

# Qualität aus Bayern

## Physikalische Eigenschaften von Waldhackschnitzeln nach DIN EN ISO 17225

Daniel Kuptz und Hans Hartmann

**Waldhackschnitzel werden aus einer Vielzahl an Rohmaterialien und mit einer Reihe an unterschiedlichen Verfahren produziert. Dementsprechend weit streut die Qualität dieses Brennstoffs. Für den reibungslosen Betrieb der Feuerungsanlagen müssen jedoch bestimmte Qualitätseigenschaften bei Waldhackschnitzeln eingehalten werden. Orientierung bietet hier die seit 2014 gültige Brennstoffnormenreihe um die DIN EN ISO 17225. LWF und TFZ haben die Bandbreite möglicher Brennstoffqualitäten von Waldhackschnitzeln analysiert, hinsichtlich verschiedener energetischer Verwertungswege bewertet und Optimierungsempfehlungen für die Praxis erstellt.**

Die Brennstoffqualität von Waldhackschnitzeln ist aufgrund der Fülle an möglichen Rohmaterialien und Aufbereitungsverfahren sehr variabel. Je nach Hackholzsortiment befinden sich unterschiedliche Anteile an Nadeln, Blättern und Rinde im Brennstoff. Der aus Energierundholz hergestellte, qualitativ hochwertige »Premiumhackschnitzel«, auch »Weiße Hackschnitzel« oder »Weiße Ware« genannt, steht dabei dem klassischen »Waldrestholz«-Hackschnitzel gegenüber (Abbildung 1). Weiterhin beeinflussen die verwendeten Maschinen, die Prozesseinstellungen oder die Arbeitsweise im Wald die Brennstoffeigenschaften. Obwohl die Qualität von Waldhackschnitzeln somit sehr stark streut, stellt sie für viele Produzenten und Konsumenten immer noch einen eher untergeordneten Punkt dar. Vor allem Kleinfeuerungsanlagen unter 100 Kilowatt (kW) sind jedoch für den reibungslosen Betrieb auf möglichst gleichbleibende, fest definierte Brennstoffqualitäten angewiesen. Somit kommt es regelmäßig zu Konflikten zwischen Produzenten und Betreibern. Die Ansprüche an einen sauberen, qualitativ hochwertigen Brennstoff werden langfristig wei-

ter steigen, da die 2. Stufe der Ersten Bundesimmissionsschutzverordnung (1. BImSchV), welche für Neuanlagen ab 2015 in Kraft tritt, die Anforderungen an das Emissionsverhalten der Kessel deutlich erhöht.

Die Brennstoffqualität von Waldhackschnitzeln wird anhand einer Reihe von physikalischen und stofflichen Eigenschaften definiert (Hartmann 2009): Erstes entscheidendes Qualitätsmerkmal ist der Wassergehalt der Brennstoffe. Dieser hat direkten Einfluss auf die tatsächlich nutzbare Wärmemenge. Das im Brennstoff befindliche Wasser muss bei der Verbrennung unter Einsatz von Wärmeenergie verdampft werden. Der Wassergehalt beeinflusst auch das Emissionsverhalten der Anlage und die Lagerfähigkeit der Brennstoffe. Weitere physikalische Qualitätsmerkmale sind die Qualität und der Gehalt an Asche, der Heizwert sowie die Partikelgröße und die Partikelform. Letztere beeinflussen maßgeblich das Fließverhalten der Schüttgüter, z. B. durch Verstopfung der Förderschnecken oder durch Brückenbildung im Lager (Hinterreiter 2010).

### Brennstoffspezifikation nach ISO Norm

Die Brennstoffqualität von Waldhackschnitzeln lässt sich mit Hilfe internationaler Normen beschreiben. Seit 2014 gilt dabei die Normenreihe um die DIN EN ISO 17225, welche die bisher gängigen Brennstoffnormen (DIN EN 14961, ÖNorm M7133) ersetzt. Teil 1 der Norm (DIN EN ISO 17225-1) legt generelle Spezifikationen zu biogenen Festbrennstoffen und eine Einteilung möglicher Rohmaterialien fest. Für die gezielte Verwendung von Holzhackschnitzel in Kleinfeuerungsanlagen gilt Teil 4 der Norm (DIN EN ISO 17225-4). In Teil 4 der Norm werden folgende drei Korngrößenklassen P16S, P31S und P45S definiert (Tabelle 1). Der Klassenname beschreibt die jeweilige Hauptfraktion. Für die Größenklasse P16S zum Beispiel müssen mindestens 60 % der Hackschnitzelmasse (Ma %) eine Größe zwischen 3,15 und 16 mm aufweisen. Außerdem wurden Anforderungen für den maximalen Feinanteil, den zulässigen Grobanteil, die maximale Partikellänge und die maximale Querschnittsfläche der Teilchen festgelegt. Neben der Korngrößenverteilung werden in der DIN EN ISO



