

Energieholztrocknung

Zusammenfassung des Endberichtes



im Auftrag von



**HOLZ
FORSCHUNG**
A U S T R I A

Energieholztrocknung

Zusammenfassung des Endberichtes

HFA-Nr.: F1887/04

Beauftragt durch

Kooperationsabkommen Forst-Platte-Papier

Autoren

DI Dr. Michael Golser

DI Wilfried Pichler

Florian Hader

Wien, März 2005

Vorwort

Der Bereitstellung von qualitativ hochwertigem Energieholz kommt im Zuge der Expansion der erneuerbaren Energieträger in Österreich immer mehr Bedeutung zu. Trocknung von Energieholz ist dabei ein zentrales Thema. Die Mitglieder des Kooperationsabkommens Forst-Platte-Papier (Arbeitskreis Bioenergie; Vorsitzender: GD DI Dr. F. Fuhrmann) haben diese Entwicklungen zum Anlass genommen, um sich im Rahmen einer Forschungsarbeit dieser Thematik verstärkt zu widmen. Vorhandenes Wissen in Wissenschaft und Praxis soll dabei zusammengetragen, gesichtet und praxisgerecht dargestellt werden, sowie Wissenslücken aufgezeigt und Forschungskonzepte für deren Klärung erarbeitet werden. Im Sommer 2004 wurde die Holzforschung Austria von FPP mit der fachlichen Umsetzung dieser Aufgaben betraut. Die Arbeit der Holzforschung Austria wurde während des Projektes von Experten des FPP-Arbeitskreises - DI Schopfhauser (Papierholz Austria), Ing. Hinterholzer (Fa. Egger), DI Dr. Jauschnegg (LWK Steiermark) - fachlich begleitet und unterstützt. In das Projekt aktiv mit einbezogen war weiters das Institut für Holzforschung an der Universität für Bodenkultur im Rahmen einer durch Univ. Prof. DI Dr. Alfred Teischinger betreuten Diplomarbeit (Diplomand: Florian Hader). Neben der Aufarbeitung von schriftlich vorliegenden Ergebnissen zum Thema Energieholztrocknung wurde im Rahmen eines Workshops sowie bei Interviews bestehendes Wissen aus der heimischen Praxis gesammelt und in die Studie integriert. Den Beteiligten sei nochmals sehr herzlich für ihre Kooperationsbereitschaft gedankt.

Energieholz Trocknung

Die Anzahl der Neuinbetriebnahmen von Biomasseanlagen zur Wärme- und Stromproduktion hat in den letzten Jahren rasant zugenommen. Die damit induzierte Nachfrage nach festen Biobrennstoffen wird künftig aber nur zu befriedigen sein, wenn die vorhandenen Rohstoffpotenziale der heimischen Wäldern in diese Richtung verstärkt genutzt werden. Um eine wirt-

schaftlich vertretbare Bereitstellung von Energieholz in großem Umfang gewährleisten zu können, bedarf es neben einer optimierten Logistikkette,

Positive Effekte der Trocknung von Energieholz

- Verbesserung der Lagerfähigkeit
- Erhöhung der Energiedichte
- Verringerung des Transportgewichtes
- Verringerung der Transportkosten
- Reduktion des Aschegehaltes und der Emissionen
- Verbesserung des Anlagenwirkungsgrades

auch eines qualitativ hochwertigen Brennstoffes. Die Trocknung von Energieholz bewirkt, dass aus einem einfachen Rohstoff letztlich ein effizienter und hochwertiger Brennstoff wird.

Bei der Trocknung von Energieholz gilt es, die dargestellten Vorteile von trockenem Holz mit möglichst geringem Aufwand zu erreichen. Ziel dieser Untersuchung war es, einfache und kostengünstige Möglichkeiten zur Trocknung von Energieholz aufzuzeigen. Diese Verfahren sollen zur Bereitstellung eines qualitativ hochwertigen Brennstoffes beitragen, die natürlichen Ressourcen schonen und sowohl Anbietern als auch Verbrauchern von Energieholz zu einer höheren Wertschöpfung verhelfen.

