

# Modul 1: Brennstoff

Energieholzübernahme  
Trocknung von Hackgut

Nährstoffentzug durch Energieholzentnahme im Wald



Klaus Engelmann, MSc

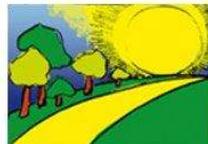
Landwirtschaftskammer Steiermark





# ENERGIEHOLZÜBERNAHME

24.04.2019



196

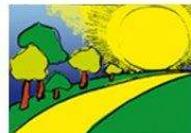
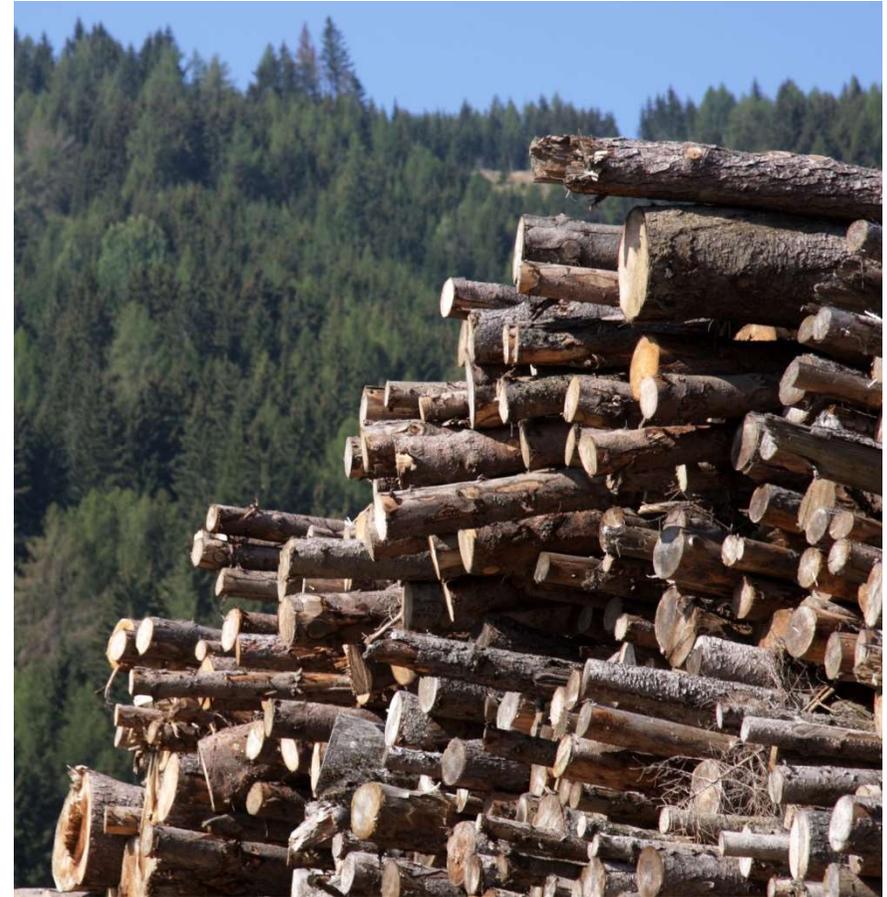




## Sortimente

### Rundholzübernahme:

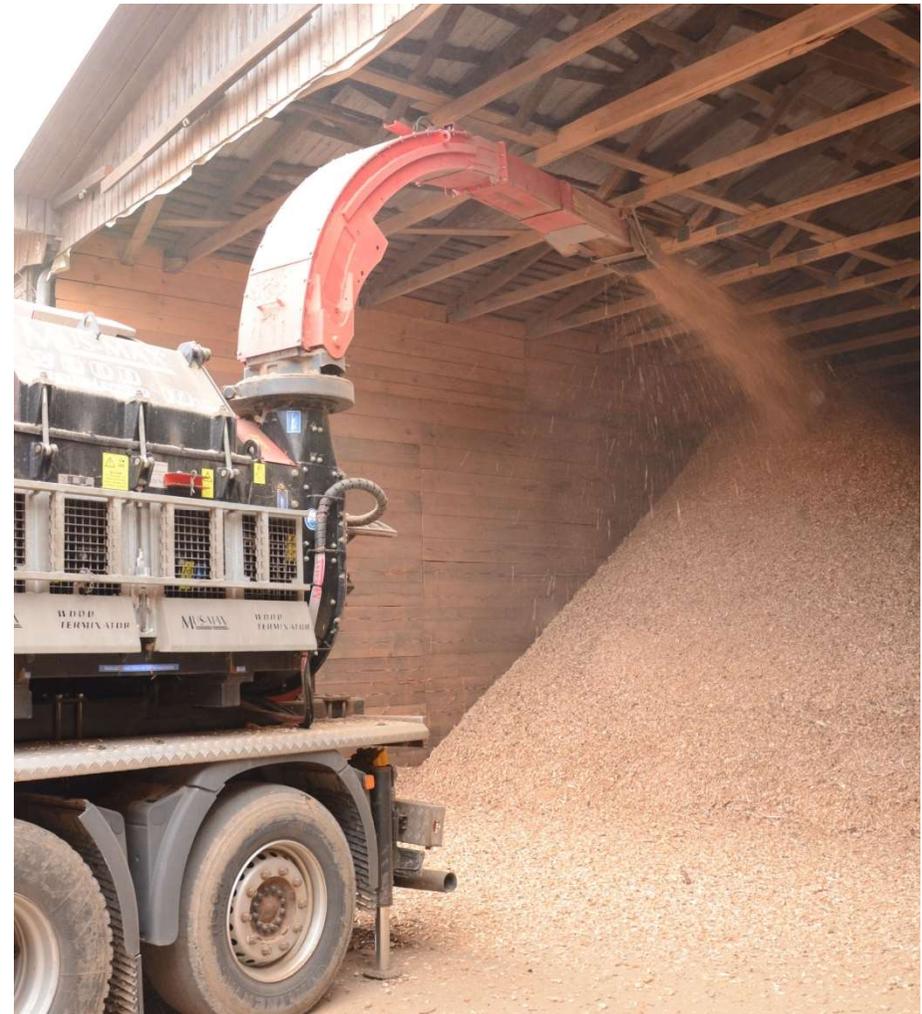
- **Vorteile:**
  - keine Lagerhalle
  - Große Mengen auf kleinem Lagerraum
  - geringer Lagerverlust
  - im Winter verfügbar
- **Nachteile:**
  - höherer Preis
  - Käfergefahr



## Sortimente

### Waldhackgut:

- **Vorteile:**
  - regionale Verfügbarkeit
  - Landwirtschaftliche Wertschöpfung
  - hoher Energieinhalt bei professioneller Übernahme
- **Nachteile:**
  - große Lagerflächen
  - saisonaler Anfall





