

Loseblatt # 44

VERWERTUNGSSPEZIFISCHE
ANFORDERUNGEN AN HOLZ AUS
AGROFORSTSYSTEMEN UND
EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE
PRODUKTQUALITÄT IN DER
BEREITSTELLUNGSKETTE

Ralf Pecenka, Hannes Lenz



Verwertungsspezifische Anforderungen an Holz aus Agroforstsystemen und Einflussfaktoren auf die Produktqualität in der Bereitstellungskette

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

Inhaltsverzeichnis	1
Abbildungsverzeichnis	1
Tabellenverzeichnis	1
Zusammenfassung	2
1 Einleitung	3
2 Grundlegende Verfahrensschritte der landwirtschaftlichen Holzproduktion mit schnellwachsenden Gehölzen	3
3 Verwertungsspezifische Qualitätsanforderungen und Faktoren für die Qualitätssicherung	6
4 Schlussfolgerungen	9
Literatur	9

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Qualitätsbeeinflussende Faktoren in der Bereitstellungskette von Holz aus Agroforstsystemen	4
Abbildung 2: Bereitstellungsketten und technische Lösungen für Holz aus Agroforstsystemen (Scholz et al. 2009, modifiziert und ergänzt).....	5
Abbildung 3: Pappelhackschnitzel (erntefrisch (links)), daraus hergestellter Faserstoff für Pflanzsubstrate (Mitte) und Einstreupellets (rechts).....	7
Abbildung 4: Partikelgrößenverteilung von Pappelhackschnitzeln in Abhängigkeit von der verwendeten Erntetechnik	8

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Überblick über Möglichkeiten der stofflichen Verwertung von Holz aus Agroforstsystemen, relevante Rohstoffanforderungen und Einflussfaktoren	6
Tabelle 2: Überblick über Möglichkeiten der energetischen Verwertung von Holz aus Agroforstsystemen, relevante Rohstoffanforderungen und Einflussfaktoren	8
Tabelle 3: Geforderte Partikelgrößen nach Norm DIN EN ISO 17225-4 (ISO 2014)	9

