

Mirko Lindner, Siegfried Firus, André Grosa und Thomas Herlitzius

# Konzept für ein Gesamtverfahren der Energieholzproduktion aus Kurzumtriebsplantagen – Teil 2

Kurzumtriebsplantagen (KUP) mit schnellwachsenden Baumarten gewinnen in Deutschland an Bedeutung. In Landtechnik 1.2011 konnte ein Teil der aktuellen Forschungs- und Entwicklungsprojekte auf dem Gebiet der KUP des Lehrstuhls Agrarsystemtechnik an der TU Dresden dargestellt werden. In diesem zweiten Teil soll auf die Erntetechnik und die daran anschließende Trocknung und Lagerung von Holzhackschnitzeln (HHS) näher eingegangen werden, da sie maßgeblichen Einfluss auf deren Qualität haben. Zu den bestehenden Problemen werden Lösungsansätze formuliert, Untersuchungen beschrieben und der weitere Entwicklungsbedarf beleuchtet.

## Schlüsselwörter

Kurzumtriebsplantage, Energieholzproduktion, Holzhackschnitzel

## Keywords

Short rotation coppice, energy wood production, wood chips

## Abstract

Lindner, Mirko; Firus, Siegfried; Grosa, André and Herlitzius, Thomas

## Conception of the technology of wood production from short rotation coppice – Part 2

Landtechnik 66 (2011), no. 2, pp. 96-99, 3 figures, 1 table, 4 references

Short rotation coppices (SRC) of fast-growing tree species are becoming more and more important in Germany. Already in the issue 1.2011 of Landtechnik a part of the current research and development projects in the field of SRC at the professorship of agricultural machines of the Technische Universität Dresden were presented. In this second part the importance of harvesting, drying and storage of wood chips will be shown in detail, as they have significant influence on the chip quality. Possible solutions, studies and required developments will be highlighted to existing problems.

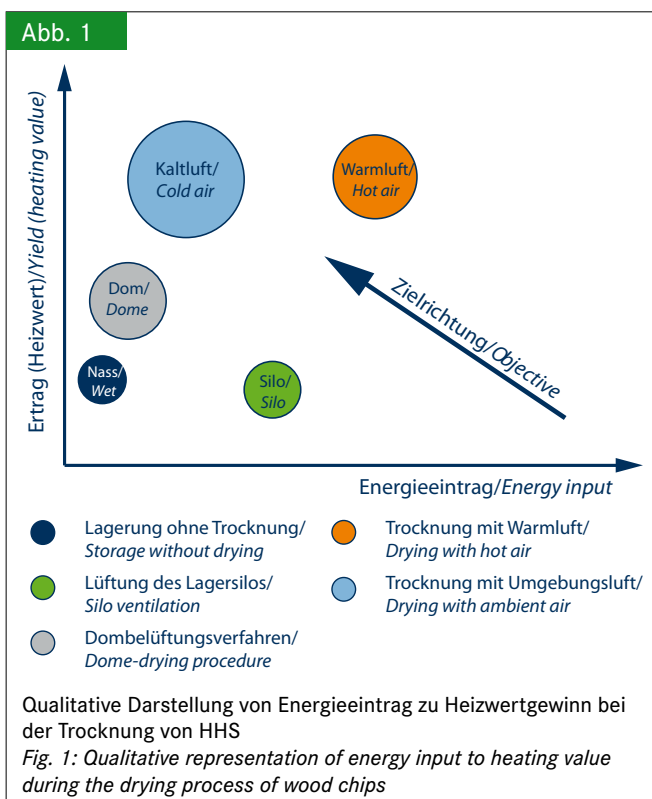
Die Vielzahl der in Erprobung befindlichen Verfahren zur Ernte von KUP zeigt, dass eine Reihe von Problemen in der Ernte sowie in den nachgelagerten Prozessen bis zur thermischen Nutzung nicht befriedigend gelöst sind. Die in mehrjährigen Abständen geernteten Pappeln und Weiden, gegebenenfalls auch Robinien, haben als Stockausschläge nur Ruten- bis Stangenform. Deshalb ist eine stoffliche Nutzung dieses Materials, bis auf wenige Ausnahmen, zurzeit noch nicht in Sicht. Demzufolge sollte die Lösung einer Erntetechnologie, auch unter dem Gesichtspunkt eines landwirtschaftlichen Produktionszweiges [1], die Form der energetischen Wandlungsverfahren im Auge behalten. Die am weitesten verbreiteten Verfahren der mechanisierten Beschickung von Feuerungs- oder Vergasungsanlagen basieren auf kleinstückigem Holz; diesen Anforderungen werden Holzhackschnitzel gerecht. Speziell bei Kleinfeuerungsanlagen (thermische Leistung < 100 kW) werden diesbezüglich die höchsten Qualitätsanforderungen gestellt.

