

## Verfahren der Rundholzlagerung

BAYERISCHE  
FORSTVERWALTUNG



# **Verfahren der Rundholzlagerung**

# Impressum

## ISSN 0945-8131

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, sowie fotomechanische und elektronische Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers. Insbesondere ist eine Einspeicherung oder Verarbeitung der auch in elektronischer Form vertriebenen Broschüre in Datensystemen ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig.

### Herausgeber und Bezugsadresse

Bayerische Landesanstalt  
für Wald und Forstwirtschaft (LWF)  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1  
85354 Freising  
Telefon: +49 (0) 81 61/71-4801  
Fax: +49 (0) 81 61/71-4971  
poststelle@lwf.bayern.de  
www.lwf.bayern.de

### Verantwortlich

Olaf Schmidt, Leiter der Bayerischen Landesanstalt  
für Wald und Forstwirtschaft

### Autoren

Dr. Alexandra Wauer, Marc Kubatta-Große,  
Dr. Michael Lutze

### Redaktion

Michael Mößnang, Anja Hentzschel-Zimmermann

### Übersetzung

Dr. Michael Lutze, Fabian Schulmeyer

### Layout

Mano Wittmann, Komplizenwerk

### Titelfoto

Herbert Borchert

### Druck

Bosch-Druck GmbH, Ergolding

### Auflage

800 Stück

### Copyright

Bayerische Landesanstalt  
für Wald und Forstwirtschaft  
Mai 2013

# Vorwort

Seit Jahrhunderten ist es das Ziel der Forstwirtschaft, Waldbestände kontinuierlich zu pflegen und aus ihnen regelmäßig nachhaltigen Nutzen zu ziehen. Wann und wie viel Holz geerntet werden soll, entscheidet dabei der Waldbesitzer selbst. So vermag er optimalen Wert aus seinem Wald zu schöpfen.

Katastrophen, und hier insbesondere die Stürme der vergangenen Jahre und Jahrzehnte, vermindern die Entscheidungsfreiheit des Waldbesitzers. Er ist gezwungen, erhebliche Mengen Holz sofort zu ernten, und sieht sich mit neuen Herausforderungen in Planung, Logistik sowie Vermarktung konfrontiert. Es ist meist nicht gesichert, dass für solche unvorhergesehenen Holz mengen in absehbarer Zeit Käufer zu finden sind. Deshalb gilt es, diese Zeit so zu überbrücken, dass die Holzqualität nicht darunter leidet. Die Wahl einer geeigneten Methode der Holzlagerung trägt wesentlich dazu bei, die Holzqualität zu erhalten. Bereits im Jahr 2000 hat die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft eine ausführliche Beschreibung aller gängigen Holzlagerungsverfahren herausgegeben. Mit der vorliegenden Überarbeitung liegt nun das Wissen um die Verfahren der Holzlagerung entsprechend den Entwicklungen der letzten zehn Jahre neu gesichtet, erweitert und aktualisiert vor.

Einerseits hat sich wenig geändert: Das Verfahren der Nasslagerung zum Beispiel bewährt sich seit über 30 Jahren. Neu sind in diesem Zusammenhang langfristig strategische Vorgehensweisen, wie beispielsweise das Nasslagerkonzept der Bayerischen Staatsforsten. Stärker in den Blickpunkt rücken auch Schäden, die trotz der bewährten Nasslagerung am Holz entstehen, allen voran die durch Hallimaschbefall. Andererseits sind in der Zwischenzeit neue Methoden zur Praxisreife gelangt: Die Folienlagerung unter Sauerstoffentzug steckte im Jahr 2000 noch in den Kinderschuhen, erhielt durch den Sturm Lothar 1999 und die Bewältigung seiner Schäden aber viel Aufmerksamkeit in Forschung und Praxis. Bis 2012 wurden zehntausende von Festmetern zur großen Zufriedenheit der Kunden in Folie verpackt. Gleichzeitig liefen umfangreiche Erprobungen eines weiteren Folienlagerungsverfahrens, das auf die Feuchthaltung des Holzes baut.

Darüber hinaus besteht heute aber auch Bedarf nach ganz neuen Lagerungsmethoden: Wer hätte vor über zehn Jahren gedacht, dass wir im Jahr 2012 im großen Stil Hackholz bereitstellen müssen und die Abnehmer hierfür spezifische Anforderungen stellen?

Über die Wichtigkeit und Bedeutung eines aktualisierten Kompendiums zur Holzlagerung bestehen in Zeiten des Klimawandels keine Zweifel. Die Änderung des Klimas kann zu vermehrten Schadereignissen führen. Um Vorsorge gegen Kalamitäten zu treffen, benötigen Waldbesitzer Informationen, die ihnen für den Bereich der Rundholzlagerung mit allen Neuerungen nun zur Verfügung stehen.

Olaf Schmidt  
*Präsident der Bayerischen Landesanstalt  
für Wald und Forstwirtschaft*



**Sie finden  
Nachhaltigkeit  
modern?**

**Wir auch –  
seit 300 Jahren.**

**FORSTWIRTSCHAFT  
IN DEUTSCHLAND**  
Vorausschauend aus Tradition

# Inhaltsverzeichnis

Impressum .....	2
Vorwort .....	3
Inhaltsverzeichnis .....	5
<b>Einleitung</b> .....	<b>7</b>
<b>Allgemeine Überlegungen</b> .....	<b>8</b>
<b>Poltern in Rinde</b> .....	<b>14</b>
<b>Poltern ohne Rinde</b> .....	<b>18</b>
<b>Bereitstellung vorgetrockneten Stammholzes mit Ziel Qualitätsbauholz</b> .....	<b>21</b>
<b>Lebendkonservierung</b> .....	<b>25</b>
<b>Folienlagerung</b> .....	<b>29</b>
<b>Nasslagerung</b> .....	<b>40</b>
<b>Lagerung von Waldhackholz</b> .....	<b>57</b>
<b>Verfärbungen</b> .....	<b>60</b>
Literatur .....	62
Zusammenfassung .....	68
Summary .....	70
Anhang .....	73
Anschrift der Autoren .....	79

---

# Einleitung

Die meteorologischen Klimamodelle sagen es voraus: Im Zuge des Klimawandels haben wir mit häufigeren und heftigeren Stürmen zu rechnen. Gleichzeitig sollen die Winter schneereicher werden. Das Potenzial für katastrophale Schäden an Waldbeständen ist also gegeben und steigt womöglich noch an.

Nach den großen Stürmen der neunziger Jahre des letzten Jahrhunderts – Vivian, Wiebke und Lothar – hat uns im Januar 2007 Kyrill heimgesucht. Zusammen mit seinen kleineren Nachfolgern Paula und Emma im Jahr 2008 traf er die europäische Forst- und Holzbranche schwer. Im Januar 2009 verwüstete Sturm Klaus große Teile der Wälder Südwestfrankreichs. Zuletzt verursachte der Orkan Xynthia 2010 mehrere Millionen Festmeter Sturmholz.

All diese Stürme stellten die Waldbesitzer vor die gleichen Herausforderungen: Sie mussten große Mengen Holz innerhalb kürzester Zeit aufarbeiten, verkaufen oder lagern.

Der im Jahr 2000 erschienene Forschungsbericht der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) zum Thema Rundholzlagerung liegt dem neuen Bericht zugrunde, überarbeitet, aktualisiert und erweitert. Neue Erkenntnisse gibt es vor allem im Bereich der Folienlagerung. Hinzugekommen ist ein Kapitel zur Hackholzlagerung. Aber auch allen anderen Möglichkeiten der Holzlagerung ist ausreichend Raum gegeben, so dass sich Waldbesitzer und Forstleute über ihre spezifischen Anforderungen sowie ihre Vor- und Nachteile ausführlich informieren können.



Abbildung 1:  
Sturmwurffläche nach  
dem Sturm Kyrill 2007  
Foto: G. Lobinger

---

# Allgemeine Überlegungen

## Sinn und Ziel der Holzlagerung

Zweck der Rundholzlagerung über längere Zeiträume ist die Erhaltung der hochwertigen Eigenschaften des Holzes, im engeren Sinne vor allem seiner Farbe und Festigkeit. Im Idealfall soll die qualitätserhaltende Rundholzlagerung auch den Rundholzmarkt entlasten und damit zur Stabilisierung der Preise beitragen. Dies kann jedoch nicht ein einzelner Waldbesitzer leisten, sondern nur die betroffenen Waldbesitzer in ihrer Gesamtheit.

Es gibt grundsätzlich zwei Formen der Rundholzlagerung:

- Die kurzfristige Lagerung über wenige Tage bis Wochen, die sich im Regelfall an die Holzernte anschließt und vor allem der Bereitstellung des Holzes zur Abfuhr dient.
- Die qualitätserhaltende, längerfristige Lagerung von Rundholz. Diese wird in der Regel nach Katastrophen, wie zum Beispiel Stürmen, erforderlich. Die Lagerdauer beträgt in solchen Fällen erfahrungsgemäß mehrere Monate bis einige Jahre.

Mit der Aufarbeitung des Holzes beginnt dessen Alterungsprozess. Dieser besteht zunächst im Feuchtigkeitsverlust des Holzes. Mit sinkender Holzfeuchte wird das Holz anfällig für verschiedene Schädlinge, im Einzelnen sind dies rinden- oder holzbrütende Insekten sowie verschiedene Pilze. Diese verursachen zunächst Verfärbungen, später auch mechanische Schäden am Holz. Bei unsachgemäßer Lagerung über längere Zeiträume können die Schädigungen durch Insekten und Pilze zur vollständigen Entwertung des Holzes führen.

## Möglichkeiten der Holzentwertung

### Verfärbende Pilze

Gelagertes Holz wird unter anderem durch verschiedene Gruppen von verfärbenden Pilzen entwertet. Zur ersten Gruppe, die auch »tiefe Färber« genannt werden, gehören in das Holz eindringende Gattungen wie *Ophiostoma*, *Ceratocystis* und *Sphaeropsis*. Ihre pigmentierten Sporen bilden sich in den Tracheiden und

in den Parenchymstrahlen des Holzes und hinterlassen dort eine blauschwarze Färbung, die sogenannte Bläue. Beim Schneiden wird diese Bläue sichtbar. Holz, das in dieser Weise befallen ist, eignet sich nicht mehr für Sichtqualitäten.

Die zweite Gruppe umfasst Pilzgattungen, die hauptsächlich auf der Oberfläche des Holzes wachsen und dort Verfärbungen verursachen. Zu ihnen gehören schwarze Hefen wie die Arten *Hormonema*, *Aureobasidium*, *Rhinoctadiella* und *Phialophora*. Diese Pilzarten treten meist auf frisch produziertem Schnittholz und entrindetem Rundholz auf.

Auch die dritte Pilzgruppe wächst auf der Holzoberfläche und verfärbt mit ihren Sporen die Oberfläche des Holzes. Es handelt sich im Wesentlichen um Schimmelpilze, unter anderem um die Gattungen *Alternaria*, *Cladosporium*, *Penicillium* und *Trichoderma*. Die Verbreitung der verfärbenden Pilze erfolgt über Borkenkäferbefall, Regenspritzer, Windverfrachtung infizierter Holzfragmente sowie durch Gliederfüßer, welche die Pilzfäden abweiden (CTBA 2004b; Maier 2005).

### Fäulepilze

Nach längerer Lagerdauer und bei entsprechender Holzfeuchte kann es zu Holzersetzung durch Braun-, Weiß- oder Moderfäulepilze kommen. Die überwiegend an Nadelholz vorkommenden Braunfäulepilze bauen Zellulose sowie Hemizellulose in den Zellwänden ab, das Lignin bleibt zurück und es kommt zur typischen Braunfärbung des Holzes. Bei Trocknung schwindet das Holz, ferner reißt es in würfelig Form. Typische Arten sind *Gloeophyllum*, *Lentinus*, *Fomitopsis* und *Coniophora*.

Weißfäulepilze bauen neben den Kohlenhydraten auch das Lignin ab. Die Weißfäule nennt man auch Simultanfäule, wenn Zellulose, Hemizellulose und Lignin annähernd gleichzeitig sowie gleich stark abgebaut werden. Wird das Lignin zuerst abgebaut, kommt es zur sukzessiven Fäule, zu der auch die sogenannte Weißlochfäule gehört. Das Holzgefüge bleibt bei einer Weißfäule zunächst noch erhalten, mit fortschreitendem Befall wird das Holz heller und leichter, bis es im Endstadium schwammig wird. Typische Arten an Nadelholz sind *Heterobasidion annosum*, der auch am

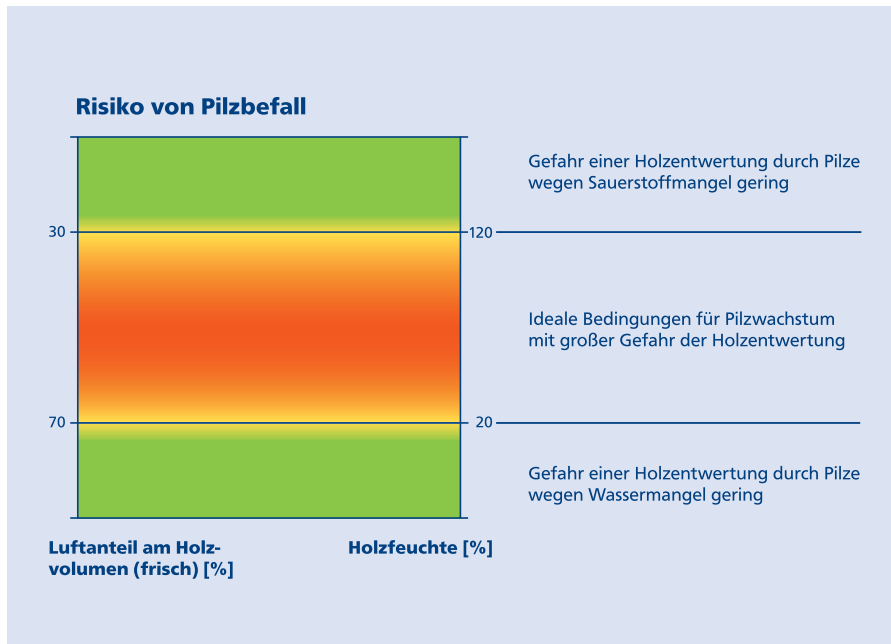


Abbildung 2: Die Holzfeuchte und ihr Einfluss auf das Risiko von Pilzbefall

stehenden Holz als Rotfäule bekannt ist, sowie *Armillaria*-Arten. Wichtige Vertreter an Laubholz sind *Bjerkandera adusta*, *Fomes fomentarius* und *Trametes versicolor*. Manche Weißfäuleerreger sind im Frühstadium des Befalls als Rotstreifigkeit zu erkennen, das ist eine rotbraune oder gelbliche flecken- oder streifenförmige Verfärbung des Holzes. Die Rotstreifigkeit geht bei längerer Befallsdauer in eine Weißfäule mit erheblichen Festigkeitsverlusten über.

Während *Basidiomyceten* Braun- und Weißfäulen verursachen, sind die Urheber der Moderfäule im Wesentlichen *Ascomyceten*. Letztere kommen mit sehr hoher Substratfeuchte zurecht. Die Moderfäule zeichnet sich durch eine charakteristische Durchlöcherung der Zellwände aus (Maier 2005).

### Insekten

Rindenbrütende Insekten verursachen zwar am Holz keinen Schaden, disponieren es jedoch für andere Schadorganismen, indem sie den Wasserhaushalt des noch stehenden Baumes stören.

Die Larven holzbrütender Insekten, wie Nutzholzborkenkäfer, Bockkäfer, Schiffswerftkäfer und Holzwespe, legen Fraßgänge im Holz an, die einerseits die Verwendbarkeit des Holzes stark einschränken und andererseits Eintrittspforten für andere Schadorganismen bilden (Maier 2005).

### Risse

Bei schnell trocknendem Nadelholz können Mantelrisse auftreten, die mehrere Zentimeter tief und mehrere Millimeter breit sein können. Diese entwerten das Holz direkt und stellen gleichzeitig Eintrittsöffnungen für Schadorganismen dar.

Bei Laubholz, insbesondere bei Buche, treten kurz nach der Fällung oft Spannungsrisse auf, die Stirnflächen spalten. Bisher ist keine Methode bekannt, um diese Risse zu verhindern. Allenfalls lassen sie sich durch die Verwendung von S-Haken oder ähnliche Maßnahmen einschränken (Maier 2005).

### Verfärbungen

Biotische und abiotische Verfärbungen werden ausführlich im letzten Kapitel behandelt.

### Einfluss der Holzfeuchte

Wie alle Lebewesen brauchen auch Holzschädlinge neben ihrer Nahrung – dem Holz – ein ausreichendes Angebot an Sauerstoff und Wasser. Beides ist dann ausreichend vorhanden, wenn die Holzfeuchte zwischen 120% am oberen Ende und 20–30% am unteren Ende liegt. Bei Holzfeuchten über 120% sinkt jedoch das Luftvolumen im Holz auf Werte unter 30%, es herrscht Sauerstoffmangel. Am anderen Ende der Skala wird es zu trocken für die Holzschädlinge.



	Windgeschwindigkeit	Schadbild
T0	76 ± 14 km/h	Einzelne Äste beginnen abzubrechen. Kranke (z. B. Holzfäulen) oder besonders labile Bäume (lange schwache Stämme, hoch angesetzte Krone, geringes, flaches Wurzelwerk) können brechen oder entwurzeln (bei Wurzelfäulen und/oder auf labilen, durchnässten Standorten).
T1	104 ± 14 km/h	Äste, auch starke und gesunde, brechen vermehrt, insbesondere während der Vegetationszeit, in der die Laubbäume belaubt sind. Kranke (z. B. Holzfäulen) oder besonders labile Bäume (lange, dünne Stämme, hoch angesetzte Krone, geringes, flaches Wurzelwerk) brechen häufig oder entwurzeln. Bäume mit Wurzelschäden/fäulen oder auf labilen, durchnässten Standorten werden geworfen.
T2	135 ± 16 km/h	Zahlreiche Äste, auch starke und gesunde, brechen, insbesondere während der Vegetationszeit, in der Laubbäume belaubt sind. Kranke (z. B. Holzfäulen) oder labile Bäume (lange, dünne Stämme, hoch angesetzte Krone, geringes, flaches Wurzelwerk) werden nahezu immer gebrochen oder entwurzelt. Bäume mit Wurzelschäden/fäulen oder auf labilen, durchnässten Standorten werden nahezu vollständig geworfen. Auch weniger fest verwurzelte, gesunde Bäume entwurzeln bei witterungsbedingt durchweichten Böden bestimmter, nicht unbedingt labiler Standorte (z. B. mächtige Lösslehme). Artspezifisch weniger stabile Bäume, z. B. breitkronige Flachlandfichten fallen um oder brechen bereits, während schlanke Berglandfichten oder gesunde Eichen stehen bleiben. Bäume in Waldbeständen, die aufgrund der Bestandsstruktur keine gute Einzelbaumstabilität aufweisen (zu enge Verbände, unterlassene Pflegeeingriffe, insbesondere Nadelhölzer in Monokulturen) fallen ebenfalls meistens um oder brechen. Während der Zeit des Saftstromes treten an Bäumen mit stabiler Verwurzelung, aber trotzdem labileren Stammaufbau häufiger Druckschäden auf.
T3	167 ± 16 km/h	Zahlreiche Äste, auch starke und gesunde, brechen, auch außerhalb der Vegetationszeit, in der Laubbäume unbelaubt sind. Auch stabile und gesunde Bäume werden vermehrt geworfen oder bereits gebrochen. Während der Zeit des Saftstromes sind Druckschäden relativ häufig.
T4	202 ± 18 km/h	Auch stabile Bäume/Waldbestände werden fast immer/vollständig geworfen oder gebrochen. Großkronige Bäume, sofern besonders stabil verwurzelt, brechen meistens. Sofern Bäume noch stehen bleiben, wird die überwiegende Anzahl der Äste, auch die in unbelaubtem Zustand, abgerissen.
T5	238 ± 18 km/h	Auch stabilste Bäume oder Sträucher, wie Randbäume, winderprobte Hecken, Büsche und Feldgehölze werden fast zu 100% geschädigt, entweder durch Entwurzeln (Herausreißen), Stamm- oder Kronenbruch oder durch Abreißen der überwiegenden Zahl der Äste, insbesondere fast allen Feinreisigs.
T6	275 ± 20 km/h	Kein heimisches Holzgewächs übersteht – falls der Stamm stehen bleibt – solch einen Sturm ohne schwerste Schäden.
T7	315 ± 20 km/h	oder T8 (356 ± 22 km/h), nach Fujita erst ab F4 (334–422 km/h): Beginnende Entrindung stehen bleibender Stämme oder Baumteile (bedingt durch mit hoher Geschwindigkeit umher fliegende Kleintrümmer wie Sand und Ähnliches).
T9	400 ± 22 km/h	Totale Entrindung stehen bleibender Stämme oder Baumteile.

Tabelle 1: Sturmschadenspotenzialskala für Holzgewächse, basierend auf der für Mitteleuropa aufgestellten Skalierung nach TORRO. (Quelle: CTBA 2004b)

Bei Holzfeuchten unter 30% ist kein freies Wasser mehr im Holz vorhanden, es herrscht Wassermangel. Das Ziel einer qualitätserhaltenden Holzlagerung muss es also sein, die Holzfeuchte möglichst hoch zu halten oder sehr schnell auf Werte unter 30% zu senken.