## Sortimente

### Industriehackgut:

- **Vorteile:**
  - gute Lagerfähigkeit
  - günstige Anlieferung aufgrund großer Mengen
  - hoher Energieinhalt bei atro Übernahme
- **Nachteile:**
  - Preis bei srm Übernahme





## Sortimente

### Schlagabraum:

- **Vorteile:**
  - günstiger Preis
  - Nutzung durch Beimischung
- **Nachteile:**
  - schlechte Lagerfähigkeit
  - hoher Schlackeanteil
  - höhere Betriebskosten
  - Nährstoffentzug





## Übernahmemethode: Volumen

- **Vorteile:**
  - Einfache Bestimmung des Volumens
  - Abrechnung von verschiedenen Teilmengen und Lieferanten problemlos möglich
- **Nachteile:**
  - Große Unsicherheit über Energieinhalt
  - Zahlreiche Konflikte wegen unterschiedlicher Lieferqualitäten
  - Fehlender Anreiz zur Optimierung des Energieinhaltes der gelieferten Holzsortimente



# Übernahmemethode: Volumen





## Übernahmemethode: Gewicht und Wassergehalt (atro)

- **Vorteile:**

- Unabhängig von Holzart und Schüttdichte
- Hohe Genauigkeit bezüglich Energieinhalt
- Wenig Konflikte auf Grund gerechter Abrechnung der gelieferten Qualität
- Erhöhung der Motivation zur Optimierung des Energieinhaltes der Lieferungen

- **Nachteile:**

- Messung von Gewicht und Wassergehalt notwendig
- Errechnung des Trockengewichtes erforderlich
- Relativ hoher Zeit- und Kostenaufwand





## Übernahmemethode: erzeugte Wärmemenge

- **Vorteile:**

- Unabhängig nach Gewicht und Holzart
- Unabhängig nach Wassergehalt
- Kostengünstig bei Übernahme
- einfache Umsetzung/Verrechnung

- **Nachteile:**

- Abhängig vom Wirkungsgrad der Anlage
- schwierige Abrechnung bei mehreren Lieferanten



# Energieträgervergleich Hackgut

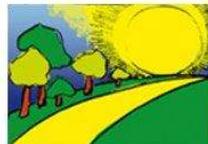
<b>Preisbasis: 20 € für die MWH oder 2 Cent für die KWH</b>			
<b>Sortiment</b>	<b>Kiefernwaldhackgut</b>	<b>Fichtensägehackgut</b>	<b>Buchenwaldhackgut</b>
Wassergehalt	20%	50%	20%
Energiegehalt je kg	4,09 KWH	2,3 KWH	3,86 KWH
Gewicht je SRM	227 kg	265 kg	285 kg
Energiegehalt je SRM	929	610	1100
Energie x Preis	929 x 0.02 €	610 x 0.02 €	1100 x 0,02 €
Preis je SRM	18,58 €	12,20 €	22 €
Preis incl. Mwst.	20,80 €	13,66 €	24,64 €





# TROCKNUNG VON HOLZ

24.04.2019



206





## Warum trocknen?

- Höherer Energiegehalt
- Verbesserte Lagerfähigkeit
- Verringerung der Substanzverluste
- Höherer Kesselwirkungsgrad
- Weniger Störungen
- Geringere Emissionen



# Lagerfähigkeit von Hackgut

	Gute Lagerfähigkeit	Schlechte Lagerfähigkeit
		
<b>Form, Struktur</b>	grob, scharfkantig	fein, ausgefranst
<b>Wassergehalt</b>	< 30 %	> 30 %
<b>Grünanteil</b>	gering	hoch
<b>Feinanteil</b>	gering	hoch
<b>Fremdstoffanteil</b>	gering	hoch

Abbildung 7: Die Lagerfähigkeit von Holzhackschnitzel



# Trockensubstanzverlust

Abbauverluste Trockenmasse bei 40% Wasseranteil

	C1	C2	C3
1 Monat	1 %	2 %	3,5 %
3 Monate	3,5 %	6-10 %	9-15 %
6 Monate	6 %	12-20 %	

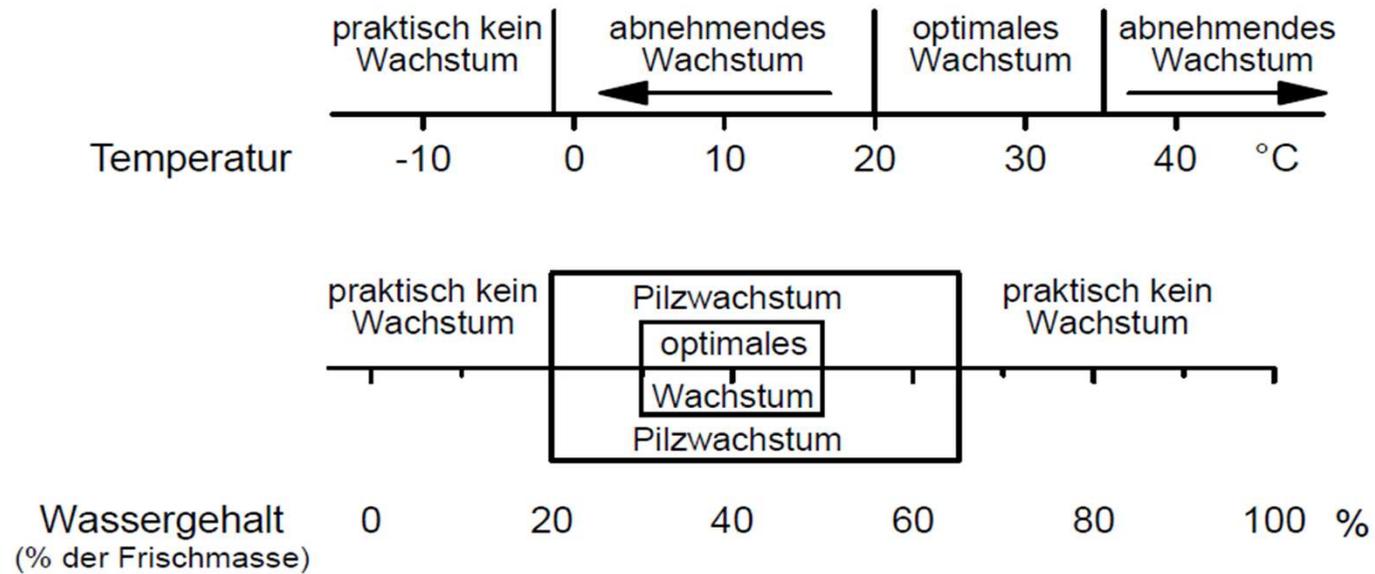
Abbauverluste Trockenmasse bei 20% Wasseranteil

	C1	C2	C3
1 Monat	0,5 %	0,5 %	0,5 %
3 Monate	1,5 %	1,5 %	1,5 %
6 Monate	3 %	3 %	3 %

Abbildung 9: Lagermatrix (Projekt Biomassekonditionierung 1 und 2). Ein rotes Feld bedeutet ein hohes Selbstentzündungsrisiko, orange bis gelb ein mittleres und grün ein geringes Risiko.