Foto: D. Kuptz

Abbildung 1: Für jede Feuerung geeignet? Hackschnitzel aus Waldrestholz (hier Fichte) haben hohe Anteile an Nadeln, Rinde und Ästen.

Tabelle 1: Größenklassen für Holzhackschnitzel nach DIN EN ISO 17225-4

Größenklasse	Hauptfraktion ≥ 60 % Ma.-%	Feinanteil, Ma.-% ≤ 3,15 mm	Grobanteil, Ma.-%	Maximale Länge	Maximale Querschnittsfläche
P16S	3,15 mm ≤ P ≤ 16 mm	≤ 15 Ma.-%	≤ 6 Ma.-% > 31,5 mm	≤ 45 mm	≤ 2 cm <sup>2</sup>
P31S	3,15 mm ≤ P ≤ 31,5 mm	≤ 10 Ma.-%	≤ 6 Ma.-% > 45 mm	≤ 150 mm	≤ 4 cm <sup>2</sup>
P45S	3,15 mm ≤ P ≤ 45 mm	≤ 10 Ma.-%	≤ 10 Ma.-% > 63 mm	≤ 200 mm	≤ 6 cm <sup>2</sup>

17225-4 vier Qualitätsklassen beschrieben (A1, A2, B1 und B2). Für jede Klasse gelten bestimmte Anforderungen hinsichtlich des verwendeten Rohmaterials, wobei Waldholz als naturbelassener Rohstoff für alle vier Qualitätsklassen zulässig ist. Weiterhin werden für jede der vier Klassen Anforderungen an die physikalischen Brennstoffeigenschaften (Wassergehalt, Aschegehalt, Heizwert und Schüttdichte) sowie an die stofflichen Brennstoffeigenschaften, d. h. an die Elementkonzentrationen (nur Klasse B1 und B2), gemacht. Informationen zur Verwendung von Holzhackschnitzeln in Kleinfeuerungsanlagen enthält das TFZ-Merkblatt »Brennstoffspezifikation von Qualitätshackschnitzeln«.

Die Spezifikationen der DIN EN ISO 17225-4 sind vor allem für Betreiber oder Hersteller kleinerer Feuerungsanlagen interessant (Tabelle 2). Brennstoffe der Klassen A1 und A2 werden hauptsächlich in privaten Hackschnitzelfeuerungen bis circa 100 kW verbrannt. Auch für die Verwendung von Holzhackschnitzeln in Festbettvergäsern, sogenannte »Holzvergaser«, eignet sich die Klasse A1 und A2, wobei jedoch die Größenverteilung der Hackschnitzel nach Teil 1 der Norm angepasst werden sollte. Die Klassen B1 und B2 sind eher für kleinere gewerbliche und kommunale Wärmenetze bis circa 1 Megawatt (MW) thermischer Leistung zu empfehlen. Für Anlagen über 1 MW sind die Spezifikationen der DIN EN ISO 17225-4 oft zu streng. Hier gelten daher oft eigene Qualitätsvereinbarungen, die auf Basis des Teils 1 der Norm beschrieben werden können (vgl. DIN EN ISO 17225-1).

Grundsätzlich gilt: Die Verwendung der Hackschnitzelnorm DIN EN ISO 17225-4 ist freiwillig. Eine gesetzliche Verpflichtung besteht nicht.