Inhalte der FPP-Studie „Energieholz Trocknung“

- **Analyse potentieller Trocknungsmöglichkeiten** entlang von wichtigen Energieholz-Logistikketten
- **Literaturstudie** zu den Themenkreisen
 - => Grundlagen der Holztrocknung
 - => Effekte der Trocknung auf die Qualität von Energieholz
 - => Ökologische Aspekte der Energieholztrocknung
 - => Methoden zur natürlichen Freilandtrocknung
 - => Technische Trocknung von Energiehackgut
- **Sammlung von Experten Know-how aus der Praxis** im Rahmen eines Workshops sowie von persönlichen Interviews
- **Versuchskonzept** für die Klärung noch offener Fragestellungen bei der Trocknung von Energieholz

Wassergehalt von frischem Energieholz

Aufgrund des unterschiedlichen anatomischen Aufbaues finden sich bei den heimischen Baumarten deutlich divergierende Wasserverteilungsmuster zwischen **Kern- und Splintbereich**. Das Splintholz enthält bei den Nadelhölzern deutlich mehr Wasser als das Kernholz. Sie weisen im Splint Wassergehalte um 55 % auf, der Kern liegt nur bei ca. 30%. Im Gegensatz dazu zeigen die wichtigen Laubholzbaumarten Buche und Eiche keine bzw. nur geringe Unterschiede zwischen Kern- und Splintbereich. Der Wassergehalt liegt im Splint bei 41 bis 50 %, im Kern bei 33 bis 47 %. Der Raumanteil des Kerns am gesamten Stammvolumen nimmt mit steigendem Stammdurchmesser beziehungsweise mit steigendem Alter bei allen Baumarten zu. Jüngere Bäume weisen ebenso wie schwächere Stammteile (Krone) einen höheren Anteil an Splintholz und so auch einen höheren Wassergehalt auf.

Der Wassergehalt der **Rinde** wird stark von Witterung, Baumhöhe und Baumalter beeinflusst. Bei Untersuchungen an Fichte wurde festgestellt, dass junge Bestände höhere Rindenfeuchtigkeiten aufweisen und dass die Rindenfeuchtigkeit mit der Baumhöhe steigt. Die Rinde des Wipfels ist also feuchter als jene des Stammes. Ursache dafür ist jeweils das sich ändernde Verhältnis zwischen der trockenen Borke und dem feuchten Bast.

Aufgrund des höheren Splintholzanteiles bzw. der höheren Feuchtigkeit der Rinde haben **jüngere Bäume und Kronenteile insbesondere bei Nadelholz einen höheren Wassergehalt**. Gerade diese Sortimente spielen als Energieholz eine wichtige Rolle. Bei der Trocknung ist deshalb zu berücksichtigen, dass bei diesen Sortimenten auch mehr Wasser aus dem Holz entfernt werden muss. Der Ausgangswassergehalt liegt zumeist über 50 %.

Der **Zeitpunkt der Schlägerung** kann in Hinblick auf den zu erwartenden **Ausgangswassergehalt vernachlässigt werden**.

Untersuchungen an Fichten und Tannen haben gezeigt, dass der Einfluss des **Schlägerungszeitpunktes** auf den Wassergehalt gering ist. Der Zeitpunkt der Schlägerung sollte daher, zumindest im Hinblick auf den zu erwartenden Startwassergehalt, vernachlässigt werden können.

Effekt der Trocknung auf die Qualität von Energieholz

Durch die Trocknung von Energieholz wird der **Heizwert** deutlich erhöht. Der höhere Heizwert wirkt sich in der Folge günstig auf Transport- und Lagerkosten aus, bei der Verbrennung selbst entstehen aufgrund der verringerten Brennstoffmenge weniger Schadstoffe und Asche.

Heizwert-Erhöhung* durch Trocknung Ausgangswassergehalt 50 % [*bezogen auf MJ/kg]	
Trocknung um 10 %	➔ 26 %
Trocknung um 20 %	➔ 52 %
Trocknung um 30 %	➔ 78 %
Trocknung um 40 %	➔ 104 %

Ein weiterer Effekt der Trocknung ist die bessere **Lagerfähigkeit**. Energieholz unter 20 bis 30 % Wassergehalt ist für Mikroorganismen schwer abbaubar. Es treten nur mehr geringe Trockensubstanzverluste auf. Bei der Lagerung muss aber berücksichtigt werden, dass neben dem Wassergehalt auch die Temperatur und die Zusammensetzung des Lagergutes wesentliche Einflussgrößen darstellen.

Trockensubstanzverluste durch Lagerung [pro Monat]	
waldhackgut im Freien	1,8 – 4 %
waldhackgut unter Dach	0,5 – 2,8 %
waldhackgut (trocken)	< 0,5 %
Rundholz	< 0,2 %
Rinde	1,5 %

Grünes Material begünstigt die Entwicklung von Mikroorganismen und kann zu hohen Temperaturen und hohen Trockensubstanzverlusten führen. Feines und verdichtetes Material verhindert den Luftaustausch und den Wasserabtransport im Lager und schafft somit ebenfalls positive Bedingungen für Mikroorganismen.

