

Holzhackschnitzel lagern

Untersuchung zu Qualitätsveränderungen und Energieverlusten

von THERESA MENDEL und NICOLAS HOFMANN: **Die Lagerung von Holzhackschnitzeln wird in der Praxis oft als Puffer zwischen Brennstoffanfall und -verbrauch angewendet. Jedoch können bei der Lagerung von frischen Hackschnitzeln hohe Energieverluste auftreten. In groß angelegten Freilandversuchen wurde die Hackschnitzellagerung von zwei Sortimenten untersucht: Waldrestholz und Energierundholz. Hackschnitzel von Waldrestholz zeigten höhere Verluste als von Energierundholz. Der höhere Feinanteil verursachte einen verstärkten Abbau durch Mikroorganismen. Eine starke Trocknung der Hackschnitzel kann diese Verluste zum Teil kompensieren. Zudem kann ein Regenschutz zur Vermeidung von Wiederbefeuchtung durch Niederschlag einen positiven Effekt auf die Lagerung haben.**

Waldholz für die energetische Nutzung fällt ganzjährig an. Durchforstungsmaßnahmen, Käferbefall oder Sturmereignisse bedingen die Menge und den Zeitpunkt des Anfalls. In Bayern sind es jährlich knapp fünf Millionen Schüttraummeter (Srm) Waldhackschnitzel [1]. Dabei ist der Zeitpunkt des Brennstoffanfalls und der -verwertung bzw. des Verbrauchs oft entkoppelt. Als Puffer zum Ausgleich spielt daher die Lagerung von Hackschnitzeln eine wichtige Rolle. Bei der Lagerung von frischen Waldhack-

schnitzeln besteht jedoch auch ein Verlustrisiko. Durch den Abbau organischer Substanz aufgrund von Mikroorganismen (v. a. Pilze und Bakterien) kann sich die Brennstoffqualität verschlechtern und die nutzbare Energiemenge verringern.

Das vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF) geförderte Projekt „Qualitätserhaltende Hackschnitzellagerung“ startete 2014 und ist ein Gemeinschaftsprojekt der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) und des Technologie- und Förderzentrums (TFZ). Ziel war es, umfassende Verfahrensdaten zur Lagerung und Qualitätssicherung von Hackschnitzeln zu erarbeiten. Hierfür wurden Freilandversuche durchgeführt, welche sich an der typischen Lagerungspraxis in Bayern orientierten.

Infobox: Holzhackschnitzel

Als Holzhackschnitzel, Hackschnitzel oder Hackgut bezeichnet man gehackte, holzartige Biomasse in Form von Stücken mit einer festgelegten Partikelgröße (5–50 mm), vorwiegend hergestellt durch den Einsatz von Trommelhackern oder Scheibenradhackern.

Qualitativ hochwertige Hackschnitzel zeichnen sich durch folgende Kriterien aus:

- geringer Wassergehalt
- geringer Feinanteil
- gleichmäßige Kantenlängen zur Verbesserung der Fließ- und Fördereigenschaften
- geringer Anteil an überlangen Partikeln
- saubere Schnittstellen und geringe Faser- oder Rindenbeschädigung zur Verringerung der spezifischen Oberfläche der Hackschnitzel
- kein Bodenmaterial und keine Steine

Weitere Informationen unter:

www.tfz.bayern.de/festbrennstoffe

Hackschnitzel – klimafreundlich und nachhaltig

Das Heizen mit Holz hat eine lange Tradition. Auch heute ist Holz der bedeutendste Energieträger unter allen Erneuerbaren. Der Anteil der Biomasse an allen erneuerbaren Energieträgern Bayerns beträgt derzeit circa 60 Prozent [2]. Holz kann nicht nur klimaschonend erzeugt werden, sondern ist auch speicherbar und gilt bei der Verbrennung als nahezu CO₂-neutral. Zudem ist es dezentral verfügbar und fördert die regionale Wertschöpfung. In den letzten Jahren hat daher die Zahl der Hackschnitzelheizungen stark zugenommen [3]. Um mögliche Umweltbelastungen, z. B. CO- oder Staubemissionen, die bei der Verbrennung entstehen, zu minimieren, wurde bereits 2010 die 1. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (1. BImSchV) novelliert, deren zweite Stufe am 1. Januar 2015 in Kraft getreten ist. Durch strengere Emissionsgrenzwerte für alle Festbrennstofffeuerungen unter 1 000 kW stellt die Verordnung Anlagenbetreiber und Kesselhersteller vor neue



mit kann es in diesem Wassergehaltsbereich zu einem starken Abbau der organischen Substanz und zu einem Verlust an Trockenmasse kommen. Erst unterhalb eines Wassergehalts von circa 20 Prozent sind Hackschnitzel lagerstabil, d. h. in diesem Bereich ist kein weiterer Abbau zu erwarten [5].