## Einfluss verschiedener Parameter auf die Hackschnitzelqualität

Nach stichprobenartigen Messungen besteht das Pappelmaterial aus KUP zu 28–32 % aus Rinde; selbst ein 4-jähriger Pappelleinzelbaum von 7,5 m Höhe weist 29 % Rinde auf. Bei einer 2-jährigen Weide von 5,3 m Höhe wurden hingegen nur 22,5 % Rinde festgestellt. Es ist verständlich, dass dieses Gemisch aus Holz und mit Nährstoffen (insbesondere Kohlenhydraten) angereicherter Rinde unmittelbar nach der Zerkleinerung zu Hackschnitzeln (1,5–3 cm Hacklänge) einer biologischen Zersetzung des Rindenanteils ausgesetzt ist. Zuerst kommt es zu einer Erwärmung durch Atmung, sodass auch bei niedrigen Temperaturen kurzfristig durch eine mikrobielle Umsetzung und Bildung von Schimmelpilzen eine Zersetzung erfolgt. Auf

diese Weise sind die nach Scholz [2] angegebenen Masseverluste von etwa 30 % bei einer Lagerung derartiger Hackschnitzel ohne systematische Trocknung erklärbar. Um jegliche biologische Aktivität zu unterbinden, ist eine schnelle Abtrocknung auf < 30 % Wassergehalt erforderlich. Nur dann kann eine Lagerstabilität mit geringstem Masseverlust erreicht werden. Für diesen Zweck kommt eine technische Zwangsbelüftung in Frage. Grobe Hackschnitzel sind hierbei zu bevorzugen, da sie einen geringeren Druckverlust verursachen. Infolgedessen kann der Energiebedarf nicht nur beim Trocknen, sondern auch beim Erzeugen (Hacken) von groben Hackschnitzeln minimiert werden, weil die Anzahl der Schnittvorgänge reduziert wird. Bei der Auswahl der Verfahrenskette sind die einzelnen Verfahrensschritte aufeinander abzustimmen.

Die Erzeugung grober Hackschnitzel mit einer mittleren Länge von 5 cm erweist sich als guter Kompromiss zwischen Ernte-, Trocknungs- und Fördertechnik. Wie von Firus und Belter [3] und weiteren Autoren festgestellt wird, steigen jedoch mit zunehmender Hackschnitzellänge auch die Anteile überlanger Stücke an. Um der Forderung nach geringstem Überlängenanteil nachzukommen, wird aktuell am Lehrstuhl Agrarsystemtechnik ein Forschungsprojekt bearbeitet, das die Ursachen ermitteln und Lösungen erarbeiten soll. Ziel ist die Entwicklung und Erprobung eines Erntemaschinenkonzeptes als Anbaumaschine für Traktoren. Bisher führte bei Feldhäckseln der bauartbedingte waagerechte Einzug der geschnittenen Pappel- oder Weidenstangen in das Häckselwerk zu Problemen. Diese werden bei dem Entwicklungskonzept durch einen weitgehend senkrechten Einzug des Materials gelöst.



## Trocknung und Lagerung

Vorrangiges Ziel muss es sein, das geerntete Material so zu trocknen und zu lagern, dass Verluste und Qualitätseinbußen so gering wie möglich gehalten werden. Auf Basis der bekannten Lösungen zur Trocknung können die Trocknungsergebnisse unter energetischen Aspekten wie folgt abgeschätzt werden (**Abbildung 1**). Die Größe des dargestellten Trocknungsverfahrens gibt qualitativ das Verhältnis von Aufwand und Nutzen wieder.