Methoden zur Freilandtrocknung von Ganzbäumen

Aus den vorhandenen Ergebnissen kann geschlossen werden, dass die Ganzbaum-Trocknung eine interessante und vielversprechende Methode ist, um Energieholz in guter Qualität bereitzustellen. Es erscheint aufgrund der vorhandenen Literatur möglich, innerhalb eines Sommers bzw. weniger Monate eine Reduktion des Wassergehaltes auf 20 – 30 % zu erreichen. Einige Ergebnisse weisen auf kürzere Trocknungszeiten von wenigen Wochen hin. Verschiedene Literaturangaben zur Ganzbaum-Trocknung im Vergleich zur Lagerung von Rundholz lassen für die Ganzbaum-Trocknung etwas bessere Trocknungsergebnisse erwarten. Nach einigen Monaten Lagerzeit zeigen sich meist Unterschiede von etwa 5 % Wassergehalt. Die Streuung der Ergebnisse kommt durch Baumarten, Standorte Wetterbedingungen zustande. Problematisch und noch nicht gut

erforscht, ist das Verhalten von Ganzbäumen, wenn sie auf größeren Stapeln gelagert werden. Ein weiterer kritischer Faktor ist die phytosanitäre Gefahr, die durch Lagerung von Nadelbäumen im Wald entsteht. Zu bedenken ist weiters, dass dieses Verfahren große Lagerplätze erfordert.

Ungehackte Ganzbäume haben das dreifache Volumen des gehackten Materials. Gegenüber gepoltertem Rundholz besteht für Ganzbäume etwa 3 bis 5-facher Platzbedarf. Bei großen Haufen stellt die Durchlüftung ein Problem dar. Die Durchlüftung funktioniert bei Laubholz gut, bei Nadelholz und Astmaterial weniger gut. Laub- und Nadelmasse nehmen bei Regen sehr viel Wasser auf. Eine noch nicht durch Versuche belegte Möglichkeit ist die Abdeckung von Ganzbäumen, um die Wiederbefeuchtung zu verhindern. Das Hacken von Ganzbäumen führt, der stärkeren Verunreinigung des Materials wegen, zu einem höheren Maschinenverschleiß.

Bei der **Ganzbaum-Trocknung** ist innerhalb eines Sommers bzw. weniger Monate eine Reduktion des Wassergehaltes auf 20 – 30 % zu erreichen. Gegenüber der Lagerung von Rundholz lassen sich bei der Ganzbaum-Trocknung etwas bessere Trocknungsergebnisse erwarten (bis zu rund 5 % Differenz). Grünmaterial sollte vor dem Hacken braun oder abgefallen sein, andernfalls drohen Probleme bei weiterer Lagerung.

Zu beachten bei der Ganzbaumtrocknung:

- Sonnigen, luftigen und gut zugänglichen Lagerplatz aussuchen
- 3 bis 5-fachen Platzbedarf gegenüber gepoltertem Rundholz einplanen
- Bei Lagerung von Ganzbäumen in niederschlagsreichen Jahreszeiten sind Abdeckungen empfehlenswert
- Bei großen Stapeln auf gute Durchlüftung achten (insbesondere bei Nadelholz)
- Material sauber von Verunreinigungen halten (verringert die Hackkosten)
- Phytosanitäre Gefährdung bei Nadelholz beachten!

Methoden zur Freilandtrocknung von Rundholz in Poltern

Die Trocknung von Rundholz in Poltern kann unter günstigen Wetterbedingungen und wenn die Polter durch den Einbau von Querlagen winddurchlässig gestaltet sind, sehr gute Trocknungsergebnisse liefern, i.e. Wassergehalte von 25 % und weniger, innerhalb einer Sommersaison. In der heimischen Praxis wird das Holz meist über 6 Monate gelagert. Die Lagerung in Poltern ohne Querlagen scheint bei weitem weniger Trocknungserfolge zu erzielen. Wird das Rundholz so gestapelt, dann liegen die Endwassergehalte