ZUSAMMENFASSUNG

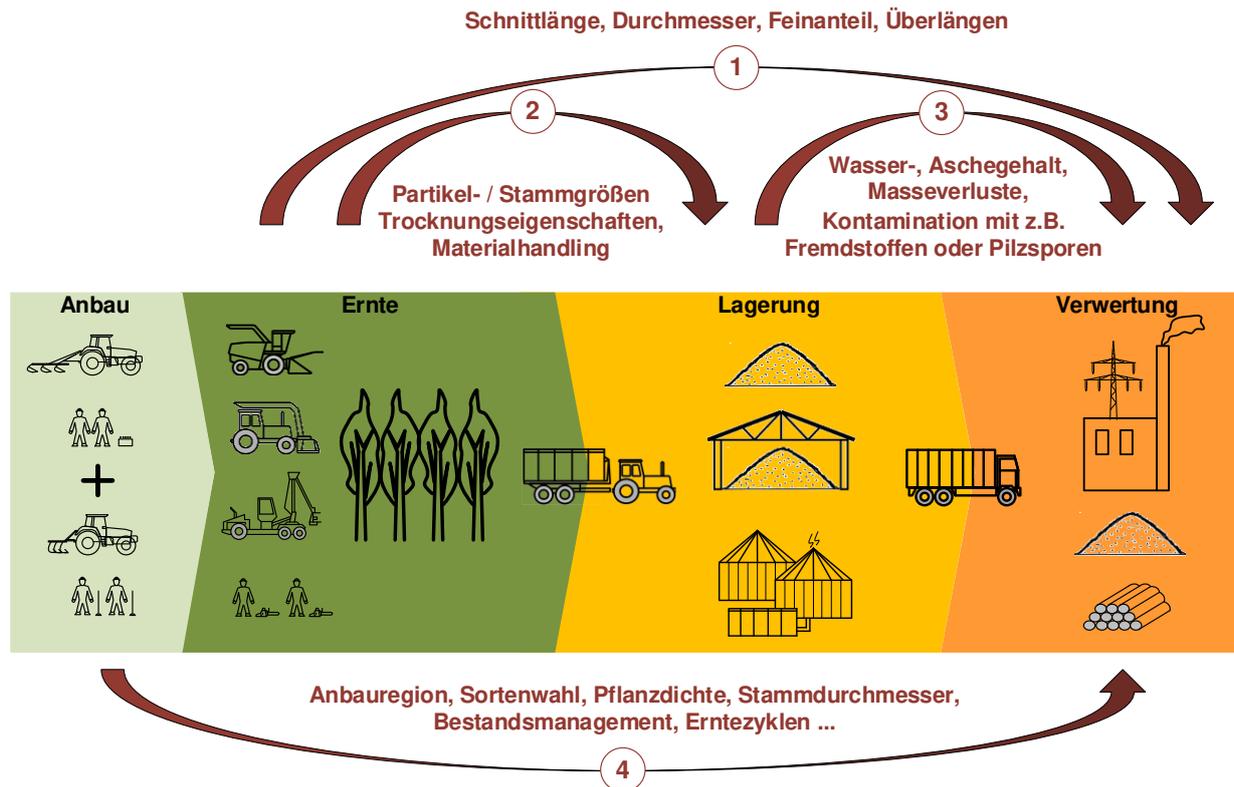
Holz aus Agroforstsystemen wird in der Wintersaison überwiegend als Hackschnitzel aber auch als Stammholz geerntet. Hierfür wurden in den letzten Jahrzehnten verschiedene auf land- und forstwirtschaftlicher Technik basierende Erntelösungen und Verfahrensketten entwickelt. Welches Verfahren am jeweiligen Standort für die spätere Verwertung die beste Lösung darstellt, hängt von zahlreichen Faktoren entlang der gesamten Prozesskette ab. Grundlegend gilt, dass bereits bei der Anlage eines Agroforstsystems (AFS) die spätere Verwertung berücksichtigt werden muss. Nur dann können hochwertige Holzprodukte kostengünstig produziert werden. Ebenso haben aber insbesondere die gewählte Erntetechnik und der Lagerprozess entscheidenden Einfluss auf die Produktqualität. Dieses Loseblatt versucht daher aus Verwertungssicht, einen grundlegenden Überblick zu typischen Verfahrenswegen, Qualitätsfaktoren und Produkten zu geben.

1 EINLEITUNG

Auf landwirtschaftlichen Nutzflächen angelegte Gehölze bieten die Möglichkeit, Biomasse nachhaltig für die stoffliche und energetische Nutzung zu produzieren. Unter europäischen Bedingungen besitzen schnellwachsende Baumarten wie Pappeln, Weiden und Robinien in Form von Kurzumtriebsplantagen (KUP) oder Agroforstsystem (AFS) ein erhebliches Potential für die Produktion von Holzbiomasse. Das auf diesen Flächen produzierte Agrarholz wird vorzugsweise für die Erzeugung von Wärme in hofeigenen Anlagen eingesetzt oder als Energieträger an regionale Heiz(-kraft)werke vermarktet. Auch eine stoffliche Verwertung der erntefrischen Hackschnitzel, z.B. in der Holzwerkstoffindustrie, ist möglich. Je nach Standort, Sorte und Anbausystem kann alternativ auch Stammholz innerhalb der bisher zulässigen maximalen Umtriebszeit von 20 Jahren produziert werden. Längere Umtriebszeiten wären für die stoffliche Nutzung von Agrarholz wünschenswert, da hiermit eine breitere Auswahl an Baumarten für die wirtschaftliche Holzproduktion in der Landwirtschaft verfügbar wäre und im längeren Umtrieb qualitativ hochwertigeres Holz produziert werden könnte. Da bisher aber der Fokus auf der landwirtschaftlichen Produktion von Biomasse mit schnellwachsenden Gehölzen liegt, konzentriert sich der folgende Überblick vorwiegend auf die Nutzung als Hackschnitzel am Beispiel von Pappelholz. Wird dagegen die Produktion von Wertholz oder der Aufbau eines AFS zur Produktion von Obstgehölzen angestrebt, findet man die hierfür erforderlichen Informationen in den Bereichen der Forstwirtschaft bzw. des Obstbaus.