### Welche Lagerungsart ist die richtige?

Laut CTBA (2004b) ist die Wahl der Lagerungsart abhängig von folgenden Faktoren:

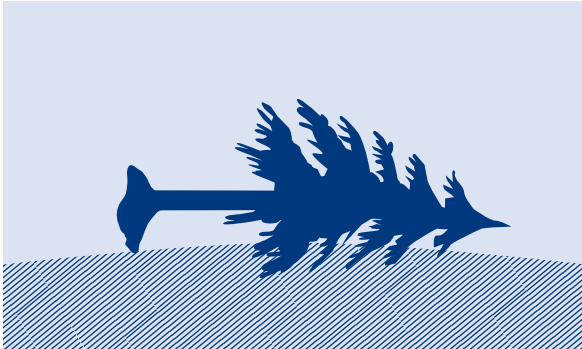
- Art des Sturms (Tabelle 1): je nach Art und Stärke des Sturms ist mit unterschiedlich starken und ihrer Art nach verschiedenen Schäden zu rechnen.
- Verfassung der sturmgeschädigten Bäume (siehe folgende Schaubilder)
- Voraussichtliche Dauer der Lagerung (eine Vegetationsperiode bis zu mehreren Jahren): Ist mit langen Lagerungszeiten zu rechnen, sind dementsprechend

Lagerungsarten zu wählen, die die Holzqualität lange erhalten, z. B. Nasslager.

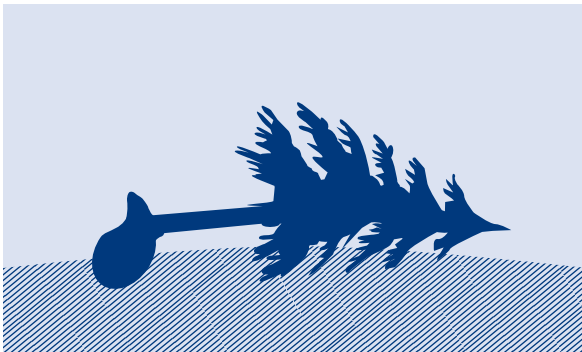
- Verfügbarkeit von Lagerplätzen und deren Umschlagskapazität: Es ist unter anderem zu prüfen, ob z. B. für ein Nasslager ein geeigneter Platz im Hinblick auf Logistik und Wasserversorgung vorhanden ist.
- Mitarbeiterstab und finanzielle Erwägungen: Ist genügend Personal vorhanden, um den Schaden zu bewältigen? Ist dieses Personal genügend geschult?
- Rechtliche Aspekte: Welche Genehmigungen, insbesondere beim Nasslager sind notwendig?
- Industrielle Sicherheit: Lassen sich Holzmenge eventuell noch direkt verkaufen? Gibt es Industriepartner, die sich an den Aufwendungen für die Holzlagerung beteiligen und das Holz später zu besseren Konditionen abnehmen, als es direkt nach einem Schadensereignis möglich ist?

Für folgende Schadszenarien empfiehlt die CTBA verschiedene Lagerungsformen (Piktogramme nach CTBA 2004 b):

#### Windwurf (Nadel- oder Laubbäume)

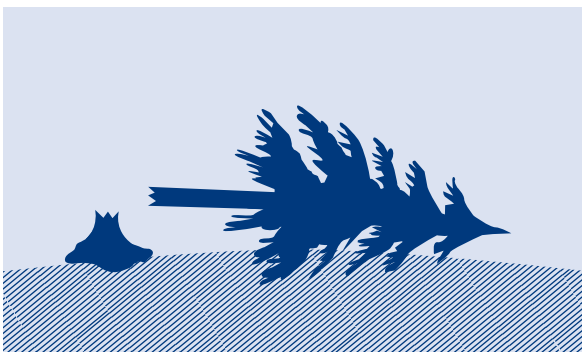


*Entwurzelt mit wenig Wurzelkontakt zur Feuchtigkeit im Erdboden:* Sollen Bäume ohne oder mit wenig Wurzelkontakt nassgelagert werden, so muss dies sehr schnell nach dem Windwurf geschehen, da die Holzfeuchte permanent sinkt. Ist dies nicht umsetzbar, bleibt nur die Trockenlagerung. Ein Verfahren ist die Trocknung des Holzes auf der Fläche durch Transpiration der Krone.

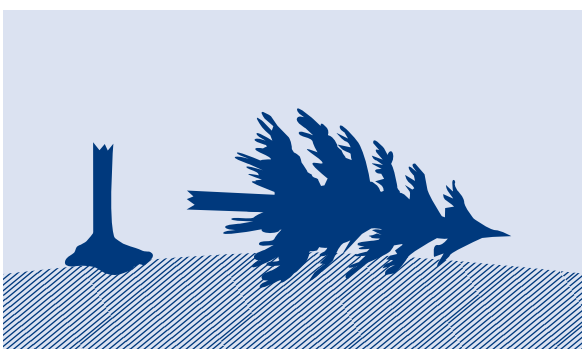


*Entwurzelt mit gutem Wurzelkontakt zur Feuchtigkeit im Erdboden:* In diesem Fall ist zunächst eine Lebendkonservierung anzustreben, um Kapazitäten für dringlichere Fälle freizuhaben. Anschließend sind alle Lagerungsarten möglich.

#### Windbruch (Nadel- oder Laubbäume)

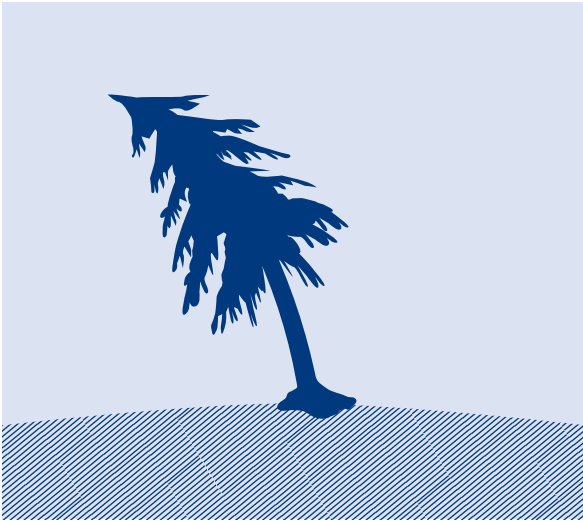


*Bruch in Stocknähe* (Stämme sind ohne Probleme als Langholz verwendbar): Es sind alle Lagerungsarten denkbar, die Einlagerung muss jedoch unverzüglich erfolgen, da das Holz sonst zu rasch trocknet. Ist eine prompte Einlagerung nicht durchführbar, wird die Trocknung durch Transpiration oder ein Trockenlager empfohlen.



*Bruch in 1/3 der Stammhöhe* (Stämme sind ausschließlich als Kurzholz nutzbar): Das Holz trocknet auch hier, darum muss eine Lagerungsart, die auf eine hohe Holzfeuchte abzielt, sehr schnell erfolgen. Optimal ist bei Bruchholz der sofortige Verkauf, da sich Kurzholz prinzipiell schlechter lagern lässt als Langholz.

**Gekrümmte oder angeschobene Stämme**  
(Nadel- oder Laubbäume)



*Baum gekrümmt, Wurzelsystem durch den Sturm nicht beeinträchtigt:* In diesem Fall sollte ebenfalls zunächst eine Lebendkonservierung das Ziel sein, um Kapazitäten für dringlichere Fälle freizuhaben. Anschließend sind erneut alle Lagerungsarten vertretbar.

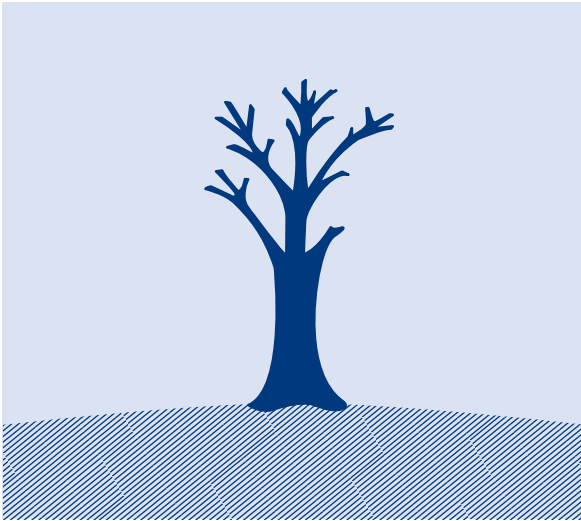


*Baum gekrümmt und das Wurzelsystem etwas angehoben, jedoch noch immer ausreichender Kontakt zur Feuchtigkeit im Erdboden:* Wie im vorherigen Fall ist hier eine Lebendkonservierung vorstellbar und anzustreben. Anschließend sind alle Lagerungsarten möglich.

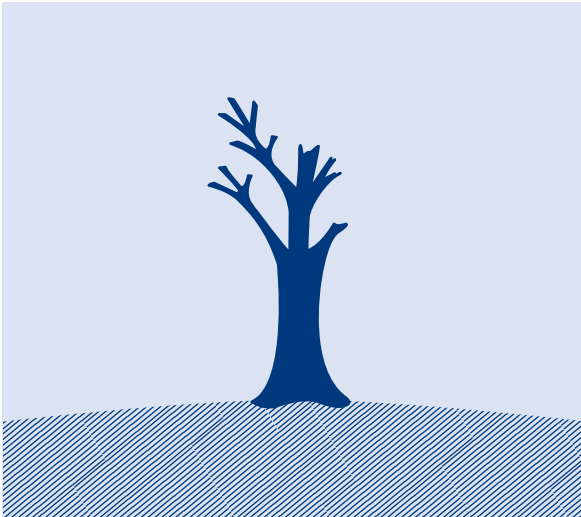


*Der schiefe Baum hängt in der Krone eines benachbarten Baums, Wurzelsystem schwer beschädigt und unzureichender Wurzelkontakt zur Feuchtigkeit im Erdboden:* Wie im ersten Fall muss die Einlagerung sehr schnell nach dem Windwurf vonstattengehen, da die Holzfeuchte permanent sinkt. Ist dies nicht realisierbar, bleibt nur die Trockenlagerung. Eine Variante ist auch wieder die Trocknung auf der Fläche durch Transpiration der Krone.

## Kronenschäden (meistens bei Laubbäumen)



*Geringfügige Kronenschäden (einzelne große Äste fehlen):* Hier empfiehlt sich zunächst die Lebendkonservierung. In Betracht kommen nach der Fällung wiederum alle Lagerungsarten – außer Trockenlagerung.



*Starke Kronenschäden (mehr als die Hälfte der früheren Krone fehlt):* Auch bei einem solchen Schadbild kann eine Lebendkonservierung stattfinden. Anschließend empfehlen sich abermals alle Lagerungsarten, außer Trockenlagerung. Bei der Aufbewahrung in Haufenpoltern in Rinde ist auf die zeitliche Begrenzung der Lagerdauer zu achten.



*Verlust fast der gesamten Krone:* Da die Lebensfunktionen des Baumes nicht mehr ausreichend vorhanden sind, ist hier von einer Lebendkonservierung abzu-sehen. Wiederrum sind alle Lagerungsformen empfehlenswert, abgesehen von der Trockenlagerung. Entscheidend ist, dass das Holz schnell ins Lager kommt, um ein Absinken der Holzfeuchte zu vermeiden.

---

# Poltern in Rinde

## In Kürze

---

- nur frisches, gesundes Holz einlagern
  - schattige, windgeschützte Plätze wählen
  - möglichst große, kompakte Polter bilden
- 

- + kostengünstig
  - + einfach
  - + Flächen leicht verfügbar
- 

- nur begrenzte Lagerdauer, vor allem im Sommer
  - unkontrollierbares Verfahren
  - abhängig vom Wetter
- 

## Beschreibung

Poltern in Rinde ist ein gängiges und kostengünstiges Verfahren, um Holz aller Baumarten im Wald zu lagern. Es handelt sich jedoch nicht im eigentlichen Sinne um ein Verfahren zur Erhaltung der Holzqualität, sondern um einen zwangsläufig im Zuge der Holzbereitstellung anfallenden Verfahrensschritt. Das Holz wird zur Präsentation im Wald bereitgelegt.

Im Kalamitätsfall ist dieses Verfahren nur bedingt geeignet, da man nicht davon ausgehen kann, dass alle aufgearbeiteten Holzmenge schnell abfließen. Dadurch steigen Forstschutzrisiken und die der Holzwertung stark an. Ohnehin ist das Risiko eines Befalls durch Schadinsekten nach einer Kalamität größer als normal (Odenthal-Kahabka 2005).

Haufenpolter (Abbildung 3) lassen sich in der Regel rasch und ohne größere Schwierigkeiten aufsetzen. Es kommt darauf an, eine möglichst hohe Holzfeuchtigkeit zu erhalten. Deshalb ist das Poltern ohne Unterlagen Erfolg versprechend. Das bestätigten Informationen von Fuhrleuten im Jahr 2010: Manche Lärchensäger ließen ihr Holz absichtlich lange Zeit im Wald liegen. Wurden solche Polter ohne Unterlagen gesetzt, blieb die Qualität auch nach weit über einem Jahr weitgehend erhalten. Auf Unterlagen gesetzte

Polter wären dagegen nach der gleichen Zeit meist weitgehend entwertet gewesen.

Die Stämme sollen möglichst gleich lang sein (CTBA 2004b). Als unterste Lagen eignen sich gesunde, minderwertige Stämme. Der Holzpräsentation dient es jedoch eher, das Holz auf Unterlagen zu setzen, da so ein ordentlicher Eindruck entsteht. In jedem Fall sollten jedoch spezielle Kundenwünsche berücksichtigt werden.

*Sonderfall Versteigerungsholz:* Die Lagerung von Versteigerungsholz stellt eine besondere Form der Präsentation dar. Die Stämme müssen einzeln, sauber, auf stärkeren Unterlagen und für die Käufer gut zugänglich gepoltert sein.

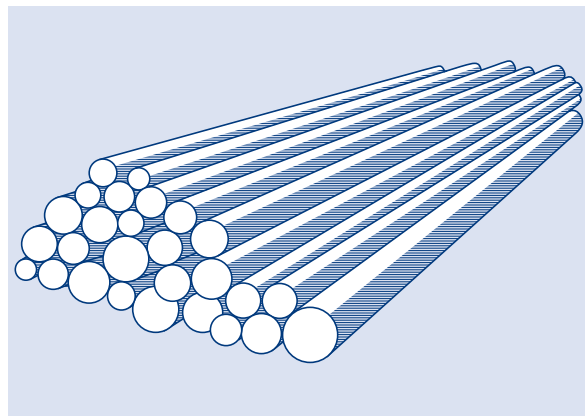


Abbildung 3: Haufenpolter (nach Schulz et al. 1991)

## Voraussetzungen

Die Holzmenge pro Polter kann je nach Holzanfall und Lagermöglichkeit variieren. Das Aufsetzen großer Polter trägt jedoch wesentlich dazu bei, eine hohe Holzfeuchte zu erhalten. Die Stämme werden möglichst kompakt, eventuell abwechselnd dünn- und dickkörtig gelagert. Soweit es das Arbeitsverfahren erlaubt, sind stärkere Wurzelanläufe beizuschneiden. Um eine rasche Ausbreitung von Pilz- und Insektenbefall zu vermeiden, empfiehlt es sich, nur gesundes bzw. vollständig gesundgeschnittenes Holz einzulagern. Bei längerer Lagerdauer allerdings werden die Stirnseiten häufig



Abbildung 4: Poltern in Rinde Foto: O. Wandruschka, fotolia

von Pilzen befallen. Es ist deshalb von Vorteil, das Holz möglichst lang und mit großzügigen Überlängen auszuhalten. Dadurch wird der Stirnflächeneffekt minimiert und man kann die Stämme mit nur geringen Wertminderungen gesundschneiden. Die niedrigen Lagerkosten gleichen diese Verluste teilweise aus. Werden Fixlängen ausgehalten, sind Überlängen in der Regel nicht möglich, da die Abnehmer der Fixlängen, namentlich Großsägewerke, oft keine Kappanlagen haben.

Als Lagerplätze eignen sich schattige Bereiche mit hoher Luftfeuchtigkeit und ohne größeren Durchzug. Um Verdunstungsverluste zu reduzieren, kann man die Stirnseiten mit UV-beständiger Folie abdecken. Die Polteroberseiten dagegen sollten frei bleiben, da Niederschläge zur Erhaltung einer hohen Holzfeuchte beitragen. Die unter Folie höheren Temperaturen fördern das Pilzwachstum. Um größere Lagerschäden zu vermeiden, sind alle Polter regelmäßig auf Käferbefall zu kontrollieren.

### Lagerdauer

Für Nadelholz und Buche ist eine Lagerung in Rinde nur über eine Vegetationsperiode sinnvoll. Über diesen Zeitraum hinaus führen Insekten- und Pilzbefall zu hohen Qualitätsverlusten. Dies gilt in diesem Sinne nur für wintergeschlagenes Holz (CTBA 2004b). In Rinde gelagertes Holz sollte im Sommer in jedem Fall zügig abgefahren werden. Wenn mit einer längeren Lagerdauer zu rechnen ist, empfiehlt es sich, das Holz entweder zu entrinden oder ins Nasslager zu bringen.

### Kosten

Für das Lagern in Rinde fallen keine direkten Kosten an. Rechnet man die Rückung zu den Lagerkosten, ist bei normalen Geländebedingungen mit Kosten von 4–6 €/Fm (Euro pro Festmeter) bzw. Rm (Raummeter) zu rechnen. Hierbei handelt es sich um Werte für durchschnittliche Rückentfernungen von etwa 100–200m mit Forstschleppern. Die Polterarbeiten selbst sind daran mit einem Anteil von etwa 20% bis maximal 30% beteiligt, das heißt circa 1–2 €/Fm.

## Waldschutz und Schutz des gelagerten Holzes

Insektizide sollten nur dann angewandt werden, wenn sich keine andere Alternative bietet, die Holzpolter vor Insektenbefall zu schützen. Das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit gibt jährlich ein aktuelles Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis heraus. Es enthält die zugelassenen Mittel geordnet nach Einsatzgebieten und Wirkungsbereichen. Es informiert ausführlich über Auflagen, Anwendungsbestimmungen und Kennzeichnungen sowie über die Anwendung der Mittel. Das Verzeichnis erscheint in sieben Teilen (Teil 4 »Forst«). Die Teilverzeichnisse sind als PDF-Dateien abrufbar: [http://www.bvl.bund.de/DE/04\\_Pflanzenschutzmittel/01\\_Aufgaben/02\\_ZulassungPSM/01\\_ZugelPSM/05\\_Verzeichnis/psm\\_ZugelPSM\\_Verzeichnis\\_node.html](http://www.bvl.bund.de/DE/04_Pflanzenschutzmittel/01_Aufgaben/02_ZulassungPSM/01_ZugelPSM/05_Verzeichnis/psm_ZugelPSM_Verzeichnis_node.html)

Den Waldbesitzern wird empfohlen, sich auf jeden Fall vorab vom zuständigen Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AELF) bzw. der Forstdienststelle beraten zu lassen.

### Rindenbrütende Borkenkäfer

Durch die Lagerung außerhalb des Waldes oder in großflächigen Laubholzbeständen, die Nadelholzborkenkäfern keinen Lebensraum bieten, kann eine Insektizidanwendung bei Fichte ebenso vermieden werden wie durch die Entrindung. Eine Entfernung von 500 m zum nächsten Nadelholzbestand gilt als sicher. Dabei sind jedoch Zufallsanflüge, die zu vereinzelt Befall führen können, nicht auszuschließen. Dies gilt sowohl

für kurz- und längerfristige einmalige Lagerung als auch bei ständiger Nutzung des Lagerplatzes.

Wo immer möglich, ist diese Alternative aus Umweltschutzgründen zu nutzen. Wenn sich eine Insektizidbehandlung nicht verhindern lässt, sind sämtliche Auflagen strikt einzuhalten. Spritzungen sind vor oder während, bei kleinen Poltern eventuell auch nach dem Aufsetzen möglich. Falls es der Arbeitsablauf erlaubt, wird bei großen Poltern lagenweises Spritzen empfohlen, um eine Benetzung aller Stämme zu gewährleisten. Eine einmalige Applikation bietet je nach Anwendungskonzentration zwölf bis vierzehn Wochen Schutz und kostet je nach Präparat und Applikationsbedingungen zwischen 3 und 4 €/Fm (Stand: 2010).

### Holzbrütende Borkenkäfer

Die beste Prophylaxe besteht darin, das Holz vor Beginn der Schwärmzeit, also bis Anfang März, abzuführen. Entrindung schützt nur dann vor Befall, wenn die Stämme sehr rasch austrocknen können. Die Lagerung von Nadelholz in Laubholzbeständen oder außerhalb des Waldes verhindert die Besiedelung mit Nutzholzborkenkäfern weitgehend. Die Einrichtung ständiger Lagerplätze an diesen Standorten wird nicht empfohlen, weil die Käfer im Boden überwintern und von dort ausgehend wieder Schäden verursachen können (Schneider 1998).