Tabelle 2: Empfohlene Brennstoffqualität für unterschiedliche Anlagen

Anlagentyp	Empfohlene Brennstoffqualität
Kleinfeuerungsanlage (< 100 kW)	DIN EN ISO 17225-4, Klasse A1 und A2, Größenklasse P16S, P31S oder P45S
Festbettvergaser (alle Klassen)	DIN EN ISO 17225-4, Klasse A1 und A2, oder Größenklasse nach DIN EN ISO 17225-1
Kleines Heizwerk (bis ca. 1 MW)	DIN EN ISO 17225-4, Klasse B1 und B2, Größenklasse P31S und P45S
Heiz- (Kraft-) Werk (ab 1 MW)	Individuell nach DIN EN ISO 17225-1

### Feldstudien zur Brennstoffqualität

In einem 2014 abgeschlossenen Forschungsvorhaben untersuchten die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) und das Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) die Bereitstellung von Holzhackschnitzeln und erstellten daraufhin Empfehlungen für die Praxis. Die Ergebnisse des vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BayStMELF) geförderten Projektes werden Ende 2014 in der Schriftenreihe des TFZ unter dem Titel »Optimale Bereitstellungsverfahren für Holzhackschnitzel« veröffentlicht. Die Untersuchungen zur Brennstoffqualität von Waldhackschnitzeln werden im Folgenden kurz zusammengefasst.

Im Rahmen von Feldstudien hat das TFZ zahlreiche Hackschnitzelproben aus Waldrestholz (n = 23), Vollbäumen (n = 2) und Energierundholz (n = 13) gewonnen und auf ihre physikalische Brennstoffeigenschaft hin analysiert. Zu diesen zählen der Wassergehalt, der Aschegehalt, der Heizwert, die Schüttdichte sowie Partikelgröße und Partikelform. Die Ergebnisse wurden anhand der DIN EN ISO 17225 (Teil 1 und Teil 4) sowie hinsichtlich der verwendeten Rohmaterialien (Baumart, Sortiment) und Maschineneinstellungen (Messerschärfe, Siebkorbeinsatz, etc.) bewertet.

### Waldfrisches Material muss je nach Anwendung getrocknet werden

Der Wassergehalt erntefrischer Waldhackschnitzeln lag im Mittel bei 49 Ma.-% (Massenprozent). Höchste Wassergehalte wurden für Hackschnitzel aus Nadelholz gemessen. Während größere Heizwerke mit Wassergehalten von 50 Ma.-% in der Regel problemlos klar kommen, benötigen kleine Feuerungsanlagen häufig Wassergehalte < 25, bzw. < 35 Ma.-% (Klasse A1 und A2 nach DIN EN ISO 17225-4). Hackschnitzel aus frisch geerntetem Rohmaterial müssen daher je nach Anwendungsfall getrocknet werden.

Die Trocknung erfolgt in der Praxis häufig über natürliche Trocknungsverfahren, z. B. bei der Lagerung der Hackschnitzel in großen Schüttungen. Hierbei erfolgt die Trocknung durch die Erwärmung der Umgebungsluft im Haufwerk aufgrund mikrobieller Abbauprozesse, was mitunter sehr hohe Trockenmasseverluste von 20 bis 40 % über die gesamte Lagerdauer zur Folge hat (Pecenka 2013). Daneben werden Hackschnitzel mittels technischer Belüftungsverfahren, z. B. unter Zuhilfenahme kostengünstiger Abwärme an Biogasanlagen, getrocknet. Dies bedeutet jedoch für den Hersteller immer einen zusätzli-

