

Loseblatt # 43

TROCKNUNG UND AUFBEREITUNG VON HOLZ AUS AGROFORSTSYSTEMEN

Ralf Pecenka, Hannes Lenz

Trocknung und Aufbereitung von Holz aus Agroforstsystemen

Autoren

Ralf Pecenka, Hannes Lenz

Anschriften und Kontaktdaten

Dr.-Ing. Ralf Pecenka, Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB),
Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam,
e-mail: rpecenka@atb-potsdam.de

Dr. Hannes Lenz, Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB),
Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam,
e-mail: hlenz@atb-potsdam.de

Forschungsprojekt

"Innovationsgruppe AUFWERTEN – Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie"

Projektlaufzeit: 01.11.2014 bis 31.12.2019

URL: <http://agroforst-info.de/>

Förderung und Förderkennzeichen:

Die Förderung des Projektes erfolgte durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenprogramms Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA)

Förderkennzeichen: 033L129

Die Verantwortung für den Inhalt dieses Loseblattes liegt bei den Autoren.

Potsdam, den 14.09.2020

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis	1
Tabellenverzeichnis	1
Zusammenfassung	2
1 Einleitung	3
2 Grundlegende Verfahrensschritte der landwirtschaftlichen Holzproduktion und mögliche Schritte zur Rohstoffaufbereitung	3
2.1 Aufbereitung für die energetische Verwertung	4
2.2 Aufbereitung für die stoffliche Verwertung	5
4 Schlussfolgerungen	8
Literatur	8

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Bereitstellungskette von Holz aus Agroforstsystemen und Einordnung der Aufbereitung für die stoffliche und energetische Verwertung	3
Abbildung 2: Pappelhackschnitzel der Größenklasse P31 und daraus hergestellte Pappelspäne (durch Aufbereitung mit einer Schneidmühle mit 4 mm und 10 mm Sieb)	6
Abbildung 3: Doppelschneckenextruder (Schema; Dittrich et al. 2019)	6
Abbildung 4: Pilotanlage zur Faserstoffgewinnung aus Biomasse mit einem Doppelschneckenextruder am ATB	7
Abbildung 5: Erntefrische Pappelhackschnitzel und daraus hergestellter Faserstoff für Pflanzsubstrate	7
Abbildung 6: Einstreupellets aus Pappelfaserstoff	8

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Aufbereitungsziele und technische Lösungen für die energetische Verwertung	4
Tabelle 2: Überblick über Möglichkeiten der stofflichen Verwertung von Holz aus AFS, relevante Rohstoffanforderungen und Einflussfaktoren	5

ZUSAMMENFASSUNG

Holz aus Agroforstsystemen wird in der Wintersaison überwiegend als Hackschnitzel aber auch als Stammholz geerntet. Hierfür wurden in den letzten Jahrzehnten verschiedene auf land- und forstwirtschaftlicher Technik basierende Erntelösungen und Verfahrensketten entwickelt. Bevor das Holz stofflich oder energetisch genutzt werden kann, muss es i.d.R. je nach der angestrebten Verwertung aufbereitet werden. Dies kann die einfache Lagerung, einhergehend mit natürlicher Trocknung sein, aber auch die weitere Zerkleinerung, das Abtrennen unerwünschter Fraktionen oder gar das Zerfasern in einem Extruder, um Holzfaserstoffe herzustellen. Grundlegend sollte bereits bei der Anlage eines Agroforstsystems (AFS) die spätere Verwertung berücksichtigt werden, um optimale Holzrohstoffe zum Erntezeitpunkt kostengünstig bereitstellen zu können. Dieses Loseblatt versucht aus Verwertungssicht einen grundlegenden Überblick zu typischen Aufbereitungsschritten, technischen Lösungen, Qualitätsfaktoren und möglichen Endprodukten zu geben.

