiß sein, da bei feuchtem Holz sich aggressives Kondenswasser bilden kann. Auch diese Besonderheit der Holzfeuerung bedingt einen geringeren Wirkungsgrad gegenüber Öl- oder Gasheizungen.

**Bild 5**

Heizwert von Holz in Abhängigkeit vom Wasser- bzw. Feuchtegehalt

Beispiel:  
Wassergehalt  $x = 30$  Gew%  
(Feuchtegehalt  $u = 43$  atro %)



**Bild 6**

Zusammenstellung der spezifischen feuerungstechnischen Daten von Brennschnitzeln und Vergleich mit anderen Brennstoffen

Spalte 1		2		3		4		5		6		7		8		9	
		Wirkungsgrad nicht berücksichtigt						Wirkungsgrad berücksichtigt									
Benennung	Feuchte bzw. Wassergehalt		1 t = ... m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup> = ... kg	Heizwert			Jahreswirkungsgrad in %	Nutzwärme								
	u atro%	x Gew%			kcal kg	kJoule kg	kcal l		kcal kg	kcal l							
Heizöl EL	—	—	1,2	833	10000	41876	8333	90	9000	7500							
Erdgas	—	—	—	—	—	—	7,35	90	—	6,62							
Koks	—	—	1,18	850	7250	30360	6144	76	5510	4669							
Brennschnitzel	Laubholz	0	0	4,31	232	4000	16748	928	77	3080	715						
		20	16,7	3,60	278	3243	13578	901	79	2562	712						
		40	28,6	3,08	325	2700	11305	877	75	2025	658						
		60	37,5	2,70	371	2296	9613	850	71	1630	604						
		80	44,4	2,39	418	1982	8299	829	66	1308	547						
		100	50	2,16	464	1727	7231	800	63	1088	504						
	Nadelholz	0	0	6,02	166	4700	19679	781	77	3619	601						
		20	16,7	5,03	199	3810	15952	757	79	3010	598						
		40	28,6	4,31	232	3172	13281	736	75	2379	552						
		60	37,5	3,76	266	2697	11292	717	71	1915	509						
		80	44,4	3,34	299	2329	9752	697	66	1537	460						
		100	50	3,01	332	2029	8495	674	63	1278	425						

Bild 7

Spalte 1		2	3	4	5	6	7	8	9		
Benennung	Feuchte bzw. Wassergehalt		Verbrennungstemperatur in °C	relativer Holzverbrauch nach Kollmann in %	1t Öl = ...t Holz	1000l Öl =				1S-m <sup>3</sup> ...l Öl	
	u atro%	x Gew%				...t Holz	...S-m <sup>3</sup> Schnitzel	...rm Schichtholz	...fm Rundholz		
Brennholz	Laubholz	0	0	1200	83	2,92	2,43	10,49	6,19	4,30	95,3
		20	16,7	1120	100	3,52	2,93	10,54	6,22	4,32	94,9
		40	28,6	1050	127	4,46	3,72	11,45	6,75	4,69	87,3
		60	37,5	970	157	5,52	4,60	12,42	7,33	5,09	80,5
		80	44,4	920	195	6,85	5,71	13,65	8,05	5,60	73,3
		100	50	870	236	8,29	6,91	14,92	8,80	6,12	67,0
	Nadelholz	0	0	1200	83	2,49	2,07	12,46	7,35	5,11	80,3
		20	16,7	1120	100	3,00	2,49	12,52	7,39	5,13	79,9
		40	28,6	1050	127	3,79	3,16	13,62	8,04	5,58	73,4
		60	37,5	970	157	4,69	3,91	14,70	8,67	6,03	68,0
		80	44,4	920	195	5,83	4,86	16,23	9,58	6,65	61,6
		100	50	870	236	7,06	5,88	17,70	10,44	7,26	56,5

Mit steigender Holzfeuchtigkeit sinkt die Verbrennungstemperatur, wie in dem oben stehendem Diagramm Spalte 2 angegeben. Die Verbrennung wird dadurch unvollständiger, der Wirkungsgrad vermindert sich nochmals und zwar mit steigendem Wassergehalt. Aus dieser und weiteren Wirkungsgradverschlechterungen in Abhängigkeit vom Wassergehalt sowie der oben behandelten Absenkung des Heizwertes hat Prof. Kollmann die „relativen Holzverbrennungszahlen“ errechnet (Holz-Zentralblatt vom 13. Februar 1981.)

Nach diesen relativen Holzverbrauchszahlen - hier umgerechnet auf eine Holzfeuchte von u = 20% atro - wurden die in Bild 7 angegebenen Substitutionsmengen feuchten Holzes für je 1.000 l Heizöl EL errechnet.

Die hierfür benötigten atro - Werte wurden vorher aus den spezifischen Werten in der Tabelle für Daten von Brennschnitzeln ermittelt.

In den zwei vorangegangenen Tabellen sind alle für Hackschnitzelfeuerungen relevanten Daten enthalten. Für die Praxis sind die Spalten 5 bis 8 im nebenstehenden Bild von besonderem Interesse. Mit den dortigen Daten läßt sich in einfachen Rechenoperationen jede gewünschte Kalkulation erstellen. Da bei der Ermittlung der Werte immer von der sicheren Seite ausgegangen wurde, sind die ermittelten Brennstoffmengen für die Praxis verläßlich und bedürfen keines Sicherheitszuschlages mehr.