Die Lagerung ohne Behandlung führt zu Masseverlusten und damit zu Energieverlusten. Bei den zur Verfügung stehenden Trocknungsverfahren wurde für die Versuche die aus der Landwirtschaft bereits bekannte Kaltbelüftung genutzt, weil so bei geringem Energieeinsatz und guten Trocknungserfolgen große Massen Erntegut in kurzer Zeit getrocknet werden können. Eine Trocknung von erntefrischem Hackgut aus KUP mittels Umgebungsluft, also ohne zusätzliche Wärmeenergie, und damit unabhängig von einer verfügbaren Wärmequelle, wurde unter praktischen Bedingungen versuchsweise durchgeführt. Hierfür wurde ein Probenbehälter mit quadratischem Querschnitt und einem Probenvolumen von 0,65 m<sup>3</sup> bei 1,75 m Füllhöhe mittels Radialventilator mit Umgebungsluft beaufschlagt (**Abbildung 2**).

Mit einer auf den leeren Probenbehälter bezogenen Geschwindigkeit von 0,07 m/s ergibt sich eine Luftwechselrate von 144 m<sup>3</sup>/h je m<sup>3</sup> Hackschnitzel. Der Druckverlust je Schütthöhenmeter betrug bei Grobhackschnitzeln nur 35 Pa.

**Abbildung 3** zeigt den mit Datenloggern registrierten Verlauf der Temperatur und der Luftfeuchte (8 Messwerte pro Tag) sowie den errechneten Wassergehalt der Hackschnitzelprobe, resultierend aus der mittels Kraftsensor gemessenen Massereduzierung. Die daraus berechnete Trocknungsgeschwindigkeit zeigt deren Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte der Um-

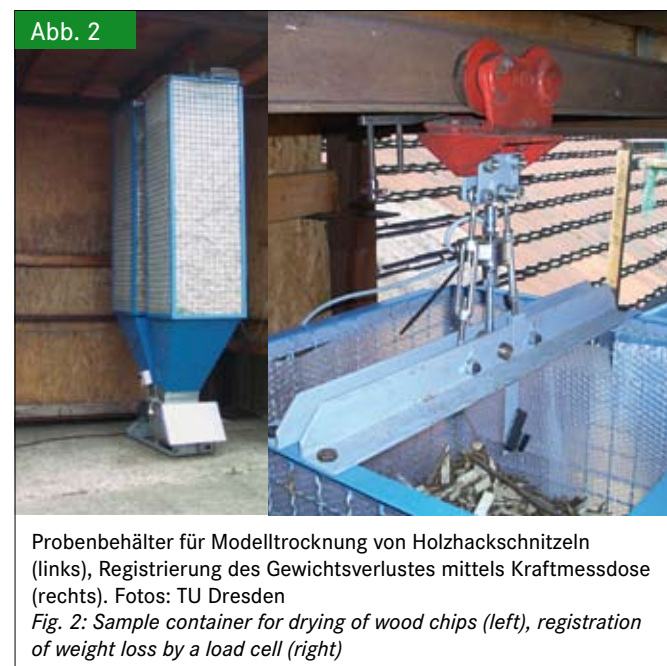
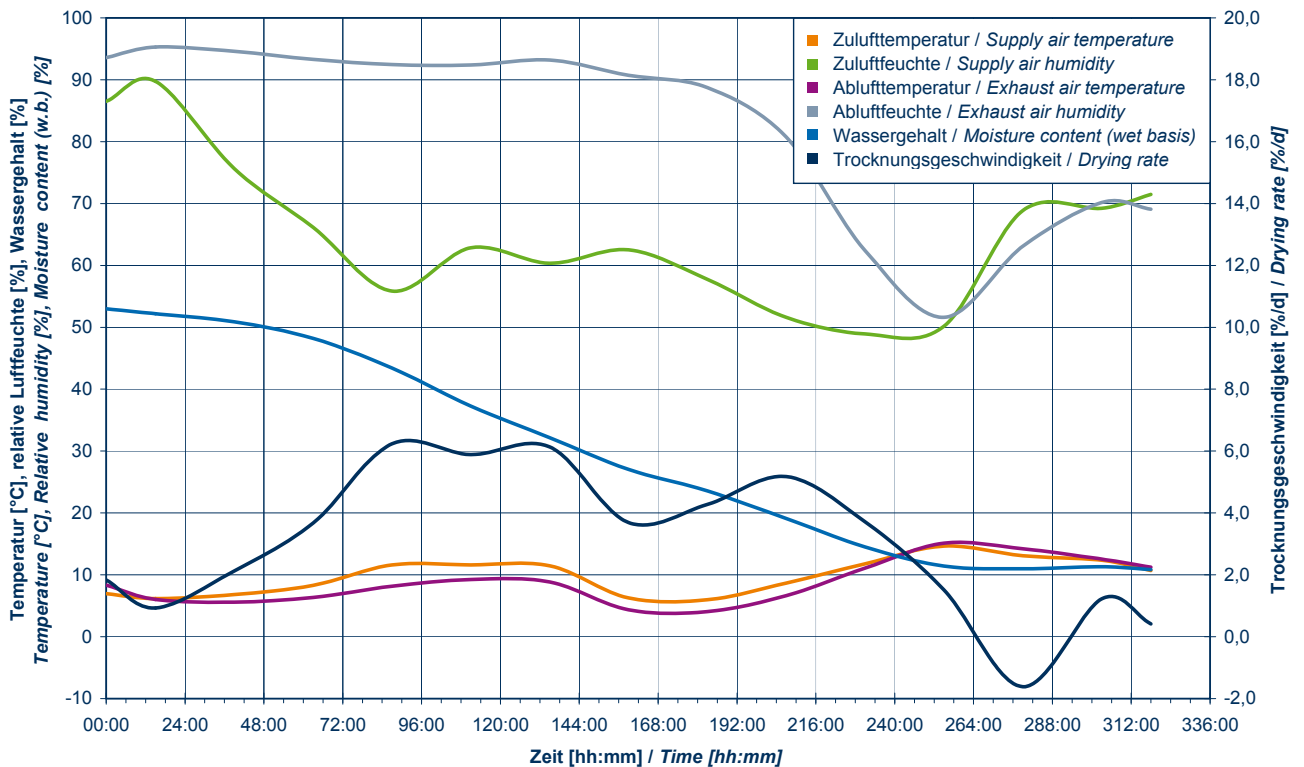