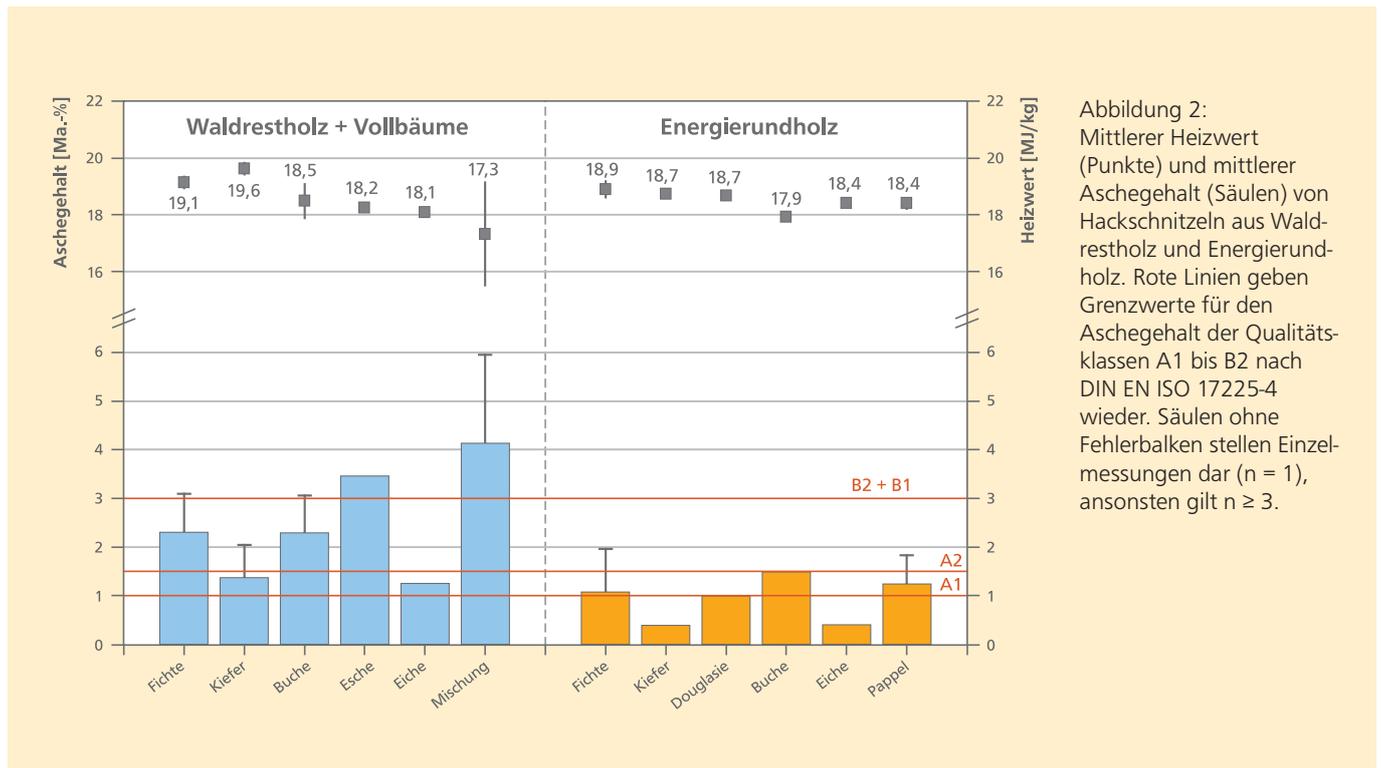


Abbildung 2: Mittlerer Heizwert (Punkte) und mittlerer Aschegehalt (Säulen) von Hackschnitzeln aus Waldrestholz und Energierundholz. Rote Linien geben Grenzwerte für den Aschegehalt der Qualitätsklassen A1 bis B2 nach DIN EN ISO 17225-4 wieder. Säulen ohne Fehlerbalken stellen Einzelmessungen dar (n = 1), ansonsten gilt n ≥ 3.

chen Einsatz an Energie und Arbeitskraft. Eine dritte Möglichkeit stellt die Trocknung im ungehackten Zustand dar. Hierbei wird das Hackholz im Frühjahr geerntet und bis zur kommenden Heizperiode, d.h. über den Zeitraum eines Sommers, am Feldrand gelagert. Der Wassergehalt kann so auf Werte von circa 31 Ma.-% reduziert werden. Trockenmasseverluste wurden dabei nicht bilanziert, sollten jedoch aufgrund der geringeren Oberfläche im Vergleich zu den feinen Partikeln im Haufwerk stark minimiert sein. Die Trocknung während der Lagerung im ungehackten Zustand kann somit zur Erhöhung der Brennstoffqualität empfohlen werden. Sie schließt sich jedoch unter bestimmten Voraussetzungen aus, z. B. aufgrund möglicher Brutstätten für den Borkenkäfer in Kronenmaterial von Fichte-Waldrestholz. Ein direkter, experimenteller Vergleich von der Lagerung im gehackten und ungehackten Zustand erfolgt seit 2014 im LWF/TFZ-Forschungsvorhaben »Qualitätserhaltende Hackschnitzellagerung«.

**Rohmaterial bestimmt Heizwert und Aschegehalt**

Der Heizwert der untersuchten Proben lag zwischen 16,0 und 19,8 MJ/kg (Mega-Joule/kg) (Abbildung 2). Maximale Heizwerte wurden für Waldrestholz aus Nadelbäumen gemessen. Dies lässt sich auf hohe Anteile an Harz und Lignin in der Nadelholz-Biomasse zurückführen. Sehr niedrige Heizwerte waren vornehmlich durch hohe Anteile an nichtbrennbarem Material im Brennstoff bedingt.