# Pilzwachstum

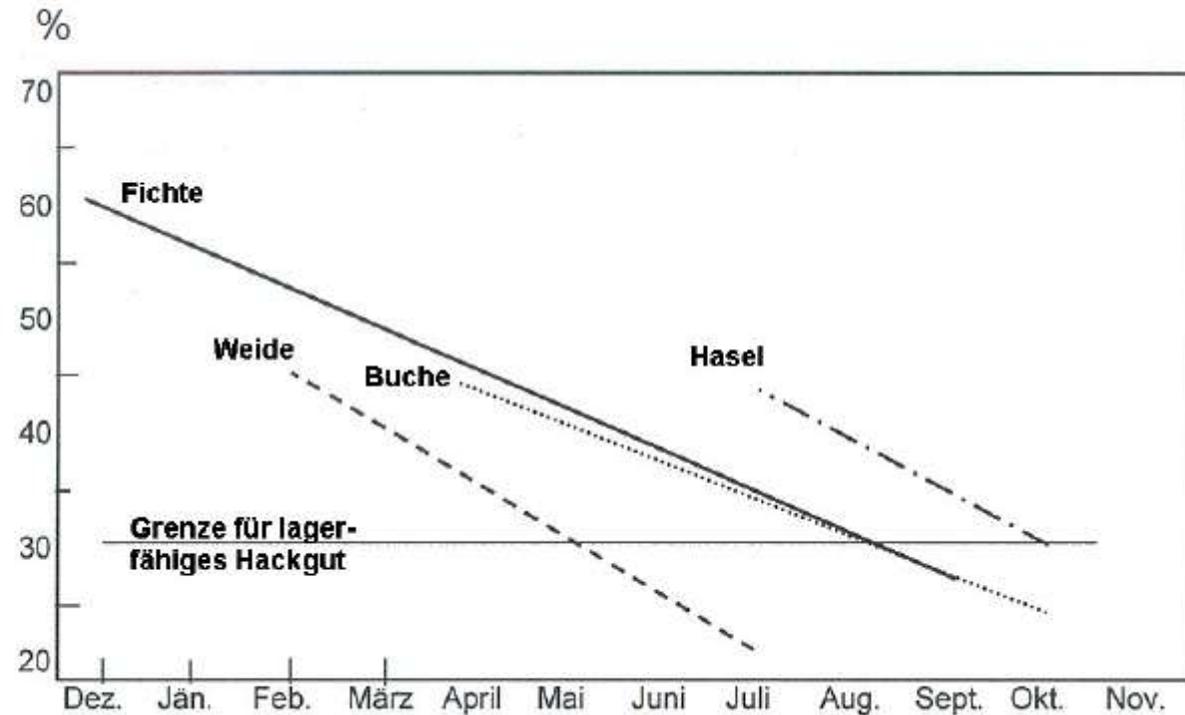


- Substanzverlust
- Gesundheitsrisiko!!!



# Trocknung von Rundholz

Hackholz, das über einen Sommer zwischengelagert wird, hat zum Zeitpunkt des Hackens im Spätsommer einen Wassergehalt von maximal 30 %.  
An sonnigen Lagerplätzen sind noch günstigere Werte zu erzielen.

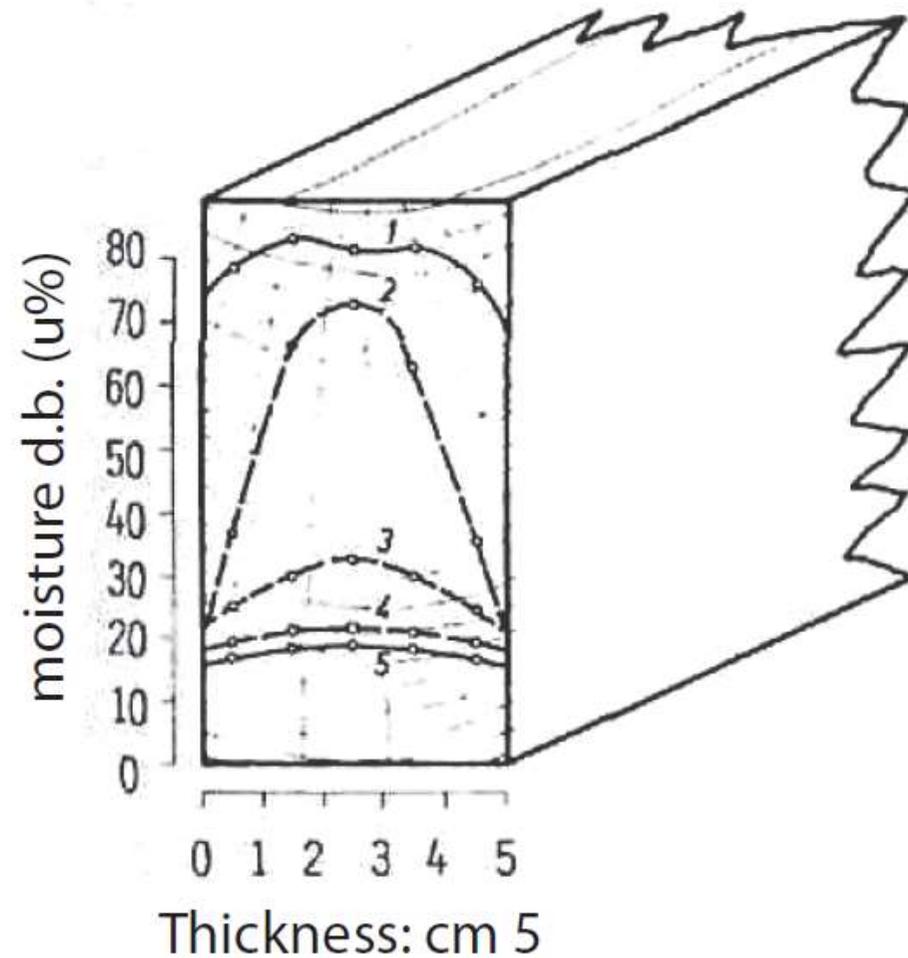


Quelle: Energie aus Holz, LK NÖ (2005)



# Trocknung von Holz

1. nach 6 Wochen
2. nach 6 Monaten
3. zwischen 6 M. und 1 J.
4. nach einem Jahr
5. nach 1,5 Jahren