1 EINLEITUNG

Die Produktion von Holz mit schnellwachsenden Gehölzen lässt sich über die gesamte Verfahrenskette in die grundlegenden Schritte Anbau, Ernte, Lagern-Trocknen-Aufbereiten und Verwerten gliedern. Grundlagen zu den zum hier im Fokus stehenden Abschnitt der (Lagerung)/ Trocknung und Aufbereitung vor- und nachgelagerten Prozessschritten werden in anderen Berichten dieser Loseblattsammlung detailliert behandelt. Die Prozessschritte im Abschnitt Lagern-Trocknen-Aufbereiten richten sich nach der späteren Verwertung der Holzrohstoffe im stofflichen und energetischen Bereich (Abb. 1). Die Trocknung und Aufbereitung lässt sich nur begrenzt vom Prozess des Lagerns trennen. Wesentlich ist, dass auch bereits bei der Lagerung nach der Ernte immer auch eine natürliche Trocknung erfolgt und in der Regel sogar gezielt angestrebt wird. Diese Prozesse werden detailliert im **Loseblatt # 42** erörtert und demzufolge hier nur dort behandelt, wo sie in direktem Zusammenhang mit der weiteren Aufbereitung stehen. Ebenso erfolgt bei der Lagerung auch durch unvermeidbare mikrobiologisch-chemische (Abbau-)Prozesse eine indirekte Aufbereitung, verbunden mit zum Teil erheblichen Veränderungen der Rohstoffeigenschaften. Diese Änderungen können nachteilig sein, wie z.B. ein Anstieg des Aschegehalts aufgrund des Abbaus organischer Substanz während der Lagerung. Ebenso kann der Abbau bestimmter Inhaltsstoffe während der Lagerung aber auch für einige Anwendungen positive Effekte haben, wie z.B. ein Absinken des C:N-Verhältnisses in den Hackschnitzeln.

Die grundlegenden Verfahrensschritte und technischen Lösungen für eine gezielte Aufbereitung von Holz aus Agroforstsystemen (AFS) stehen daher im Fokus der folgenden Kapitel.



Abbildung 1: Bereitstellungs-kette von Holz aus Agroforstsystemen und Einordnung der Aufbereitung für die stoffliche und energetische Verwertung

2 GRUNDLEGENDE VERFAHRENSSCHRITTE DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN HOLZPRODUKTION UND MÖGLICHE SCHRITTE ZUR ROHSTOFFAUFBEREITUNG

Je nach angestrebter späterer Verwertung, können oder müssen Holzrohstoffe aus Agroforstsystemen nach der Ernte und Lagerung noch weiter aufbereitet werden. Hierdurch kann der Marktwert der AFS-Rohstoffe gesteigert bzw. die Rohstoffqualität gesichert und an die Anforderungen der späteren Verarbeitungsprozesse für eine hochwertige Verwertung angepasst werden. Unter Berücksichtigung möglicher verfahrenstechnischer Überschneidungen, insbesondere im Bereich der Lagerung und Trocknung, können die Prozesse nach den Bereichen „stoffliche Verwertung“ und „energetische Verwertung“ unterschieden werden (siehe Abb.1).

2.1 Aufbereitung für die energetische Verwertung

Die Tabelle 1 gibt zunächst einen grundlegenden Überblick über die üblichen Aufbereitungsschritte für die energetische Verwertung, deren Zielstellungen und geeignete technische Lösungen. Zentrale Ziele der Aufbereitung für die energetische Verwertung sind allgemein:

- Steigerung des Heizwertes,
- Abtrennen von unerwünschten Fraktionen, die z.B. den Verbrennungsprozess negativ beeinflussen (wie z.B. hoher Feinanteil oder Überlängen),
- Vermeiden von Verlusten während der Lagerung,
- Anpassung der Partikelgrößen (Hackgutgrößen) an die Anforderungen des Verbrennungssystems,
- Optimierung von Transport, Umschlag- und Dosierprozessen.

Tabelle 1: Aufbereitungsziele und technische Lösungen für die energetische Verwertung

Aufbereitung	Technische Lösung	Zielstellung
A) Trocknung	<ul style="list-style-type: none"> - Natürliche Trocknung im Lagerhaufen - Technische Trocknung z.B. in Trocknungscontainern oder durch aktive Belüftung mit Kalt- oder Warmluft 	<ul style="list-style-type: none"> - Vermeiden von Verlusten - Steigerung des Heizwertes
B) Zerkleinern	<ul style="list-style-type: none"> - Forsthacker 	<ul style="list-style-type: none"> - Zerkleinern von Stamm- oder Stückholz zur Anpassung der Gutgröße an die Anforderungen der Verbrennung
C) Sieben	<ul style="list-style-type: none"> - Trommelsieb - Stern- oder Rollensieb - Plansieb 	<ul style="list-style-type: none"> - Anpassung der Hackgutgröße an die Anforderungen der Verbrennung - Abtrennen von z.B. mineralischen Verunreinigungen
D) Brikettieren / Pelletieren	<ul style="list-style-type: none"> - Vorzerkleinern mit Hammermühle und anschließendes Brikettieren oder Pelletieren 	<ul style="list-style-type: none"> - Steigerung der der Brennstoffdichte - Anpassung des Brennstoffs an andere Verbrennungssysteme (Pelletöfen, Scheitholzfeuerung)