Abbildung 5:  
Submissionsplatz

Foto: U. Schweizer, AELF Miesbach

## Abdecken mit Vlies

Die in der Schweiz entwickelte Methode gründet auf Beobachtungen in Gartenbau und Landwirtschaft. Kramer (2000) übertrug dieses Verfahren auf die Holzlagerung und verwendet Geovlies zum Abdecken von Rundholz in Rinde. Hintergrund dieser Versuche waren negative Resultate bei Insektizidanwendungen (trotz zweimaliger Applikation wiesen einige Stämme *Lineatus*-Befall auf). Das thermisch beidseitig verfestigte, 2,8mm starke Geovlies wird in Bahnen über das Holz gelegt und mit Dachlatten direkt auf dem Rundholz befestigt. Die einzelnen Bahnen müssen sich um etwa 20 cm überlappen. Die Stirnseiten größerer Polter können zusätzlich mit Vliesstücken geschützt werden. Die Vliesbahnen liegen auf dem Boden auf und werden mit Steinen, Holz oder Ähnlichem beschwert. Um den Materialbedarf zu ermitteln, empfiehlt es sich, die Polter genau auszumessen und die Überlappungsbreiten zu addieren. Der Autor nennt als Richtwert ungefähr 4×50m Vlies (zwei Bahnen) um etwa 60 m<sup>3</sup> Holz abzudecken. Kramer stellte fest, dass Holz aus dem letzten Wintereinschlag nach dem Entfernen der Abdeckung Anfang September noch wie frisch geerntet aussah. Nur wenige Nutzholzborkenkäfer (*Typodendron lineatum* (Oliv.)) drangen über direkt auf dem Holz aufliegende Vliespartien ein. Das Holz entsprach den Qualitätsanforderungen der Käufer, die es unter anderem für ökologisch anspruchsvolle Bauten verwendeten. Die Materialkosten betragen im Jahr 2000 circa 2,25 SFr/m<sup>2</sup> bzw. 1,47 €/m<sup>2</sup>. Dazu kommen noch die Kosten für Befestigungslatten und Nägel bzw. Schrauben sowie Lohnkosten. Nach Angabe des Herstellers ist das Vlies drei Jahre verwendbar.

Die Methode gefährdet im Gegensatz zur Insektizidanwendung weder Boden noch Grund- und Oberflächenwasser (Kramer 2000). Auch wenn nur Teile eines Polters abgefahren werden, bleibt der Schutz erhalten. Das Vlies ist reißfest, wasserdurchlässig und leicht zu handhaben. Aufgrund seiner Struktur passt es sich der Polterform gut an, haftet leicht an der Unterlage und an sich selbst. Die Abdeckung ist nicht windanfällig. Verschweißen oder Verkleben ist nicht notwendig. Die Anwendung dieses Verfahrens erfordert keine größeren Investitionen. An vielbegangenen Waldwegen empfiehlt es sich, Hinweistafeln aufzustellen, um Beschädigungen zu verhindern. Auf eine ausreichende Sicherung der Polter ist zu achten. Nach dem Jahr 2000 wird dieses Verfahren in der Literatur lediglich mit Verweis auf Kramer (2000) erwähnt, es liegen keine neueren Erkenntnisse vor.

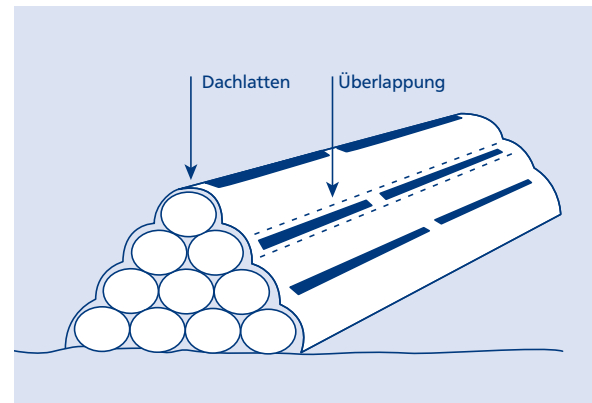


Abbildung 6: Abdecken mit Geovlies (nach Kramer 2000)

## Wertung

Poltern in Rinde verursacht im Regelfall nur geringe Kosten. Diese entstehen zu 100% durch die Rückung und Polterung. Die Lagerung selbst kostet nichts. Bei normalen Geländeverhältnissen lässt sich die Arbeit schnell und ohne technische Schwierigkeiten ausführen.

Diese Art der Holzlagerung eignet sich für gesundes, waldfrisches, im Winter aufgearbeitetes Holz, das nicht sofort absetzbar ist. Das Verfahren birgt ein hohes Risiko hinsichtlich Qualitätseinbußen, vor allem bei ungünstigen Witterungs- und Lagerungsbedingungen. Es ist deshalb für eine Langzeitlagerung ungeeignet. Über wenige Monate hinweg bleibt die Holzqualität bei sachgerechter Lagerung und günstiger Witterung meist weitgehend erhalten. Für Kiefer eignet sich diese Methode weniger, da Bläuepilze das Holz sehr rasch befallen und entwerten. Das Verfahren eignet sich für alle Waldbesitzarten und -größen. Das Abdecken mit Geovlies stellt einen interessanten Aspekt dar, vor allem im Hinblick auf die Vermeidung von Insektiziden. Diese Methode taucht jedoch nach 2000 nicht mehr in der Literatur auf und es fehlen Erfahrungen aus der Praxis, um weitere Empfehlungen abgeben zu können.



# Poltern ohne Rinde

## In Kürze

- nur absolut gesundes Holz einlagern
- möglichst starkes Holz ab Stärkeklasse L3 einlagern
- sonnige, luftige Lagerplätze wählen
- in der Praxis kaum angewendet
- nur in Absprache mit Kunden zu empfehlen

- + Holz kommt vorgetrocknet ins Werk
- + Zeit und Energie für Trocknung werden gespart
- + es wird in der Regel bereits formstabiles einbaufertiges Bauholz erzeugt

- Verfahren ist witterungsabhängig
- Rotstreifigkeit und Bläue treten regelmäßig auf
- es können leicht Risse entstehen

## Beschreibung

Rasches Trocknen nach der Entrindung und luftige Lagerung entziehen den Stämmen so viel Wasser, dass holzerstörende Pilze keine geeigneten Lebensbedingungen mehr vorfinden. Auf unentrindet gelagertem Holz dagegen siedeln sich rasch Pilze an, weil die Witterung nur selten zu einer Holzfeuchte führt, die für das Pilzwachstum zu hoch oder zu niedrig ist. Zu rasche und starke Trocknung fördert jedoch die Rissbildung.

Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass entrindetes *Fichtenstammholz* aus Winterfällung nach mehrmonatiger Lagerung an der Waldstraße im Wesentlichen trocken ist (25–30%). Rotstreifigkeit, Bläue und Verfärbungen zeigen sich, wenn überhaupt, in der Regel nur bis in geringe Tiefen und diese Stammteile bleiben in der Seitenware (Abbildung 8).

Pilzart	Holzfeuchte		Temperatur	
	Amplitude	Optimum	Amplitude	Optimum
Bläue (ca. 100 Arten)	25–120%	50–100%	2–32 (35) °C	18–25 °C
Rotstreifigkeit <sup>1</sup>	25–150%	40–60%	2–32 (35) °C	20–22 (28 <sup>2</sup> ) °C

Tabelle 2: Für Pilzwachstum geeignete Holzfeuchten und Temperaturen (nach Schmidt 1994 und Butin 2011)

<sup>1</sup> an Rundholz vom Fichte/Tanne/Kiefer <sup>2</sup> bezieht sich auf Rotstreifigkeit an der Kiefer; Erreger: *Trichaptum abietinum*

## Voraussetzungen

Diese Art der Lagerung ist nur für *Nadelholz* geeignet. Zwischen Aufarbeitung und Polterung darf nur kurze Zeit verstreichen, da das Risiko des Pilz- und Insektenbefalls sonst sehr stark ansteigt. Das Verfahren führt nur dann zum Erfolg, wenn ausschließlich gesundes bzw. vollständig gesundgeschnittenes Holz eingelagert wird. Stammtrockene, rotfaule oder insektenbefallene Stämme bzw. Stammteile sind separat zu poltern. Das Holz ist möglichst schonend zu entrinden.

Optimale Flächen liegen im luftigen Halbschatten, möglichst quer zur Windrichtung, z. B. neben Altbeständen, entlang von Waldwegen oder Freilagen im Wald. Sie sollten der Sonneneinstrahlung nicht stark ausgesetzt sein. Feuchte, windstille Lagen und Plätze in Jungbeständen sind völlig untauglich.

Im Regelfall wird das Holz lagenweise gepoltert. Kreuz- und Haufenpolter sind bei längerer Lagerdauer im Allgemeinen wegen schlechter Durchlüftung nicht zu empfehlen. Nur in wind- und sonnenexponierten Lagen eignen sich Haufenpolter, da Lagenpolter hier eventuell zu rasch austrocknen und sich verstärkt Risse bilden (AID 1987). Am Hang ist die Anlage von Abrollpoltern möglich.

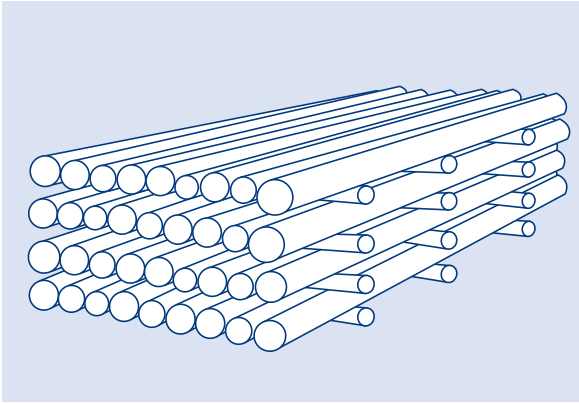


Abbildung 7: Lagenpolter (nach Schulz et al. 1991)

## Verfahren

Das rasch trocknende Holz bietet Borkenkäfern kaum Lebensraum. Die Polter sollten trotzdem möglichst mehr als 500 m von Nadelholzbeständen entfernt angelegt werden. Am günstigsten ist es, Lagenpolter mit einer großen Bodenfreiheit von etwa 0,5–1 m mit starken oder zwei im Verband übereinanderliegenden Stämmen (gesunde C-Qualität) als Unterlagen zu errichten. Darauf folgt eine einschichtige Stammholzlage, auf der dann nur vier bis sechs möglichst gleichstarke Stämme die Querlage bilden (in der Regel gesunde Hölzer, C-Qualität). Diese Reihenfolge wird mehrmals fortgesetzt. Insgesamt kann vier bis sechs Lagen hoch, 20–25 m lang und 10 m breit gepoltert werden. Die Höhe an der Stirnseite beträgt etwa 6 m.



Abbildung 8: Geschnittene Bohlen aus entrindetem Holz Foto: A. Wauer

Um Niederschläge besser abzuweisen, empfiehlt sich ein dachförmiger Abschluss, der nach oben hin durch schmalere Schichten ohne Zwischenlagen eine abgerundete Polterkrone bildet. Vor den Herbstniederschlä-

gen (in Gebieten mit hohen Niederschlägen auch schon vorher) ist der Polter mit einer an den Rändern etwa 80 cm überstehenden, UV-beständigen Folie abzudecken. Die vier seitlichen Polterkanten bleiben dabei frei. Silofolie eignet sich laut Lang et al. (2000) nicht, da sie die Spannung verliert, Wasserstau provoziert und gegen herabfallende Äste keinen Widerstand bietet. Zur Befestigung können Sägewerksschwarten, eingerollt und mit Nägeln befestigt, dienen. So besteht keine Gefahr, dass eventuell nicht herausgezogene Nägel die Gatterblätter gefährden.

## Lagerdauer

Eine Lagerdauer bis zu zwei Jahren ist möglich (Schulz et al. 1991). AID (1987) empfiehlt eine Lagerung von nur einem Jahr. Andere Autoren halten eine Lagerzeit von bis zu drei Jahren für unbedenklich.

## Kosten

Odenthal-Kahabka (2005) veranschlagt die Kosten mit 7–13 €/Fm, wobei hier eine Beifuhr auf einen zentralen Lagerplatz enthalten ist. Die Lagerung vor Ort dürfte also circa 5 €/Fm günstiger sein. Das deckt sich in etwa mit dem Stand aus dem Jahr 2000. Damals rechnete der Maschinenbetrieb München mit durchschnittlich 5,11 €/Fm für die Entrindung und das Aufsetzen in Haufenpoltern

## Verkehrssicherung

Auf diese Art und Weise angelegte Polter sind in der Regel stabil. Dennoch ist es aus Verkehrssicherungsgründen sinnvoll, die äußeren Stämme mit Bauklammern zu verbinden. Eventuell können Kerben in die Querlieger geschnitten werden.



Abbildung 9: Lagerung entrindeter Fichten entlang einer Waldstraße Foto: M. Kubatta-Große

### Praxiserfahrungen

Dieses traditionelle Verfahren war früher noch wesentlich weiter verbreitet. In den 1990er Jahren bedienten sich gerade kleine, aber auch mittelgroße Sägewerke ohne eigene Entrindungsanlage dieser Methode. Zu der Zeit kaufte zum Beispiel ein oberfränkisches Sägewerk regelmäßig stärkeres Stammholz entrindet aus Winterfällung und ließ es monatelang in Kleinpoltern an den Waldstraßen liegen. Heute findet die Methode nur noch vereinzelt Anwendung.

### Wertung

Der Erfolg der Lagerung ohne Rinde hängt von Witterungsverlauf, Lage des Polterplatzes, Aufarbeitungs- und Einlagerungszeitpunkt ab. Zu langsame Trocknung führt zu Pilzbefall, zu rasche Trocknung zu Rissen. Holz besserer Qualität aus Windwurf und -bruch lässt sich auf diese Weise lagern, wenn wegen bereits begonnener Austrocknung Nasslagerung oder Poltern in Rinde wenig Erfolg versprechen. Bei zunehmender Lagerdauer und Austrocknung entstehen vor allem an den äußeren Stämmen Risse. Wegen der Gefahr des Verblauens eignet sich diese Lagermöglichkeit *nicht* für wertvollere *Kiefern*. Ein Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass trockenes Holz verkauft und auf die Polter ganzjährig zugegriffen werden kann (höhere Wertschöpfung, Schaufenster-Effekt). Da es heute kaum noch mobile Entrindungsmaschinen gibt, lässt sich das Verfahren nur bedingt umsetzen. Das Verfahren eignet sich für alle Waldbesitzarten und -größen.

---

# Bereitstellung vorgetrockneten Stammholzes mit Ziel Qualitätsbauholz

## Beschreibung

Bei diesem Verfahren handelt es sich um eine Variante des Polterns ohne Rinde mit dem Ziel, rasch trockenes Bauholz von guter Qualität zu produzieren. Bei dem heute üblichen raschen Baufortschritt unterbleibt zwischen der Bestellung der Bauholzliste beim Sägewerk und dem Einbau des Holzes meist eine Freilufttrocknung des Schnittholzes. Die technische Trocknung ist häufig zu teuer und kleinere Sägewerke verfügen oft nicht über entsprechende Einrichtungen. Nach verschiedenen DIN-Normen, z. B. 68365 (2008-12) Schnittholz für Zimmererarbeiten – Sortierung nach dem Aussehen – Nadelholz; 18334 Zimmer- und Holzbauarbeiten und 4074-1 (2002) Qualitätskriterien für konstruktive Vollholzprodukte, sind tragende Konstruktionen entweder trocken zu verbauen oder mit chemischen Holzschutzmitteln zu behandeln. Zahlreiche Folgeprobleme sind bekannt. Aufgrund zu feucht verbauten Holzes treten häufig Baumängel wie Schimmelbildung, Krümmungen, Schwindungsfugen und Verdrehungen auf. Zudem werden die Dachkonstruktionen schnell abgeschlossen, dies verhindert ein Nachtrocknen des Holzes. Daraus erwachsen häufig Probleme bei der Einhaltung der DIN-Vorschriften (Makas et al. 1998).

Mit zunehmender Bautätigkeit fragen Sägewerke im Frühsommer/Sommer vermehrt Rundholz nach. Forstbetriebe und Waldbesitzer können diesen Bedarf aufgrund der problematischen Sommerfällung teilweise nicht erfüllen. In beiden Fällen kann die Bereitstellung vorgetrockneten Stammholzes Abhilfe schaffen. Zwei verschiedene Lagerstrategien führen zur gewünschten Reduktion der Holzfeuchte:

### Kurzfristige Variante

Innerhalb von etwa drei Monaten lässt sich vorgetrocknetes, weitgehend verfärbungs- und rissfreies Nadelstammholz mit einer optimalen Holzfeuchte im Splint von etwa 25–30% erzeugen. Nur volle Besonnung und ungehinderter Windzutritt bieten eine Gewähr für das Gelingen. Ein rascher Trocknungsfortschritt in den ersten beiden Monaten entscheidet über den Erfolg. Der für das Pilzwachstum optimale Feuchtigkeitsbe-

reich muss möglichst rasch unterschritten werden, um Bläue und Rotstreifigkeit zu verhindern.

### Langfristige Variante

Auf diesem Wege trocknet das Holz etwa eineinhalb Jahre auf luftigen Plätzen im Halbschatten. Die Polteroberseiten werden mit UV-beständiger Folie abgedeckt, um einerseits ein zu rasches Trocknen und andererseits eine Wiederbefeuchtung zu vermeiden.

### Voraussetzungen

Nur die Einlagerung waldfrischer, gesunder bzw. gesund geschnittener Stämme ohne Pilz- und Insektenbefall führt zu positiven Resultaten. Bruchholz darf keinesfalls verwendet werden. Diese Variante der Rundholztrocknung eignet sich für *Fichte*, *Lärche* und *Douglasie*, nicht für *Laubholz*. Für *Kiefer* ist sie nur dann geeignet, wenn die Stämme schnellstmöglich entrinde und auf einem absolut sonnigen, windzugänglichen Lagerplatz gepoltert werden. Ansonsten ist das Verfahren wegen des Bläuerisikos nicht zu empfehlen.

Ausschlaggebend für den Erfolg des Verfahrens sind die richtige Wahl des Lagerplatzes, Polterart und Poltergröße. Der Polterplatz muss trocken, tragfähig und windzugänglich sein. Da die Anordnung der Stämme im Lagenpolter den Windzutritt am besten ermöglicht, eignet sich diese Polterart sehr gut für das Verfahren. Lagenpolter können aus ebenen Lagen, mit Giebel oder V-förmig errichtet werden (Abbildung 10).

Eisenbarth (2000) rät zu einem Poltervolumen von 80–100 Fm (zwei bis drei LKW-Ladungen). Dies gewährleistet eine gute Durchlüftung und berücksichtigt die Krankkapazitäten der Langholzfahrzeuge. Abweichend davon empfehlen Lang et al. (2000) eine Poltergröße von 80–200 Fm, außerdem ein Dach aus reißfester Folie, um eine Wiederbefeuchtung durch Niederschläge zu vermeiden. Der Giebel soll seitlich über die unteren Lagen überstehen, damit das Wasser außen abtropfen kann (Abbildung 10). Luftige Lagenpolter können auch als Abrollpolter mit Widerlager – bei ausreichender Bodenfreiheit und immer nur mit zwei

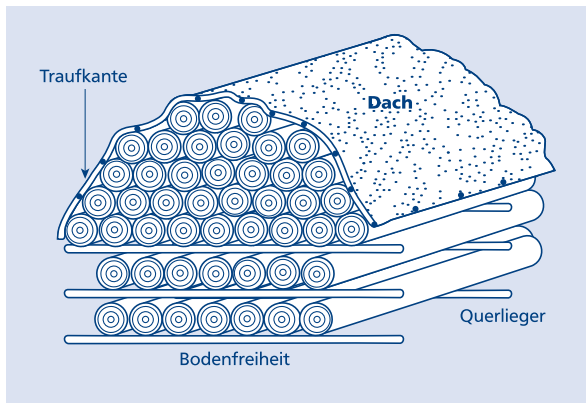


Abbildung 10: Aufbau eines Lagenpolters bis 200 Fm  
(nach Lang et al. 2000)

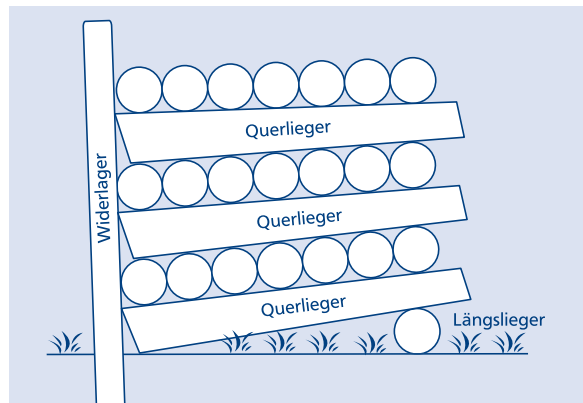


Abbildung 11: Abrollpolter mit Widerlager  
(nach Makas et al. 1998)

Querliegern zur besseren Durchlüftung – angelegt werden (Abbildung 11).

Im Normalfall werden 8–10 m breite und 6 m (Stammfußende) hohe Lagenpolter mit einheitlichen Stamm-längen errichtet. Die Polterbreite sollte 10 m nicht überschreiten. Je nach Arbeitshöhe des Kranes, bei Abrollpoltern auch je nach Höhe der Widerlager, können drei bis vier Lagen gebildet werden. Die Anlage größerer Einheiten verringert auch die Entrindungskosten (kürzere Umsetzzeiten der Entrindungsmaschine). Das Holz soll möglichst im Hochwinter, je nach Witterung spätestens bis Anfang April (*Lineatus!*), eingeschlagen werden. Dies wirkt sich zu Beginn der Trocknung (hohe Holzfeuchten im Splint) positiv aus, da bei niedrigeren Temperaturen im Frühjahr das Pilzwachstum eingeschränkt ist.