# Fallbeispiel technische Trocknung Heizwerk Steirisch Laßnitz

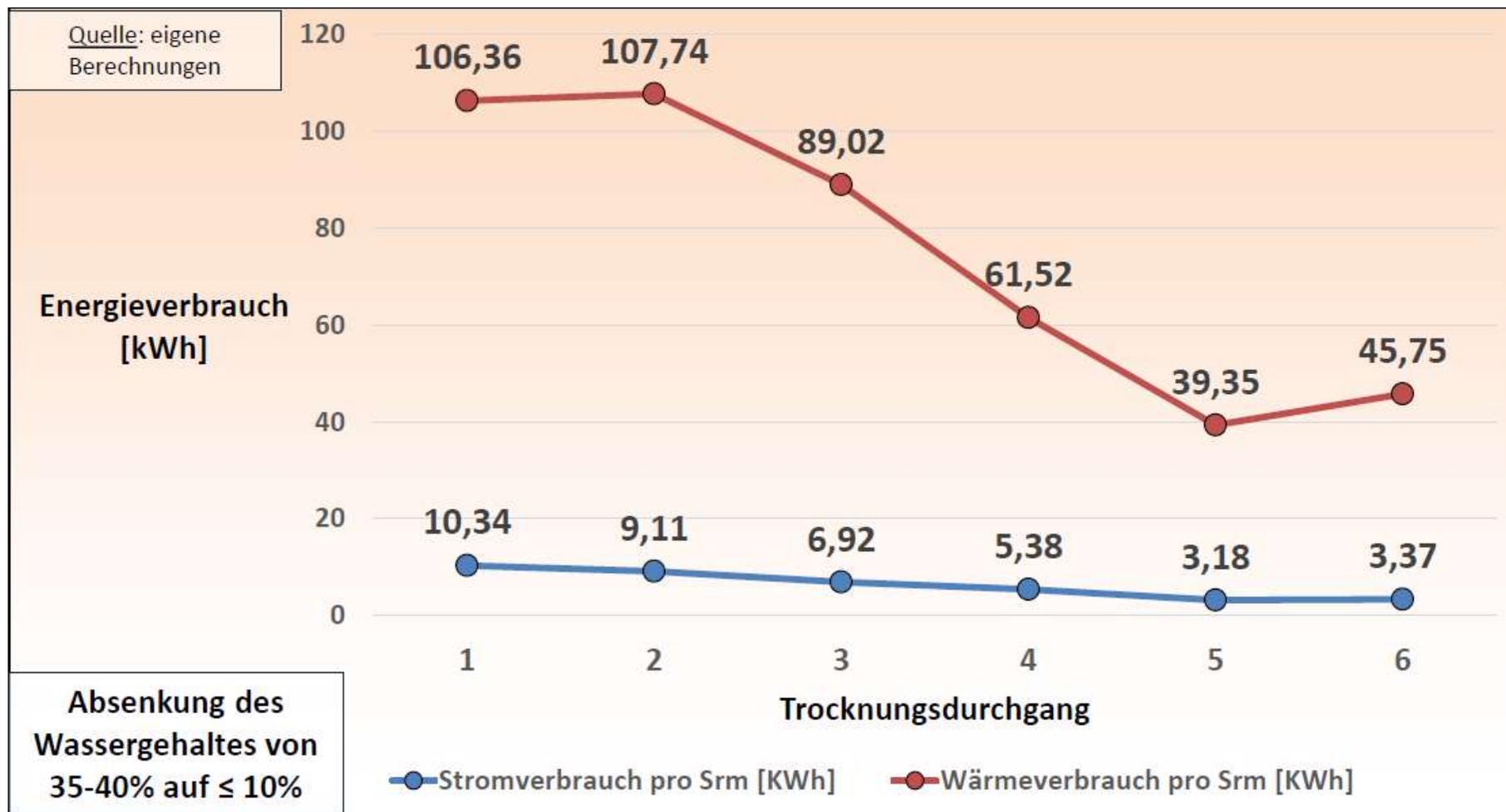


24.04.2019

213

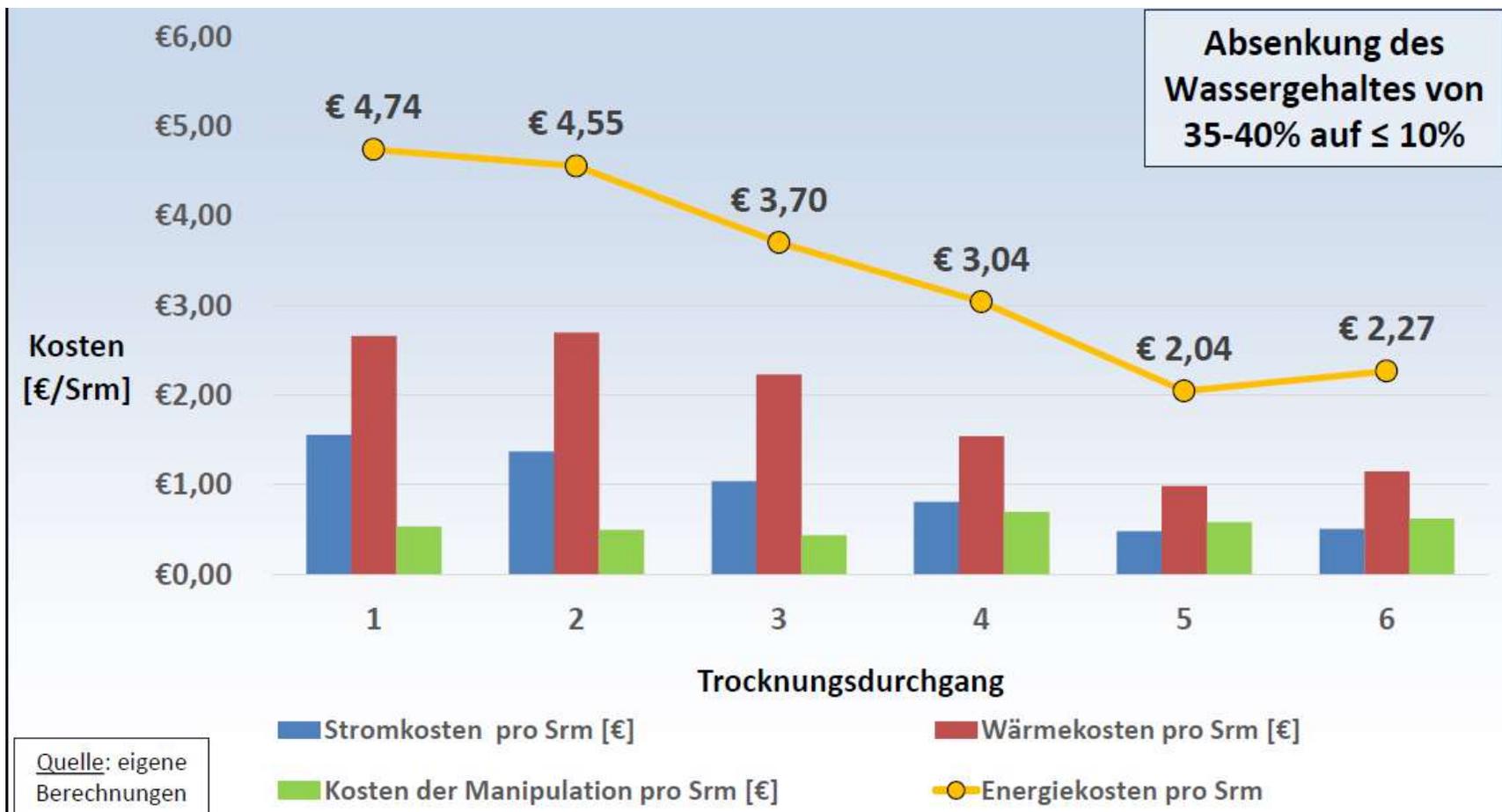
# Fallbeispiel technische Trocknung

## Energieeinsatz



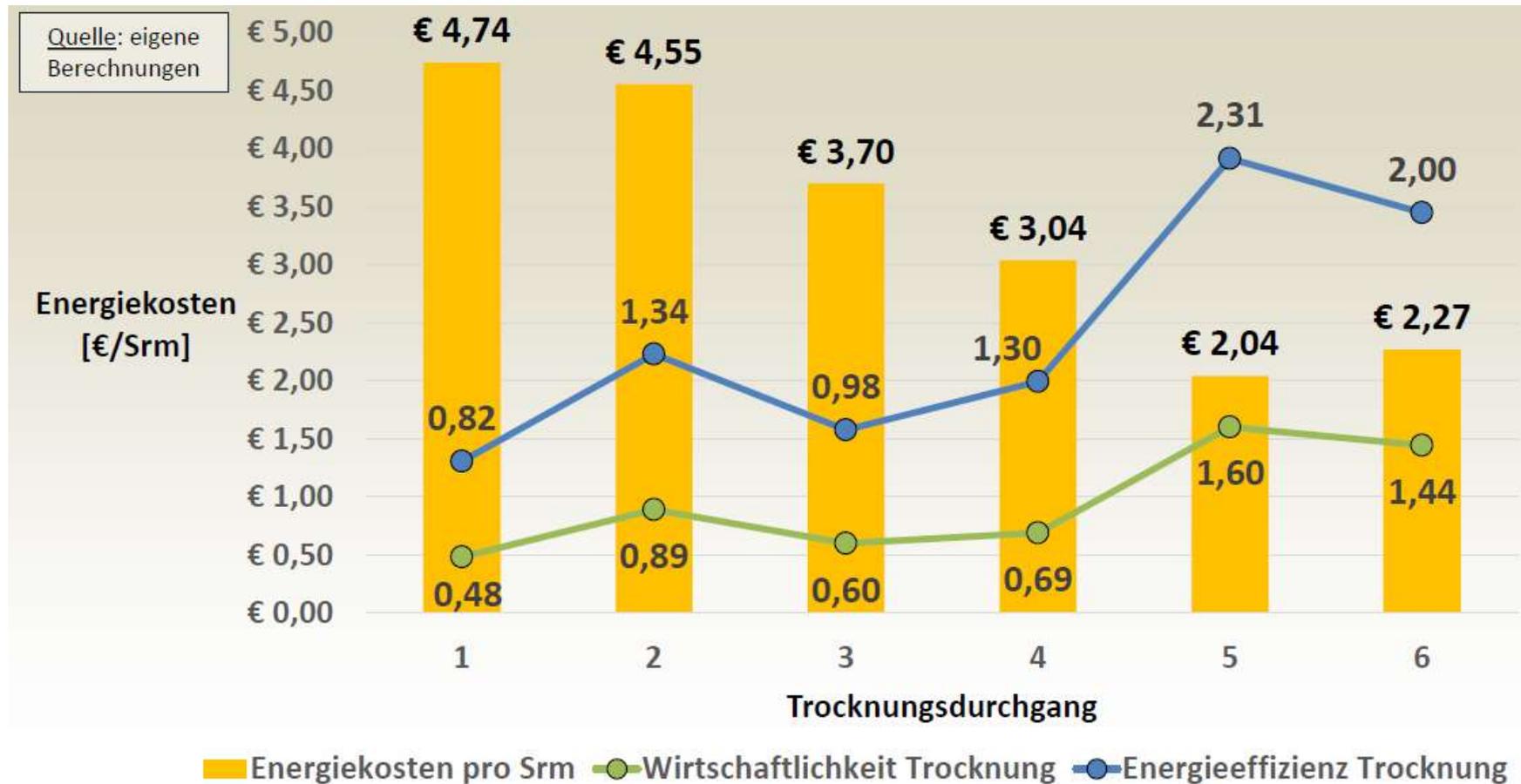