Für das Trocknen von Holz stehen eine Vielzahl technischer Lösungen zur Verfügung (z.B. saisonal verfügbare Flächentrockner der Landwirtschaft, Nutzung von Abwärme aus Biogasanlagen, siehe auch [Loseblatt # 42](#)), die je nach regionaler Verfügbarkeit und den spezifischen Verfahrenskosten gewählt werden können. Wurde Holz aus AFS als Stamm- oder Stückholz gelagert und getrocknet, ist eine stationäre Zerkleinerung zu Hackschnitzeln erforderlich (siehe [Loseblatt # 39](#)). Hierfür können in der Regel übliche mobile Forsthacker genutzt werden. Auch eine Zerkleinerung mit Shreddern ist grundsätzlich möglich, führt jedoch zu minderer Qualität des Endprodukts. Für das Sieben sind speziell für die Aufbereitung von Hackschnitzeln konstruierte Siebmaschinen verfügbar. Auch Trommelsiebe, z.B. aus der Kompostaufbereitung, können ggf. genutzt werden, jedoch kann es bei solchen Sieben zu einem stärkeren Verstopfen der Siebmaschen kommen und ferner sind die Maschenweiten nicht für alle Anwendungen geeignet.

2.2 Aufbereitung für die stoffliche Verwertung

In Tabelle 2 sind mögliche Aufbereitungsschritte für die stoffliche Verwertung, deren Zielstellungen und geeignete technische Lösungen zusammengestellt. Zentrale Ziele der Aufbereitung für die stoffliche Verwertung können sein:

- Reduzierung des Wassergehalts zum Vermeiden von Verlusten während der Lagerung,
- Abtrennen von unerwünschten Fraktionen,
- Anpassung der Partikelgrößen an die Anforderungen der weiteren Verarbeitung,
- Optimierung von Transport, Umschlag- und Dosierprozessen,
- Änderung wesentlicher Materialeigenschaften wie z.B. des Wasserhaltevermögens.

Tabelle 2: Überblick über Möglichkeiten der stofflichen Verwertung von Holz aus AFS, relevante Rohstoffanforderungen und Einflussfaktoren

Aufbereitung	Technische Lösung	Zielstellung
A) Trocknung	- Natürliche Trocknung im Lagerhaufen - Technische Trocknung z.B. in Trocknungscontainern oder durch aktive Belüftung mit Kalt- oder Warmluft	- Vermeiden von Verlusten - Steigerung des Heizwertes
B) Zerkleinern	- Hammermühle - Schneidmühle	- Reduzieren der Partikelgröße als Vorbereitung für weitere Verarbeitungsprozesse zu Pellets oder Substraten (siehe Beispiele B1 und B2)
C) Sieben	- Trommelsieb oder Plansieb	- Trennen von aufbereiteten Fraktionen nach dem Zerkleinern
D) Zerfasern	- Extruder, Scheibenmühle oder Refiner	- Herstellen von Faserstoffen aus Hackschnitzeln (siehe Beispiel B2)
E) Trocknen	- Durchlauftrockner wie z.B. Stromtrockner	- Trocknen von Faserstoffen z.B. vor dem Pelletieren
C) Pelletieren	- Pelletierpresse	- Herstellung von z.B. Einstreupellets (siehe Beispiel B3)

Beispiel [B1](#)

Für die Produktion von Pilzen, wie z.B. Kräuterseitlingen, werden Wachstumssubstratmischungen benötigt. Lagerfähige und zu feinen Spänen zerkleinerte Pappelhackschnitzel können eine Komponente in diesen Substraten zum Speichern von Feuchtigkeit und zur Strukturbildung des Wurzelraumes sein (Abb. 2). Hierfür muss das Pappelholz mit einer Schneidmühle weiter zerkleinert

werden (< 10 mm Spangröße). Darüber hinaus sollten die Späne ein relativ schmales Partikelgrößenpektrum aufweisen, d.h. es darf nur eine kleinere Staubfraktion und keine Überlängen enthalten.