2 GRUNDLEGENDE VERFAHRENSSCHRITTE DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN HOLZPRODUKTION MIT SCHNELLWACHSENDEN GEHÖLZEN

Die Produktion von Holz mit schnellwachsenden Gehölzen lässt sich über die gesamte Verfahrenskette in die grundlegenden Schritte Anbau, Ernte, Transport/Lagern/natürlich Trocknen, Aufbereiten und Verwerten gliedern. Wichtige Einflussfaktoren über diese Prozesskette sind in Abbildung 1 erläutert und ein Überblick zu möglichen Verfahrensketten und technischen Lösungen in Abbildung 2 zusammengefasst. Informationen zu zentralen Fragen innerhalb dieser Verfahrensschritte, wie z.B. der richtigen Flächenauswahl, -gestaltung und Sortenwahl oder der Wahl geeigneter Erntetechnik, wurden bereits in anderen Loseblättern dieser Sammlung zusammengestellt.



- 1 Die verwendete Erntetechnik bestimmt wesentlich die Qualität des Ernteguts (Stammholz, Hackschnitzel) und damit die späteren Verwertungsmöglichkeiten. Größere Stammdurchmesser sind meist mit einer höheren Hackschnitzel- bzw. Holzqualität (z.B. niedrigerer Rindenanteil) verbunden, können aber nicht von jedem Erntesystem bewältigt werden.
- 2 Während der Ernte wird das Holz nicht nur von der Fläche transportiert, sondern auch aufbereitet bzw. zerkleinert. Die erzeugten Stamm- oder Hackschnitzelgrößen haben wesentlichen Einfluss u.a. auf die Lager- und Trocknungseigenschaften des Holzes aber auch auf die notwendige Transport- und Umschlagtechnik.
- 3 Bei der Lagerung von Agrarholz erfolgt üblicherweise eine gleichzeitige natürliche oder technische Trocknung. Je nach gewählten Verfahren werden Wassergehalte reduziert, finden mikrobiologisch-chemische Prozesse statt, die zu Masseverlusten im Erntegut bei gleichzeitigem Anstieg des Aschegehalts und möglichen Kontaminationen mit Pilzsporen führen. Durch falsche Wahl der Lagerfläche oder unsachgemäßes Handling während der Lagerung kann das Erntegut auch mit Fremdstoffen (z.B. Erdboden) verunreinigt werden.
- 4 Mit der Wahl der Anbauregion erfolgen Festlegungen zur verwendeten Baumart mit dem Blick auf mögliche Erträge und Umtriebszeiten. Auch die Pflanzdichte und das Bestandsmanagement bestimmen die Qualität des erzeugten Holzes und die späteren Verwendungsmöglichkeiten.

Abbildung 1: Qualitätsbeeinflussende Faktoren in der Bereitstellungskette von Holz aus Agroforstsystemen

