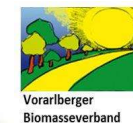


Modul 1: Brennstoff

Hackgut: Logistik und Kennzahlen

Martin Gaber





Holzhacken ist deswegen
so beliebt, weil man bei
dieser Tätigkeit den Erfolg
sofort sehen kann!

Albert Einstein

Holzhacken = Tätigkeit = Erfolg



Energieholzproduktion



24.04.2019



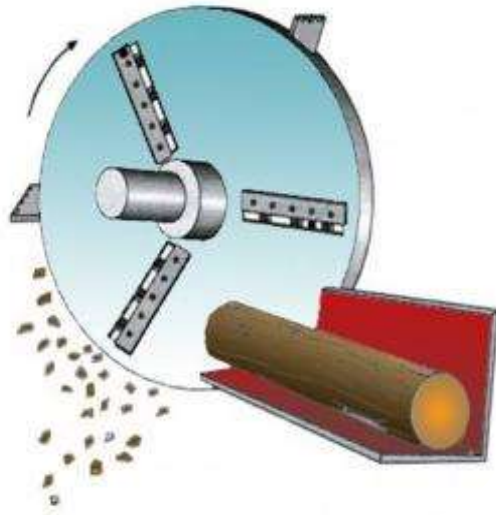


Hackgutproduktion

- Die verschiedenen Hackertypen unterscheiden sich im wesentlichen durch ihre Schnitttechnik und deren Ausführungen:
- Die drei gängigsten Hackertypen sind:
 - Scheibenhacker
 - Trommelhacker
 - Schneckenhacker



Scheibenhacker

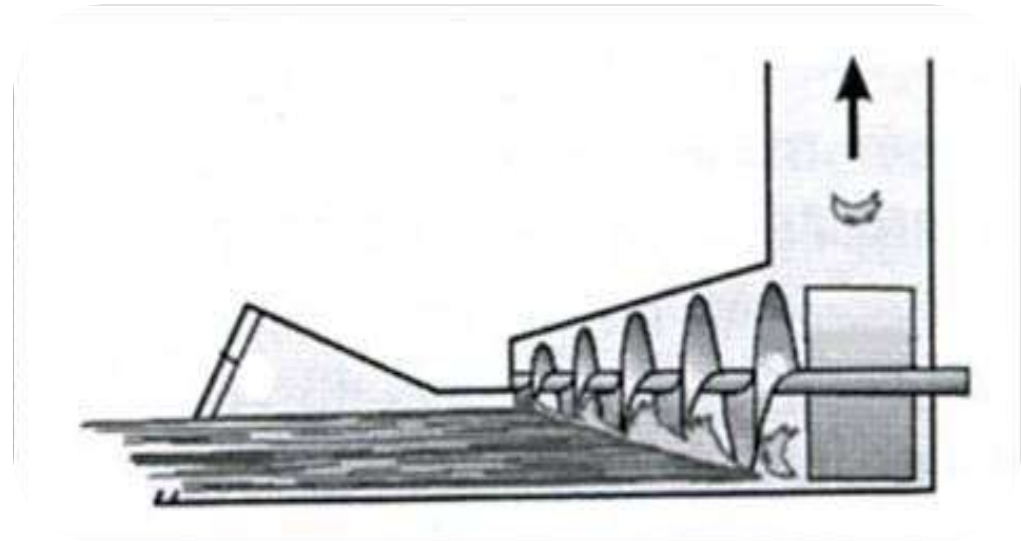


- benötigt homogenes Ausgangsmaterial, am besten entastete Baumstämme
- produziert sehr homogenes Hackgut
- relativ große Bauweise durch Schwungscheibe
- sehr energieaufwendig
- Verschleiß an den einzelnen Klingen unterschiedlich, Geschwindigkeit (Innen-Außen)
- kein selbständiger Einzug, Vorschub nur durch die Zubringerwalzen regelbar