■ Bild 1: Waldrestholz hackschnitzel (a) und Energierundholz hackschnitzel (b) (Fotos: Nicolas Hofmann, LWF)

Herausforderungen. Zum Erreichen der Grenzwerte spielt neben der optimalen Einstellung und Bedienung der Anlage auch die Qualität der eingesetzten Hackschnitzel eine wichtige Rolle. Für einen emissionsarmen Betrieb benötigen insbesondere kleine Anlagen unter 100 kW, wie sie im privaten Bereich häufig zu finden sind, eine gute und gleichbleibende Brennstoffqualität [4].

Niedriger Wassergehalt verringert Verluste

Der Wassergehalt von Hackschnitzeln ist der wichtigste Qualitätsparameter. Er kann sich auf den Heizwert, die Lagerfähigkeit, die Schüttdichte, die Verbrennungstemperatur sowie auf die Lieferpreise auswirken [5]. Der Wassergehalt von frisch geschlagenem Holz liegt in einem Bereich von 45 bis zu mehr als 50 Prozent [6]. Dieser ist für kleine Hackschnitzelheizungen, wie sie im privaten Bereich zu finden sind, zu hoch. Daher müssen Hackschnitzel vor ihrem Einsatz in der Feuerungsanlage zunächst getrocknet werden. Dies kann gezielt über eine Trocknungsanlage erfolgen, z. B. mittels Abwärme aus der Biogasanlage oder über die natürliche Trocknung während der Lagerung [7]. Bei der Lagerung von frischen Hackschnitzeln kommt es zu einer Eigenerwärmung der Lagermiete. Durch den Metabolismus von Pilzen und Bakterien kann die Temperatur in Lagermieten innerhalb weniger Tage sehr stark ansteigen [5, 8]. Bei einem Wassergehalt zwischen 30 und 50 Prozent können Pilze optimal wachsen. So-

Aschegehalt und Partikelgröße

Weitere Qualitätsparameter von Hackschnitzeln sind unter anderem der Aschegehalt und die Partikelgrößenverteilung. Qualitativ hochwertige Hackschnitzel verfügen über einen geringen Aschegehalt, d. h. einen geringen Anteil an anorganischem Material und gleichzeitig einen geringen Anteil an Feinmaterial (kleine Äste, Nadeln, Blätter) und überlangen Partikeln [4, 7]. Die Partikelgröße des Brennstoffs sollte zudem gleichmäßig und homogen sein. Ein hoher Feinanteil bietet Mikroorganismen einen guten Nährboden, aufgrund leicht verfügbarer Nährstoffe und einer hohen spezifischen Oberfläche. Dies kann bei der Lagerung von frischen Hackschnitzeln eine erhöhte Abbaurate verursachen.

Hackschnitzelsortimente im Vergleich

Gegenstand der Untersuchung waren zwei Hackschnitzelsortimente, die in Bayern im Wald am häufigsten anfallen (siehe Bild 1): Waldrestholz hackschnitzel (aus Kronenmaterial)



■ Bild 2: Lagerungsversuche mit zwei Energierundholz mieten (links) und zwei Waldrestholz mieten (rechts), jeweils abgedeckt und offen gelagert (Foto: Fabian Schulmeyer, LWF)

und Energierundholzhackschnitzel (aus dünnen Stammabschnitten geringer Qualität). Beide Sortimenten stammten jeweils fast ausschließlich von Nadelbäumen.

Hackschnitzel aus Waldrestholz besitzen im Vergleich zu Hackschnitzeln aus Energierundholz einen hohen Anteil an Nadeln und kleinen Ästen. Dieser kann in kleinen Anlagen zu Problemen führen. Waldrestholzhackschnitzel sind daher eher für größere Heiz(kraft)werke geeignet. Energierundholzhackschnitzel sind dagegen nicht nur optisch, sondern auch aufgrund ihrer Brennstoffqualität hochwertiger und homogener. Dieses Sortiment ist, einen niedrigen Wassergehalt vorausgesetzt, auch für Kleinfeuerungsanlagen gut geeignet.