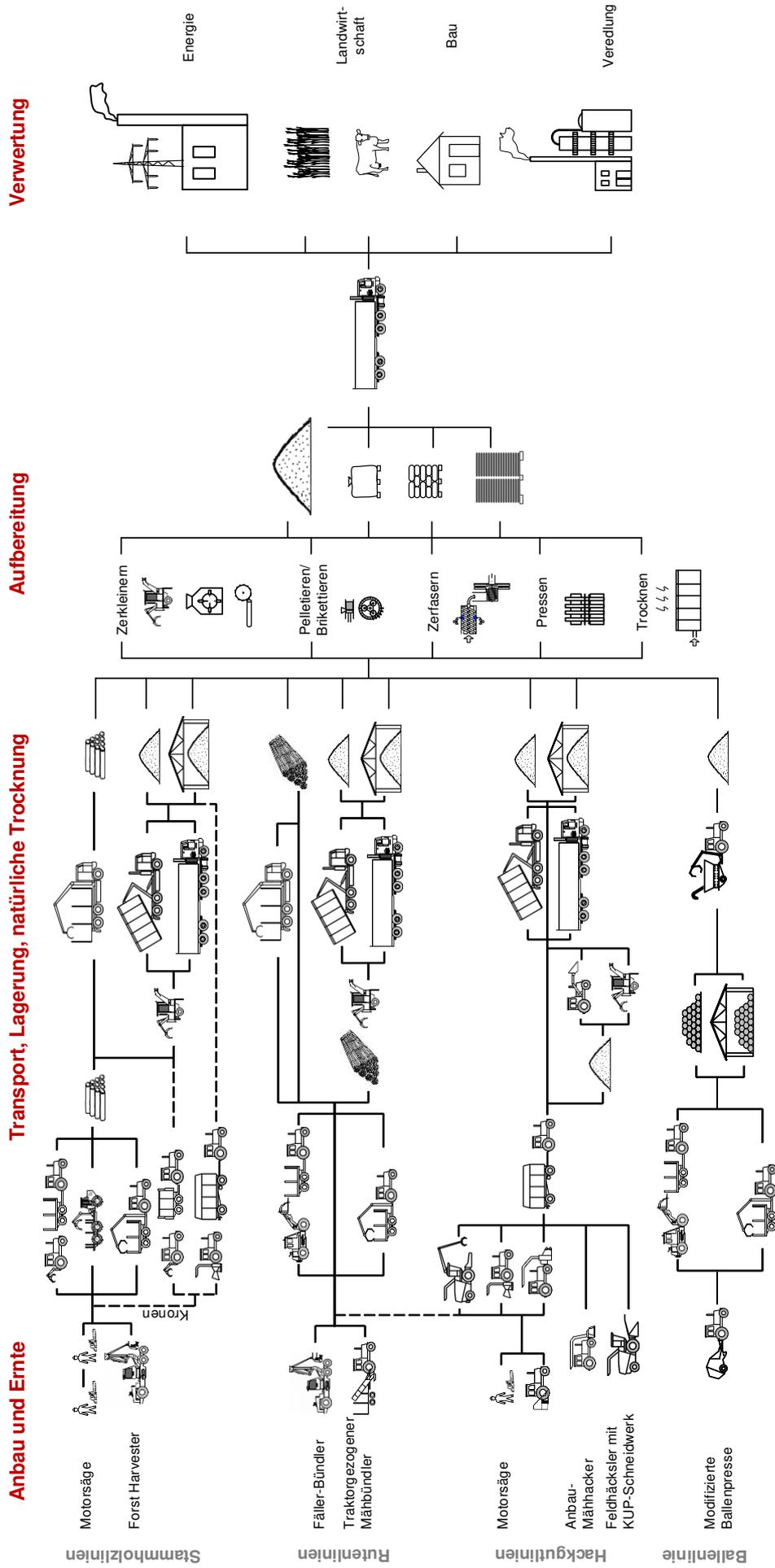


Abbildung 2: Bereitstellungsketten und technische Lösungen für Holz aus Agroforstsystemen (Scholz et al. 2009, modifiziert und ergänzt)

3 VERWERTUNGSSPEZIFISCHE QUALITÄTSANFORDERUNGEN UND FAKTOREN FÜR DIE QUALITÄTSSICHERUNG

Grundlegend lassen sich die Verwertung von Holz aus AFS in die stoffliche und energetische Verwertung untergliedern. Während bisher kaum wirtschaftliche Linien für die stoffliche Verwertung existieren bzw. diese stark von den regionalen Bedingungen abhängen (z.B. Spanplattenwerk in der Region), ist die energetische Verwertung in Biomassefeuerungen weit verbreitet. Doch diese Feuerungsanlagen stellen je nach Leistung und technischer Ausführung sehr unterschiedliche Anforderungen an die üblicherweise verwendeten Hackschnitzel. Tabelle 1 gibt einen allgemeinen Überblick über den derzeitigen Entwicklungsstand stofflicher Verwertungen und die relevanten Rohstoffanforderungen. Tabelle 2 fasst die Anforderungen für den Bereich energetische Verwertung zusammen.