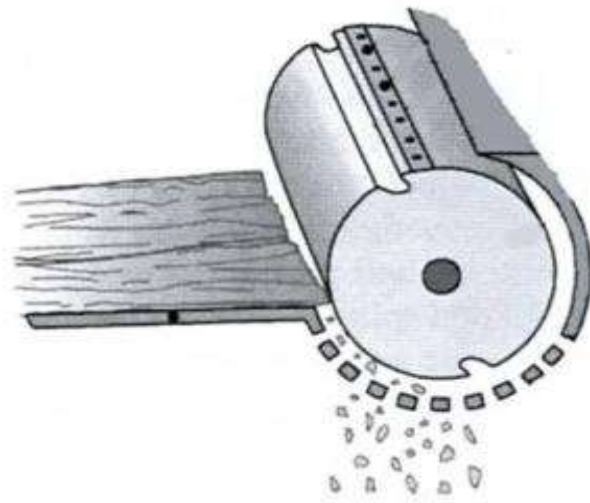


Schneckenhacker

- homogenes Ausgangsmaterial, am besten entastete Baumstämme
- Hackschnitzelgröße sehr gleichmäßig, kaum Feianteile
- Genaue Zuführung des Ausgangsmaterial notwendig
- Arbeitet sehr vibrations- und lärmarm
- Schleifen der Schnecke sehr arbeitsaufwendig (Ausbau)
- wenig verbreitet



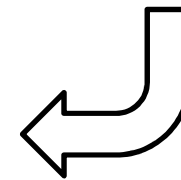
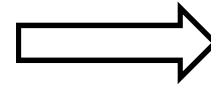
Trommelhacker



- Ausgangsmaterial variabel, Baumstämme, Reisig,...
- Hackgutgröße variabel (Sieb, Vorgriff,...)
- gleichmäßige Schnittgeschwindigkeit
- bestens geeignet für den mobilen Aufbau durch die verhältnismäßig kleine Baugröße
- 2 Trommelsysteme (offene und geschlossene T.)
- Einzugs geschwindigkeit regelbar, durch Messeranordnung ergibt sich ein selbständiger Einzug
- leichte Instandhaltung und Wartung möglich



Hackgutproduktion aus Rundholz C1



24.04.2019

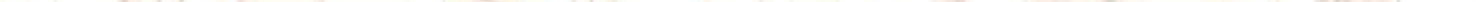


Hackgutproduktion aus Rundholz

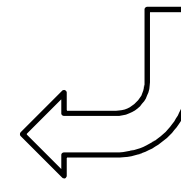
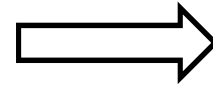
- zu Beachten:
 - Schärfe der Messer/Klingen
 - Einstellung der Messer/Klingen (Winkel, Vorgriff,...)
 - Einstellung zur Gegenschneide (Abstand, Winkel,...)
 - Siebgröße
 - Ausgangsmaterial (Feinanteile,...)
 - Verhalten des Personales (Aufgabe, Geschwindigkeit,...)

LEISTUNG/Qualität hängt vom **PERSONAL** ab nicht von der **TECHNIK**





Hackgutproduktion aus Vollbaum C2



24.04.2019



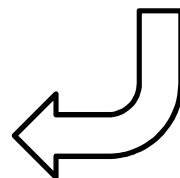
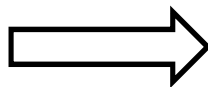


Hackgutproduktion aus Vollbaum

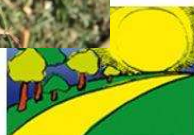
- zu Beachten:
 - Lagerung des Materiales (Stammende – Straßenseite)
 - Zufahrt zum Material (Breite, Unterführungen, ...)
 - Platzverhältnisse (LKW hintereinander-nebeneinander, ...)
 - Transportmittel (LKW, Traktor, Container, ...)
 - Messer/Klingen
 - Sieb eher groß wählen
 - Ausgangsmaterial (Fremdteile, ...)



Hackgutproduktion aus Schlagabraum C3



24.04.2019





Hackgutproduktion aus Schlagabraum

- zu Beachten:
 - Lagerung des Materiales
 - Zufahrt zum Material (Breite, Unterführungen, ...)
 - Platzverhältnisse (LKW hintereinander-nebeneinander, ...)
 - Transportmittel (LKW, Traktor, Container, ...)
 - Messer/Klingen
 - Sieb eher groß wählen
 - **Ausgangsmaterial (Fremdteile, ...)**