Abbildung 2: Pappelhackschnitzel der Größenklasse P31 und daraus hergestellte Pappelspäne (durch Aufbereitung mit einer Schneidmühle mit 4 mm und 10 mm Sieb)

Beispiel B2

Holz aus AFS kann zu Faserstoffen zum Ersatz von Torf in Pflanzsubstraten aufbereitet werden. Hierfür müssen die erzeugten Faserstoffe nicht nur ein hohes Wasserhaltevermögen und Porenvolumen aufweisen, sondern sollten z.B. ebenfalls über ein niedriges C:N-Verhältnis verfügen, frei von Schimmelpilzsporen sein und keine phytotoxische Wirkung im Substrat entfalten. Die Zerfaserung kann z.B. unter Zusatz von Wasser im Biomasseextruder (Doppelschneckenextruder) erfolgen (siehe Abb. 3 und 4). Bisher vorzugsweise untersuchte Pappelhackschnitzel wiesen allerdings selbst nach einer vorherigen ca. sechsmonatigen Hackschnitzellagerung noch ungünstige Eigenschaften für die Nährstoffversorgung in den daraus hergestellten Pflanzsubstraten auf (C:N-Verhältnis von > 50:1; Pecenka et al. 2018). Ob andere schnellwachsende Gehölze oder Biomassen aus AFS (z.B. Robinienholz) günstigere Eigenschaften bieten, muss weiter untersucht werden. Eine Mischung mit Kompost, stärker N-haltigen biologischen Reststoffen bzw. eine gemeinsame Kompostierung der Faserstoffe mit anderen Substratkomponenten vor der Substratherstellung könnte ebenfalls Abhilfe schaffen.

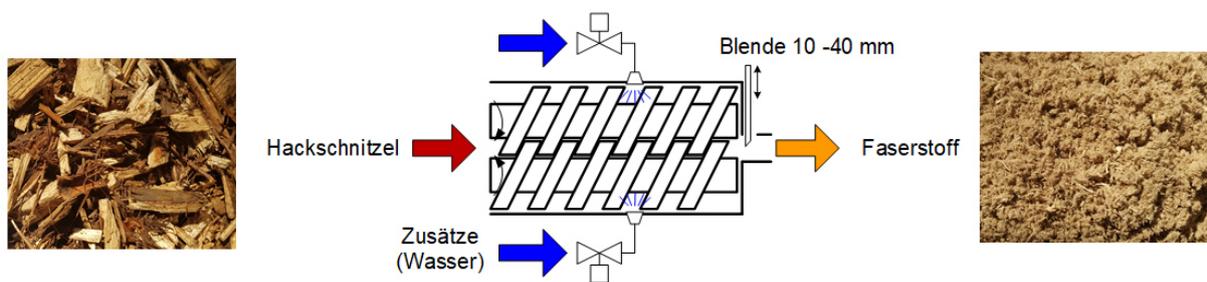


Abbildung 3: Doppelschneckenextruder (Schema; Dittrich et al. 2019)