Tabelle 1: Überblick über Möglichkeiten der stofflichen Verwertung von Holz aus Agroforstsystemen, relevante Rohstoffanforderungen und Einflussfaktoren

Anwendung als	Aufbereitung als	Qualitätsbestimmende Verfahrensschritte	Qualitätsfaktoren
Rohstoff für Spanplatten	Hackschnitzel	Ernte, Lager- und Transportkette bis zum Abnehmer	<ul style="list-style-type: none"> - Frei von Verunreinigungen - Geringer Rindenanteil
Zusatz als Torfersatz für Pflanzsubstrate	Faserstoff	Zerfasern im Extruder, Scheibenmühle, Refiner	<ul style="list-style-type: none"> - hohes Wasserhaltevermögen - keine/geringe Hemmung der N-Versorgung - keine Entwicklung von Schimmelpilzen im Substrat
Einstreupellet für die Tierhaltung	Faserstoffpellet	Zerfasern (z.B. Extruder) und Pelletieren	<ul style="list-style-type: none"> - hohe Saugfähigkeit - geringe Staubentwicklung beim Einbringen in den Stall - geringer Pilzsporenbefall
Pilzsubstrat	Span/Hackschnitzel	Schneidmühle	<ul style="list-style-type: none"> - definiertes Partikelgrößenspektrum für i.d.R. sehr feine Holzspäne
Mulch-/hackschnitzel im Gartenbau	Hackschnitzel	Zerkleinerung im Hacker	<ul style="list-style-type: none"> - geringer Pilzsporenbefall - hohe optische Qualität
Rohstoff für Faserguss (Verpackungsmaterial)	Faserstoff	Zerfasern (z.B. Extruder, Scheibenmühle, Refiner) und Fasergussherstellung	<ul style="list-style-type: none"> - hoher Fasergehalt bei niedrigem Feinanteil - frei von Grobpartikeln
Baumaterial*	Vollholz	Bestandspflege im Anbau und Zuschnitt im Sägewerk	<ul style="list-style-type: none"> - gerade Stämme ausreichenden Durchmessers - geringer Astanteil
Verpackung*	Dünnschichtfurnier	Bestandspflege im Anbau und Furnierherstellung	<ul style="list-style-type: none"> - gerade Stämme ausreichenden Durchmessers - geringer Astanteil

* in Deutschland kaum verbreitet, da üblicherweise die Stämme innerhalb der gesetzlich vorgeschriebenen maximalen Umtriebszeit nicht die erforderlichen Durchmesser erreichen

Der Einsatz von aus Agrarholz hergestellten Faserstoffen, z.B. als Torfersatz in Pflanzsubstraten oder in besonders saugfähigen Einstreupellets (siehe Abb. 3), bietet gute Potenziale für zukünftige Absatzmärkte, allerdings müssen hier noch qualitätsrelevante Probleme im Herstellungsprozess gelöst werden (Dittrich et al. 2019). So weisen Faserstoffe aus Pappelholz, die als Torfersatzstoff eingesetzt werden sollen, mit einem C:N-Verhältnis von $> 50:1$ selbst nach einer vorherigen ca. 6-monatigen Hackschnitzellagerung noch ungünstige Eigenschaften für die Nährstoffversorgung in den daraus hergestellten Pflanzsubstraten auf (Pecenka et al. 2018). Ob andere schnellwachsende Gehölze oder Biomassen aus AFS günstigere Rohstoffeigenschaften aufweisen, 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 kann hier ggf. Abhilfe schaffen.