Abb. 3



Trocknungsverlauf von Holzhackschnitzeln (Pappel, Grobhackstücke)  
 Fig. 3: Drying process of wood chips (poplar, chunky pieces)

gebungsluft („Zuluftfeuchte“) sowie den deutlichen Abfall bei Erreichen des Fasersättigungspunktes von etwa 30 % Wassergehalt, obwohl die Luftfeuchte sich kaum änderte. Diese hohe Trocknungsgeschwindigkeit wurde erreicht, obwohl die Tagesmitteltemperaturen deutlich unter 10 °C lagen.

Praktisch nutzbar ist dieses Verfahren am ehesten, wenn eine Hackschnitzel-Miete, die in zweckmäßiger Weise aufgeschüttet wurde, mit einem zentralen Belüftungskanal auf einer ebenen, befestigten Fläche belüftet wird. Für eine ungehinderte Entnahme der trockenen Hackschnitzel ist der Kanal teleskopartig aufgebaut und soll vorher eingezogen werden. Ein Modellexperiment im Linear-Maßstab 1:4 (Volumen 1:64) zeigt, dass das ganze Volumen gleichmäßig durchströmt wird. Somit ist die Trocknung großer Mengen, wie sie im Erntezeitraum anfallen, möglich. Ein Masseverlust durch biologische Aktivitäten kann auf diese Weise wirksam unterbunden werden. Die Energiebilanz zeigt **Tabelle 1**.

Die Kosten für eine unmittelbar nach der Ernte notwendige Trocknung zur Sicherung der Qualität können abgeschätzt werden. Dazu zeigt die Lagerung unter Dach, mit der Möglichkeit der Qualitätssicherung und weiteren Aufbereitung, z. B. gegenüber der Lagerung nach dem Dombelüftungsverfahren, keine Kostennachteile. Der Grund ist, dass bei letzterem höhere Arbeitskosten und Logistikaufwand sowie Materialverbrauch und Masseverlust des Erntegutes zu Buche schlagen.

## Aufbereitung

Wenn mit der gegenwärtig verbreiteten Hackschnitzel-Technologie Restholz und minderwertiges Rundholz aufgearbeitet werden, fällt die Qualität gegenüber Industriebackschnitzeln deutlich ab. Diese mindere Qualität, mit einem großem Anteil an sehr feinen Partikeln und zudem belastet mit Pilzsporen, wird mit Blick auf einen günstigen Brennstoffpreis toleriert. Diese Hackschnitzelqualitäten sind aber in Feuerungsanlagen geringerer Leistung (< 100 kW) aus vielfältigen Gründen, nicht nutzbar.