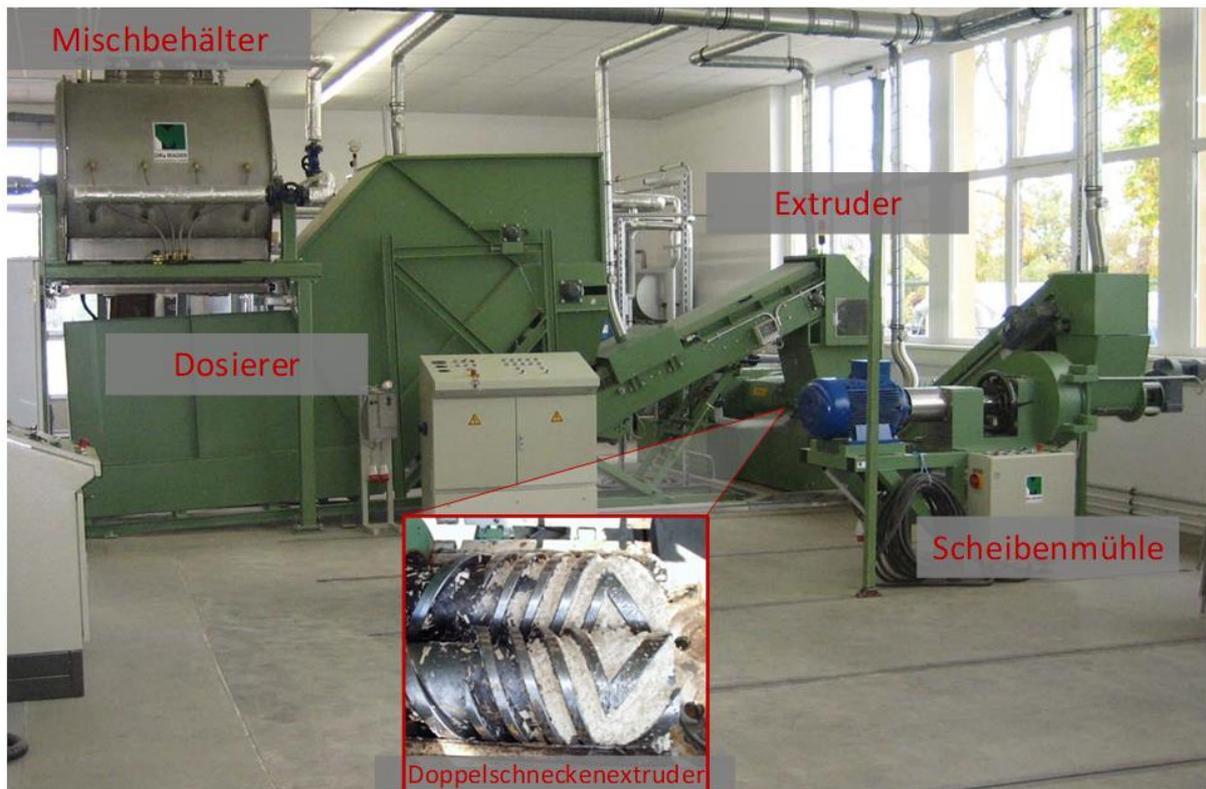


Abbildung 4: Pilotanlage zur Faserstoffgewinnung aus Biomasse mit einem Doppelschneckenextruder am ATB



Abbildung 5: Erntefrische Pappelhackschnitzel und daraus hergestellter Faserstoff für Pflanzsubstrate

Beispiel B3

Die Faserstoffe aus Beispiel B2 können zu besonders saugfähigen Pellets mit herkömmlichen Pelletierpressen weiterverarbeitet werden (Abb. 6). Hierzu muss der Faserstoff zunächst z.B. in einem Stromtrockner getrocknet und anschließend bei möglichst geringen Pressdrücken pelletiert werden. Die Pellets können dann z.B. als Einstreupellets in der Geflügelproduktion eingesetzt werden. Die im Vergleich zu herkömmlichen Holz- oder Stohpellets höhere Saugkraft dieser Faserpellets trägt zur verbesserten Tiergesundheit bei und die Streu muss ggf. nicht so häufig gewechselt werden. Diese Funktion kann z.B. durch eine Beimischung von Biokohle noch weiter verbessert werden.



Abbildung 6: Einstreupellets aus Pappelfaserstoff

4 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Auch wenn Holz aus AFS bisher überwiegend als Brennstoff eingesetzt wird, ist ebenfalls eine regionale und überregionale stoffliche Verwertung möglich. In der Praxis werden frisch geerntete Hackschnitzel bereits häufig gemeinsam mit Holz aus der Forst zu Spanplatten weiterverarbeitet. Aber auch die Aufbereitung zu Faserstoffen und die Weiterveredlung zu Faserpellets ist möglich. Für den Einsatz der Faserstoffe zum Ersatz von Torf in Pflanzsubstraten sind jedoch noch weitere Untersuchungen zu kostengünstigen Herstellungsverfahren und Produktqualität erforderlich. Die für die Verarbeitung erforderlichen Maschinen und Anlagen stehen aus der Holzindustrie bereits jetzt in ausreichendem Umfang zur Verfügung und können in bestehende Anlagen wie z.B. Pelletier- oder Kompostanlagen integriert werden.

LITERATUR

- Dittrich C., Pecenka R., Løes A.-K., Schmutz U. (2019): Experimental investigation of different extruded lignocellulosic materials to determine a suitable substitute for peat. EU-Projekt OrganicPlus, Deliverable 5.4; Leibniz-Institute für Agrartechnik und Bioökonomie (ATB): Potsdam, 22
- Pecenka R., Lenz H., Idler, C. (2018): Influence of the chip format on the development of mass loss, moisture content and chemical composition of poplar chips during storage and drying in open-air piles. *Biomass and Bioenergy* 116, 140-150