Abbildung 3: Pappelhackschnitzel (erntefrisch (links)), daraus hergestellter Faserstoff für Pflanzsubstrate (Mitte) und Einstreupellets (rechts)

Für die energetische Verwertung von Hackschnitzeln stehen, wie in Tabelle 2 aufgelistet, die Qualitätsparameter Hackschnitzelgröße bzw. Partikelgrößenspektrum und Wassergehalt im Vordergrund (siehe einschlägige Normen (ISO 2014) und Tab. 3). Kleinere Feuerungsanlagen stellen in der Regel strengere Anforderungen, da Schwankungen in der Brennstoffqualität sich direkt auf die Einrichtungen der Brennstoffzuführung und das Verbrennungsverhalten auswirken. Orientierung zu den Anforderungen geben hier die Angaben des jeweiligen Kesselherstellers oder die von der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe herausgegebenen Informationsmaterialien wie z.B. der „Leitfaden für Feste Brennstoffe“ (Eltrop et al. 2014), das „Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen“ (Hartmann et al. 2013), die „Hackschnitzel-Heizungen Marktübersicht“ (FNR 2017) oder „Hackschnitzelheizungen – Was muss beachtet werden?“ (Brüggemann et al. 2018). Da Hackschnitzel aus AFS überwiegend in kontinuierlich auf der Fläche arbeitenden Maschinen in der Hackgutlinie (siehe Abb. 2: Feldhäcksler oder Anbaumäh Hacker) geerntet werden, kann die Qualität der erzeugten Hackschnitzel von der mit stationären Hackern der Forst erzeugten Materialien je nach Flächenbedingung und Bestandqualität abweichen. Abbildung 4 zeigt übliche Partikelgrößenspektren für Hackschnitzel aus Pappelbeständen der Landwirtschaft in Abhängigkeit vom eingesetzten Erntesystem.

Ein höherer Anteil von großen Hackschnitzeln oder Überlängen (wie z.B. unzureichend zerkleinerte Äste) im Rohstoffgemisch kann bei kleineren Feuerungsanlagen aufgrund der dort üblicherweise eingesetzten Schnecken-zuführungen zu Problemen bei der Kesselbeschickung führen. Größere Anlagen sind dagegen vorzugsweise mit z.B. hydraulisch betätigten Schubbodenzuführungen ausgestattet, wodurch Verstopfungen zuverlässig vermieden werden. Daher sollten Feuerungsanlagen, bei denen Holz aus AFS eingesetzt werden soll, immer mit Schubbodenzuführungen ausgestattet werden.