# Fallbeispiel technische Trocknung

## Kosten je SRM



# Fallbeispiel technische Trocknung

## Effizienz und Wirtschaftlichkeit





## Vorteile von feuchtem Hackgut

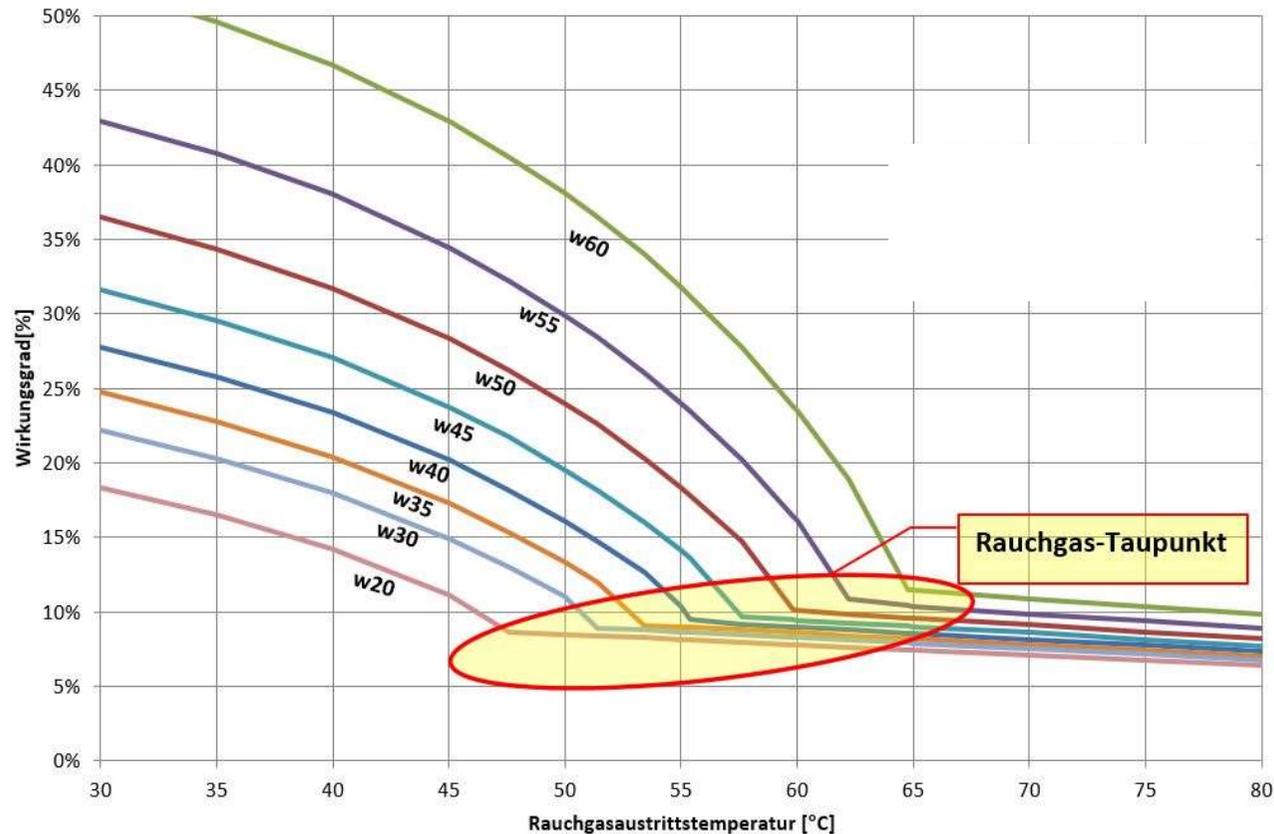
- Preis
- Geringere Manipulation
- weniger Lagerflächen nötig
- Vorteile bei vorhandener Wärmerückgewinnung