Mit den genannten zwei Sortimenten wurden zwei Lagerungsversuche durchgeführt: Ein Winterversuch (November 2014 bis April 2015) und ein Sommerversuch (Mai bis Oktober 2015). Es wurden dabei jeweils vier Hackschnitzellagermieten aufgeschüttet mit einem Volumen von circa 200 Srm, je zwei Mieten stammten aus frischem Energierundholz und zwei Mieten aus frischem Waldrestholz. Zusätzlich wurde der Einfluss eines Regenschutzes auf die Qualität und Verluste untersucht (siehe Bild 2).

Während der beiden Lagerungsversuche wurden insgesamt mehr als 1 000 Hackschnitzelproben gewonnen und auf ihre Brennstoffqualität und Trockenmasseverluste hin untersucht und ausgewertet. Temperatursensoren in jeder Lagermiete zeichneten über den gesamten Lagerverlauf kontinuierlich die Wärmeentwicklung in den Hackschnitzeln auf.

Temperaturverlauf zeigt mikrobielle Aktivität

Die Waldrestholzmieten zeigten eine deutlich höhere Eigenwärmung als die Energierundholzmieten. Die Temperatur innerhalb der Waldrestholzmieten stieg binnen weniger Tage auf über 60 °C, wohingegen die Energierundholzmieten ein deutlich niedrigeres Temperaturniveau aufwiesen,

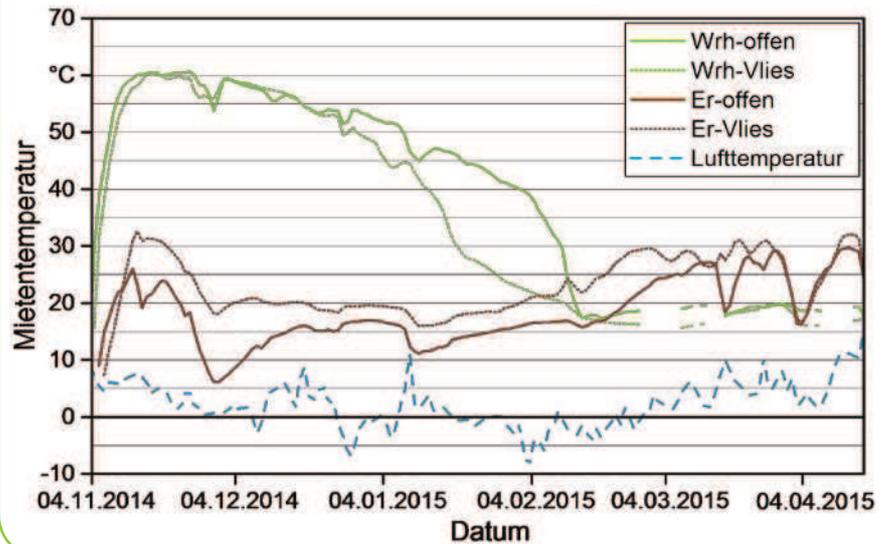


Abbildung 1: Mittlere gemessene Mietentemperaturen der Lagermieten während der Winterlagerung (Wrh = Waldrestholz, Er = Energierundholz)