nach einigen Monaten Trocknung meist 5 – 10 % höher als bei Kreuzpoltern. Zu klären gilt, wie viele Querlagen das günstigste Kosten/Nutzen-Verhältnis ergeben. Unter ungünstigen Bedingungen kann der Wassergehalt in Rundholzpoltern über mehrere Monate unverändert bleiben. Laut Expertenerfahrung ist Bodenfreiheit enorm wichtig für eine gute Trocknung. Ebenso wurde in der Praxis festgestellt, dass hohe Teile des Polters oft besser abtrocknen, da sie stärker vom Wind durchströmt werden. Ein geeigneter Standort, i. e. eine windige und sonnige Lage (Kuppe, Freifläche), stellen die wichtigste Voraussetzung für eine gute Trocknung dar. Der Einfluß der Holzart ist ebenfalls wesentlich für die Trocknung. Gute Ergebnisse wurden mit jungen Fichten und Pappeln erzielt. Die Baumarten Birke, Eiche oder Schwarzkiefer scheinen deutlich langsamer abzutrocknen. Begründet wird dies zum Teil damit, dass die Rinde den Wasseraustritt behindert. Holz aus Harvester-Durchforstungen bringt bei der Poltertrocknung den Vorteil, dass sich eine Teilentrindung im Zuge der Entastung positiv auf die Trocknung auswirkt. Vorteile die Rundholz als Energieholzsortiment bietet sind der geringe biologische Abbau des Materials, die gute Transportfähigkeit sowie der geringe Nährstoffaustrag aus dem Wald. Abdeckungen scheinen dann sinnvoll zu sein, wenn das Holz nach der Trocknung im Sommer auch über den Winter gelagert werden soll. In mehreren Versuchen zeigte sich eine Wiederbefeuchtung des Materials bei Regen. Ein Nachteil der Polterung von Rundholz sind die Kosten, welche bei der Polterung und beim Einbau von Querlagen entstehen.

Bei der **Trocknung von Rundholz in Poltern** können unter günstigen Wetter- und Lagerungsbedingungen innerhalb einer Sommersaison Wassergehalte von unter 25 % erzielt werden. Unter ungünstigen Bedingungen kann dagegen der Wassergehalt in Rundholzpoltern über mehrere Monate unverändert bleiben.

Zu beachten bei der Rundholz-Poltertrocknung:

- windigen und sonnigen Lagerungsort aussuchen (Kuppe, Freifläche)
- Luftige Bauweise: Einbau von Querlagen (Kreuzpolter), möglichst große Bodenfreiheit der Stapel (> 0,5 m)
- Teilentrindung der Stämme begünstigt die Trocknung (z.B. im Zuge Harvesterdurchforstung)
- Abdeckung der Polter bei Lagerung über den Winter
- Phytosanitäre Gefahr bei Nadelholz
- Kosten durch Einbau der Querlagen

Methoden zur Freilandtrocknung von Waldhackgut & Schlagabraum

Die Methode der Trocknung von Waldhackgut in **Pileform** im Freien nützt neben der durch die Sonne hervorgerufene Konvektion auch die Selbsterwärmung durch Mikroorganismen um eine Trocknung des Gutes herbeizuführen. Die erzielbaren Trocknungserfolge sind dabei schwer vorhersehbar. Bei günstigem Verlauf der Trocknung kann innerhalb von 3 Monaten der Wassergehalt von frischem Holz auf 25 % sinken. Unter schlechten Bedingungen kann der Wassergehalt auch steigen. Meist bilden sich in Hackschnitzelhäufen neben starker Verpilzung auch Zonen mit sehr unterschiedlichen Wassergehalten. Dies ist auf Kondensationsprozesse während der Lagerung zurückzuführen. Auf Piles in überdachten offenen Hallen, welche nach allen Seiten hin gut durchlüftet sind, kann frisches Hackgut in ca. 2 Monaten auf einen Wassergehalt von unter 25 % getrocknet werden. **Schnelltrocknung am Boden** in dünnen Schichten durch Sonneneinstrahlung. Unter günstigen Bedingungen kann mit dieser Methode an einem Tag ein Wassergehalt von ca. 20 % erreicht werden. Platzbedarf und Manipulationsaufwand beschränken die Anwendung dieser Methode auf kleine Mengen.

Bei **Trocknung von waldhackgut in Haufenform** kann im Freien innerhalb von 3 Monaten der Wassergehalt von frischem Holz auf 25 % sinken. Unter schlechten Bedingungen kann der Wassergehalt aber auch steigen. Erzielbare Trocknungserfolge sind schwer vorhersehbar.