Holzhackschnitzel in guter Qualität sollen nach der Trocknung durch eine Aufbereitung erzeugt werden, insbesondere werden Feinanteile abgesiebt und Überlängen abgeschieden. Als Teil des laufenden Forschungsprojektes werden neue Lösungen zur zielgerichteten Fraktionierung von Holzhackschnitzeln entwickelt. Die gegenwärtig verfügbaren Maschinen erfüllen die spezifischen Anforderungen nicht [4].

## Weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten

Im Rahmen der aktuellen Projekte werden:

- weitere Arbeiten an der Erntemaschine auf Basis der Erkenntnisse der einjährigen Erfahrungen erfolgen
- Untersuchungen zur Kaltlufttrocknung im Maßstab 1:1 durchgeführt
- die Arbeiten zur Aufbereitung weitergeführt

Tab. 1

Energiebilanz der Trocknung von Holzhackschnitzeln mit Kaltluft

Table 1: Energy balance for air dried wood chips

Parameter/ Parameter	Wert/ Value	Energiebilanz/ Energy result
Netzleistung Radiallüfter/ Radial fan grid power	0,1 kW	
Lagerstabilität erreicht bei/ Storage stability aim	Unter 30 % Wassergehalt/ Less than 30 % water content	
Energieverbrauch für Belüftung/ Energy consumption for ventilation		<b>14,4 kWh</b>
Masse der Hackschnitzelproben/ Mass of the wood chip samples	82 kg atro	
Frischmasse/ Mass of raw material	190,7 kg	Heizwert/Heating value 333,7 kWh
Getrocknete Masse/ Mass of dried material	117,1 kg	Heizwert/Heating value 374,7 kWh Heizwertgewinn/Heating value profit 41,0 kWh
Verlustminderung gegenüber der unbelüfteten Probe/ Loss reduction compared to the non-dried sample	25 %	Heizwertgewinn/Heating value profit 93,7 kWh
Heizwertgewinn insgesamt/ Profit of total heating value		<b>134,7 kWh</b>
Aufwand zu Gewinn/ Effort compared to profit		<b>1 : 9,3</b>

- konstruktive und betriebstechnische Daten für eine belastbare Kosten-Nutzen-Analyse aus Felderprobenungen ermittelt

Für die folgenden Abschnitte des Gesamtverfahrens sind nach aktuellem Kenntnisstand weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu folgenden Themen notwendig:

- durchgängiges Logistikkonzept für Ernte, Lagerung, Aufbereitung und Vermarktung
- günstigster Ort der Lagerung (Erzeuger, Händler oder Verwerter)
- günstigste Art der Lagerung (Kalt- oder Warmbelüftung, Silo, Miete oder Boxenlager)

### Schlussfolgerungen

Innerhalb der Verfahrenskette rund um die KUP besteht weiterhin ein deutlicher Bedarf an technischen Lösungen innerhalb der einzelnen Verfahrensschritte. Die aufgezeigten Anforderungen an qualitativ hochwertige Holzhackschnitzel und die Einhaltung von Randbedingungen zu Ernte, Trocknung und Lagerung werden momentan von den wenigsten am Markt verfügbaren Verfahren im geforderten Maße erfüllt. Es wäre wünschenswert, dass auch andere Institutionen weitere Ideen verfolgen und umsetzen, sodass letztlich der Anwender mehrere Verfahren zur Auswahl hat.

### Literatur

- [1] Reeg, T. et al. (2009): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Weinheim, Wiley-VCH Verlag
- [2] Scholz, V. et al. (2005): Energieverlust und Schimmelpilzbildung bei der Lagerung von Feldholz- Hackgut. In: Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 39, Hg. Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
- [3] Firus, S.; Belter, A. (1999): Energiesparende Zerkleinerung von Reisig, Rest- und Recyclingholz. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden, Heft 2
- [4] Gierer, D. (2002): Premium-Hackgut. Produktionstechnische Voraussetzungen für die Herstellung hochwertiger Holzbrennstoffe. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 1/2002, Hg. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien

### Autoren

**Dr.-Ing. Siegfried Firus, Dipl.-Ing. André Grosa** und **Dipl.-Ing. Mirko Lindner** sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Lehrstuhl Agrarsystemtechnik der TU Dresden (Leiter: **Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Herlitzius**, ehemaliger Leiter: **Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Bernhardt** (†)), E-Mail: lindner@ast.mw.tu-dresden.de