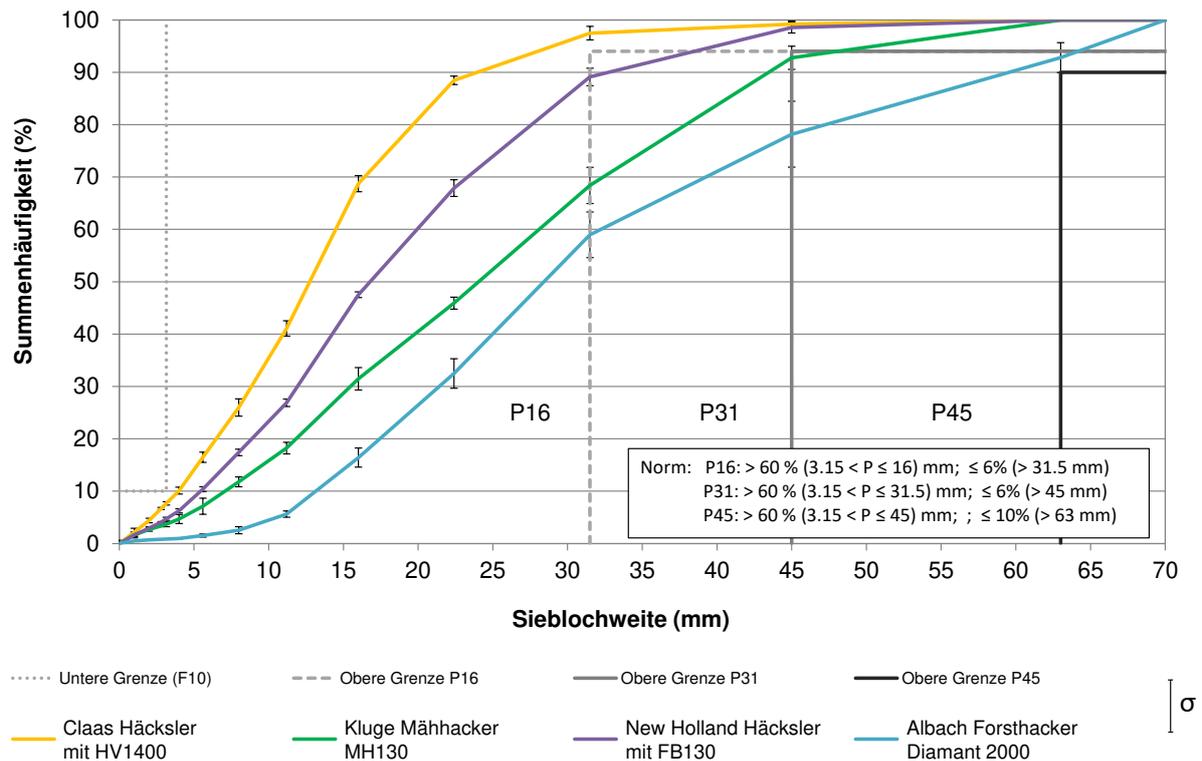


Abbildung 4: Partikelgrößenverteilung von Pappelhackschnitzeln in Abhängigkeit von der verwendeten Erntetechnik

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

Anwendung als	Aufbereitung als	Qualitätsbestimmende Verfahrensschritte	Qualitätsfaktoren
Hackschnitzel in kleinen Feuerungsanlagen (bis 200 kW)	Feinhackschnitzel	Ernte, Lagerung und Trocknung	<ul style="list-style-type: none"> - Konform zu den Anforderung der Norm (Hackschnitzelklasse P16/P31 bzw. P16S/P31S) (ISO 2014) insbesondere: - geringer Feinanteil - geringer Anteil an Überlängen - Wassergehalt 20 ... 30 %
Hackschnitzel in großen Feuerungsanlage (> 200 kW)	Fein-, Mittel oder Grobhackschnitzel	Ernte, Lagerung und Trocknung	<ul style="list-style-type: none"> - Konform zu den Anforderungen der Norm (Hackschnitzelklassen P16 – P63) (ISO 2014) mit größerer Toleranz: - Feinanteil < 10% - Wassergehalt < 35 ... 40% - Größere Überlängen je nach Zuführtechnik am Kessel tolerierbar
Brennstoffpellet*	Mahlgut	Hammermühle und Pelletieren	<ul style="list-style-type: none"> - Konform zu den Anforderungen der Norm insbesondere: - Geringer Aschegehalt - Hohe Abriebfestigkeit
Brennstoffbrikett**	Mahlgut	Hammermühle und Brikettieren	<ul style="list-style-type: none"> - Geringer Aschegehalt - Hohe Abriebfestigkeit

* in Deutschland kaum verbreitet, da die Anforderungen an hochwertige Pellets mit gutem Marktpreis nicht erfüllt werden; als Rohstoff muss zum Erfüllen der Anforderungen der Pelletsnorm hochwertiges rindenfreies Stammholz verwendet werden

** in Deutschland kaum verbreitet, da eher für die betriebsinterne Verwertung geeignet



Tabelle 3: Geforderte Partikelgrößen nach Norm DIN EN ISO 17225-4 (ISO 2014)