Nach dem Einschlag ist das sorgfältig aufgearbeitete Holz unverzüglich zu entrinden und zu poltern. Durchschnittliche Sortimenten (Bauholz) werden korrekt und schonend maschinell entrindet. Bei besonders hochwertigen Sortimenten kann man die teurere Entrindung von Hand in Erwägung ziehen, um Lagerschäden möglichst zu vermeiden. Das Vortrocknen im Haufenpolter bzw. eine kurze Zwischenlagerung führt zu Verfärbungen und bedeutet einen erheblichen Mehraufwand. Zwischen Fällung und Entrindung sollte nicht mehr als eine Woche verstreichen. Ein- bis zweitägiges oberflächliches Abtrocknen nach dem Entrinden erleichtert das Poltern. Lang et al. (2000) empfehlen diese kurze Vortrocknung, weil die Stämme dann viel griffiger seien, was einem geübten Langholz-Fahrer erlaube, den Polter ohne jegliche Hilfe aufzubauen. Makas (2000) hingegen hält dies nicht für unbedingt nötig. Bei zügiger Entrindung ist in der Regel keine

Insektizidbehandlung erforderlich. Das Holz muss jedoch vor dem *Lineatus*-Flug bereits leicht abgetrocknet sein. Auch eine Lagerung außerhalb des Waldes reduziert die Gefahr des Insektenbefalls. Nach Makas et al. (1998) ist »... die Gefahr von Insektenbefall nur in den ersten zwei bis drei Wochen der Lagerung gegeben, da mit zunehmender Trocknung der Stämme die Fängigkeit abnimmt«.

Der Luftaustausch im Polter darf nicht beeinträchtigt sein. Zwei bis maximal drei starke Querlieger haben sich hier bewährt. Die erforderliche Bodenfreiheit von ungefähr 50 cm lässt sich über die Verwendung starker Stämme (C-Qualität, gesund) als Unterlagen erreichen. Vorteilhaft ist es, starke Stämme nicht unten im Polter einzulagern, da dort die Durchlüftung am schlechtesten ist. Bei zuvor lebend gelagerten, gesunden *Fichten* ließen sich auch im Versuch noch gute Ergebnisse erzielen (Steffen et al. 1995). Die Abdeckung der Polter mit UV-beständiger Folie wird in der Literatur teils befürwortet, teils als nicht notwendig erachtet.

## Lagerdauer

### Kurzfristige Variante

Das Trocknungsziel von ungefähr 25% Holzfeuchte wird im Frühjahr bzw. Sommer innerhalb von etwa drei Monaten erreicht. Größere Risse von 3–4 cm Tiefe im Splint weisen darauf hin, dass das Trocknungsziel erreicht ist. Die Stämme dürfen dann nicht mehr länger trocknen, um stärkere Rissbildungen zu vermeiden.

Wenn das Holz nach etwa dreieinhalb Monaten noch nicht abgefahren wird, muss es auf Haufenpolter umgelagert werden. Die Lagerung ist dann witterungsabhängig noch bis zu einem halben Jahr möglich. Mit

zunehmender Lagerdauer wächst die Gefahr des Pilzbefalls (Rotstreifigkeit). Maschinell entrindetes Holz ist hierfür besonders anfällig. Die Walzen rufen Verletzungen auf dem Stammmantel hervor. Pilze können diese in der Regel feuchteren Stellen rasch besiedeln.

### Langfristige Variante

Nach etwa eineinhalb Jahren ist die erwünschte Holzfeuchte von 20–30% erreicht. Die Lagerdauer kann bis auf zwei Jahre ausgedehnt werden.

### Kosten

Das Verfahren ist mit Kosten in Höhe von 7–13 €/Fm (inkl. Entrindung und Beifuhr) verbunden (Odenthal-Kahabka 2005). Eine zentrale Entrindung auf dem Polterplatz spart etwa 1–2 €/Fm. Der Mehraufwand resultiert überwiegend aus den Kosten für gebrochenen Transport und zusätzlichen Manipulationsaufwand sowie gegebenenfalls aus Investitions-, Pacht- und Zinskosten (Schumacher et al. 1998). Bei der langfristigen Variante sind noch die Kosten für die Abdeckung mit Folie hinzuzurechnen.

### Verkehrssicherung

Die Hinweise aus dem Kapitel »Poltern ohne Rinde« gelten entsprechend. Bei Abrollpoltern entfällt die Sicherung.

### Wertung

Das Verfahren ermöglicht es, gutes, sofort weiter zu verarbeitendes Stammholz (vorgetrocknetes Bauholz) auf den Markt zu bringen. Bei Bedarf eignet es sich als regelmäßiges Angebot für Sägewerke. Die Bereitstellung vorgetrockneten Stammholzes ist allerdings nur dann sinnvoll, wenn sich Mehrerlöse erzielen lassen, Abnehmer vorhanden sind und geeignete Lagerplätze existieren.

Sofern ausreichend Entrindungs- und Lagerkapazitäten vorhanden sind, kann die kostengünstige Methode bei Kalamitäten genutzt werden, um den Holzmarkt zu entlasten. Dies gilt insbesondere für die langfristige Variante, die jedoch in Bezug auf Qualitätserhaltung risikoreicher einzustufen ist. Es sollte aber die Aussicht bestehen, dass nach der Lagerung bessere Preise zu erzielen sind.

Als günstig erweisen sich die ständige Zugriffsmöglichkeit auf die Polter (Schaufenster-Effekt) und die ökologischen Vorteile gegenüber der technischen Trocknung (z.B. kein Aufwand an fossiler Energie, kein Freisetzen von CO<sub>2</sub>).

Das Verfahren eignet sich für größeren Waldbesitz und Waldbesitzervereinigungen. Für einzelne Kleinprivatwaldbesitzer ist es in der Regel nicht rentabel (Holzmengen, Kosten). Generell ist die Trockenlagerung jedoch als unsichere Methode hinsichtlich der Qualitätserhaltung einzustufen. Denn diese hängt entscheidend vom Witterungsverlauf während der Lagerung ab, und dieser ist nicht zu beeinflussen (Odenthal-Kahabka 2005). Deshalb rät die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), die Trockenlagerung nur auf expliziten Käuferwunsch hin durchzuführen.

### Forschungsprojekte

Aktuelle Literatur zum Thema liegt nicht vor, deshalb sind hier die älteren Forschungsprojekte aufgeführt.

#### Institut für Holzforschung der Universität München (heute Holzforschung München)

Das Institut führte 1997 in Zusammenarbeit mit der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz einen Versuch zur Vortrocknung von *Nadelstammholz* durch. Die Versuchspartner polterten im März und Mai 402 Fm *Fichtenstammholz* auf zwei Lagerplätzen in der Nähe Münchens und im Pfälzer Wald. Das Projekt umfasste verschiedene Entrindungsvarianten. Das Holz wurde in Abrollpoltern mit Widerlager aufgesetzt (Abbildung 12). Diese Polter sind in sich stabil, so dass auf



Abbildung 12: Holzqualität der Versuchspolter in der Nähe von München nach viermonatiger Lagerdauer, frische Querschnitte. Foto: Institut für Holzforschung

eine Poltersicherung wie bei den herkömmlichen Lagenpoltern verzichtet werden konnte. Die Forscher ermittelten Holzfeuchten nach zehn bzw. nach neunzehn (Ende der Lagerzeit) Wochen. Einen Eindruck der Versuchsergebnisse geben die Abbildungen 12 und 13.

In Abhängigkeit von Polteraufbau sowie -sicherung, Entrindungsart und gegebenenfalls Abdeckung schwankten die Kosten für die Versuchspolter zwischen 7,62 und 11,61 €/Fm (Makas et al. 1998). Auf die Abdeckung mit Folie entfielen über alle Poltervarianten 2,35 €. Als billigste Variante erwiesen sich die Abrollpolter, da hierfür keine zusätzlichen Sicherungen (Holzkeile, Bauklammern) notwendig waren. Für das angestrebte Standardverfahren (ohne Abdeckung) in der Praxis veranschlagen Makas et al. (1998) Gesamtkosten von 5,22 €/Fm Rundholz.



Abbildung 13: Detailansicht eines Polters. Lagerschäden wie Rotstreifigkeit und Bläue sind nicht vorhanden.

Foto: Institut für Holzforschung

### **Ordinariat für Holztechnologie der Universität Hamburg und Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (heute Thünen-Institut, TI)**

Beide Institutionen führten zwischen 1990 und 1993 ebenfalls Versuche zur Trockenkonservierung von *Nadelrundholz* durch. Sie legten drei Trockenpolter mit insgesamt etwa 350 Fm *Fichten-, Kiefern-, Lärchen- und Douglasienholz* in Hessen im Fürst zu Solms-Lich'schen Forstamt Lich und im Bayerischen Forstamt Bad Brückenau an.

Beim ersten Versuch in Lich lagerte das Holz zunächst sechs Monate in Haufenpoltern im Halbschatten. Danach setzte das Team es zur intensiven Trocknung in Lagenpolter um. Die Resultate befriedigten nicht, weil die verzögerte Trocknung von Stämmen im Inneren der Haufenpolter deutliche Verfärbungen hervorrief. Außerdem führte die zweimalige Polterung zu einem höheren Aufwand (Steffen et al. 1995).

Der zweite Versuch in Lich zielte darauf ab, die Entwicklung der Holzqualität nach zweijähriger Trockenkonservierung von

- sturmgebrochenem, ein Jahr lang nicht aufgearbeitetem
- sturmgeworfenem, ein Jahr lebend konserviertem
- frisch eingeschlagenem Holz

zu vergleichen. Das sturmgebrochene Holz wies den höchsten Pilzbefall auf, das frisch eingeschlagene den geringsten. Die Holzqualität der zuvor lebend gelagerten Stämme war meist noch gut, insbesondere bei einer hohen Holzfeuchte zu Beginn der Trockenkonservierung. Bei einem Jahr Lagerzeit fielen in Lich zusätzliche Kosten von 5,37 €/Fm an. Der Mehrerlös betrug 14,32 €/Fm.

Das Forstamt Bad Brückenau konservierte frisch eingeschlagenes Holz über ein Jahr lang trocken. Die Stämme blieben weitgehend verfärbungsfrei. Nur minimale Blau- und Braunverfärbungen, vor allem im Bereich von Trockenrissen, traten auf. Es entstanden 10,23 €/Fm Mehrkosten. Darin sind der Aufwand für 5 km Transport, der Polteraufbau sowie 1,79 €/Fm für Folie, Befestigungslatten und -klammern plus Wartungsarbeiten enthalten.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen errichteten die Versuchspartner im Frühjahr 1997 mehrere Polter im Bayerischen Forstamt Anzing. Der Lagerplatz befand sich im Halbschatten. Eine gewebeverstärkte Folie (200 g/m<sup>2</sup>) diente zum Abdecken der Polter. Nach einer etwa achtzehnmonatigen Trocknungszeit hatte das Holz eine Feuchte von 20–25 % erreicht.

Die Resultate der verschiedenen Versuche veranlassten das Ordinariat für Holztechnologie und die Bundesforschungsanstalt, die Wege der Herstellung normengerechten Bauholzes miteinander zu vergleichen. Die Behandlung feuchten Holzes mit chemischen Holzschutzmitteln, die technische Trocknung und die Vortrocknung des Rundholzes im Wald bewerteten sie nach ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten. Die technische Trocknung weist den größten Energiebedarf und die höchsten Treibhausgasemissionen auf. Chemischer Holzschutz und nasser Einbau stellen die kostengünstigste Alternative für ein Sägewerk dar. Betrachtet man den gesamten Lebensweg des verbauten Holzes und fasst Herstellungs-, Folge- (Bauschäden!) plus Entsorgungskosten zusammen, zeigt sich die Vortrocknung des Rundholzes als optimale Variante (Welling et al. 1999).

---

# Lebendkonservierung

## In Kürze

- Instrument zur Steuerung und Streckung der Aufarbeitung
- kein Lagerverfahren im eigentlichen Sinne
- geeignet für geworfene Bäume mit ausreichend Wurzelkontakt

- + sofort anwendbar, ohne technischen Einsatz
- + bietet die Möglichkeit, sich auf dringliche Flächen zu konzentrieren
- + erhöht die Flexibilität im Kalamitätsfall

- gesteigertes Risiko bei Fichte unter hohem Borkenkäferdruck
- intensive Kontrollen erforderlich

## Beschreibung

Die Lebendkonservierung ist eigentlich kein Lagerungsverfahren, sondern dient der Steuerung und Streckung der Aufarbeitung im Kalamitätsfall unter bestmöglicher Erhaltung der Holzqualität (Odenthal-Kahabka 2005). Angeschobene und geworfene Stämme mit Wurzelkontakt bleiben über längere Zeit unaufgearbeitet im Wald stehen bzw. liegen. Die Erhaltung der Holzqualität beruht auf dem aktiven Immunsystem des noch lebenden Baumes.

Grundsätzlich ist es möglich, lebendgelagertes Holz (vor allem *Fichte* und *Tanne*) guter Qualität mit anderen Verfahren, wie z.B. der Nasslagerung, noch länger zu konservieren. Entscheidend hierfür ist, dass die Holzfeuchte nicht zu stark abgefallen ist. Sie sollte mindestens noch 100–120% des Darrgewichts betragen.

## Voraussetzungen

Diese Methode eignet sich für *Fichte*, *Tanne*, *Kiefer*, *Douglasie*, *Buche*, *Eiche* und *Pappel* (Mahler et al. 2000). Einzel-, Nester- und Gassenwürfe ohne Bruchholz, dazu ohne Schäden eignen sich am besten für diese Art der Lagerung, größere Flächen nur dann, wenn sie im Schatten (z.B. Nordhänge) liegen (Schumacher 1993). In der Vergangenheit wurde auch die Auffassung vertreten, dass die Lebendlagerung von *Nadelholz* im Bestand möglichst zu vermeiden bzw. nur begrenzt anzuwenden ist (Delorme und Wujciak 1973; Liese und Ammer 1968, Liese 1973 zitiert nach Peek 1990). Nach dem Sturm Lothar verfolgte das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten die Strategie, Einzel-, Nester- und Gassenwürfe vor Flächenwürfen aufzuarbeiten. Resultierend aus den Erfahrungen nach Sturm Wiebke gilt dort für große Schadereignisse der Grundsatz *Forstschutfrisiko vor Holzschutfrisiko* (Meyer 2000). Die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) empfiehlt baumartenspezifische Strategien für die Lebendlagerung von Sturmholz. Danach sollen bei *Fichte*, *Tanne* und *Kiefer* zuerst die Kleinflächen, danach die Großflächen sowie schwächeres vor stärkerem Holz aufgearbeitet werden. Für *Buche* lautet die Devise: Wertholz vor übrigem Stammholz, Großfläche vor Kleinfläche (Einzelwürfe, Streulage) aufarbeiten. *Douglasie*, *Eiche* und *Pappel* können zwei Jahre lebend gelagert werden (konkret nach Sturm Lothar bis Frühjahr 2002) (Mahler et al. 2000).

Für eine ausreichende Wasserversorgung des Baumes ist es notwendig, dass mindestens 15% der Wurzeln noch Bodenkontakt haben bzw. eine mindestens einseitige Verbindung der Wurzeln mit dem Boden besteht. Die Wurzelteller sollten nur hochgeklappt, nicht jedoch seitlich verschoben sein, da sonst noch weniger Wurzelkontakt mit dem gewachsenen Boden besteht (Mahler et al. 2000). Die CTBA (2004b) empfiehlt abweichend davon 20–25% Bodenkontakt.



Sowohl *Nadel*- als auch *Laubholz* kann lebend gelagert werden. Bei *Fichte* und *Kiefer* sowie bei Einzel- und Nesterwürfen ist das Waldschutzrisiko unbedingt zu beachten. Häufige und regelmäßige Kontrollen sind hier notwendig, um Borkenkäferbefall rechtzeitig festzustellen und eine mögliche Ausbreitung zu verhindern. Die negativen Erfahrungen aus dem Jahre 1990 zeigen in drastischer Weise, dass Unachtsamkeit rasch zu Kalamitäten führen kann. Die Lebendlagerung ist bei erhöhtem Borkenkäferbefallsdruck nicht zu empfehlen (Schumacher 1993).

Feuchte, halbschattige bis schattige Lagen mindern die Gefahr des Qualitätsverlustes aufgrund der besseren Lebensbedingungen für die Bäume. Besonnung verursacht angespannten Wasserhaushalt bis hin zu Austrocknung, Sonnenbrand, Insekten-, Rotstreife- und/oder Bläuebefall. Nur wenige Kontaktstellen der Stämme mit dem Boden, mit Nachbarstämmen und Wurzelballen dürfen vorhanden sein, da sie für ein rasches Eindringen von Pilzen prädestiniert sind.

Die Lebendlagerung von *Fichten* auf staunassen oder wechselfeuchten Standorten sowie in Beständen mit hohem Rotfäuleanteil hat sich als nicht erfolgversprechend erwiesen (Mahler et al. 2000). Kaum geschädigte, grüne Kronen tragen als Garanten für die Vitalität des Baumes wesentlich zum Erfolg dieser Lagermethode bei. Ebenfalls ausschlaggebend für das Gelingen ist eine unverletzte Rinde, die den Stamm schützt (passive Resistenz). *Buchen* lassen sich auch mit größeren Kronenschäden lebend lagern. Pilze wandern zwar durch zerrissene Wurzeln ein, aber deshalb ist Gesundschneiden am Stammfuß nach der Aufarbeitung meist gut möglich.

Für *Buche* wird eine künstliche Trocknung nach dem Einschnitt empfohlen (Mahler et al. 2000).

Bei Versuchen wurden keine Zusammenhänge zwischen Holzqualität und Wurzelballenvolumen sowie zwischen Holzqualität und Brusthöhendurchmesser gefunden.

Die FVA Baden-Württemberg hat eine Entscheidungshilfe für und wider die Lebendkonservierung veröffentlicht.

Nach diesem Schema (Abbildung 14) können größere Würfe eher liegen bleiben als Nester- oder Einzelwürfe, da letztere nur schwer oder gar nicht zu kontrollieren sind. Entscheidend sind weiter der Fichtenanteil im geworfenen Holz sowie die Disposition der Nachbarbestände für Borkenkäferbefall. Ist zumindest eines von beiden gering, kann der Wurf liegen bleiben. Bei hohem Fichtenanteil plus gefährdeter Nachbarbestände ist regelmäßig auf Käferbefall zu kontrollieren. Sind Larven oder Jungkäfer im Holz, ist sofort aufzuarbeiten.

### Lagerdauer

Die Qualität des *Nadelholzes* ist im Normalfall nach einem Jahr noch gut. Sie verschlechtert sich jedoch im zweiten Jahr meist rapide. Deshalb ist es sehr ratsam, *Fichten* spätestens vor dem Käferflug zu Beginn der zweiten Vegetationsperiode aufzuarbeiten. *Kiefern* sollten nur über eine Vegetationsperiode hinweg lebend gelagert werden. Danach ist mit erheblichen Schäden zu rechnen. Bei Rindenverletzungen und an Berührungsstellen mit dem Boden tritt häufig Bläue auf. *Buchen* und *Eichen* lassen sich ohne größere Qualitätsverluste über eine bis zwei Vegetationsperioden, unter Umständen auch länger (hierzu Unterkapitel Forschungsergebnisse) konservieren.

### Kosten

Für das Verfahren fallen keine Kosten an. Lediglich der Aufwand für Kontrollen auf Käferbefall ist eventuell zu berücksichtigen (CTBA 2004b).