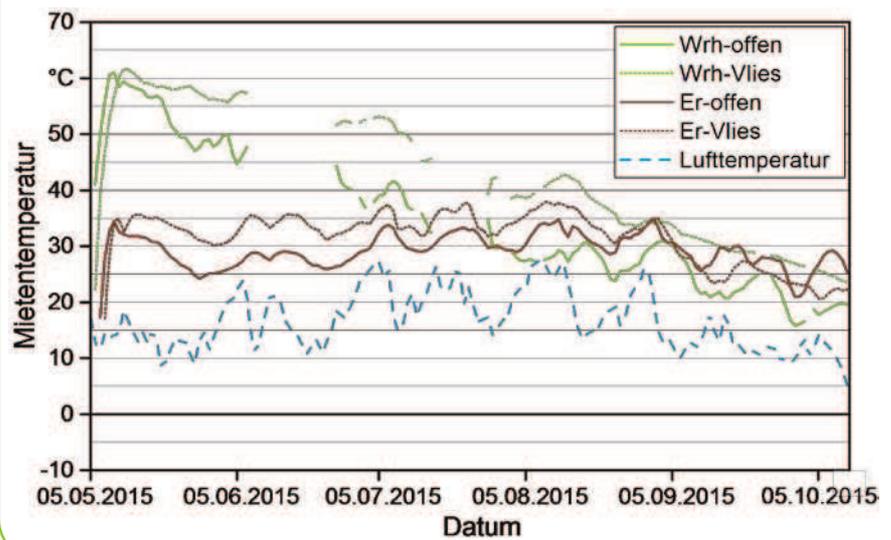


Abbildung 2: Mittlere gemessene Mietentemperaturen der Lagermieten während der Sommerlagerung (Wrh = Waldrestholz, Er = Energierundholz)

mit Temperaturen, die um die 20 bis 30 °C schwankten (siehe Abbildung 1 und 2).

Der Grund für die stärkere Erwärmung ist vor allem der hohe Feinanteil bei den Waldrestholzhackschnitzeln. Dieser führt nicht nur zu einer geringeren Durchlüftung innerhalb der Lagermiete, sondern auch zu stärkeren Abbauprozessen [9]. Diese spiegeln sich auch in den gemessenen Trockenmasseverlusten wider (siehe Tabelle 1). Die Waldrestholzmieten zeigten sowohl über den Sommer als auch über den Win-

ter höhere Verlusten als die Mieten aus Energierundholz. Das Vlies hatte im Winter keinen eindeutig nachweisbaren Einfluss auf den Trockenmasseabbau. Im Sommer allerdings verursachte es bei der Miete aus Waldrestholzhackschnitzeln durch einen Wärmestau eine stärkere Zersetzung.

Gute Trocknung im Sommer – geringe im Winter

Der Winter 2014/15 kennzeichnete sich durch typische Klimabedingungen für die Region. Die Veränderung des Wassergehalts der Lagermieten war insgesamt gering. Nur bei der Waldrestholzmiete, die mit einem Vlies abgedeckt war, konnte eine Trocknung festgestellt werden. Die hohe Eigenerwärmung und der Schutz vor Niederschlag verursachte eine Verringerung des Wassergehalts um 13,8 Prozentpunkte nach fünf Lagermonaten (siehe Tabelle 1).

Der Sommer 2015 war deutlich wärmer und trockener im Vergleich zu vorangegangenen Jahren. Diese Bedingungen führten zu einer starken Trocknung aller Lagermieten. Beste Trocknungseffekte wurden bei den beiden abgedeckten Lagermieten festgestellt (siehe Tabelle 1). Die Hackschnitzel erreichten nach einer Lagerung von fünf Monaten einen Wassergehaltsbereich, wie er für Anlagen im mittleren Leistungsbereich > 100 und < 1 000 kW geeignet ist und vom Kesselhersteller häufig vorgegeben wird (≤ 35 Prozent).

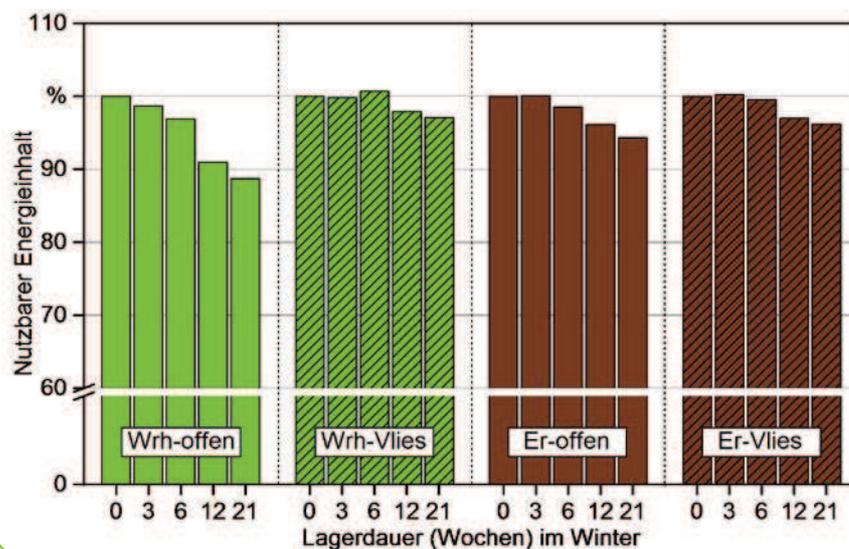


Abbildung 3: Nutzbarer Energieinhalt der Lagermieten während der Winterlagerung 2014/15 (Wrh = Waldrestholz, Er = Energierundholz)