Größen- Klasse	Hauptfraktion	Feinanteil*	Grobanteil	Maximale Länge**
	≥ 60 Masse-%	Masse-% ≤ 3,15 mm	Masse-%	mm
P16 (P16S)	3,15 mm < P ≤ 16 mm	Angabe erforderlich (S-Klasse ≤ 15%)	≤ 6 % sind > 31,5 mm	≤ 150 mm (S-Klasse ≤ 45 mm)
P31 (P31S)	3,15 mm < P ≤ 31 mm	Angabe erforderlich (S-Klasse ≤ 15%)	≤ 6 % sind > 45 mm	≤ 200 mm (S-Klasse ≤ 150 mm)
P45 (P45S)	3,15 mm < P ≤ 45 mm	Angabe erforderlich (S-Klasse ≤ 10%)	≤ 10 % sind > 63 mm	≤ 350 mm (S-Klasse ≤ 200 mm)
P63	3,15 mm < P ≤ 63 mm	Angabe erforderlich	≤ 10 % sind > 100 mm	≤ 350 mm

* Feinanteilsklasse muss angegeben werden (z.B. F5, F10), für höherwertige S-Klassen (P16S bis P45S) müssen die o.g. Tabellenwerte eingehalten werden

** für S-Klassen müssen zusätzlich Werte für maximale Querschnittsflächen eingehalten werden: P16S ≤ 2 cm², P31S ≤ 4 cm², P45S ≤ 6 cm²

4 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Der Einsatz von Agrarholz für die Bereitstellung von Energie (überwiegend Wärme) ist eine weit verbreitete Verwendungsmöglichkeit für Holzhackschnitzel aus der Landwirtschaft. Die hierfür erforderlichen qualitativen Anforderungen lassen sich auch für AFS bei umsichtiger Planung der gesamten Verfahrenskette gut erfüllen. Probleme beim Einsatz von Agrarholzhackschnitzeln zur Energiegewinnung können häufiger bei kleineren Kesselanlagen auftreten, da diese üblicherweise mit Schneckenförderern für die Kesselbeschickung arbeiten. Diese Probleme lassen sich jedoch mit entsprechender passend ausgewählter Fördertechnik (hydraulische Zufuhr) sicher vermeiden. Im Bereich der stofflichen Verwertung von Agrarholz ist der Einsatz als Rohstoff in Spanplattenwerken eine gute Alternative, so in vertretbarer Transportentfernung ein Abnehmer zur Verfügung steht. Dann können die Hackschnitzel direkt vom Feld zum Werk transportiert werden. Andere stoffliche Verwertungen, wie der Einsatz als Faserstoff zum Ersatz von Torf in Pflanzsubstraten oder als Einstreupellet bergen größere Potenziale, die Untersuchungen zu kostengünstigen Herstellungsverfahren und Produktqualität sind jedoch noch nicht abgeschlossen.

LITERATUR

- Brüggemann C., Brügger E., Dörr I., Hansen H., Krapf G., Krämer G., Kuptz D., Langer S., Stanev A., Schmoeckel G. et al. (2018): Hackschnitzelheizungen – Was muss beachtet werden? Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR): Gülzow-Prüzen, 48
- 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
- Eltrop L., Hartmann H., Poboss N. (2014): Leitfaden feste Biomasse. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR): Gülzow-Prüzen, 208
- FNR (2017): Hackschnitzelheizungen – Marktübersicht. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR): Gülzow-Prüzen, 120
- Hartmann H., Reisinger K., Turowski P., Roßmann P. (2013): Handbuch Bioenergie Kleinanlagen Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR): Gülzow-Prüzen, 192

ISO, D.E. En iso 17225-4:2014 (2014): Biogene Festbrennstoffe - Brennstoffspezifikation und -klassen - Teil 4: Klassifizierung von Holzhackschnitzeln

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

Scholz V., Eckel H., Hartmann S. (2009): Verfahren und Kosten der Energieholzproduktion auf landwirtschaftlichen Flächen. *KTBL-Schrift: Die Landwirtschaft als Energieerzeuger* 476, 67-80