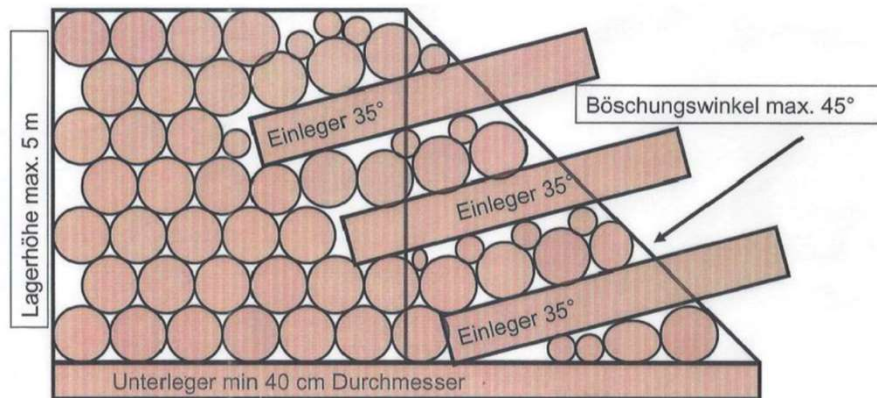
Hackgutlagerung



24.04.2019



Lagerung von Rundholz



- Bodenfreiheit, Aufleger einlegen
- Planung der Holzpolter, so dass diese frei stehen können ohne einander zu berühren (Abstand)
- Eventuell kurze Stücke separat lagern
- Anlieferdatum vermerken
- Sicherheit (herabfallen, umfallen, ...)
- geplanter Aufbau am Beginn und Ende
- Fremdteile (Eisenstangen, Drähte, ...)



Lagerung von Hackgut C1



- Überdachung zum Schutz von Witterungseinflüssen
- Eventuell auch seitlichen Schutz
- Auslässe am Dach für den Wasserdampf
- Saubere Bodenfläche (Beton, Asphalt)
- Befüllung direkt (Kapazität nutzen)
- Bei längerer Lagerung, ca. 5-10% Verlust pro Jahr abhängig von Wassergehalt und Dauer



Lagerung von Hackgut C2, C3



- Saubere Bodenfläche (Beton, Asphalt)
- Folien, zum Schutz vor Witterungseinflüssen möglich
- befahren der Haufen und Lagerhöhen über 5-6 m kritisch, Selbstentzündung
- Bei längerer Lagerung, ca. 10-20% Verlust pro Jahr abhängig von Wassergehalt und Dauer



Feldversuch Hackgut C2, C3

Voraussetzungen:

- ❖ Vergleichbares Material (selbe Hanglage, Bringungsart, Ausgangsmaterial)
- ❖ Anlieferung innerhalb eines kurzen Zeitraumes
- ❖ Hacker und technische Maschinen zur Aufbereitung ident je Standort
- ❖ Möglichkeiten zur Gewichts- und Raumvermessung



24.04.2019



93

Feldversuch Hackgut C2, C3

- Versuchsreihen: (naturbelassene Trocknung) STO Leoben
 - Referenzmaterial
 - gehackt angeliefert, gesiebt und gelagert
 - ungehackt angeliefert, getrocknet und gehackt



Feldversuch Hackgut C2, C3

- Versuchsreihen: (technische/naturbelassene Trocknung) STO St. Lambrecht
 - Referenzmaterial
 - gehackt angeliefert, gesiebt, getrocknet und gelagert
 - gehackt angeliefert, getrocknet, gelagert und gesiebt
 - gehackt angeliefert, abgedeckt frei gelagert