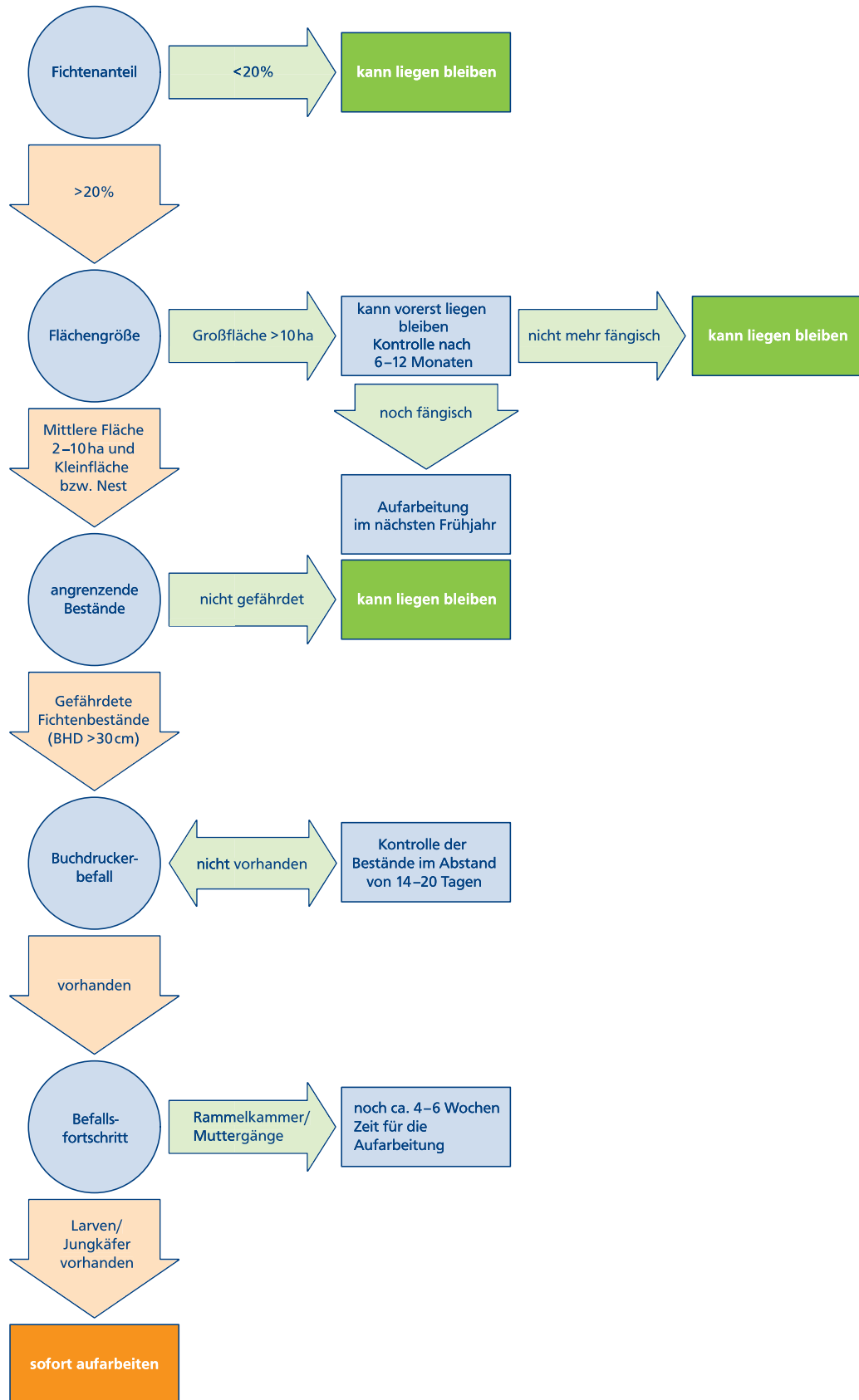


Abbildung 14: Entscheidungshilfe und Ablaufplan zur Lebendkonservierung  
(Quelle: FVA Baden-Württemberg, Abteilung Waldschutz, nach Odenthal-Kahabka 2005)

### Wertung

Bei sachgemäßer Anwendung stellt die Lebendlagerung für eine begrenzte Zeit eine kostengünstige und umweltfreundliche Möglichkeit dar, die Aufarbeitung auf vordringliche Bestände zu konzentrieren. Das Verfahren ist jedoch *auf sonnigen Standorten und bei erhöhtem Befallsdruck durch Borkenkäfer völlig ungeeignet*. Insbesondere für *Fichte* ist diese Methode aus Waldschutzgründen relativ riskant. Intensive Kontrollen sind erforderlich. Da diese bei verstreuten Windwürfen kaum möglich sind, sind solche sofort aufzuarbeiten. Außerdem verblaut *Kiefer* rasch.

Lebendlagerung sollte – bei *Fichte* unter Beachtung des Waldschutzrisikos – auch dann angewandt werden, wenn der ZE-Anfall (ZE steht für zwangsbedingten Holzeinschlag) so hoch ist, dass die Aufarbeitung nicht vor Beginn der Vegetationszeit zu beenden ist. Kalamitätsholz kann auf diese Art und Weise im Wald verbleiben, falls bei ungünstigen Absatzmöglichkeiten größere Risiken für aufgearbeitet gelagertes Holz zu erwarten sind. Die Methode eignet sich grundsätzlich für alle Waldbesitzarten und -größen. Im Privatwald ist das Verfahren für *Fichte* und auch *Kiefer* nur dann günstig, wenn sichergestellt ist, dass *zuverlässig und regelmäßig auf Käferbefall kontrolliert* wird. Ansonsten ist *Lebendlagerung hier auszuschließen*.

### Forschungsergebnisse

In Rheinland-Pfalz führten Versuche zu folgenden Ergebnissen (Bücking et al. 1997):

#### Fichte und Kiefer

- Die Holzqualität bleibt über eine Vegetationsperiode erhalten. Es darf aber keine Borkenkäferkalamität auftreten oder zu erwarten sein.
- Die Aufarbeitung sollte vor Schwärmbeginn der Borkenkäfer in der dem Sturm folgenden zweiten Vegetationsperiode abgeschlossen sein.
- Ein guter Bodenkontakt des Wurzelballens wirkt sich günstig auf die Splintholzfeuchte aus.
- Die Lebendlagerung bringt Vorteile für die betriebliche Dispositionsfreiheit.

#### Douglasie

- Im Versuch hatte eine fünfjährige Lebendlagerung kaum nachteilige Einflüsse auf die Qualität des Rundholzes und des daraus erzeugten Schnittholzes.
- Die Fehler beschränkten sich ausschließlich auf den Splintbereich.

Wegen des geringen Stichprobenumfangs (Poltervolumen 80,43 Fm o.R. [Festmeter ohne Rinde], Einschnittvolumen 2,73 Fm o.R. und Schnittholzvolumen 1,76 m<sup>3</sup> ohne Schwarten) sollten die Ergebnisse ebenso wie für *Eiche* noch nicht verallgemeinert werden. Sie ermutigen trotzdem dazu, *Douglasien* bei Vermarktungsproblemen nach einem Windwurf über mehrere Jahre lebend zu lagern, sofern ein ausreichender Wurzelkontakt mit dem Erdreich vorhanden ist (Bücking et al. 1997).

#### Eiche

- Die Lebendlagerung erwies sich günstiger als Haufenpolterung (z. B. höherer Erlös für Parkettholz).
- Zwei Varianten wurden getestet: Bei ein- und fünfjähriger Lagerdauer ergaben sich fast keine Unterschiede, ebenso wie zwischen Lebendlagerung auf der Freifläche und unter Schirm (eher nach einem Jahr als nach fünf). Deshalb sind möglichst zuerst Freiflächen aufzuarbeiten.
- Die Lebendlagerung erscheint sinnvoll zum Werterhalt des Eichenholzes in Katastrophenfällen. Die Mengen- und Qualitätsausbeute reduzierte sich nur geringfügig gegenüber Frischeinschlag.

---

# Folienlagerung

## In Kürze

---

### *Baden-Württembergisches Verfahren*

---

- Langholz oder Abschnitte werden luftdicht verpackt
  - Verpackung mittels zwei Lagen UV-beständiger Silofolie
  - Boden- und Deckfolie werden miteinander verschweißt
  - Holz wird in Paketen zu etwa 300 Fm verpackt
- 

- + erprobtes Verfahren mit bekannten Erfolgskriterien
  - + Holz ist mehrere Jahre lagerfähig
  - + gute Alternative zum Nasslager, genehmigungsfrei
- 

- Pakete sind nur schwer dicht zu halten
  - permanente Überwachung notwendig
  - es fallen Lizenzgebühren an, auch dadurch relativ teuer
- 

### *Schweizer Verfahren*

---

- Langholz oder Abschnitte werden unter einer Deckfolie verpackt
  - es gibt keine Bodenfolie
  - Holz wird permanent feucht gehalten
  - Holz muss absolut frisch sein
- 

- + günstiges Verfahren
  - + flexibel, jederzeit und überall einsetzbar
  - + gute Alternative zum Nasslager, genehmigungsfrei
- 

- Verfahren ist noch wenig erforscht
  - Erfolgskriterien unsicher
  - dadurch hohes Risiko der Holzentwertung
- 

## Beschreibung

Die Folienlagerung beruht auf dem Prinzip des Luftabschlusses nach außen. Es gibt derzeit zwei Verfahren, die prinzipiell für Kurz- und Langholz geeignet sind.

Bei beiden Methoden verwendet man UV-beständige Polyäthylenfolie (Silofolie) zur Abdeckung.

### **Baden-Württembergisches Verfahren**

Das erste Verfahren haben in einer Kooperation die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) in Freiburg und die Technische Universität Dresden (TU Dresden) in Tharandt entwickelt. Hierbei wird das Holz luftdicht eingeschweißt und damit in möglichst sauerstofffreier Atmosphäre gelagert. Natürliche Prozesse wie Atmung und Gärung reduzieren den Sauerstoffgehalt gegen 0%. Erneuter Luftzutritt wird verhindert. Dazu wird sowohl auf dem Boden unter dem Holz als auch über dem Holz eine doppellagige Folie ausgebreitet. Beide Folien werden miteinander verschweißt. Das Patent für das Verfahren hält die TU Dresden, einziger Lizenznehmer ist die Firma Wood-Packer in Freiburg, Patent-Nr.: DE19652951A1, vom 25.06.1998.

### **Schweizer Verfahren**

Das zweite Verfahren testete bereits nach dem Sturm Lothar 1999 die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA). Es wird deshalb in der Folge *Schweizer Verfahren* genannt. Das Sägewerk Schmidt in der Rhön wendet es seit mehreren Jahren erfolgreich an. Bei diesem Verfahren fehlt die Bodenfolie. Es beruht also *nicht* auf dem Prinzip des Sauerstoffentzugs, sondern das verpackte Holz wird durch den Luftabschluss nach außen permanent feucht gehalten. Verdunstendes Wasser tropft von der Folie wieder auf das Holz. Bodenfeuchtigkeit diffundiert in den Folienpolter. Es herrscht hier eine sauerstoffarme Atmosphäre mit circa 15% Sauerstoff.

## Voraussetzungen

Das Baden-Württembergische Verfahren wurde bisher für *Fichte/Tanne, Kiefer, Buche, Bergahorn, Esche* und *Birke* getestet und eignet sich wahrscheinlich auch für andere Baumarten. Das Holz muss in jedem Fall *frisch* sein.

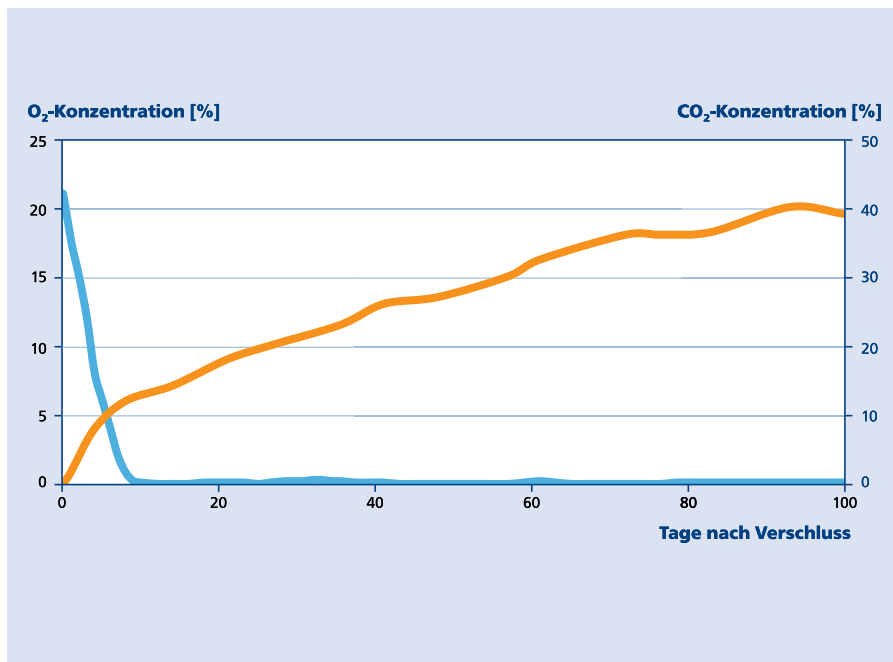


Abbildung 15: Entwicklung von O<sub>2</sub>- und CO<sub>2</sub>-Gehalt in Folienlagern während der ersten 100 Tage nach der Verpackung (nach Maier 2005)

Die Poltergröße orientiert sich an den Sortimenten, der Lagerplatzgröße und den Kundenwünschen bzw. der Verarbeitungskapazität des Sägewerkes. Prinzipiell gilt: Je größer der Polter, desto eher stellt sich die gewünschte, sauerstoffarme Atmosphäre ein. Kleine Polter haben nicht genug Masse, um die nötige Intensität von Gärung und Atmung zu erzeugen, damit der Sauerstoff schnell verbraucht wird. Aber: Ein Polter darf auch nur so groß sein, dass er nach der Öffnung sofort komplett geräumt werden kann. In Folie gelagertes Holz muss nach der Öffnung der Folie sofort verarbeitet werden, ansonsten kommt es zu einer starken Entwertung durch Oxidation. Versuche zeigten, dass nur das Verschweißen der Folien zum gewünschten luftdichten Abschluss führt. Zum besseren Schutz vor Beschädigungen sollten die Polter in eine doppelte Folienhülle eingepackt werden.

Für die Polter- und Einschweißarbeiten ist stets ein Zwei-Personen-Team notwendig. Landwirtschaftliche Geräte allein, wie sie z. B. für Silofolien Verwendung finden, eignen sich nicht. Die Waldbesitzer bzw. deren Beauftragte müssen die verpackten Polter jedoch bis zum Ende der Lagerzeit selbst kontrollieren. Bleibt die Folie dicht, sinkt der Sauerstoffgehalt innerhalb von zehn Tagen auf nahezu 0%, der CO<sub>2</sub>-Gehalt steigt nach 100 Tagen auf etwa 40% an (Abbildung 15). Später pendelt er sich bei 10–20% ein (Maier 2005). Nach dem Abschluss einer Lagerung sind die Folien vor allem

aufgrund der Alterung nicht wieder verwendbar. Sie sind jedoch thermisch oder stofflich verwertbar.

Für das Schweizer Verfahren liegen Erkenntnisse aus der Praxis nur für die *Fichte* vor. Die Regeln für die Poltergröße gelten gleichlautend wie beim Baden-Württembergischen Verfahren. Nur ist hier das Ziel nicht der Verbrauch des Sauerstoffs, sondern die Erhaltung einer gleichbleibend hohen Luft- und Holzfeuchte. Das Holz muss beim Einlagern absolut frisch sein, damit es eine maximale Ausgangsfeuchte mitbringt. Vorteilhaft ist es, den Polter vor der Folienabdeckung mit Wasser zu bespritzen. Verletzungen von Rinde und Holzmantelfläche sind bei dieser Art der Lagerung sehr nachteilig. Sie bilden Angriffspunkte für Pilze. Der Sauerstoffgehalt sank bei einem Versuch auf 16–20% (Rademacher et al. 2011), das heißt Schadorganismen überleben im Prinzip auch unter der Folie. Der Schutzeffekt rührt allein von der hohen Holzfeuchte her.

## Lagerdauer

### Baden-Württembergisches Verfahren

Versuche ergaben, dass – vorausgesetzt, die Konservierung verlief ungestört – auch nach längerer Lagerdauer keine Qualitätsverluste auftraten.

Selbst nach vier Jahren Lagerung war *Fichtenholz* weder verblaut noch rotstreifig und nur unwesentlich (durchschnittlich 10%) abgetrocknet (»optimal frisch«).

Nach über einem Jahr Lagerzeit verfärbte sich der äußere Splint zunächst gelblich, später bräunlich, was aber die Verwertung des Holzes nicht einschränkte (Schüler 2000). Bisher liegen für *Buche* Ergebnisse über Lagerzeiten von bis zu 14 Monaten vor. Die Produktion von *Buchenfurnier*, bei sehr guter Ausgangsqualität sogar von *weißem Buchenfurnier*, ist möglich (Maier et al. 1999). Für *Kiefernholz* existieren Erfahrungen mit einer Lagerdauer von einem halben Jahr. Bläuepilze konnten sich in der sauerstoffarmen Atmosphäre nicht entwickeln.

Eine rasche Weiterverarbeitung des Holzes nach dem Öffnen der Folien sowie eine künstliche Trocknung der Schnittware tragen wesentlich dazu bei, die Holzqualität zu erhalten. *Buchenholz* muss innerhalb von ein bis zwei Tagen im Sägewerk weiterverarbeitet werden, da die sofort einsetzenden Oxidationsprozesse zu einer sich von den Stirn- und Mantelflächen schnell ausbreitenden Grauverfärbung führen. Für *Nadelholz* ist diese Zeitspanne etwas größer, da die holzerstörenden Pilze relativ langsam wachsen.

### Schweizer Verfahren

Die bisherigen Erkenntnisse aus der Praxis sind noch nicht endgültig wissenschaftlich untermauert. Es zeichnet sich ab, dass zumindest *Nadelholz* auch mit diesem Verfahren einige Jahre lagerfähig ist. Derzeit wird aus der Praxis eine maximale Lagerzeit von einem Jahr empfohlen. Damit das Holz ohne gravierende Qualitätsverluste lagerfähig ist, sind nach bisherigen Erkenntnissen folgende Punkte strikt zu beachten:

- Nur absolut frisches und gesundes Holz ist einzulagern
- Es sollte nur Langholz konserviert werden, da bei Fixlängen kein ausreichender Kappschnitt zur Entfernung stirnseitiger Verfärbungen möglich ist
- Das Holz muss sofort nach dem Einschlag ins Folienlager
- Die Hölzer sollten möglichst gleich lang sein, um Hohlräume zu vermeiden
- Rindenschäden und Verletzungen des Stammmantels sind unbedingt zu vermeiden
- Als Lagerort ist ein frischer bis feuchter, windstiller Standort zu wählen, trockene windige Plätze sind ungeeignet

### Arbeitsschritte beim Baden-Württembergischen Verfahren

Zunächst ist ein günstiger, windgeschützter Lagerplatz zu wählen, um Schäden an der extrem windanfälligen Folie zu vermeiden.

Der Lagerplatz wird von Steinen, Ästen, Wurzelwerk und anderen Unebenheiten gesäubert.

Auf dieser weitgehend ebenen Fläche werden die Folien ausgebreitet und mit Unterlagen für die Polter versehen. Dies muss besonders vorsichtig geschehen, um Beschädigungen der Folie zu vermeiden (Maier 2005).

Darauf wird das Holz sorgfältig in Haufenpoltern aufgesetzt. Sämtliche Wurzelanläufe, Äste und Splitter sowie sonstige Spitzen, die die Folie beschädigen könnten, sind zu beseitigen. Dies ist bei weitem der aufwendigste Arbeitsschritt.

Anschließend wird die Deckfolie über das Holz gezogen und

mit Hilfe eines Spezialgeräts mit der Bodenfolie luftdicht verschweißt.

Zum besseren Schutz können eventuell feinmaschige Schutzgitter gegen mechanische Beschädigungen über die Folien gelegt werden. Dies verteuert jedoch das Verfahren zusätzlich. Die Gitter sind wiederverwertbar (Firma Böck, Trostberg).

Während der Lagerzeit sind regelmäßige Kontrollen mit einem Gasmessgerät (Mietpreis rund 1.000 €/Jahr) bei *Nadelholz* alle vier Wochen, bei *Buche* einmal pro Woche erforderlich. Dabei gefundene kleinere Beschädigungen der Folie können mit Gewebeklebeband repariert werden. Bei großen Schäden an der Folie bleibt meist nichts anderes übrig, als das Polter auspacken und möglichst rasch weiterzuverarbeiten. Die häufigsten Schadursachen sind herabfallende Äste und Mäusefraß. Schäden durch herabfallende Äste sind leicht zu erkennen und zu beheben. Schäden durch Mäusefraß lassen sich kaum finden, da sie am unteren Rand des Polters oder gar unter dem Polter sind. Verschmutzungen durch Laub oder Erde machen darüber hinaus eine Reparatur oft unmöglich (Maier 2005).

### Kosten

Das Baden-Württembergische Verfahren ist effizient, aber kostenintensiv. Es lohnt sich deshalb nur für bessere Sortimente und große Holzmengen (Minimum 1.000 Fm). Die Kosten belaufen sich derzeit auf circa 9–14 €/Fm (Maier 2010), wobei der Preis mit steigender Holzmenge sinkt. Das Verfahren ist inzwischen patentiert, daher fallen Lizenzgebühren an. Patentinhaber ist die Firma Wood-Packer in Freiburg im Breisgau.

Das Schweizer Verfahren ist mit Kosten von 5–10 €/Fm deutlich günstiger.

## Wertung

### Baden-Württembergisches Verfahren

Das vom Witterungsverlauf unabhängige Verfahren schützt zuverlässig vor Pilz- und Insektenbefall. Der Einsatz von Wasser und Insektiziden ist nicht nötig. Es lässt sich auch in Natur- und Wasserschutzgebieten anwenden. Es bedarf keiner rechtlichen Genehmigung.

Diese Art der Konservierung ist flexibel hinsichtlich Poltergröße, Lagerplatz und Holzart. Bei ungestörtem Lagerungsverlauf entstehen nur geringe Kontroll- und Wartungskosten. Als problematisch erwiesen sich bisher Beschädigungen der Folien (Mäusefraß, Windwirkung, Vandalismus). Kleinere Schäden lassen sich im Zuge der regelmäßigen Kontrollen beseitigen. Mäuseschäden lassen sich oft nicht finden, da sie unter dem Polter liegen. Häufig können sie wegen Verschmutzungen nicht repariert werden. Bei größeren Schäden bleibt meist nur die rasche Weiterverarbeitung des Holzes als *ultima ratio*.

Diese Lagerungsart eignet sich außer zur effektiven Hilfe bei einer Kalamitätsbewältigung auch zur Sommersversorgung von Sägewerken mit *Laubholz*. Die Unternehmen kaufen das Holz im Winter und konservieren es dann auf ihre Kosten im Wald oder auf dem Werksgelände.