Der Aschegehalt der Proben hing hauptsächlich vom Holzsortiment ab. Waldrestholz wies z.B. Aschegehalte von 0,8 bis 5,4 Ma.-% auf. Energierundholz zeigte deutlich niedrigere Werte von 0,4 bis 1,7 Ma.-% (Abbildung 2). Hohe Anteile an Rin-

de, Nadeln und Blätter im Brennstoff führen bei der Verbrennung zu hohen Aschegehalten, da in diesen Pflanzenpartien der Anteil an Spurenelementen für den Pflanzenmetabolismus stark erhöht ist. Die meisten dieser Elemente gehen bei der Verbrennung nicht über den Schornstein verloren, sondern verbleiben in der Asche. Hohe Gehalte bestimmter Elemente, z. B. Chlor oder Kalium, führen dabei mitunter zu erheblichen Problemen für die Feuerungen, z.B. aufgrund von Korrosion der Anlagen, erhöhte Schlackebildung im Feuerungsraum oder hohe Feinstaubemissionen. Qualitätshackschnitzel für Kleinfeuerungsanlagen sollten daher niedrige Aschegehalte von 1 bis 1,5 Ma.-% aufweisen (Klasse A1 und A2 nach DIN EN ISO 17225-4). Folglich kann nur Energierundholz für die Produktion der Klasse A1 und A2 empfohlen werden, wohingegen die meisten der übrigen Sortimente zumindest für die Produktion von Hackschnitzeln der Klasse B (< 3 Ma.-%) einsetzbar sind. Hier sind eventuell weitere Aufbereitungsschritte, z. B. die Siebung der Hackschnitzel, vonnöten. Sollte der Aschegehalt jedoch deutlich über 3 Ma.-% liegen, kommen hauptsächlich größere Heiz(kraft-)werke ab 1 MW thermischer Leistung in Frage.

**Eintrag von Mineralboden ist zu vermeiden**

Einzelprouben aus Waldrestholz wiesen deutlich höhere Aschegehalte als die übrigen Proben auf (> 10 Ma.-%). Solch hohe Gehalte an Asche sind nicht mehr als rohstoffbedingt anzusehen, sondern deuten auf eine Verschmutzung der Proben mit Mineralboden hin. Die Hypothese wird gestützt durch sehr hohe Siliziumgehalte in den entsprechenden Proben. Der Eintrag von Mineralboden kann sowohl in der Vorkette im Wald, d. h. beim Fällen und Rücken der Bäume, aber auch durch un-



Fotos: D. Kuptz

Abbildung 3: Die Messerschärfe beeinflusst maßgeblich die Partikelform, den Feinanteil und die maximale Partikellänge: Links mit werkneuen Messern produzierte Hackschnitzel, rechts mit stumpfen Messern produziertes Schredderholz. Die Bilder geben Extreme eines stationären Hackversuches wieder. Die Qualität von Waldhackschnitzeln liegt, je nach Abnutzungsgrad der Messer und anderen Maschineneinstellungen, z. B. der Art des Austragsystems, meist dazwischen.

sachgemäße Kranarbeit beim Hacken erfolgen. Da sich durch Bodenmaterial nicht nur der Aschegehalt, sondern auch der Gehalt an verbrennungstechnisch kritischen Elementen erhöhen kann, ist bei der gesamten Bereitstellung auf eine saubere Arbeitsweise zu achten (siehe Beitrag Dietz, Kuptz, Blum, S. 12 in diesem Heft).

### Verwendung scharfer Messer wird empfohlen

Die Anforderungen an die Größenverteilung für Qualitäts-hackschnitzel nach DIN EN ISO 17225-4 konnte nur in 36 % der Fälle erfüllt werden (Klasse P31S und P45S). Meist konnten die Hackschnitzel aufgrund hoher Feinanteile, aber auch aufgrund der maximalen Partikellänge keiner der vorgegebenen Klassen zugeordnet werden. Wenn hochwertige Hackschnitzel (P31S bzw. P45S) anfielen, waren diese besonders häufig aus Energierundholz mit scharfen Messern erzeugt worden (Abbildung 3). Hackschnitzel aus Waldrestholz oder aus Vollbäumen waren dagegen für Premiumhackschnitzel meistens nicht geeignet. Zu beachten ist, dass der Produktionsprozess im Wald vielerlei Einflüssen unterworfen ist und dass trotz der genannten optimalen Produktionsbedingungen (Energierundholz, scharfe Messer) weitere Faktoren, z. B. der Erfahrungsgrad des Maschinenführers (Leerlaufen der Hackertrommel, etc.) oder Verschmutzungen der Proben mit Mineralboden in der Vorkette, die Größenverteilung der Hackschnitzel negativ beeinflussen können. Im Fall ungünstiger Rohmaterialien kann der Brennstoff durch weitere Aufbereitungsschritte, z. B. durch Siebung der Hackschnitzel auf die gewünschte Größenverteilung gebracht werden.