# Feuchtes Hackgut bei Wärmerückgewinnung

## Wirkungsgraderhöhung durch Wärmerückgewinnung nach Biomassefeuerungen

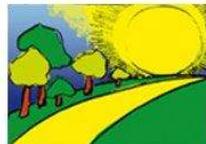
Rauchgaseintrittstemperatur 170°C, Rest-O<sub>2</sub>= 8Vol%tr



# NÄHRSTOFFENTZUG DURCH BIOMASSE



24.04.2019



219

# Nährstoffgehalt Holz vs. Schlagabraum

Nährstoffgehalt [kg]  
1 t Holz i.R.

N 0.7  
P 0.2  
K 0.7  
Ca 2.0  
Mg 0.3

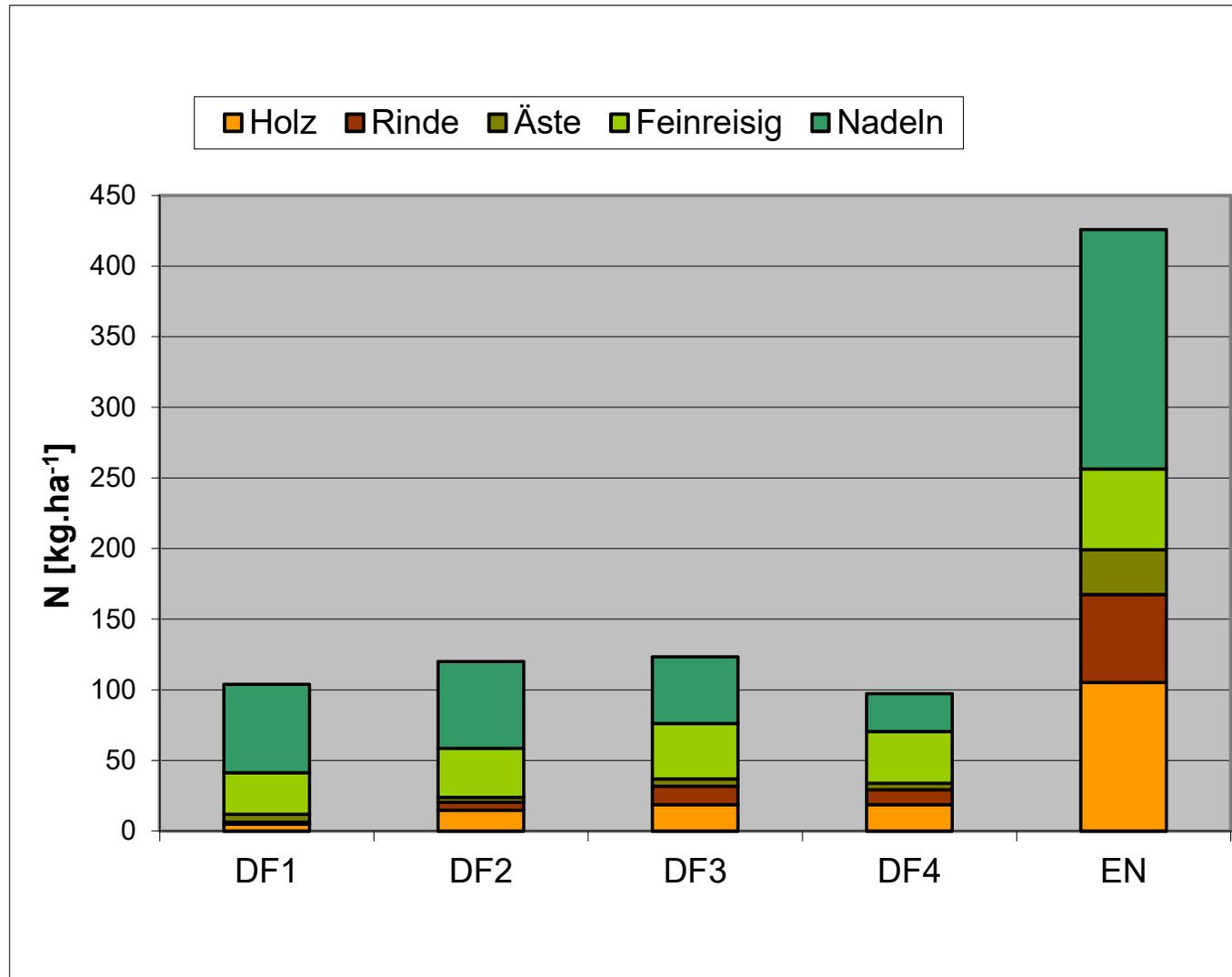


Nährstoffgehalt [kg]  
1 t Reisig mit Nadeln

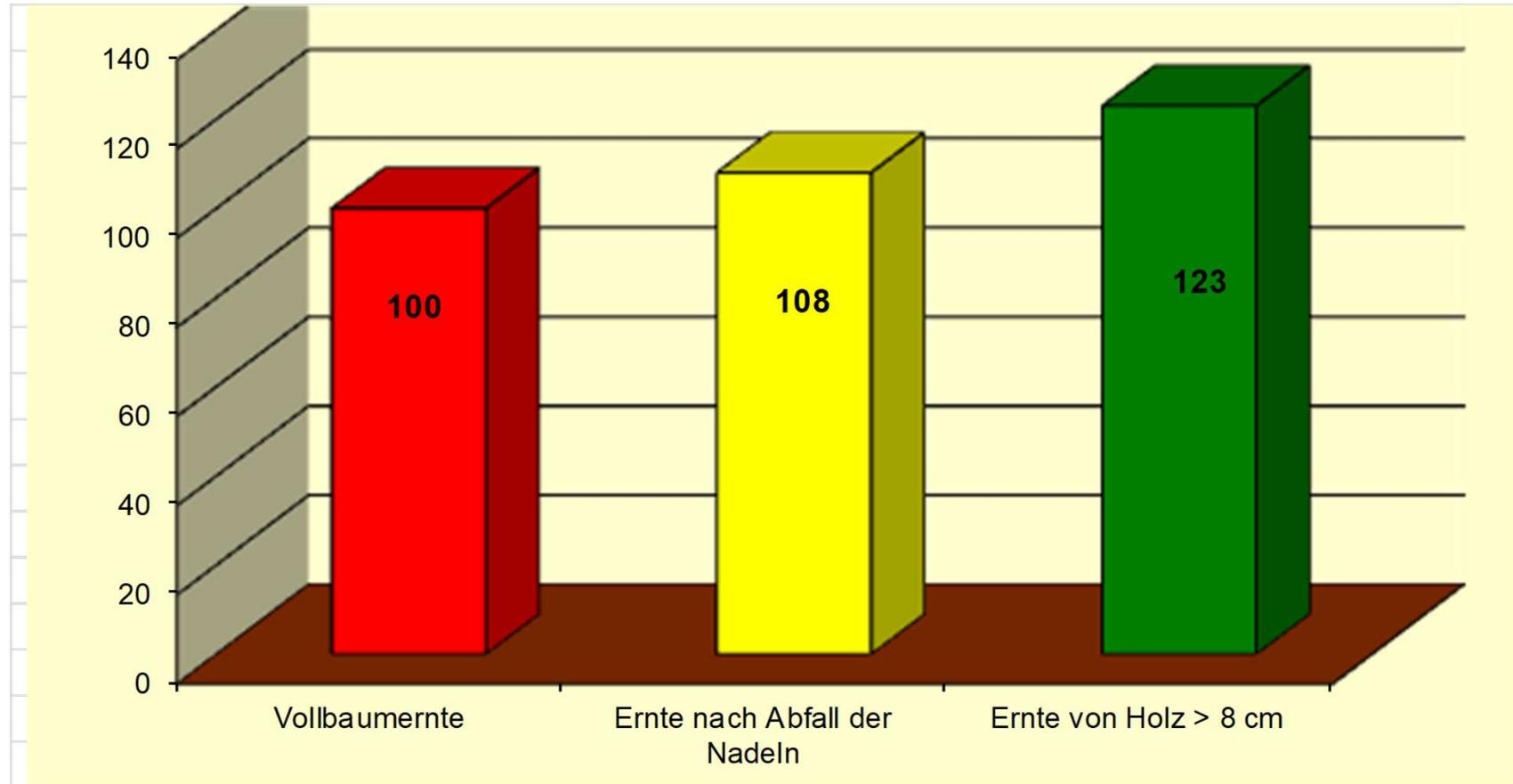
N 6.5  
P 0.9  
K 3.8  
Ca 6.5  
Mg 1.1



## Nährstoffentzug bei Durchforstung und Endnutzung



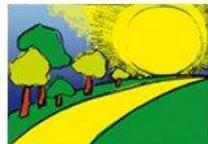
# Einfluss des Biomassenentzuges auf den Zuwachs





# BRENNSTOFFBEDARF

24.04.2019



223



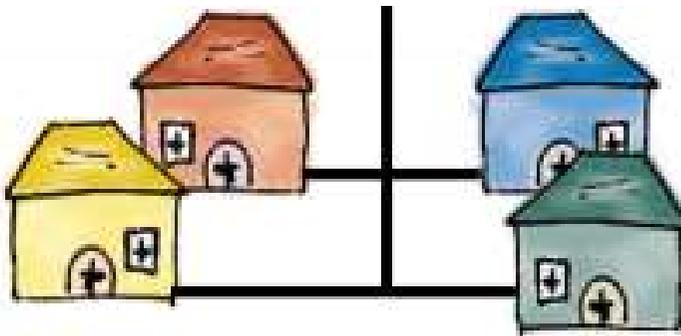
# Wirkungsgrad Biomasse-Kessel

**Rohenergie x Kesselwirkungsgrad = Nutzenergie**

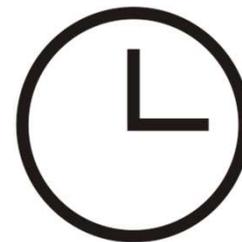


# Energiebedarf

**Netzleistung  
Leistungsverluste**



**Kesselwirkungsgrad**



**Zeit**



# Brennstoffbedarf

<b>Energieträger</b>	<b>Rohenergie- bedarf [kWh]</b>	<b>Energieinhalt / Einheit</b>	<b>Einzusetzende Brennstoffmenge</b>
