

# Lagerung von Feldholzhackgut

## Verluste und Schimmelpilzbefall

*Bei der Lagerung von erntefrischen Holzhackschnitzeln in unbelüfteten Haufen entwickeln sich insbesondere Schimmelpilze, die in wenigen Wochen zu erheblichen Trockenmasseverlusten führen und darüber hinaus ein arbeitshygienisches Risiko darstellen. Durch Versuche in klein- und großtechnischem Maßstab wird der dominante Einfluss der Hackschnitzellänge auf Temperatur- und Trocknungsverlauf sowie auf die Schimmelpilzentwicklung und Masse- und Energieverluste bei der Langzeitlagerung von Feldholzhackgut nachgewiesen und quantifiziert.*

Dr.-Ing. Volkhard Scholz und Dr. rer. nat. Christine Idler sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam; e-mail: [vscholz@atb-potsdam.de](mailto:vscholz@atb-potsdam.de)

Dipl.-Ing. Werner Daries war im Rahmen der nachfolgend vorgestellten Untersuchungen in diesem Institut beschäftigt. Dr. rer. nat. Johannes Egert ist Geschäftsführer des Büros für Holzschutz und Wohnraumhygiene in Potsdam. Das Vorhaben wurde mit Mitteln der FNR e.V. / des BMVEL gefördert.

**Referierter Beitrag der LANDTECHNIK, die Langfassung finden Sie unter LANDTECHNIK-NET.com.**

### Schlüsselwörter

Holzhackschnitzel, Lagerung, Verluste, Schimmelpilze, schnellwachsende Baumarten

### Keywords

Wood chips, storage, loss, mould fungi, short rotation crops

### Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 05411 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Die Nachfrage nach Holzhackschnitzeln ist in den letzten Jahren erheblich gestiegen. Um den Bedarf langfristig decken zu können, bietet sich der Anbau von schnellwachsenden Baumarten, wie Pappeln und Weiden, auf landwirtschaftlichen Flächen an. Für die Ernte dieser Feldgehölze wird die Schüttgutlinie favorisiert, bei der die Bäume in einem Arbeitsgang gefällt und gehackt werden. Die so produzierten Hackschnitzel sind auf Grund des hohen Wassergehaltes von 50 bis 60 % allerdings nur begrenzt lagerfähig. Bei der Lagerung in Schüttungen verursachen Mikroorganismen, insbesondere Schimmelpilze, innerhalb weniger Tage hohe Temperaturen und wirtschaftlich relevante Masse- und Energieverluste [1]. Außerdem kann der Schimmelpilzbefall eine arbeitshygienisch bedenkliche Größenordnung erreichen [2].

### Material und Methoden

Für die Lagerversuche wurden mit Motorsägen gefällte 2- bis 8-jährige Kurzumtriebspappeln und -weiden bis zu einem Brusthöhendurchmesser von 120 mm sowie Kiefern verwendet. Der Wassergehalt betrug 50 bis 60%. Das Hackgut wurde mit vier verschiedenen Hackern erzeugt und hatte eine mittlere Länge (Medianwert) von 16 bis 156 mm (HS 16 bis HS 156), was einer mittleren Sieblochweite von etwa 10 bis 80 mm entspricht.

Es wurde in folgenden Behältern oder Haufen gelagert:

- Lagersilos a 1,5 m<sup>3</sup>, bestehend aus zylindrischen PU-Hartschaumdämmkörpern (h = 2,0 m) mit Regenschutz
- Lagerboxen a 10 m<sup>3</sup>, bestehend aus quaderförmig angeordneten, wärmeisolierten Betonplatten (h = 2,5 m) mit Regenschutz
- Lagerhaufen a 18 m<sup>3</sup> bis 2000 m<sup>3</sup>, bestehend aus frei aufgeschütteten Dreiecksmieten (h = 3...6 m) mit und ohne Regenschutz (Bild 1)

Die Messung der Temperatur erfolgte in jeweils vier bis fünf Ebenen mit eingebetteten PT 100-Fühlern und Mini-Dataloggern oder mit 1,20 m langen elektronischen Mienthermometern. Die Trockenmasseverluste wurden mit Hilfe von Bilanzbeuteln er-

mittelt. Je Lagertyp (Silo, Box, Haufen) wurden insgesamt sechs bis 66 Bilanzbeutel in drei bis sechs Ebenen angeordnet.