Zu beachten bei der Trocknung von waldhackgut:

- Noch vor dem Hacken sollte entschieden werden, ob es möglich ist, bereits das ungehackte Material zu trocknen.
- Wirksame Methoden sind Lagerung in offenen überdachten Hallen sowie Freilufttrocknung auf befestigten Flächen in dünner Schicht.
- Je gröber die Körnung desto besser sind Lagerfähigkeit und Trocknung.
- Bei Hackgut mit mehr als 25 - 30 % WG kommt es durch biologischen Abbau zu Massenverlusten bis 4 % im Monat.
- Durch Pilzsporen können gesundheitliche Belastungen auftreten
- Sehr hohe verdichtete Haufen können sich durch die Wärmeentwicklung selbst entzünden.

Die **Trocknung von Schlagabraum im Freien** führt im Sommer innerhalb von 2 Monaten zu Wassergehalten von um die 20 %. Wird Material im Winter oder über längere Zeit gelagert, so empfiehlt sie die Abdeckung des Materials, um Wiederbefeuchtung zu vermeiden. Die Lagerung in **abgedeckten Bündeln** bringt innerhalb von 6 – 10 monatiger Lagerung eine Abtrocknung des Materials auf Wassergehalte zwischen rund 20 und 30 %.

Bisherige Untersuchungen zeigen jedoch, dass bei dieser Lagerungsform hohe Trockensubstanzverluste auftreten. Wenn die Bündel abgedeckt waren, wurden 14 % Trockensubstanzverlust in 10 Monaten gemessen. Grünes Material führt zu Lagerungsproblemen, insbesondere die erhöhte Gefahr der Selbstentzündung. Manipulation, Transport und Lagerung von Schlagabraum stellen derzeit noch oft ein Platz- und Kostenproblem dar.

Trocknung von Schlagabraum führt im Sommer innerhalb von 2 Monaten zu Wassergehalten von um die 20 %. Bei Lagerung über den Winter ist eine Abdeckung empfehlenswert.

Zu beachten bei der Trocknung von Schlagabraum:

- Der Schlagabraum kann zum Trocknen auf Haufen oder Fratten konzentriert werden
- Das Material sollte frei von Sand und Steinen sein
- Bei Regenwetter sind Abdeckungen aus Spezialpapier oder Plastikplane sinnvoll

Die **Trocknung von abgedeckten Energieholzbündeln** bringt innerhalb von 6 – 10 Monaten eine Abtrocknung des Materials auf Wassergehalte zwischen rund 20 und 30 %. Es treten dabei aber auch hohe Trockensubstanzverluste auf.

Zu beachten bei der Trocknung von Bündeln:

- Bündel können wie Rundholz gestapelt und transportiert werden, trocknen aber langsamer als lose gelagerter Schlagabraum.
- Bei Regenwetter und längerer Lagerung sind Abdeckungen aus Spezialpapier oder Plastikplane sinnvoll.
- Das Material sollte frei von Sand und Steinen sein.

In der vorliegenden Studie wurde umfangreiches Material zur Energieholz Trocknung zusammengetragen und aufgearbeitet. Insbesondere bei den Themenbereichen Ganzbaumtrocknung, Poltertrocknung und Trocknung von Schlagabraum sind aber bis dato einige wichtige Fragen unbeantwortet geblieben. Viele der Forschungsergebnisse stammen überdies aus Skandinavien. Es stellt sich die Frage, inwieweit diese Ergebnisse - bedenkt man etwa die Unterschiede Klima, Topographie, Baumartenzusammensetzung oder Durchmesser- und Verteilung - auf die Situation in Österreich umlegbar und damit für die Praxis direkt nutzbar sind. Zur Klärung dieser Fragestellungen werden in der Arbeit Versuchskonzepte dargestellt, welche die Möglichkeit bieten, für die Praxis wichtige Wissenslücken zu schließen.

Forschungsfragen – Ganzbaumtrocknung

- Untersuchung des Trocknungsverhaltens unterschiedlicher Baumarten
- Einfluss des Schlägerungszeitpunktes auf den Trocknungserfolg
- Analyse der Möglichkeit der Trocknung von Ganzbäumen in großen Haufen

Forschungsfragen – Trocknung von Rundholz

- Einfluss des Makro- und Mikroklimas sowie der Topographie auf den Trocknungsfortschritt
- Systematische Untersuchungen der Polterform, Ausrichtung der Polter und Größe der Polter
- Analyse des Trocknungsfortschrittes innerhalb des Polters als Basis für Modell „Optimaler Energieholzpolter“

Forschungsfragen – Schlagabraum

- Analyse unterschiedlicher Lagermethoden
- Abschätzung der Trocknungserfolge unter heimischen Bedingungen
- Untersuchung des Nutzens von Abdeckungen bzw. Unterlagen bei der Trocknung von Schlagabraum sowie Ganzbäumen und Rundholz