<b>Hackgut Buche</b> m=25 %	<b>450.000</b>	<b>3,58 kWh/kg</b> <b>1.050 kWh/Srm</b>	<b>ca. 126 Tonnen</b> <b>428 Srm</b>
<b>Hackgut Fichte</b> m=30 %		<b>3,4 kWh/kg</b> <b>750 kWh/Srm</b>	<b>ca. 132 Tonnen</b> <b>600 Srm</b>
<b>Rundholz Kiefer</b> m= 45%		<b>2,6 kWh/kg</b> <b>2.120 kWh/FM</b>	<b>ca. 173 Tonnen</b> <b>ca. 212 FM</b>





## Fallbeispiel 1: Brennstoffbedarf

- Ein Heizkessel mit einer Nennleistung von 2.700 kW arbeitet an einem Tag mit 10 Volllaststunden. Der Kesselwirkungsgrad beträgt 90 %. Als Brennstoff wird Laubhackgut mit 1.000 kWh/srm eingesetzt. Wie viel Schüttraummeter Brennstoff wird an diesem Tag benötigt? Wie viele atro-Tonnen werden benötigt?





## Fallbeispiel 2: Brennstoffbedarf

- Eine Nahwärmegenossenschaft hat Kunden mit einer Anschlussleistung von 1.000 kW. Die durchschnittlichen Volllaststunden der Abnehmer betragen 1.530 Stunden pro Jahr. Wie hoch ist der jährliche Nutzenergiebedarf der Wärmekunden?

- Die Netzverluste bis zur Kundenübergabestation betragen 10 %. Der Kesselwirkungsgrad beträgt 85 %. Wie viel Rohenergie muss der Brennstoff enthalten, um die Nutzenergie bereitstellen zu können?