Die Bestimmung der Zahl der Schimmelpilze erfolgte nach der indirekten Methode. Dazu werden keimarm zerkleinerte Holzstücke (~ 1 cm<sup>3</sup>) in 180 ml Ringerlösung ausgeschüttelt, dekadisch verdünnt und auf Malzextraktagar mit Chloramphenicolzusatz sowie auf DG 18 Agar aufgespatelt. Die DG 18 Platten werden nach 7-tägiger Inkubation bei 20°C (mesophile Pilze) und die Malzextrakt-Platten nach 1- bis 2-tägiger Inkubation bei 37 °C (thermophile Pilze) ausgewertet und morphologisch unterschiedliche Kolonien identifiziert [1]. Die Messung der Sporenkonzentration der Schimmelpilze in der Luft erfolgte in Anlehnung an die Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe TRBA 430 [3].

### Temperatur- und Trocknungsverlauf

Die mittlere Temperatur in Holzhackguthaufen zeigt einen charakteristischen Verlauf. Unmittelbar nach der Einlagerung steigt sie sprunghaft an und erreicht nach zehn bis 30 (50) Tagen ihren Maximalwert von 60 °C, dessen Höhe im Wesentlichen von Schüttvolumen, Oberfläche, Umgebungstemperatur und insbesondere von der Hackschnitzelgröße bestimmt wird. 100 bis 150 Tage nach der Einlagerung (Ende Januar) erreicht sie ein deutlich niedrigeres Niveau und fällt danach sukzessive auf Umgebungstemperatur



Bild 1: 70 m<sup>3</sup>-Lagerhaufen am Pappelfeldrand

Fig. 1: 70 m<sup>3</sup> pile at the edge of a poplar field

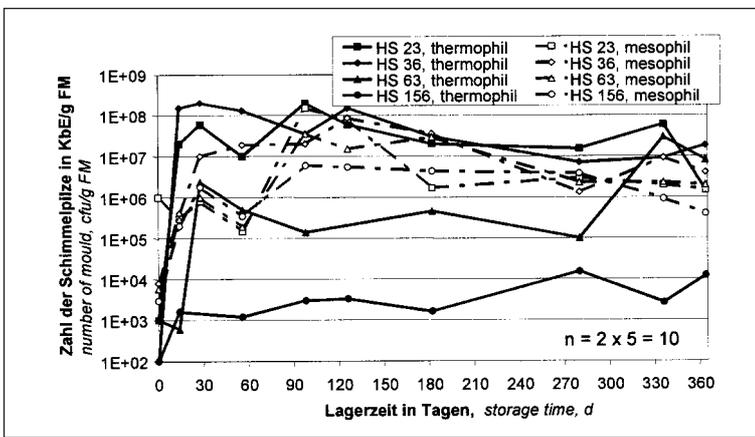


Bild 2: Schimmelpilzentwicklung in 10 m<sup>3</sup>-Schüttungen aus Pappelhackgut unterschiedlicher Länge

Fig. 2: Mould development in 10 m<sup>3</sup> piles of poplar chips of different length

ab [1]. Die Ursache dieser Temperaturerhöhung ist die Wärmeentwicklung infolge der Atmung noch nicht abgestorbener Splintholzzellen (< 40 °C) und infolge der Aktivität von Mikroorganismen, insbesondere von Pilzen (< 60 °C) und Bakterien (< 70 °C).

Die Trocknung der Holzhackschnitzel ist nicht nur von der Haufentemperatur, sondern auch von Anfangswassergehalt und Hackschnitzelgröße abhängig. Sowohl bei Fein- als auch bei Grobhackschnitzeln und sogar bei ganzen Bäumen (Ø < 80 mm) ist die Trocknung nach 100 bis 150 Tagen im Wesentlichen abgeschlossen, also mit dem Ende der Hochtemperaturphase in den Schüttungen. In Folge des hohen Strömungswiderstandes und der hohen Temperatur und der dadurch verursachten Kondensation unter der Haufenoberfläche trocknen Feinhackschnitzel innerhalb eines Jahres kaum unter 30 % ab. Selbst Mittelhackschnitzel (31...50 mm) unterschreiten nur selten diesen Wert. Erst ab Hackschnitzellängen über 60 mm werden Wassergehalte unter 30 % erreicht [1].

### Schimmelpilzentwicklung und Sporemission

Die Entwicklung der Schimmelpilze weist enge Wechselwirkungen zur Temperatur im Holzhackschnitzelhaufen auf. Daher steigt die Anzahl der Pilze analog der Temperatur in den ersten zehn bis 30 (100) Tagen auf den Maximalwert von etwa 10<sup>3</sup> bis 10<sup>8</sup> KbE/g FM, bleibt danach jedoch im Gegensatz zur Temperatur mehr oder weniger konstant und fällt meist nur geringfügig ab (Bild 2). Die Ursache dieser Diskrepanz liegt möglicherweise in der Eigenart der Pilzsporen, unter ungünstigen Wachstumsbedingungen nicht abzusterben, sondern über einen längeren Zeitraum bei verminderter Aktivität in einem Ruhezustand zu verharren und sich zahlenmäßig kaum zu verändern.