Das Verfahren erfordert den Einsatz von geschultem Personal mit Spezialgeräten. Insbesondere aufgrund der hohen Kosten und der in der Regel benötigten größeren Holzmengen eignet sich das Verfahren für den *größeren Waldbesitz sowie für Waldbesitzervereinigungen, nicht jedoch für einzelne Kleinprivatwaldbesitzer*.

### Schweizer Verfahren

Dieses Verfahren befindet sich insofern noch im Erprobungsstadium, als dass Erkenntnisse aus der Praxis bisher nicht abschließend wissenschaftlich untermauert wurden. Der Erfolg des Verfahrens kann deshalb nicht als gesichert gelten, die Erfolgsfaktoren sind bisher nicht abschließend bestimmt.

Im besten Fall schützt das Verfahren zuverlässig vor Pilzen und Insekten. Dies berichtet der Vorreiter des Verfahrens in Deutschland, das Sägewerk Schmidt aus Tann/Rhön. Im schlechtesten Fall scheitert das Verfahren und das gelagerte Holz ist komplett entwertet, wie beim Landesbetrieb Hessen-Forst geschehen (Müller 2010). Die unten folgenden Erfahrungsberichte aus Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen bewegen sich zwischen diesen beiden Extremen.

Aus ihnen kann man schließen, dass die Einlagerung von frischem, gesundem, unbeschädigtem Lang-

holz auf bodenfrischen, schattigen, windstillen Standorten den größten Erfolg verspricht.

Das Verfahren ist mit Kosten von 5–10 €/Fm deutlich günstiger als das Baden-Württembergische Verfahren und auch einfacher anzuwenden, da keine Folien zu verschweißen sind. Die absolute Dichtigkeit der Folie ist hier nicht so entscheidend wie beim Baden-Württembergischen Verfahren, wenn auch wünschenswert. Schäden sind darüber hinaus leichter zu beheben, weil sich keine Folie unter dem Polter befindet.

Das Schweizer Verfahren hat das Potenzial zu einer zuverlässigen Möglichkeit der qualitätserhaltenden Holzlagerung zu werden, wenn feststeht, wodurch Erfolg oder Misserfolg begründet sind.

## Erfahrungen aus der Praxis

### Sachsenforst und Klausner Holz Sachsen GmbH

Nach dem Sturm Kyrill 2007 lagerten Sachsenforst und Klausner Holz Sachsen GmbH rund 25.000 Fm bis zu 17 Monate lang in Folie nach dem Baden-Württembergischen Verfahren. Klausner Holz mietete für das Folienlager eine etwa 2,5 ha große Fläche, die verkehrsgünstig in der Nähe des Sägewerks lag und vollständig asphaltiert war. Die Fläche stand für mindestens ein bis zwei Jahre zur Verfügung.

Es wurden 83 Pakete à circa 300 Fm gebildet und mit einer doppelten Folienlage am Boden sowie auf dem Polter versehen; die Lagen wurden einzeln verschweißt und die Folie anschließend mit Nylonnetzen gegen Wind gesichert. Die Folienpakete wurden in der Folge permanent überwacht und auf Beschädigungen durch Wind oder Mäusefraß kontrolliert. Das Holz wurde zwischen fünf und siebzehn Monate konserviert, zwei Drittel davon mehr als zwölf Monate. Die kürzer gelagerten Pakete mussten aufgrund von Beschädigungen, vor allem durch Mäuse und Sturm in Verbindung mit Frost, vorher geöffnet werden. Wegen erhöhten Holzbedarfs endete die Lagerung nach 17 Monaten, eine längere Aufbewahrung wäre jedoch ohne Weiteres möglich gewesen.

Beim Öffnen der Holzpakete fand sich auf den Stirnflächen ein weißer, reifartiger Belag. Maier (2005) fand heraus, dass es sich dabei um einen Schimmelpilz handelt, der keinen Einfluss auf die Holzqualität hat. Die Schimmelsporen können jedoch Allergien auslösen, deshalb trugen die mit dem Auspacken betrauten Arbeitskräfte Staubschutzmasken. Die beobachtete Verfärbung der Stirnflächen war jedoch nicht auf den Schimmelpilz zurückzuführen. Man vermutete eher schon bei der Einlagerung vorhandene Bläuepilze als

Ursache. Nach dem Entfernen einer circa 5 cm dicken Stammscheibe war die Holzqualität einwandfrei. Die Kosten des Folienlagers betragen etwa 12 €/Fm.

**Fazit des Verkäufers:** Aus der Sicht von Sachsenforst ergaben sich zwei Hauptvorteile. Die betreffenden Mengen belasteten nicht den Markt und stabilisierten den Preis. Außerdem lagerte das Holz außerhalb des Waldes, wodurch sich das Waldschutzrisiko minimierte. Der Vorteil gegenüber dem Nasslager ist die Unabhängigkeit von oftmals langwierigen Genehmigungsverfahren. Das Risiko einer Holzentwertung bei Folienschäden ist wesentlich geringer als etwa bei einer Unterbrechung der Wasserversorgung eines Nasslagers. Durch die vielen Einzelpakete ist zudem das Risiko einer Entwertung der Gesamtmenge sehr stark reduziert. Das Errichten eines Folienlagers bedeutet vermutlich einen höheren zeitlichen Aufwand als die Anlage eines Nasslagers, der Aufwand des Betriebes eines Folienlagers ist dagegen weitaus geringer als der eines vergleichbaren Nasslagers. Für Sachsenforst ist die Folienkonservierung ein probates Mittel, um eingeschlagene Holzmen gen aus dem Wald zu bekommen, vom Markt zu nehmen und gleichzeitig ihre Qualität zu erhalten. Die Folienkonservierung soll auch wegen der bereits genannten Problematik der Nasslagerung ein wichtiger Baustein im Szenario einer Kalamitätsbeseitigung bleiben. Sachsen Forst empfiehlt, für Mengen, die in Folie lagern sollen, einen Vorvertrag mit einem oder wenigen Kunden abzuschließen, da diese wahrscheinlich nur schwer am freien Markt zu verkaufen seien. Der Folien-Lagerplatz muss unbedingt windgeschützt sein. Der gewählte Platz war nach Westen hin offen, im Winter gab es deshalb Schäden an der Folie durch Sturm.

**Fazit des Käufers:** 1 ha Fläche reicht nach den Angaben von Klausner Holz für 10.000 Fm, bei 5 m Holzlänge. Klausner schätzt, dass unter normalen Verhältnissen und bei kontinuierlicher Holzanfuhr vier Personen etwa zehn Folienpakete pro Woche aufbauen können; das bedeutet ungefähr 16 Stunden Arbeitszeit pro Folienpaket. Hohe Disziplin erfordert die Einlagerung von mehreren Holzübernahmen gleichzeitig durch verschiedene Fuhrleute. Wind behindert die Einlagerung von Folienpaketen erheblich, die große Fläche der Silofolie wirkte wie ein Segel und ließ sich auch durch mehrere Mitarbeiter nicht kontrollieren.

Gegen Mäusefraß verwendete Klausner ein PVC-Bodengitter. Dadurch ließen sich die Mäuse jedoch nicht abhalten. Die Schutzmaßnahmen gegen Mäusefraß müssen dementsprechend weiterentwickelt werden. Bleibt die Folie dicht, ist laut Klausner praktisch kein Qualitätsverlust festzustellen, die Schimmelbildung auf dem Holz hat keine negativen Auswirkungen auf die Holzqualität. Lediglich Verfärbungen des Holzes durch Ausfällungen von Gerbstoffen stellte das Unternehmen fest. Darüber hinaus waren Qualitätseinbußen meist auf Verzögerungen vor der Einlagerung zurückzuführen. Die Einlagerung sollte nach Ansicht von Klausner möglichst im Winterhalbjahr stattfinden, dann bleiben Störungen bei der Einlagerung ohne Auswirkungen auf die Qualität des Holzes. Vorteilhaft für die Befahrbarkeit ist eine Asphaltierung oder Betonierung des Lagerplatzes. Der Schutz vor unberechtigtem Zutritt verhindert Vandalismus. Alternativ ist für Klausner eine Lagerung dezentral in der Nähe des Hiebsortes denkbar, das hat den Vorteil, dass kein Zwischentransport nötig ist.

(Geibler und Scholz 2008)

#### **Österreich, Guts- und Forstbetrieb Niedernondorf, Thurnsche Forstverwaltung (2008)**

Gleich nach dem Sturm Kyrill im Januar 2007 führte der Guts- und Forstbetrieb Niedernondorf einen Versuch zur Folienlagerung nach dem Baden-Württembergischen Verfahren durch. Wissenschaftlich begleitete den Test das Österreichische Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald. Es wurden 600 Fm von Juni 2007 bis Januar 2008 eingelagert.

Als Hauptvorteile sahen die Österreicher den kurzen, ungebrochenen Transport, den Einsatz vor Ort und das genehmigungsfreie Verfahren. Es wird als gute Alternative zum Nasslager gesehen. Als Nachteil wurde die Abhängigkeit von der Verfügbarkeit der Folie und der Schweißgeräte empfunden, außerdem die Anfälligkeit der Folie<sup>1</sup> gegen Schäden durch Mäuse, Wind und Vandalismus sowie die Notwendigkeit der regelmäßigen Sauerstoffmessung.

Beim Auslagern war das Holz mehr oder weniger stark von weißem Schimmelmizel bedeckt. Die Farbe der Stirnflächen hat sich während der Lagerung kaum verändert. Nach dem Einschnitt des Holzes blieben stirnseitige braune Farbeinläufe von wenigen Zentimetern Tiefe sichtbar.

<sup>1</sup> Deshalb sind vor dem Einlagern Aststummel und Splitter zu entfernen, die die Folie beschädigen könnten



Die Kosten beliefen sich auf 13,36 €/Fm, von denen das Land Niederösterreich 40% übernahm. Angebote der Firma Wood-Packer aus dem Jahr 2008 beliefen sich auf 13,03 €/Fm bei circa 2.000 Fm Volumen und 11,14 €/Fm bei etwa 4.000 Fm Volumen. In diesen Preisen ist die Holzanfuhr nicht enthalten.



Abbildung 16: Kerben an den Enden der Unterlagen verhindern ein Abrollen des Holzes. Unter dem Holz liegt die doppellagige Silofolie. Foto: R. Thurn, Guts- und Forstbetrieb Niedernondorf



Abbildung 17: Zum Verpacken vorbereitetes Polter  
Foto: R. Thurn, Guts- und Forstbetrieb Niedernondorf



Abbildung 18: Fertig verpacktes Folienpaket  
Foto: R. Thurn, Guts- und Forstbetrieb Niedernondorf

### Österreich, Eberhard Holz GmbH

Die Holzhandelsfirma Eberhard Holz GmbH aus Liebenfels hat 2008 nach dem Orkan Paula 15.000 Fm Sturmholz in Folie unter Sauerstoffentzug verpackt. Von April bis Juli 2010 öffnete das Unternehmen die Polter und lieferte das Holz zum Sägewerk Hasslacher in Hermagor. Die Preise lagen zu der Zeit bei den üblichen Entgelten für Frischholz.

Insgesamt kamen 52 Polter zu je 270–300 Fm in die Folie. Das Sortiment waren 4,10-m-Abschnitte. Auch einige Tage nach der Öffnung der Folienpakete sah das Holz noch wie Frischholz aus. Auf der Rinde hatte sich ein reifartiger Schimmelpilzbelag gebildet, der aber mit der Entrindung entfernt wurde. Der Schimmelpilz gilt eher als verbessernder Faktor für den Konservierungserfolg, da er zum einen als Antagonist des Bläuepilzes wirkt und zum anderen zusätzlich Sauerstoff verbraucht. Wenn Stämme bereits bei der Einlagerung leichten Bläuebefall aufwiesen, so setzte sich dieser während der Lagerung nicht fort. Nach der Entfernung einer ungefähr 5 cm dicken Stammscheibe war das Holz weiß.

Der Abnehmer, die Firma Hasslacher Hermagor, war mit der Qualität des Holzes sehr zufrieden. Laut Geschäftsführer Leopold Schnaubelt sei die Qualität teilweise nicht von Frischholz zu unterscheiden. Eine Lieferung hatte eine leicht gelbliche Färbung, was jedoch nicht zu Beanstandungen seitens der Kunden führte. Auffällig war ein markanter Silogeruch, verursacht durch Gärungsprozesse während der Lagerung.

Die Kosten der Folienlagerung beliefen sich auf 9 €/Fm. Legt ein Waldbesitzer das Lager auf eigenem Grund an und hilft beim Aufbau, lassen sich die Kosten eventuell auf 6–7 €/Fm drücken. Die Sturmschaden-Hilfe des Landes Kärnten betrug 4 €/Fm. Die Transportkosten beliefen sich auf 7,50 €/Fm. Bei Errichtung des Folienlagers nahe des Hiebsortes ließen sich diese noch um rund 2 €/Fm senken. Außerdem könnte das Holz dann gleich mit dem Forwarder gepoltert werden. Das Holz wurde für einen Richtpreis von 74 €/Fm eingekauft. Wegen der langen Verzinsung über zwei Jahre und der zusätzlichen Kosten durch die Folienlagerung konnte der Holzhändler allerdings keinen Gewinn verbuchen. Lediglich ein Paket ist undicht geworden. Grund war die Beschädigung der Folie durch einen Sturm im Juni 2009. Das Mäuseschutzgitter hielt bei allen Poltern zuverlässig, ein Lagerplatz auf Schotter oder Asphalt minimiert das Mäuserisiko. Die Materialkosten für ein Folienpaket – Folien, Mäusegitter, Windschutznetz sowie Zubehör – belaufen sich auf 1.400 €. Das sind knapp 4,70 €/Fm. Der Zeitaufwand beträgt bei vier Leuten einen Tag für zwei Polter.

(Liptay 2010)

## Niedersachsen

Auch die Niedersächsischen Landesforsten (NLF) suchten nach Kyrill Alternativen zur Nasslagerung. Beim Sägewerk Schmidt in der Rhön hat man sich bei den Landesforsten das Schweizer Verfahren abgesehen. Die Durchführung leitete Ingrid Beitzen-Heineke, Leiterin des Holzverkaufs Süd. Wissenschaftlich begleitete die Aktion Dr. Bressemer von der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA). Leider lagen zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Publikation noch keine Ergebnisse vor. Deshalb werden hier nur die praktischen Erfahrungen der Personen wiedergegeben, die an der Folienlagerung beteiligt waren.

Die NLF haben nach Kyrill die Hauptmenge des zu lagernden Holzes in Nasslagern konserviert, da dies nach wie vor als die zuverlässigste Methode der qualitätserhaltenden Holzlagerung gilt. Rund 35.000 Fm verpackten die NLF aber auch versuchsweise in Folie, um diese Variante der Holzkonservierung auf ihre Eignung für die Zukunft zu testen. Beim Einlagern in Folie sind demnach folgende Punkte zu beachten:

- Die Stämme müssen alle nahezu gleich lang sein, damit Stock- und Zopfende bündig sind und keine Hohlräume entstehen.
- Das Holz ist sofort nach dem Einschlag in Folie zu lagern, bei später konservierten Hölzern steigt der D-Anteil enorm, bei Fixlängen auf bis zu 80%.
- Es sollte nur Langholz eingelagert werden, um stirnseitige Verfärbungen zu minimieren.
- Bei Fixlängen stellen die vorn und hinten eindringenden Verpilzungen Probleme dar. Es ist nicht möglich, das nötige Übermaß zuzugeben und hinterher das Holz gesundzuschneiden, da die Fixlängenkunden fast nie Kappanlagen haben.
- Stärkere Stämme sind offenbar wegen ihrer höheren Feuchte und Vitalität besser geeignet als schwächere.
- Eine Schlüsselrolle kommt der Polterung zu: Direkt mit dem Forwarder in Folie gelagertes Holz hielt sich durchweg besser als zwischengelagertes; der Grund ist wohl die kürzere Zeit bis zur Verpackung.
- Holz aus Höhenlagen des Harzes hielt sich wesentlich besser als solches aus dem Flachland.
- Die Polter für Folienlager in Niedersachsen umfassten rund 700 Fm pro Paket, bei kleineren Poltern ist der »Beregnungseffekt« geringer, dadurch kann sich der D-Holzanteil erhöhen. (Mühlhausen 2008b)

Die Lagerdauer für Folienlager nach dem Schweizer Verfahren wird bei maximal ein bis zwei Jahren angesetzt. Die Poltergröße sollte nicht kleiner 200 Fm sein, um das nötige Innenklima zu erzeugen. Eine Größe von 300 Fm sollte nicht überschritten werden, damit geöffnete Polter schnell abzufahren sind. Die Kosten belaufen sich auf 5,50–8 €/Fm.

Gute Erfahrung hat man in Niedersachsen mit der Einlagerung von Ganzstämmen gemacht. Der Stamm bleibt unsortiert und vom Stock bis zum Zopfende an einem Stück. Stirnseitige Verpilzungen betreffen dann lediglich das Stammfußende, das womöglich ohnehin in der Palette gelandet wäre, und das Zopfende, welches ganz sicher Industrieholz ist. Dabei wurde keine Rücksicht auf eventuell im Stamm enthaltene Rotfäule genommen, was jedoch ohne Einfluss auf die Holzqualität blieb. Es fand keine Ansteckung oder Ausbreitung der Pilzinfektionen statt (Glaschke 2010). Die Stämme werden erst nach Lagerung in Sortimente aufgeteilt. Die Kosten hierfür betragen rund 5 €/Fm. Der Vorteil: Verfärbte Stücke können sofort in gesonderte Sortimente geschnitten werden, so lassen sich Wertverluste des Hauptsortiments minimieren.

Trotz fehlender wissenschaftlicher Auswertung konnte Bressemer (2010) im Interview einige grundsätzliche Aussagen zur Folienlagerung machen:

- Der Erfolg eines Folienlagers nach dem Schweizer Verfahren sei stets unsicher, die Erfolgsfaktoren nicht genau bekannt.
- In jedem Fall dürfe nur frisches, gesundes Holz eingelagert werden, ohne Insekten- oder Pilzbefall, da der Sauerstoffgehalt nicht so weit abfalle, dass Organismen absterben.
- Die einzig zuverlässige qualitätserhaltende Lagerungsmethode sei das Nasslager.

(Mühlhausen 2008b; Glaschke 2010)

## Nordrhein-Westfalen, Sägewerk Fisch

Nach positiven Ergebnissen des Sägewerks Schmidt aus der Rhön entschloss man sich, auch im westfälischen Sägewerk Fisch auf Folienlagerung nach dem Schweizer Verfahren zu setzen. Grund waren die geringen Kosten von deutlich weniger als 10 €/Fm, einschließlich der Beifuhr. Die reinen Lagerkosten lagen bei 4–5 €/Fm. Fisch war außerdem skeptisch, ob ein Folienlager nach dem Baden-Württembergischen Verfahren wirklich dichtzuhalten sei.

Insgesamt wurden 120.000 Fm Langholz eingelagert, das entspricht etwa einem halben Jahreseinschnitt des Sägewerks. Was auch für die Folienlagerung sprach, war, dass man die Folienlager nahe bei den Hiebsorten errichten konnte und so öffentliche Straßen mied, was



Abbildung 19: Folienlager nach Schweizer Verfahren Foto: J. Preller, Wald und Holz NRW

mit einem Nasslager nicht möglich wäre. Das Unternehmen rechnete pro Festmeter Holz mit rund einem Quadratmeter Folie.

Ein Forscherteam<sup>2</sup> der Abteilung für Holzbiologie und Holzprodukte der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Universität Göttingen begleitete die Einlagerung wissenschaftlich. Ihre Messungen ergaben, dass in den Folienlagern permanent eine Luftfeuchte von 95–100% herrschte, die ein Austrocknen des Holzes über längere Zeit verhindern oder minimieren kann und die Abbaubedingungen für holzerstörende Pilze deutlich reduziert. Der Sauerstoffgehalt sank auf bis zu 15%, der CO<sub>2</sub>-Gehalt stieg bis auf 5%. Die Holzfeuchte nahm teilweise sogar zu, was auf eine Zufuhr von Wasser per Verdunstung aus dem Boden hindeutet. Die Bodenlebewesen dienen als zusätzliche CO<sub>2</sub>-Quelle. Ein oberflächlicher Pilzbefall, der das Holz teilweise sehr unansehnlich machte, hatte auf die Holzqualität keinen Einfluss. Wegen stirnseitiger Verfärbungen wurde das Holz um 10 cm gekappt statt wie üblich um 5 cm.