### Empfehlungen für die Praxis

Für die Produktion hochwertiger Hackschnitzel konnte eine Vielzahl an Empfehlungen erstellt werden. So bietet sich die gezielte Nutzung ausgewählter Sortimenten (z.B. Energierundholz) und die Trocknung des Rohmaterials vor dem Hacken an. Daneben wirken sich stumpfe Messer und Verschmutzungen des Rohmaterials mit Mineralboden negativ auf die Brennstoffqualität aus. Für die Produktion von Qualitätshackschnitzeln ist es daher erforderlich, dass die gesamte Bereitstellungskette von der Holzernte bis zum Transport der Hackschnitzel ins Heizwerk einem sinnvollem Qualitätsmanagement unterzogen wird.

Für die Produktion von Hackschnitzeln für Großfeuerungen (thermische Leistung > 1MW) spielt die Qualität dagegen eine deutlich geringere Rolle. Die Nutzung von Förderbändern anstelle von Förderschnecken stellt niedrigere Anforderungen an die Stückigkeit der Brennstoffe. Auch sind die Kessel und Filteranlagen auf höhere Anteile verbrennungskritischer Elemente ausgelegt. Für große Heizwerke sollte das Material jedoch nicht zu trocken sein. Auch bieten sich trotz geringerer Anfälligkeit der Anlagen ein niedriger Aschegehalt und ein niedriger Anteil nicht-brennbarer Fremdkörper an, da somit mehr Energie pro Tonne Schüttgut bereitgestellt wird.

Die Brennstoffqualität sollte sich gezielt nach der Anlage richten. Der Einsatz von Premiumhackschnitzel in großen Heiz(kraft-)werken würde einen unnötiger Mehraufwand bedeuten (Siebung, Trocknung). Ein solch hochwertiger Brennstoff kann sinnvoller in Kleinf Feuerungsanlagen verwendet werden. Umgekehrt ist die Nutzung von Waldrestholz hackschnitzeln geringerer Qualität in Kleinf Feuerungsanlagen zu vermeiden.

### Literatur

- Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN) (2014): DIN EN ISO 17225-1. Feste Biobrennstoffe – Brennstoffspezifikationen und -klassen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen. Englische Fassung. Berlin: Beuth-Verlag, 60 S.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN) (2014): DIN EN ISO 17225-4. Feste Biobrennstoffe – Brennstoffspezifikationen und -klassen – Teil 4: Einteilung von Holz hackschnitzeln. Englische Fassung. Berlin: Beuth-Verlag, 11 S.
- Hartmann, H. (2009): Brennstoffzusammensetzung und -eigenschaften. In: Kaltschmitt, M., Hartmann, H., Hofbauer, H. (2009): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. 2. Edition. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer-Verlag, S. 277-332
- Hinterreiter, S. (2010): Bestimmung und Einflussgrößen der Brückenbildung bei der Lagerentnahme von biogenen Festbrennstoffen. Dissertation, TU München, 166 S.
- Pecenka, R.; Lenz, H.; Idler, C.; Daries, W.; Ehlert, D. (2013): Efficient harvest and storage of field wood for profitable production of bioenergy from short rotation coppice. Beitrag zur 21. European Biomass Conference & Exhibition, 3–7 Juni 2013, in Kopenhagen, 5 S.

Dr. Daniel Kuptz und Dr. Hans Hartmann arbeiten im Sachgebiet »Biogene Festbrennstoffe« des Technologie- und Förderzentrums im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) in Straubing. Dr. Kuptz ist Bereichsleiter für den Bereich »Brennstoffbereitstellung«, Dr. Hartmann leitet das Sachgebiet.  
Daniel.Kuptz@tfz.bayern.de; Hans.Hartmann@tfz.bayern.de