Die Anzahl mesophiler Schimmelpilze ist im Bereich von 10°C bis 50°C nicht oder nur geringfügig von der mittleren Haufentemperatur abhängig [1]. Das heißt, bei der Lagerung von Holzhackgut sind die Möglichkei-

ten der Einflussnahme auf die Bildung mesophiler Schimmelpilze begrenzt, das erhöhte Auftreten der thermophilen, also der vorwiegend potenziell humanpathogenen Arten kann jedoch durch Vermeidung von Temperaturen über im Mittel 20 °C bis maximal 35 °C verhindert werden.

Die Verbreitung von Sporen ist von zahlreichen Faktoren abhängig, insbesondere jedoch von Pilzbesatz und Luftgeschwindigkeit [2]. Die bei ungestörten Hackgut-Schüttungen in unterschiedlichen Entfernungen und zu unterschiedlichen Zeitpunkten ermittelte Sporenkonzentration liegt im Bereich von 10<sup>1</sup> bis 10<sup>4</sup> KbE/m<sup>3</sup>. Damit werden die in der Umgebungsluft gemessenen Werte um etwa ein bis zwei Zehnerpotenzen überschritten.

Wird die Haufenstruktur gestört, wie es etwa bei der mechanischen Aus- und Umlagerung des Hackgutes erforderlich ist, kann die Sporenkonzentration in der Luft in Abhängigkeit von der Entfernung kurzzeitig auf Werte von 10<sup>5</sup> bis 10<sup>8</sup> KbE/m<sup>3</sup> ansteigen. Damit wird beispielsweise der technische Kontrollwert (TKW) für biologische Abfallbehandlungsanlagen von 5·10<sup>4</sup> KbE/m<sup>3</sup> für mesophile Schimmelpilze überschritten [4].

### Trockenmasse- und Energieverluste

Bei der Lagerung von Holzhackgut treten Verluste auf, deren Ursache überwiegend den Schimmelpilzen zugeschrieben wird. Wie die Ergebnisse zeigen, liegen die middle-

ren Trockenmasseverluste von unbelüfteten Schüttungen aus erntefrischem Hackgut zwischen 10 % und 30 % pro Jahr. Örtlich, insbesondere in den Randzonen, können sogar Höchstwerte von über 40 % p.a. auftreten. Eine statistisch gesicherte Korrelation zwischen Schimmelpilzbesatz und Trockenmasseverlust ist jedoch nicht ableitbar [1].

Für die Praxis ist weniger der Trockenmasseverlust als vielmehr der Verlust an technisch nutzbarer Energie maßgebend. Sofern keine Brennwerttechnik eingesetzt wird, ergibt sich dieser aus dem Trockenmasse- und Wasserverlust sowie aus der Änderung des unteren Heizwertes, der sich bei Langzeitlagerung jedoch nur wenig verändert [5]. Bei Feinhackschnitzeln HS 16 ist der Energieverlust nahezu mit dem Trockenmasseverlust identisch und beträgt etwa 20 bis 30 % p.a., und bei groben Hackstücken > HS 120 liegt er aufgrund der geringen Trockenmasseverluste und aufgrund des geringen Wassergehaltes im Bereich von - 5 % bis + 5 % p.a. (Bild 3).

### Zusammenfassung

Bei der Lagerung von Feldholzhackgut in unbelüfteten Haufen können Trockenmasseverluste und Schimmelpilze nicht gänzlich vermieden werden. Die Energieverluste und die Bildung gesundheitsgefährdender Pilzspezies können jedoch durch die Wahl des Hackformates auf ein vertretbares Minimum reduziert werden. Die Hackstücke sollten hierfür jedoch eine mittlere Länge von mindestens 100 mm aufweisen.

Nach einem Jahr Lagerung liegen die mittleren Wassergehalte der Schüttungen zwischen 20 % bei Grobhackstücken und bis zu 50 % bei Feinhackschnitzeln. Ein Regenschutz kann insbesondere bei Fein- und Mittelhackschnitzeln die Trocknung erheblich verbessern und Pilzbesatz und Verluste senken. Ein Spaltenboden oder Luftkanal verbessert ebenfalls die Lagerbedingungen, ist aber nur für Hacklängen ab etwa 30 mm effektiv.

Bild 3: Schimmelpilze, Endwassergehalt und Verluste bei der Lagerung von Pappelhackgut in unbelüfteten Haufen

Fig. 3: Mould fungi, end moisture content and losses during storage of chips and chunks from poplar in unventilated piles