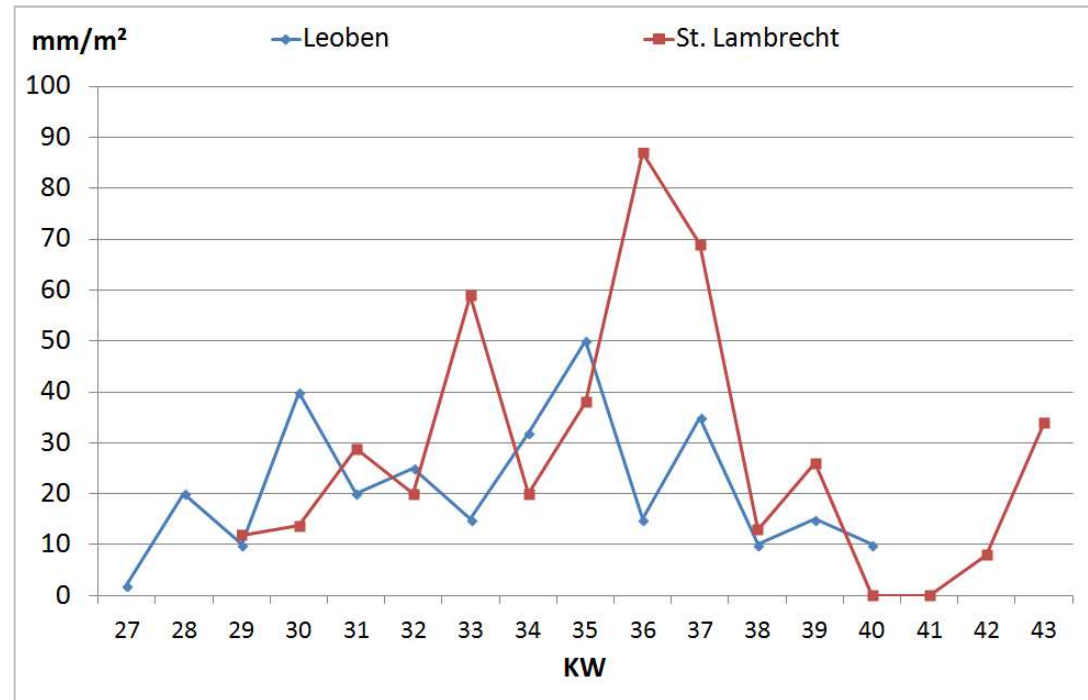
Feldversuch Hackgut C2, C3

➤ Lagerdauer:

- Juli, August und September 2014

➤ Auflösung:

- Anfang Oktober 2014



Feldversuch Hackgut C2, C3

Massenverhältnis

ungesiebt Material
1_1_A

M: 41,5 %
A: 8,4 %
F: 29 %
Q: 9,6 MJ/kg
 $q_{p,net,d}$: 18,2 MJ/kg
N: 0,42 %

Hauptfraktion
1_1_B

~ 80 %

~ 20 %

Siebung

Siebschnitt < 10 mm
1_1F_B

M: 38,3 %
A: 3,3 %
F: 14 %
Q: 10,8 MJ/kg
 $q_{p,net,d}$: 19,0 MJ/kg
N: 0,30 %

M: 45,6 %
A: 11,2 %
F: 75 %
Q: 8,8 MJ/kg
 $q_{p,net,d}$: 18,3 MJ/kg
N: 0,70 %

24.04.2019

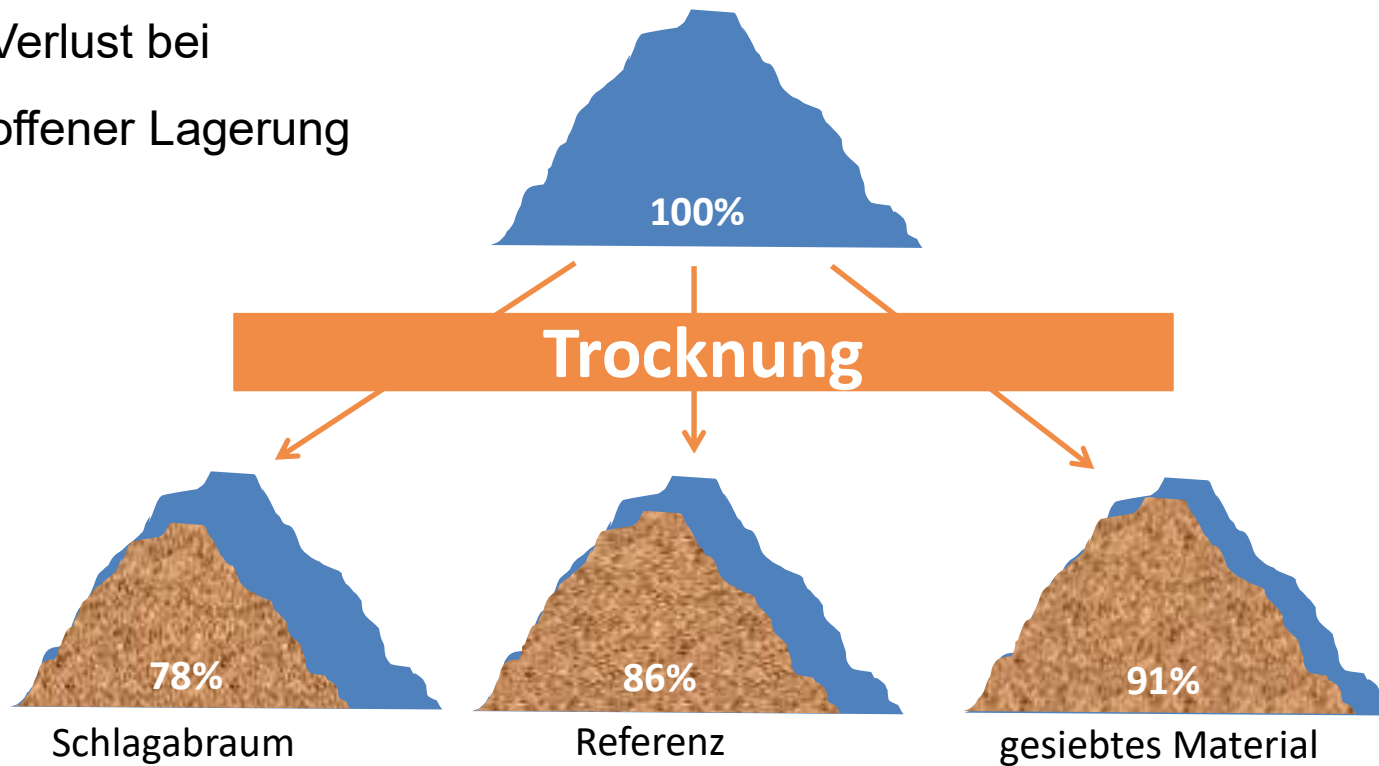


Quelle: Holzforschung Austria, Projekt FOROPA

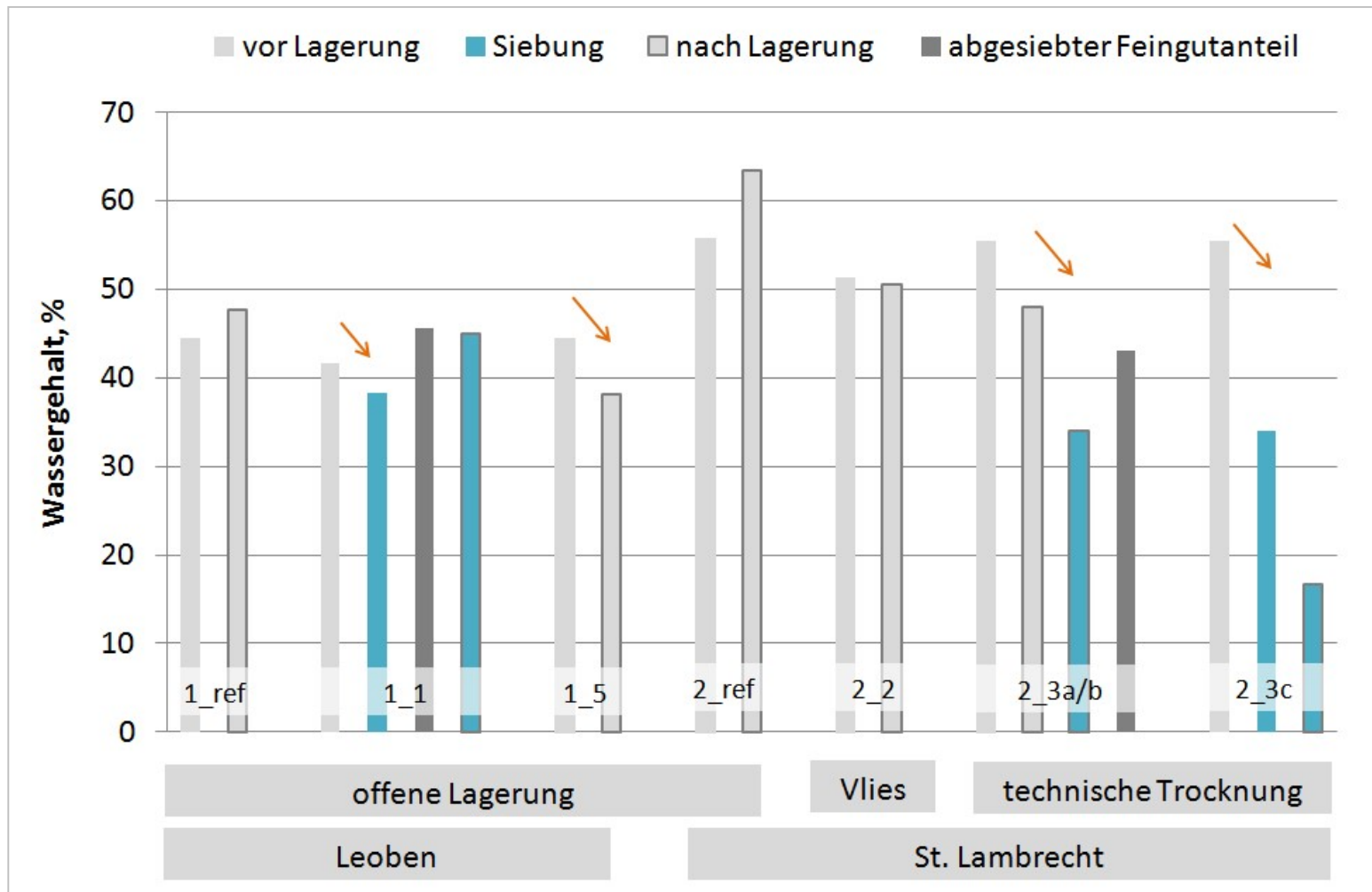
Feldversuch Hackgut C2, C3

➤ Massenbilanz:

Verlust bei
offener Lagerung



Feldversuch Hackgut C2, C3



Feldversuch Hackgut C2, C3

	ungesiebt Material:	Fraktion 1:	Veränderung:
Wassergehalt:	41,5 %	38,3 %	- 7,71 %
Aschegehalt:	8,4 %	3,3 %	- 60,71 %
Feinanteil:	29 %	14 %	- 51,72 %
Heizwert:	9,6 MJ / kg	10,8 MJ / kg	+ 12,5 %

Zusammenfassung:

- ❖ Siebung sehr sinnvoll, effektive Aufwertung möglich
 - ❖ Reduktion des Wassergehalt
 - ❖ Reduktion des Aschegehaltes
 - ❖ Reduktion des Masseverlustes
 - ❖ Erhöhung des Energiegehaltes
- ❖ Trocknung:
 - ❖ Technische Trocknung wo möglich sinnvoll
 - ❖ Natürliche Trocknung im Freien sehr wetterabhängig

Abdeckung mit Vlies erhält den Zustand



Holzarten - Energiegehalt





Allgemeine Definitionen:

Wassergehalt / Feuchtegehalt / Trockenmasse:

Wassergehalt: Der Wassergehalt wird durch das Verhältnis der Wassermasse zur Gesamtmasse beschrieben.

$$M = \frac{G_u - G_o}{G_u} \times 100 \quad [\%]$$

Feuchtegehalt: Der Feuchtegehalt wird durch das Verhältnis der Wassermasse zur Trockenmasse beschrieben.

$$U = \frac{G_u - G_o}{G_o} \times 100 \quad [\%]$$