**Technischer Erfolg:** Der technische Erfolg der Folienlagerung fiel sehr gemischt aus. Teils war das Holz fast unversehrt, andere Partien wiesen stärkere Schäden durch Bläuepilze und Rotstreifigkeit auf. Zurückzuführen ist dies auf die Zeit zwischen Einschlag und Einlagerung. Je kürzer diese war, desto besser war die Holzqualität zum Zeitpunkt der Auslagerung. Ein anderer Einflussfaktor ist die Methode der Aufarbeitung. Motormanuell aufgearbeitetes Holz hielt sich wesentlich besser als Harvesterholz. Grund sind die Förderwalzen des Harvesters, die dem Holz viele kleine Beschädigungen beibringen. Durch diese wird das Holz mit Pilzen infiziert. Stellenweise war der äußere Splint bei der Auslagerung weichfaul. Das Sägewerk Fisch empfiehlt deshalb:

- Aufarbeitung möglichst rasch nach dem Windwurf
- Nur Langholz einlagern
- Holz sofort nach dem Einschlag konservieren
- Möglichst keine Harvesteraufarbeitung

Ein weiterer wichtiger Faktor für die Holzqualität sei offenbar die Witterung zum Zeitpunkt der Aufarbeitung. So hätte Holz, das im April eingelagert worden war, deutlich schlechtere Qualitäten, als solches, das im August ins Folienlager kam, obwohl das August-Holz wesentlich länger im Wald lag. Im April sei es

---

<sup>2</sup> Bestehend aus Rademacher, P.; Hapla, F.; Leder, B.

sehr heiß und trocken, im August dagegen regnerisch gewesen. Das trockene Wetter im April hätte demnach offensichtlich ausgereicht, die Anfangsfeuchte des eingelagerten Holzes soweit zu senken, dass Schadorganismen das Holz hätten befallen können. Eine Lagerdauer von einem Jahr hält das Sägewerk Fisch mit dieser Methode auf jeden Fall für möglich. Ein perfekt angelegtes Lager halte auch zwei bis drei Jahre. Im konkreten Fall waren nach einem Jahr Folienlagerung ungefähr 25–50% des Holzes in die Qualität Cgw<sup>3</sup> zu sortieren, nach zwei Jahren waren es 40–80%.

**Kaufmännischer Erfolg:** Für den kaufmännischen Erfolg ist entscheidend, dass die Marktlage später wirklich sehr viel besser ist als nach dem Sturm. Dann rechnen sich die Kosten eines Folienlagers. Ein Nasslager ist rund dreimal so teuer wie ein Folienlager im Schweizer Verfahren, allerdings lässt sich die Qualität in einem Nasslager deutlich zuverlässiger erhalten.

(Mühlhausen 2008 a; Fisch 2010)

## Forschungsprojekte

### TU Dresden und FVA Baden-Württemberg

#### *Konservierung von Rundholz unter Sauerstoffabschluss:*

Ein Forschungsverbund aus dem Institut für Forstbenutzung und Forsttechnik der Technischen Universität Dresden und der Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg untersuchte von 1995 bis 2000 das Potenzial der Lagerung von Holz unter Sauerstoffentzug. Aus der Lebensmittelbranche ist das Prinzip der Verpackung in Schutzatmosphäre bekannt. Im Anhalt an diese Maxime setzte sich der Forschungsverbund das Ziel, ein Verfahren zu entwickeln, um Holz in einer Schutzatmosphäre zu lagern und seine Qualität zu konservieren. Konkret war zu testen: Kann frisches Rundholz in einer Schutzatmosphäre wirkungsvoll vor Schäden durch Insekten und Pilze geschützt werden? Der Versuch umfasste folgende Aspekte und Ziele:

- Entwickeln einer technischen Lösung zur luftdichten Lagerung von Holz in praxisüblichen Größenordnungen
- Erarbeiten eines Verfahrens zum dauerhaften Aufbau einer Schutzgasatmosphäre unter Folie
- Für welche Holzarten ist das Verfahren geeignet?

<sup>3</sup> Güteklasse C, geringwertig (siehe 2.3.2.1.6 der Vorschrift über die Sortierung, Vermessung und Kennzeichnung von Rundholz durch die Forstbehörden des Landes Nordrhein-Westfalen – RSV 88 – RdErl. d. Ministers für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft - IV A 2/20-11-00.15v. 1.10.1988)

- Über welche Zeiträume konserviert ein solches Verfahren Holz in ausreichender Weise?
- Verbessert ein künstlich eingebrachter pilzlicher Antagonist das Konservierungsergebnis?
- Mithilfe physiologischer Untersuchungen erste Erkenntnisse zu den im Holz ablaufenden Prozessen gewinnen.

**Material und Methoden:** Das Forscherteam legte in vier Versuchsreihen 38 Polter mit insgesamt 960 Fm Fichten- und Buchenholz im Wald an. Ein Teil des Holzes blieb als Kontrollvariante ungeschützt, der überwiegende Teil des Holzes wurde polterweise mit zwei Silofolien vollständig umgeben. Jede dieser beiden Folien ließen die Forscher separat zu einer luftdichten Hülle verschweißen. Darüber hinaus prüften sie an einem kleineren Teil der Polter einfachere Verpackungsmethoden. An zwölf Poltern nahmen die Wissenschaftler eine Begasung mit Kohlendioxid vor, um den enthaltenen Luftsauerstoff zu verdrängen. Die restlichen Polter blieben unbegast. So wollten sie prüfen, ob sich eine Schutzgasatmosphäre auch ohne künstliches Zutun einstellt. In einer Variante mit vier Fichtenpoltern testete das Team eine im Labor erzeugte Sporensuspension mit einem künstlichen pilzlichen Antagonisten auf seine Wirksamkeit. Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich über 14 Monate beim Buchenholz und bis zu maximal vier Jahren beim Fichtenholz. Sukzessive baute das Forscherteam Polter der verschiedenen Varianten ab und prüfte die Holzqualität. Die Kriterien der Holzqualität waren das äußere Erscheinungsbild, der Befall des Holzes durch Insekten, der Rindenzustand sowie die Holzfeuchte. Die pilzlichen und abiotischen Veränderungen des Holzes untersuchten die Forscher an Stammscheiben sowie an erzeugter Brettware und abschließend im Labor die Inhaltsstoffe des konservierten Holzes.

**Ergebnisse:** Es stellte sich heraus, dass ein dauerhafter, sicherer und luftdichter Verschluss der Polter nur mit dem Standardverfahren, das die Verpackung in zwei Folienschichten beinhaltet, zu erreichen war. Es zeigte sich zudem, dass auf den Einsatz eines künstlich eingeleiteten Schutzgases verzichtet werden kann, da die in den Poltern ablaufenden Atmungs- und Gärungsprozesse auf natürlichem Wege zu einer sauerstofffreien und kohlendioxidreichen Schutzgasatmosphäre führen. Die Intensität dieser Prozesse hängt im Wesentlichen von der Außentemperatur und der konservierten Holzart ab. Auch nach vier Jahren Lagerungsdauer stieg der Sauerstoffgehalt in den Fichtenpoltern nicht wieder an. Die Gefahr einer Beschädigung der Folienschichten erwies sich als relativ gering, etwaige Reparaturen ließen sich zumeist einfach durchführen. In der

Folge stellte sich dann wieder eine sauerstofffreie Atmosphäre ein. Hinsichtlich der Konservierungsqualität zeigten sich keine Unterschiede zwischen der begasten und der unbegasten Variante. Buchenholz wies nach 14 Monaten und Fichtenholz nach bis zu vier Jahren Lagerdauer praktisch keine Qualitätseinbußen auf. Es waren weder Insektenschäden noch Pilzbefall zu beobachten. Holzzerstörende Pilze ließen sich im konservierten Holz nicht nachweisen. Auch der künstlich eingebrachte Antagonist konnte sich in der sauerstofffreien Atmosphäre nicht entwickeln und damit auch nicht zur Verbesserung des Konservierungserfolges beitragen. Die einzige Beeinträchtigung am Fichtenholz war eine Braunfärbung durch oxidierte Gerbstoffeinlagerungen aus der Rinde, die sich aber auf den äußersten Splint beschränkte und so die Verwendbarkeit des Holzes nicht einschränkte. Am Buchenholz kam es nach der Auslagerung zu einer Dunkeltönung des äußeren Splintholzes und der Stammenden. Diese ist auf die Oxidation phenolischer Inhaltsstoffe zurückzuführen; nach der Dämpfung des Buchenholzes war keine Verfärbung mehr zu erkennen. Im Fichtenholz ließen sich nach zwei Jahren Konservierung im Gegensatz zu ungeschützt gelagertem Holz noch stoffwechselaktive Zellen nachweisen. Einfach- und Zweifachzucker waren sowohl beim folienkonservierten als auch beim ungeschützt gelagerten Holz praktisch nicht mehr vorhanden. Im Vergleich zum Frischholz waren im folienlagerten Holz stark erhöhte Konzentrationen an Ethanol sowie an Essig- und Propionsäure nachzuweisen. Dies deutet auf intensive Gärungsvorgänge hin, die im Holz stattfanden. Ob diese Gärung durch Holzparenchymzellen oder durch Mikroorganismen verursacht wurde, war nicht zu klären.

(Maier 2005)

### Universität Göttingen, NW-FVA sowie Wald und Holz NRW

Untersuchungen zur Holzkonservierung durch Lagerung von Fichtenstämmen unter Folie im Lehr- und Versuchsforstamt Arnsberger Wald

*Zeitreihenmessungen von Klima- und Umweltparametern des gelagerten Holzes:* Das Versuchsforstamt Arnsberger Wald lagerte etwa 7.000 Fm der insgesamt rund 25.000 Fm Sturmholz unter Folie. Die Abteilung Holzbiologie und Holzprodukte der Georg-August-Universität Göttingen begleitete über insgesamt zweieinhalb Jahre während der Lagerung vier dieser Folienpolter messtechnisch im Auftrag des Landes Nordrhein-Westfalen, vertreten durch den Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen. Zudem charakterisierte sie die Bedingungen während der Holzlagerung. An drei weiteren Folienlagern führte sie zusätzlich orientierende Untersuchungen der Lagerbedingungen in Hinblick auf die Holzqualität durch.



Abbildung 20: Wädhrend der Lagerung bildet sich auf den Stirnflächen ein Oberflächenmyzel.

Foto: J. Preller, Wald und Holz NRW

Ziel der Folienlagerung ist die Konservierung des Holzes in einem Zustand, in dem schädliche Bedingungen wie ein Absinken der Holzfeuchtigkeit in einen für den pilzlichen Abbau kritischen Bereich nicht auftreten können. Zudem soll unter der Folie ein Teil des Luftsaauerstoffs durch die Atmungsaktivität des Holzes verbraucht werden und der Anteil des Kohlendioxids ansteigen.

Es wurde ausschließlich Langholz ohne Unterlagen auf den Boden eingelagert. Es folgte ein Abdecken mit einer 0,19 mm starken Kunststoffolie. Punktuell fand eine Fixierung der Folie mithilfe von Brettern und Aluminiumnägeln am Holz statt, um eine Beschädigung der Folie durch Wind zu verhindern. Der Versuchsaufbau sah in der Folge zerstörungsfreie kontinuierliche Messungen vor:

- Fotodokumentation der Oberfläche der Stirnenden des Holzes
- Messungen der Zusammensetzung der Gasatmosphäre unter der Folie
- Luftfeuchtemessungen unter der Folie
- Temperaturmessungen unter der Folie
- Holzfeuchtemessungen der Stirnflächen über den Stirnflächenradius der Stämme mithilfe der Widerstandsmessmethode

Zu diesem Zweck gab es in der Folie Wartungsöffnungen zum periodischen Messen und zum Auslesen der installierten Datalogger. Hierbei wurde auch ein mehr oder weniger intensiver Bewuchs mit Oberflächenmyzel festgestellt, der aber keinen Anhaltspunkt für eine Holzschädigung gab, da die auftretenden Pilze normalerweise nur die leicht erschließbaren Nährstoffe nutzen. Eine Verfärbung des Holzes durch ein tieferes Eindringen in den Stamm ist nicht unbedingt gegeben und tritt in der Regel nicht auf. Nach dem Abtrennen einer rund 5–10 cm dicken Stammscheibe vom Stirnende erscheint das Fichtenholz hell. Dies deckt sich mit Beobachtungen an rund 3.700 Fm Fichtenholz aus Kyrill-Folienpoltern, die an das Sägewerk Fisch verkauft und dort zu 61 % B-, zu 36,7 % C- und lediglich zu 2,3 % Cgw-Qualitäten sortiert wurden (Osburg 2008 in Rademacher et al. 2011). Gasmessungen in den Poltern ergaben, dass sich die Sauerstoffkonzentration auf rund 16–20 % reduziert, während die Kohlendioxid-Konzentration auf 1–5 % ansteigt. Im Winter nimmt der CO<sub>2</sub>-Gehalt ab, der Sauerstoffgehalt steigt an. Dies wird auf einen temperaturabhängigen Rückgang der Veratmung von organischen Kohlenstoffverbindungen zurückgeführt. Ähnliches stellte auch Maier (2005) fest.

*Des Weiteren kam die Untersuchung zu folgenden Ergebnissen:* Die Kohlendioxid-Konzentration unter der Folie stieg in der Umgebungsluft des gelagerten Holzes um bis zum 130-fachen gegenüber der freien Atmosphäre an. Hierdurch wird die Abbauintensität von holzerstörenden Pilzen zwar nicht generell im gesamten Polter vollkommen unterbunden; an den kleinräumlichen Orten der CO<sub>2</sub>-Bildung, also vor allem im Porensystem des Holzes, kann es jedoch angesichts dieser bereits im Polterlufttraum sehr hohen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen durchaus zur Hemmung von holzabbauenden Pilzen kommen. Analog zur hohen CO<sub>2</sub>-Konzentration treten durch die Umwandlung von Spaltprodukten organischer Kohlenstoffverbindungen meist zeitgleich auch höhere CH<sub>4</sub>-Konzentrationen auf. Umgekehrt führt der Verbrauch von Sauerstoff für die Kohlenstoffoxidation zu niedrigen O<sub>2</sub>-Konzentrationen im Polterinneren. Ebenso wie für CO<sub>2</sub> ausge-

sagt, können diese gegenüber Normalluft um rund 25 % niedrigeren Sauerstoffgehalte noch nicht im gesamten Polterraum zur völligen Unterdrückung von holzerstörenden Pilzen führen, im Mikrobereich des Holzkörpers selbst können die O<sub>2</sub>-Konzentrationen aber deutlich niedriger liegen und durchaus die Gefahr einer Holzschädigung durch sauerstoffbedürftige Abbaupilze herabsetzen. Die Konzentration der klimarelevanten Spurengase N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> ist im Rahmen der



Abbildung 21: Trotz starker Verfärbungen ist der Anschnitt nach zehn Monaten Lagerdauer noch weiß.

Foto: B. Leder, Wald und Holz NRW

Holzlagerung in Folienpoltern nur geringfügig über der Normalkonzentration erhöht; dieses ist vor allem zu Beginn der Folienlagerung zu beobachten. Im Folienpolter stellt sich durch die Folienüberdeckung eine sehr hohe relative Luftfeuchte bis zu 100 % ein, die ein Austrocknen des Holzes über eine längere Lagerzeit verhindern oder minimieren kann. Dies verschlechtert – über den Erhalt einer weitgehend hohen Holzfeuchte – die Abbaubedingungen für holzerstörende Pilze deutlich. Die Bestimmung der Holzfeuchte einzelner Monitoring-Stämme ergibt im Mittel der Messwerte eine weitestgehende Stabilisierung der Holzfeuchtigkeit über die Beobachtungszeit. Hierbei treten jedoch immer in größerer Zahl auch Holzfeuchtigkeiten auf, bei denen allein aus den Feuchtwerten heraus die Möglichkeit einer Schädigung durch holzerstörende Pilze nicht auszuschließen ist. Die Temperaturen unter der Folie verlaufen deutlich ausgeglichener als im Freiland, sommerliche und winterliche Extremwerte puffert sie ab. Dies verhindert allerdings in Frostperioden das im Freiland beobachtete gänzliche Durchfrieren von Stämmen und verlängert so die potenziell mögliche Gefährdungsphase durch holzschädigende Organismen.

(Rademacher et al. 2011)

# Nasslagerung

Nasslagerung (Beregnung und Wasserlagerung) ist geeignet, die Entwertung des Holzes durch Pilz- und/oder Insektenbefall über mehrere Jahre hinweg weitgehend zu verhindern, zu einem Marktausgleich z.B. nach Kalamitäten beizutragen und den Einsatz von Insektiziden zu vermeiden. In Skandinavien wird dieses Verfahren seit Jahrzehnten praktiziert (Schwab et al. 1988). Es eignet sich für *Fichte*, *Tanne*, *Kiefer* und *Buche*.

## Beregnung

### In Kürze

- Erhaltung maximaler Holzfeuchte durch Berieselung des Holzes
- große Holzmenen auf zentralen Lagerplätzen
- nur absolut gesundes Holz einlagern
- Wasserversorgung durch Pumpen oder natürliches Gefälle
- Lagerdauer bis zu sieben Jahren

- + eingeführtes Verfahren, auch von der Holzindustrie akzeptiert
- + zuverlässige Erhaltung der Holzqualität über lange Zeit

- hoher Investitions- und Organisationsaufwand
- Holz nimmt wegen Bakterienbefall Farben ungleichmäßig auf

### Beschreibung

Die Beregnung von Stammholzpoltern auf geeigneten Lagerplätzen hat sich in Mitteleuropa, insbesondere nach den Sturmwürfen in den sechziger und siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts, zur bisher wichtigsten Methode der Langzeitlagerung von Sturmholz entwickelt (Patzak und Löffler 1988). Die Stürme der 1990er Jahre und zuletzt Kyrill 2007 sowie seine kleineren Nachfolger haben die Position der Nasslagerung als

qualitätserhaltende Lagerungsform gestärkt. Sie ist die am meisten etablierte Lagerungsform, sie gilt in Wissenschaft und in der Praxis als die zuverlässigste.

Eine Beregnungsanlage (Abbildung 22) kann aus dem Grundwasser, aus einem Oberflächengewässer oder aus der öffentlichen Wasserversorgung gespeist werden (Abbildung 23). Die Zuleitung erfolgt entweder über das natürliche Gefälle oder mithilfe von Pumpen.



Abbildung 22: Beregnungspolter Foto: AxelHH, Wikipedia



Abbildung 23: Wasserentnahme aus einem Fließgewässer Foto: LWF

Das Stammholz kann in Längs- oder Querpoltern aufgesetzt werden. Längspolter werden parallel zum Fahrweg, Querpolter senkrecht dazu angelegt (Abbildungen 24 und 25). Die erfolgversprechendste Polterform

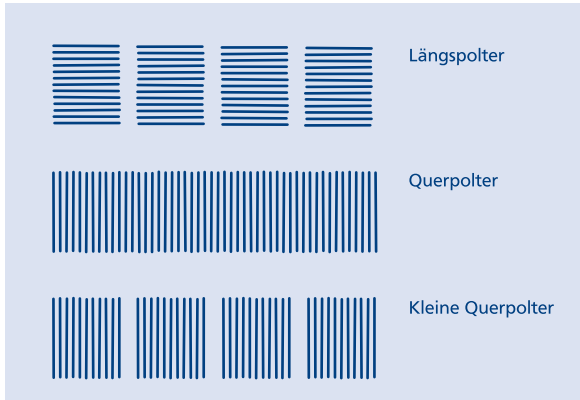


Abbildung 24: Mögliche Polterformen (nach Arnold et al. 1976 in Patzak und Löffler 1988)

hängt in erster Linie von den Platzverhältnissen ab. Ziel ist, möglichst viel Holz pro Flächeneinheit zu lagern sowie Anfuhr, Einlagerung, Auflösung der Polter und Abtransport zu optimieren. In Querpoltern lässt sich etwa 10% mehr Holz pro Flächeneinheit lagern als in Längspoltern (Patzak und Löffler 1988).

### Voraussetzungen

Für die Anlage und den Betrieb eines Beregnungsplatzes, wie beispielsweise in Abbildung 22, ist eine wasserrechtliche Genehmigung erforderlich. Die Beregnungsanlage muss entsprechend der Lage und Form des Lagerplatzes, der Art, der Menge sowie dem Druck des Wassers ausreichend dimensioniert sein.

Vor der Einrichtung eines Nasslagers ist eine korrekte Planung zwingend erforderlich. Sie muss mindestens umfassen:

- Wasserrechtliche Genehmigung
- Platz
- Befestigung
- Zufahrt(en)
- Holztransport
- Strom- und Wasserversorgung
- Wartung und Kontrolle
- Art der Pumpe
- Schutz vor Verschmutzung
- Regnertyp(en)
- Leitungs-, Düsendurchmesser
- Art der Ventile
- Druckverluste
- Eventuelle spätere Rekultivierung

Auf eine ausreichende Dimensionierung der Anlage ist unbedingt zu achten. Auch in den trockensten Monaten muss genug Wasser vorhanden sein, um sachgemäß beregnen zu können. Im Polter dürfen keine Trockennester entstehen. Dies führt, wie mehrere Untersuchungen beweisen, unweigerlich zu einer Verschlechterung der Holzqualität. Es sollte ausschließlich gesundes Holz eingelagert werden, denn vor allem Hallimasch, aber auch Rotstreifigkeit, Rotfäule etc. breiten sich meistens weiter aus.

Nach der Auslagerung des Holzes bleibt Rinde auf dem Platz, die wiederum den Boden mit Pilzsporen infiziert. Wird dort später wieder Holz gelagert, kann der Pilz das neue Holz befallen.