Energiegewinn durch starke Trocknung

Für den Verbraucher stellt sich vor allem die wichtige Frage, wie viel Energie am Ende der Lagerung noch zur Verfügung steht. Der nutzbare Energieinhalt ist dabei eine wichtige Kenngröße. Er errechnet sich aus den Trockenmasseverlusten, dem Wassergehalt und dem wasserfreien Heizwert. Der Zeitpunkt der Einlagerung stellt 100 Prozent dar. Neben dem Aschegehalt und der Partikelgrößenverteilung schwankte auch der wasserfreie Heizwert sowohl im Sommer als auch im Winter nur geringfügig. Haupteinfluss auf das Ergebnis haben somit die Trockenmasseverluste und Trocknungseffekte während der Lagerung.

Im Winter wurden nach fünf Monaten beziehungsweise nach 21 Wochen bei allen Lagermieten Energieverluste festgestellt (siehe Abbildung 3). Die gemessenen Trockenmasseverluste und gleichzeitig eine geringe oder ausbleibende Trocknung sind hierfür als Grund zu nennen. Die höchsten Verluste in der nutzbaren Energie wurden bei der Waldrestholzmiete ohne Vliesabdeckung festgestellt (-11,3 Prozent). Diese Miete zeigte gleichzeitig die höchsten Trockenmasseverluste. Bei den abgedeckten Lagermieten waren die Veränderungen dagegen während des gesamten Lagerzeitraums eher gering (< 5 Prozent).

Lagerzeitraum, Hackschnitzelsortiment, Regenschutz		Wassergehalt (%)		TM-Verluste (%) nach 5 Monaten
		Einlagerung	nach 5 Monaten (Δ)	
Winter	Wrh – offen	51,1	52,7 (+1,6)	7,8
	Wrh – Vlies	50,7	36,9 (-13,8)	8,0
	Er – offen	56,6	58,7 (+2,1)	3,4
	Er – Vlies	55,1	52,8 (-2,3)	4,2
Sommer	Wrh – offen	50,4	34,1 (-16,3)	7,0
	Wrh – Vlies	56,8	34,2 (-22,6)	11,1
	Er – offen	47,9	36,5 (-11,4)	6,8
	Er – Vlies	53,2	31,0 (-22,2)	6,9

Wrh = Waldrestholz, Er = Energierundholz

Tabelle 1: Mittlerer Wassergehalt und mittlere Trockenmasse(TM)-verluste der vier Lagermieten bei den Winter- und Sommersversuchen (Δ = Änderung im Vergleich zum Ausgangswassergehalt)

Im Sommer waren die Veränderungen des nutzbaren Energieinhalts vor allem in den ersten Lagerwochen bei allen Lagermieten positiv. Die starken Trocknungseffekte kompensierten dabei die teils sehr hohen Trockenmasseverluste. Somit kam es zu einem Gewinn in der nutzbaren Energie um wenige Prozentpunkte. Beste Ergebnisse wurden bei der Energierundholzmitte mit Vliesabdeckung erzielt. Nach zwölf Lagerwochen wurde hier ein maximaler Gewinn an Energie von 4,6 Prozent festgestellt (siehe Abbildung 4).

Zusammengefasst können somit im Winter bei Waldrestholzmiten ohne Regenschutz die höchsten Energieverluste erwartet werden. Bei kürzerer Lagerdauer könnte der Energieinhalt jedoch zu einem gewissen Maße erhalten werden. Im Sommer hingegen müssen höhere Trockenmasseverluste erwartet werden, welche aber durch ein besseres Trocknungsvermögen kompensiert werden können. Daher ist eine verlustarme Lagerung hinsichtlich des Energieinhalts im Sommer auch bei einer längeren Lagerdauer möglich.

Das Projekt „Qualitätserhaltende Hackschnitzellagerung“ ist seit September 2016 abgeschlossen. Alle Ergebnisse dieses Projekts werden in Kürze in einem TFZ-Bericht zum kostenlosen Download auf www.tfz.bayern.de erscheinen.