## Fallbeispiel 2: Brennstoffbedarf Teil 2

- Die Nahwärmegenossenschaft kauft Waldhackgut mit einem durchschnittlichen Energiegehalt von 800 kWh pro Schüttraummeter um 22 € netto ein. Wie viele SRM benötigt die Genossenschaft und wie hoch sind die jährlichen Brennstoffkosten?

- Der Waldverband bietet dem Heizwerk Laubholzhackgut um 120 € pro atro-Tonne an. Wie hoch wären die jährlichen Brennstoffkosten mit diesem Lieferanten?

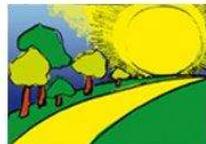




# PRAKTISCHE KALKULATION

Download unter:

<https://www.klimaaktiv.at/erneuerbare/energieholz/werkzeuge-und-hilfsmittel/kenndatenkalkulation.html>



# Kalkulationsblatt zur Ermittlung von Kenndaten und Preisen für Energieholzsortimente

Version 1.8

Bitte verwenden Sie die hellroten Zellen um die Variablen zu ändern.

Für die Ausführung der Berechnungsroutinen müssen Makros aktiviert sein => Excel-Einstellung unter Extras | Makro | Sicherheit | auf "Mittel" stellen.

Zeilen Sie den Mauszeiger auf die Kommentare (rotes Dreieck in der jeweiligen Zeile) um zusätzliche Informationen zu den einzelnen Kennwerten zu erhalten.



Kennwerte			Holzarten			Rinde	Presslinge	Sonstige
Grundeingabe	Holz- bzw. Brennstoffart	Auswahl im Drop-Down-Menü	Nadelholz	Fichte	Nadelholz	Rinde NH	Briketts, Rinden-	Erdgas
	Brennstoffgruppe	Zuordnung zu Gruppen	NH Mischung	Nadelholz (NH)	NH Mischung	Rinde NH	Presslinge	Fossil
	Sortiment	Auswahl im Drop-Down-Menü	Waldhackgut C3	Holzhackgut PS1	Sägespäne	Rinde (geschüttet)		
	Umrechnungsfaktor	1 fm = x rm bzw. x srm	2,50	3,03	3,03	3,33	1,00	1,00
	Einheit	Öbliches Handelsmaß	6rm	6rm	6rm	6rm	t-turo	m <sup>3</sup>
Wasseranteil	Wassergehalt (H <sub>2</sub> O)	% (Gewicht, FS)	35,0	40,0	20,0	50,0	8,0	0,0
	Wasserstoffgehalt (H)	% (Gewicht, TS)	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	23,6
Brennwert (Ho)	Ho der Trockensubstanz (TS)	MJ/kg TS	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	49,20
	Ho der TS	kWh/kg TS	5,66	5,66	5,66	5,66	5,66	13,67
Heizwert (Hu)	Hu der TS	MJ/kg TS	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	44,00
	Hu der TS	kWh/kg TS	5,28	5,28	5,28	5,28	5,28	12,22
	Hu der Freischubstanz (FS)	MJ/kg FS	11,5	10,4	14,7	8,3	17,3	44,00
	Hu der FS	kWh/kg FS	3,19	2,89	4,09	2,30	4,80	12,22
	Hu der FS	MJ/m <sup>3</sup> FS	2,779	2,176	2,426	1,951	13,151	34,32
Hu der FS	kWh/m <sup>3</sup> FS	772	605	674	542	3,653	9,53	
Dichte	Mittlere Darrdichte	kg/m <sup>3</sup> (bei 0% H <sub>2</sub> O)	445	430	445	445	700	0,78
	Mittlere Schwimmdichte	%	11,7	11,7	11,7	11,7	0,0	0,00
	Roh- bzw. Lagerungsdichte	kg/m <sup>3</sup> (bei x % H <sub>2</sub> O)	242	209	165	236	761	0,78
	- Anteil der Holzsubstanz	kg/m <sup>3</sup> (TS-Anteil bei x % H <sub>2</sub> O)	167	125	132	118	700	0,78
	- Anteil des Wassers	kg/m <sup>3</sup> (H <sub>2</sub> O-Anteil bei x % H <sub>2</sub> O)	85	84	33	118	61	0,00
Verhältniszahl m <sup>3</sup> pro t FS	m <sup>3</sup> FS	4,1	4,8	6,1	4,2	1,3	1,282,1	
Aschenfall	Aschengehalt (Schätzwert)	% (Gewicht, TS)	5,00	1,50	1,00	6,00	6,00	0,00
	Aschendichte (Schätzwert)	kg/m <sup>3</sup>	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Preis pro Einheit	Geben Sie hier wahlweise in einem der Eingabefelder den Brennstoffpreis ein, es erfolgt eine sofortige Umrechnung in die weiteren Einheiten!	Euro/t TS (t-turo)	150,00	166,67	196,85	63,89	206,52	743,59
	Makros aktivieren!	Euro/t FS (t-turo)	97,50	100,00	50,00	31,95	190,00	743,59
		Euro/m <sup>3</sup> FS	23,58	20,85	90,00	7,53	123,51	0,53
		Euro/MWh	30,54	34,54	28,33	13,90	39,57	60,84
	Euro/GJ	8,48	9,60	7,67	3,86	10,99	16,90	
Anlegendaten	Brennstoffbedarf pro Jahr	MWh/a	1,500	1,500	1,500	1,050	0	0
	Brennstoffanteil	%	10%	10%	10%	70%	0%	0%
	Brennstoffvolumen	m <sup>3</sup> FS/a	2,602	2,48	2,23	1,937	0	0
	Brennstoffgewicht	t TS/a (t-turo)	319	31	29	228	0	0
	Brennstoffgewicht	t FS/a (t-turo)	592	47	52	37	457	0
	Aschengewicht (Schätzwert)	t/a	21	2	1	0	18	0
	Aschenvolumen (Schätzwert)	m <sup>3</sup> a	30	2	1	0	26	0
	Brennstoffkosten pro Jahr	Euro/a	44,389	4,581	5,182	20,036	14,590	0
	Brennstoff Mischpreis	Euro/MWh	29,59					

Die Berechnungsvorlage wurde nach bestem Wissen und Gewissen erstellt. Fehler können aber dennoch nicht ausgeschlossen werden. Der Autor übernimmt keinerlei Haftung!

Erstellt von DI Kasimir P. Nemesstohy & Bernhard Lang, Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency, Mariahilfer Straße 136, 1150 Wien, www.energieagentur.at

Letztes Up-date: Juni 2016, DI M. Höber, Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency

Copyright klimaaktiv energieholz / Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency



Dachverband  
**Biomasseheizwerke**  
West

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.



Klaus Engelmann, MSc  
Landwirtschaftskammer Steiermark

[klaus.engelmann@lk-stmk.at](mailto:klaus.engelmann@lk-stmk.at)