Trockenmasse: Die Trockenmasse ist die rechnerisch reine Masse an Holz bei 0% Wassergehalt.

$$TM = FG \text{ [to]} * (1 - m[a\%]) \quad [\text{atro to}]$$



Allgemeine Definitionen:

Feuchte in %	Wasser-gehalt in %	Feuchte in %	Wasser-gehalt in %	Feuchte in %	Wasser-gehalt in %
17%	14,5%	62%	38,3%	107%	51,7%
18%	15,3%	63%	38,7%	108%	51,9%
19%	16,0%	64%	39,0%	109%	52,2%
20%	16,7%	65%	39,4%	110%	52,4%
21%	17,4%	66%	39,8%	111%	52,6%
22%	18,0%	66,66%	40,0%	112%	52,8%
23%	18,7%	68%	40,5%	113%	53,1%
24%	19,4%	69%	40,8%	114%	53,3%
25,00%	20,0%	70%	41,2%	115%	53,5%
26%	20,6%	71%	41,5%	116%	53,7%
27%	21,3%	72%	41,9%	117%	53,9%
28%	21,9%	73%	42,2%	118%	54,1%
29%	22,5%	74%	42,5%	119%	54,3%
30%	23,1%	75%	42,9%	120%	54,5%
31%	23,7%	76%	43,2%	121%	54,8%
32%	24,2%	77%	43,5%	122,2%	55,00%
33,33%	25,0%	78%	43,8%	123%	55,2%
34%	25,4%	79%	44,1%	124%	55,4%
35%	25,9%	80%	44,4%	125%	55,6%
36%	26,5%	81%	44,8%	126%	55,8%
37%	27,0%	81,83%	45,0%	127%	55,9%
38%	27,5%	83%	45,4%	128%	56,1%
39%	28,1%	84%	45,7%	129%	56,3%
40%	28,6%	85%	45,9%	130%	56,5%
41%	29,1%	86%	46,2%	131%	56,7%
42%	29,6%	87%	46,5%	132%	56,9%
42,86%	30,00%	88%	46,8%	133%	57,1%
44%	30,6%	89%	47,1%	134%	57,3%
45%	31,0%	90%	47,4%	135%	57,4%
46%	31,5%	91%	47,6%	136%	57,6%
47%	32,0%	92%	47,9%	137%	57,8%
48%	32,4%	93%	48,2%	138%	58,0%
49%	32,9%	94%	48,5%	139%	58,2%
50%	33,3%	95%	48,7%	140%	58,3%
51%	33,8%	96%	49,0%	141%	58,5%
52%	34,2%	97%	49,2%	142%	58,7%
53%	34,6%	98%	49,5%	143%	58,8%
53,8%	35,0%	99%	49,7%	144%	59,0%
55%	35,5%	100%	50,0%	145%	59,2%
56%	35,9%	101%	50,2%	146%	59,3%
57%	36,3%	102%	50,5%	147%	59,5%
58%	36,7%	103%	50,7%	148%	59,7%
59%	37,1%	104%	51,0%	149%	59,8%
60%	37,5%	105%	51,2%	150%	60,0%
61%	37,9%	106%	51,5%		