Literatur

- [1] WEIDNER, U.; HIENDLMEIER, S.; ZENKER, M.; BORCHERT, H.; FRIEDRICH, S.; SCHULMEYER, F.; LEUCHTWEIS, C. (2016): Energieholzmarkt Bayern 2014. Abschlussbericht. Freising
- [2] BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND MEDIEN, ENERGIE UND TECHNOLOGIE (2016): Bayerisches Energieprogramm – für eine sichere, bezahlbare und umweltverträgliche Energieversorgung. Download unter: www.stmwi.bayern.de
- [3] FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E. V. (2015): Hackschnitzelheizungen 2015 – Was muss aktuell beachtet werden. Download unter: mediathek.fnr.de
- [4] KUPTZ, D. & HARTMANN, H. (2014): Qualität aus Bayern – Physikalische Eigenschaften von Waldhackschnitzeln nach DIN EN 17225. LWF aktuell Jg. 21, Nr. 6. S. 8–11.
- [5] HARTMANN, H. (2016): Lagerung biogener Festbrennstoffe, Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken

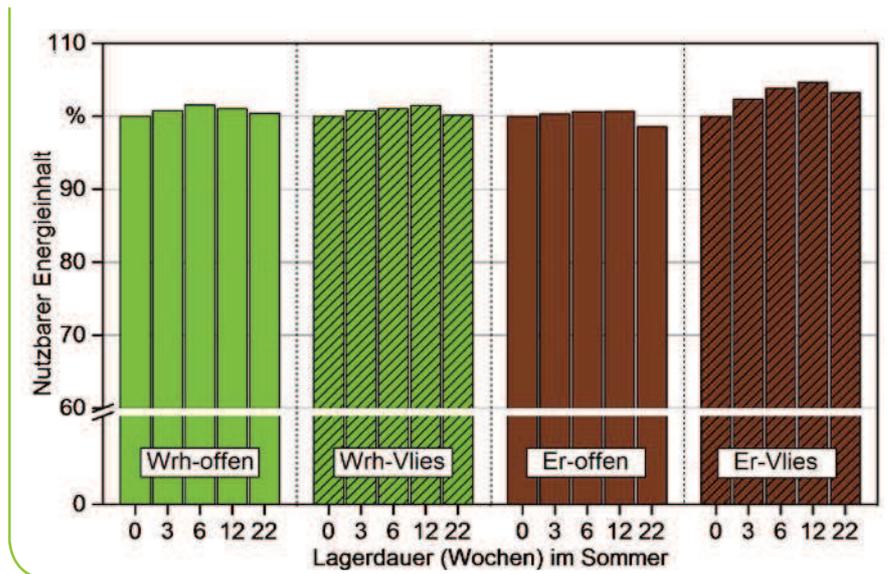


Abbildung 4: Nutzbarer Energieinhalt der Lagermieten während der Sommerlagerung 2015 (Wrh = Waldrestholz, Er = Energierundholz)

und Verfahren, 3rd Edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. S. 533–564.

- [6] KUPTZ, D.; SCHULMEYER, F.; HÜTTL, K.; DIETZ, E.; TURROWSKI, P.; ZORMAIER, F.; BORCHERT, H. & HARTMANN, H. (2015): Optimale Bereitstellungsverfahren für Holzhackschnitzel. Berichte aus dem TFZ, Nr. 40. Download unter: www.tfz.bayern.de
- [7] NEUHOF, I.; MERGLER, F.; ZORMAIER, F.; WEINERT, B. & HÜTTL, K. (2012): Hackschnitzel richtig lagern! Merkblatt 11. Freising: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Download unter: www.lwf.bayern.de
- [8] SCHOLZ, V.; IDLER, C.; DARIES, W. & EGERT, J. (2004): Lagerung von Feldholzhackgut – Verluste und Schimmelpilze. Agritechnische Forschung 11, Heft 4. S. 100–113.
- [9] JIRJIS, R. (2005): Effects of particle size and pile height on storage and fuel quality of comminuted *Salix viminalis*. Biomass and Bioenergy 28, S. 193–201.

THERESA MENDEL

TECHNOLOGIE- UND FÖRDERZENTRUM
IM KOMPETENZZENTRUM FÜR
NACHWACHSENDE ROHSTOFFE
theresa.mendel@tfz.bayern.de



NICOLAS HOFMANN

LANDESANSTALT FÜR WALD UND
FORSTWIRTSCHAFT
nicolas.hofmann@lwf.bayern.de