$$M = \frac{U}{1 + U}$$

$$U = \frac{M}{1 - M}$$





Allgemeine Definitionen:

Einfache Berechnung des Heizwertes:

$$\text{Heizwert} = \boxed{\begin{array}{c} \text{Heizwert der} \\ \text{absolut trockenen} \\ \text{Masse} \end{array}} - \boxed{\begin{array}{c} \text{Verdampfungswärme} \\ \text{des} \\ \text{Wasseranteiles} \end{array}}$$

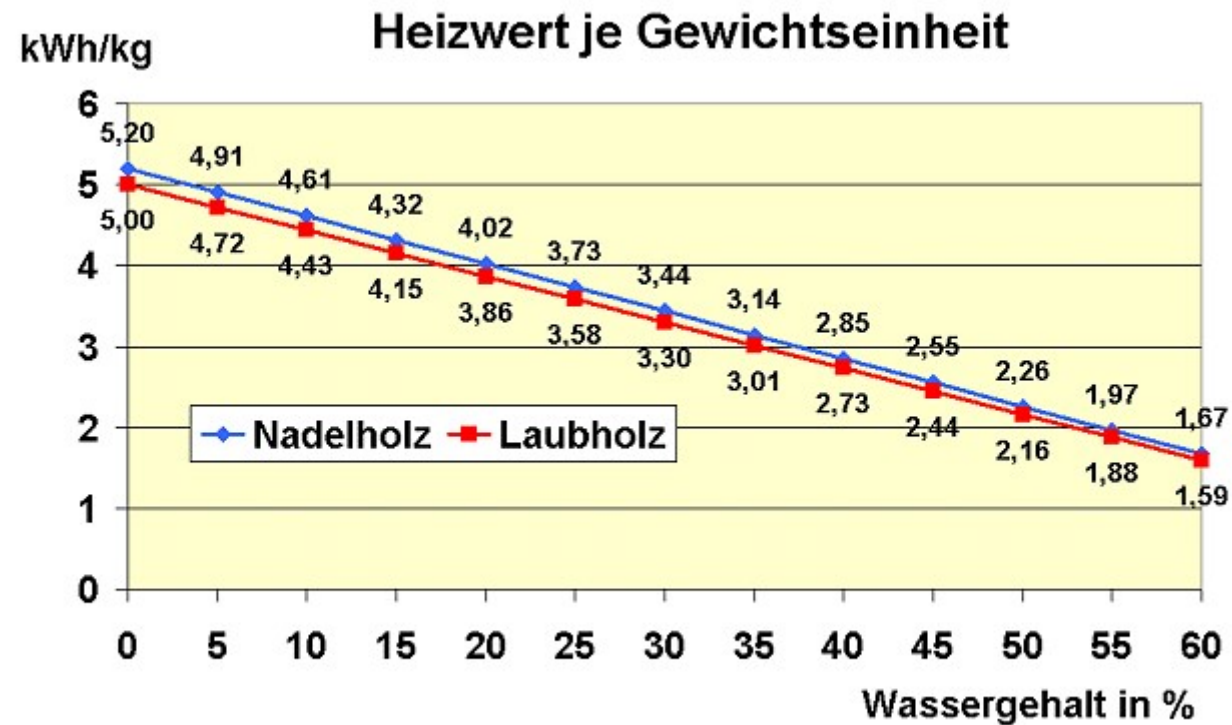
$$\text{Heizwert} = 5 \text{ [kWh]} * \text{TM [\%]} - 0,68 \text{ [kWh]} * \text{m [\%]}$$

Berechnungsbeispiel von 1 kg Hackgut bei einem Wassergehalt von 23%:

$$\text{Heizwert} = 5 * 80 \% - 0,68 * 20 \% = 3,86 \text{ kWh/kg}$$



Allgemeine Definitionen:



Niedriger Wassergehalt = hohe Energieausbeute



Umrechnungsfaktoren



Richtlinie zur Übernahme



Richtlinie zur
Gewichtsvermessung von
Industrierundholz



von Energieholz nach Gewicht
und nach Energieinhalt



Umrechnungsfaktoren

Holzart:	Rindenanteil:	kg / FMO	AMM / FMO
	[%]	[kg]	[kg]
Fichte	12	475	2,11
Tanne	12	475	2,11
Kiefer	13	570	1,75
Lärche	13	625	1,6
Rotbuche	8	707	1,41
Eiche	15	740	1,35
Ahorn	10	633	1,58
Esche	14	755	1,32
Birke	12	585	1,71

Quelle: FHP, Durchschnittsdaten gesamt Österreich





Berechnungen, Beispiele:

Annahme:

Anlieferung von IFH im Werk mit einem Frischegewicht von 26.500kg.

Der Wassergehalt beträgt 43%.

Das an geschätzte Verhältnis der Baumartenverteilung ist:

Fichte: 50%

Kiefer: 30%

Lärche: 20%

Errechnen Sie die gesamte Menge dieser Lieferung in fm?

Sowie die Mengen der einzelnen Holzsortimente in fm?





Berechnungen, Beispiele:

Angabe:

Transportentfernung: 28 km
Transportkosten: Grundpreis 3,- € + 0,30 € pro km pro Lutro Tonne
Holzart: Fichte 0,4; Lärche 0,2; Rotbuche 0,4
Wassergehalt: 30%
Einkaufspreis ab Stock: 8,- € / fm
Hacken: 10,- € / Lutro Tonne
Erntekosten: 21,- € / fm
Verkaufspreis: 80,- € /ATO

Ist es möglich unter den bestehenden Bedingungen das Fernheizwerk mit einem positiven Deckungsbeitrag zu beliefern?



Berechnungen, Beispiele:

Angebot Hackgut:

Hackgut aus Stammholz (NH)

Fracht: 300.- pro Lieferung
Schubbodenlieferung

Preis: frei Werk 110€ je atro To



Alltagsgeschichten:



24.04.2019



111

Alltagsgeschichten:



24.04.2019



112

Alltagsgeschichten:



24.04.2019



113

Alltagsgeschichten:

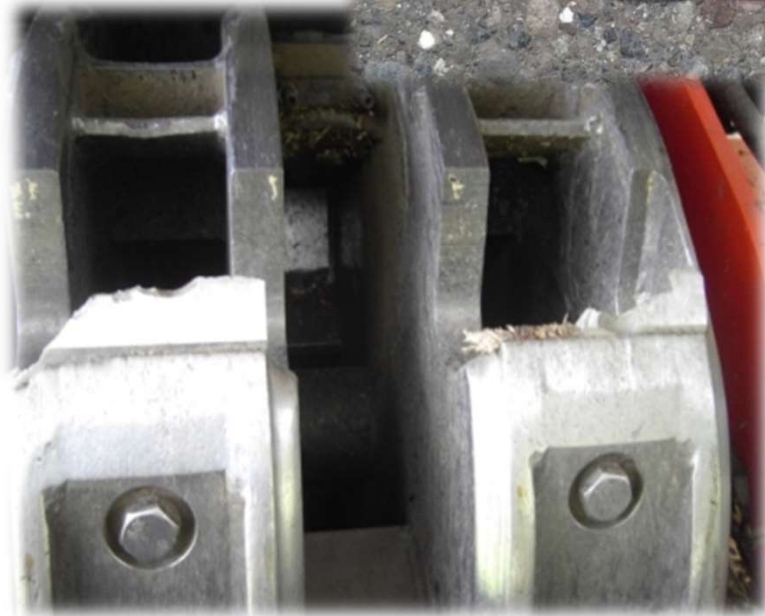


24.04.2019



114

Alltagsgeschichten:



24.04.2019



Alltagsgeschichten:



24.04.2019



116



Dachverband
Biomasseheizwerke
West

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Martin Gaber