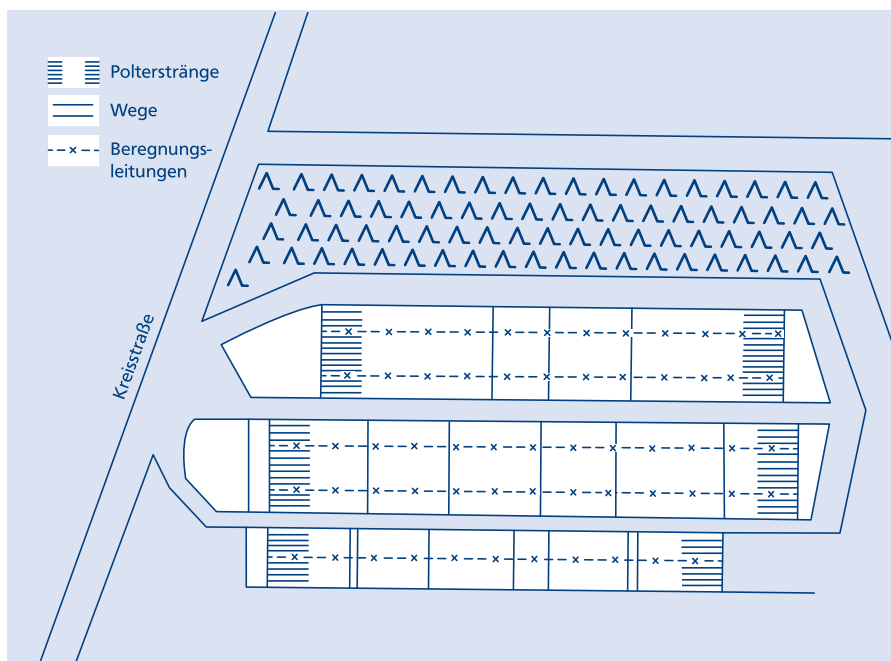


Abbildung 25: Schematische Darstellung eines Beregnungsplatzes (nach Arnold et al. 1976 in Patzak und Löffler 1988)



Wenn möglich, ist das Holz konzentriert auf verkehrsgünstig gelegenen Plätzen zu poltern. Bei der Berechnung der Platzgröße sind etwa 25% der Fläche für Wege und Gräben einzuplanen. Eine leichte Neigung (circa 3–5°) des Lagerplatzes zu den Abflussgräben hin erleichtert den Wasserabfluss. Entwässerungsgräben entlang der Wege erweisen sich oft als sinnvoll, da die Wegkörper nicht so stark aufweichen. Die Wege müssen ausreichend befestigt (etwa 50–60 cm stark) sein, da sie dem Schwerlastverkehr bei ständiger Durchnässung ausgesetzt sind (Abbildung 26). Kreisverkehr optimiert Be- und Entladen beim Einsatz mehrerer Fahrzeuge. Die Polter sind möglichst nach Holzarten und Stärkeklassen bzw. Losen (Markierung!)



Abbildung 26: Ausreichend befestigte Zufahrt an einen Beregnungsplatz Foto: LWF

getrennt aufzusetzen, um den späteren Verkauf und gegebenenfalls die Abrechnung (bei Beteiligung mehrerer Waldbesitzer) zu vereinfachen. Dabei ist es hilfreich, Karten und Losverzeichnisse bzw. Polterbücher anzulegen.

Die Polterhöhe sollte etwa 4–5 m betragen. Moderne Kräne lassen auch ein höheres Stapeln zu, aber der Zeitbedarf steigt stark an, Kontrolle und Wartung sind erschwert und bei knapper Wasserversorgung ist die Befeuchtung der unteren Stämme nicht mehr gesichert. Das Aufsetzen einheitlicher Stammlängen erhöht die Polterkapazität und ermöglicht eine gleichmäßige sowie ausreichende Beregnung der Stirnseiten. Unebene Stirnflächen führen, ebenso wie zu niedrige Polter, zu einem Mehraufwand bei der Beregnungsinstallation und zu erhöhtem Wasserverbrauch. Sollen Lose versetzt lagern, empfiehlt es sich, nicht mehr als 0,5–1 m Abstand zu wählen. Ansonsten entstehen leicht nicht beregnete Bereiche (Regenschatten) an den Stirnseiten.

Bei der Wasserentnahme mit Tauchpumpen aus Oberflächengewässern hat es sich als zweckmäßig erwiesen, Entnahmeschächte zu bauen, damit Saugkörbe und -leitungen geschützt sind (Hochwasser!). Der Schacht muss jedoch ausreichend tief sitzen (etwa 1 m unter Gewässersohle), damit die Wasserversorgung auch bei Niedrigwasser gewährleistet ist. Die Saugkörbe sind gegen das Verstopfen durch Schwebfracht zu schützen. Es hat sich bewährt, oberirdisch arbeitende Pumpen zusammen mit der elektrischen Anlage in einer Hütte geschützt unterzubringen. Die Pumpen müssen gegen Überlastung und Trockenlaufen gesichert sein. Für die rasche Ausführung von Wartungsarbeiten und kleineren Reparaturen ist ein gewisser Vorrat an Dichtungen, Regnern, Schläuchen und Leitungen von Vorteil. Schnellstmögliche Ersatzbeschaffungen, auch von Pumpen, sollten geklärt sein (Landesforstverwaltung Baden-Württemberg 1995).

Die Meinungen darüber, ob mit oder ohne Unterlagen gepoltert werden sollte, weichen in der Literatur voneinander ab. Nach Patzak und Löffler (1988) sind die jeweiligen Bodenverhältnisse das wichtigste Kriterium für die Entscheidung, ob Unterlagen verwendet werden oder nicht. Als Argumente für Poltern mit Unterlagen nennen sie:

- Sauberhalten des Stammholzes, vor allem von Stein- und Sandeinschlüssen
- Ausgleich von Unebenheiten und ungleichmäßiger Tragfähigkeit der Polterflächen

Gegen die Verwendung von Unterlagen spricht, dass

- die Unterlagen versinken und sich ihre Wirkung dadurch aufhebt,
- die Kanalbildung unter den Poltern zu unerwünscht raschem Verdunsten des Beregnungswassers führt,
- die im Morast liegenden Stämme besonders gut geschützt sind.

In gebirgigem und hügeligem Gelände ist soweit möglich das natürliche Wassergefälle zum Betrieb der Beregnungsanlage zu nutzen. Wegen der geringeren Umweltverschmutzung und Lärmbelästigung ist elektrischen Anlagen der Vorzug vor Dieselaggregaten zu geben. Bei der Aufstellung der Regner ist darauf zu achten, dass auch die Stirnseiten und Polterränder genügend Wasser erhalten.

Für einen reibungslosen Verlauf sind mindestens zweimal pro Woche, besser täglich, Kontrollen erforderlich. Qualitätsbeurteilungen am geschlossenen Polter füh-



Abbildung 27: Stirnseitenbewuchs nach längerer Beregnung weist auf gute Lagerqualität hin. Foto: LWF



Abbildung 28: Bewachsene Stirnseiten und frischer Anschnitt Foto: LWF

ren in der Regel zu falschen Ergebnissen, da sich die Holzqualität im Randbereich meist von der im Inneren unterscheidet. Auch das äußere Erscheinungsbild lässt keine Schlüsse auf die wirkliche Holzqualität zu (Abbildungen 27 und 28).

Beregnungspolter können zu jeder Jahreszeit aufgelöst werden. Die Auslagerung im Sommer birgt, im Gegen-

satz zur kalten Jahreszeit, höhere Qualitätsrisiken, das Holz trocknet jedoch schneller. Das Holz sollte rasch weiterverarbeitet werden. Die Beendigung des Lagerungsbetriebes und die Termine des Abtransportes werden am besten mit dem Käufer abgestimmt. Wird nur ein Teil des Holzes abgefahren, ist die Beregnung bis zum Spätherbst/Winter fortzusetzen, um die Holzqualität zu erhalten. Beim Abtransport ist das im Vergleich zu Frischholz höhere Gewicht des nassgelagerten Holzes zu beachten.

Bei entrindet beregnetem Holz treten keine Verfärbungen auf. Auf diese Weise lässt sich auch Schleifholz nasslagern. Für eine erfolgreiche Konservierung, insbesondere für die Erhaltung eines ausreichenden Weißgrades, sind Niederschlagsmengen von mindestens 50 mm/Tag erforderlich (Krenn und Brandstätter 1991). Zwischen Auslagerung und Einschnitt sollten nicht mehr als drei Wochen vergehen. Bei Freilufttrocknung eingeschnittenen Holzes hat es sich bewährt, wegen der höheren Splintholzfeuchte Stapelleisten stärker als 25 mm zu verwenden. Dies gewährleistet eine bessere Durchlüftung. Ansonsten könnten die Bretter schimmeln.

### Lagerdauer

Eine sachgemäße Beregnung und die Einlagerung nur gesunden Holzes ermöglichen die Erhaltung der Holzqualität über einen längeren Zeitraum (Abbildungen 29 und 30). Unter diesen Bedingungen lassen sich *Fichten* drei bis sechs Jahre, *Kiefern* mindestens zwei Jahre und *Buchen* zwei Jahre konservieren (Schulz et al. 1991). Versuche zeigten, dass sich auch nach fünfjähriger Beregnung die Festigkeitseigenschaften von *Fichtenholz* im natürlichen Streubereich der Werte für frisches Holz bewegen, vorausgesetzt, das Holz wurde gesund eingelagert und Schäden durch Pilzbefall (Hallimasch!) vorgebeugt (Bues und Löser 1998).

Jahreszeit	Entrinden/ Einschnitt	Gewicht	technischer Aspekt der Entrindung		Qualitätsrisiken		
			mobil	stationär	Pilzbefall	Insekten- befall	Braun- färbung
Winter	kurzfristig	sehr hoch	erschwert	keine Probleme	gering	gering	mittel
	verzögert	hoch bis sehr hoch	erschwert	keine Probleme	gering/ mittel	gering	mittel
Sommer	kurzfristig	sehr hoch	erschwert	geringe Probleme	gering	gering	mittel bis hoch
	verzögert	hoch bis normal	keine Probleme	keine Probleme	hoch	hoch	hoch

Tabelle 3: Einflüsse, Faktoren und Risiken bei der Auslagerung von Fichten/Tannen-Stammholz (Groß et al. 1991)



Abbildung 29: Über mehrere Jahre nassgelagerter Fichtenstamm vor ...



Abbildung 30: ... und nach dem Einschnitt  
Fotos: Funk

### Kosten

Odenthal-Kahabka (2005) verweist auf die Erfahrungen nach Lothar und Wiebke. Danach liegt der Gesamtaufwand der Nasslagerung bei einer Einlagerungsdauer von einem Jahr zwischen knapp 14 und 16 €/Fm. Die Gesamtinvestitionskosten lagen zwischen 1,75 und 11,00 €/Fm, im Durchschnitt zwischen 5,20 und 7,50 €/Fm. Aktuelle Nasslager in Hessen bestätigen diese Werte. Hessen-Forst kalkuliert mit Gesamtkosten von 14,50–17,00 €/Fm (Müller 2010).

Kosten senkend wirken sich nach Odenthal-Kahabka (2005) schon vorhandene Einrichtungen wie Holzlagerplätze und geeignete Lagermöglichkeiten entlang vorhandener LKW-befahrbarer Wege aus. Insbesondere Lagerplatzbefestigungen und Wegeneubauten bzw. -ausbauten verursachen nicht kalkulierbare Erhöhungen der Kosten. Die Kosten für die Errichtung von Bauwerken zur Wasserentnahme und für die Stromversorgung waren dagegen zwar hoch, aber überschaubar. Die durchschnittlichen Einlagerungskosten (Holzanfuhr und -Manipulation auf dem Berechnungsplatz) lagen zwischen 4 und 6,50 €/Fm und sind vor allem von der Transportentfernung abhängig. Wegen dieser hohen Kosten, die ungefähr das Doppelte der jährlichen Unterhaltskosten ausmachen können, rät Odenthal-Kahabka (2005) eher zu dezentralen Lagerplätzen in der unmittelbaren Umgebung der Hiebsorte.

Die jährlichen Gesamtunterhaltungskosten streuen laut Odenthal-Kahabka (2005) zwischen 2,75 und 3,50 €/Fm, laut Hessen-Forst zwischen 3 und 4 €/Fm.

Die CTBA (2004 b) beziffert die durchschnittlichen Vorinvestitionen für Nasslager mit 13,13 €/Fm. Dazu wur-

den die Kosten von 15 Lagerplätzen ausgewertet. Wie Tabelle 5 zeigt, schwanken die Kosten in einem weiten Feld. Die jährlichen Betriebskosten liegen laut CTBA bei 1,43–2,20 €/Fm.

Kostenfaktor	Kosten [€/Fm]
Lagerplatz inkl. Wegebau	1,00–1,60
Bauwerk für die Wasserentnahme	1,40
Technische Einrichtung	2,00–2,50
Stromanschluss	1,50–2,00
Lohnkosten	0,25
Gesamtinvestitionskosten Lagerplatzanlage	6,65–7,75
Durchschnittliche Kosten Holzanfuhr	3,00–4,00
Reparaturen, Instandhaltung, Strom	1,00
Personalmittel	1,00–1,50
Jährliche Unterhaltskosten	2,00–2,50
Kosten Rekultivierung	0,15–1,00
Gesamtaufwand	11,80–15,25

Tabelle 4: Kosten in Euro pro Festmeter für Nasslagerplätze nach Odenthal-Kahabka (2005)

	Durchschnitt [€/Fm]	Minimal [€/Fm]	Maximal [€/Fm]
Infrastruktur	7,65	1,42	24,2
Elektrische Leitungen	0,61	0,25	1,07
Berechnungsausrüstung	2,24	0,81	3,09
Sonstiges	2,62	0,46	6,86
Gesamt	13,13	5,93	33,76

Tabelle 5: Kosten für Vorinvestitionen für Nasslagerplätze (CTBA 2004 b)

## Eigenschaften nassgelagerten Holzes

### Hallimaschbefall

Der gemeine Hallimasch (*Armillaria mellea*) besiedelt Laub- und Nadelhölzer, tritt also auch in *Fichten-* und *Fichten/Tannenpoltern* auf. Der Pilz kann mit unerkannt infizierten Stämmen in die Beregnungspolter eingeschleppt werden oder es existiert bereits eine Vorinfektion im Boden des Lagerplatzes. In diesem Fall ist der Lagerplatz für ein Nasslager unbrauchbar. Bereits nach zwei Jahren kann laut Engesser (2003) eine Infektion erfolgt sein, auch wenn das die Ausnahme ist. Bis dahin war man davon ausgegangen, dass eine Gefährdung frühesten nach drei Jahren besteht. Kompaktes, zunächst weißes Fächermyzel unter frischer Rinde und schwarze Rhizomorphen unter abgestorbener Rinde zeigen den Befall an. Vom Kambium aus kann der Pilz auch in das Holz eindringen. In der Regel vergehen mehrere Jahre bis zum Auftreten nennenswerter Holzschäden. Der kritische Zeitpunkt ist meist nach drei Jahren erreicht. Befallenes Holz verfärbt sich dann braun und wird morsch. Nasses Holz erscheint wegen der hellen luftgefüllten Bereiche fleckig. Die Schäden beschränken sich normalerweise auf den Splintbereich (*Mantelfäule*). Sie sind oft nur nach Öffnung des Polters zu erkennen, da Rand- und Deckstämme keinen oder nur einen deutlich schwächeren Befall aufweisen. Ausreichende und fachgerechte Beregnung bietet nicht zwangsläufig Schutz. Hallimasch baut auch wassergesättigtes Holz ab, da er sich über radiale Luftkanäle in den Holzstrahlen und Rhizomorphen Sauerstoff zuführen kann (Engesser 2003). Beregnung mit Kläranlagenabwasser oder stark eutrophiertem Oberflächenwasser verstärkt das Pilzwachstum. Bei Beregnungspoltern in 1.000 m ü. NN wurde auch nach mehreren Jahren kein Befall festgestellt. Ansonsten ist das Auftreten des Pilzes lagerplatzunabhängig (Schumacher et al. 1995). Bei maschineller Entrindung wird zerstörtes Holz oft abgefräst. Das Entrinden vor der Einlagerung unterbindet Hallimaschbefall mit großer Wahrscheinlichkeit. So stellt Engesser (2003) fest, dass der Pilz entrindete Partien praktisch nicht besiedelt.

### Verfärbungen durch Gerbstoffe

Wird nassgelagertes Holz eingeschnitten und getrocknet, können braune Verfärbungen im äußeren Splintbereich auftreten. Ursache sind Einspülungen von Gerbstoffen aus der Rinde in den Splint. Diese polyphenolischen Catechin-Gerbstoffe reagieren in Verbindung mit Sauerstoff mit den Kondensationsprodukten von

Coniferyl-Aldehydgruppen des Lignins. Die Verfärbung reicht in der Regel nur wenige Millimeter ins Holz und kann durch Hobeln entfernt werden. Sie beeinträchtigen die Festigkeit des Holzes nicht.

Gleichwohl sind Kunden nicht bereit, Verfärbungen zu akzeptieren, wie der Inhaber eines bayerischen Großsägewerks berichtet: Er wurde auf eine Baustelle gerufen, auf der im Dachgebälk Holz mit Gerbstoff-Verfärbungen verbaut worden war. Der Bauherr bestand auf dem Einbau unverfärbten Holzes, da für ihn die Verfärbung einen schweren Mangel darstellte. Es ist dem Laien unmöglich, Verfärbungen von Fäule zu unterscheiden. Daher ist Vorsicht geboten, wenn Nasslagerholz für Verwendungen im Sichtbereich eingesetzt werden soll.

Ebenso unerfreulich wirken sich die Verfärbungen in nassgelagertem Papierholz aus. Sie sind nicht reversibel. Das Holz und der produzierte Holzschliff haben einen geringeren Weißgrad als Frischholz (Winter et al. 2009).

### Bakterienbefall

Bakterien befallen nassgelagertes Holz schon nach kurzer Zeit. Diese siedeln sich besonders an den Tüpfeln, also den Verbindungskappen zwischen den Holz-zellen, an und zersetzen dort den Torus der Tüpfel. Dieser legt sich beim Trocknen normalerweise auf den Tüpfelporus und verschließt auf diese Weise den Tüpfel. Das Fehlen des Torus macht die Zellwand also durchlässiger. Das führt zu einer erhöhten, aber unregelmäßigen Aufnahmefähigkeit des Holzes für Farben. Bereiche mit stärkerem Befall nehmen Farben besser auf, andere schlechter. Dadurch wird das gefärbte Holz fleckig. Auf die Festigkeit des Holzes hat der Bakterienbefall keinen Einfluss.

### Schimmelbefall

Nassgelagertes Holz enthält deutlich mehr Wasser als Frischholz. Das hat Konsequenzen für die Trocknung des daraus produzierten Schnittholzes. Die künstliche Trocknung ist sehr energieaufwendig. Bei der Lufttrocknung besteht die Gefahr des Schimmelbefalls. Die höhere Feuchte schafft gute Bedingungen für Schwarzsimmel, besonders an windstillen Herbsttagen mit hoher Luftfeuchte. Der Schwarzsimmel kann mehrere Zentimeter ins Holz eindringen und dieses verfärben. Um dem Schimmelbefall vorzubeugen, wird empfohlen, deutlich größer dimensionierte Stapel-latten als üblich zu verwenden.

## Winterbetrieb von Beregnungsanlagen

Details zu diesem Thema finden sich im Anhang (FVA Baden-Württemberg 1990).

## Frühere Praxiserfahrungen bayerischer Forstämter

Den Frühjahrsstürmen des Jahres 1990 fielen in allen bayerischen Wäldern zusammen rund 23,5 Mio. Fm Holz zum Opfer. Deshalb waren zahlreiche kommunale und private Waldbesitzer sowie Waldbesitzervereinigungen gezwungen, Nasslager zu errichten und zu betreiben.

Im bayerischen Staatswald betrug der Schadholzanfall etwa 9 Mio. Fm, davon 85% *Fichte*. Etwa 1 Mio. Fm konservierte die Bayerische Staatsforstverwaltung über mehrere Jahre in Nasslagern. Schwerpunkte lagen im Bereich der Oberforstdirektionen München und Augsburg. Dazu ist noch die Holzmenge zu rechnen, die einzelne Forstämter auf Beregnungsplätzen in Fremdgeie einlagerten.

Im Folgenden werden Erfahrungen aus dieser Zeit, überwiegend aus südbayerischen Forstämtern, in Kurzform wiedergegeben.

Forstdirektion	Eingelagerte Holzmenge
Oberbayern	ca. 285.000 Fm
Schwaben	ca. 313.000 Fm
Niederbayern-Oberpfalz	ca. 160.000 Fm
Mittelfranken	ca. 80.000 Fm
Oberfranken	ca. 45.000 Fm
Unterfranken	–
Summe	ca. 883.000 Fm

Tabelle 6: Nassgelagerte Holz mengen im Staatswald 1990 der bayerischen Regierungsbezirke nach Angaben der damaligen Forstdirektionen

### Lagerplatz

- Auf Staatsforstgrund: Keine Pachtkosten, keine privatrechtliche Genehmigung.
- Auf verpachtetem Staatsforstgrund: Eingeengter Handlungsspielraum, Flächen sind meist nach einer befristeten Zeit zu räumen.
- Unbestockte Flächen entlang von Flüssen: Günstige Wasserentnahme, Gefahr bei Hochwasser, eventuell sind naturschutzbedeutsame Flächen betroffen.

- Anlage auf einer Pipelinetrasse (ein Forstamt): Der technische Betrieb erforderte nach einem Störfall eine zwangsweise Räumung, ein Teil des Holzes lagerte das Forstamt mit erheblichem Kostenaufwand um.
- Auf Flächen einer anderen Staatsverwaltung oder eines Landkreises: Nutzung kostenlos (z. B. ehemalige Kiesgruben).
- Auf Fremdgrund: Privatrechtliche Genehmigung erforderlich, Pacht- und Rekultivierungskosten fallen an.
- In Ortsnähe: Günstig wegen jederzeit möglicher Besichtigung und Abfuhr, aber problematisch wegen häufigen Diebstahls von Regnern und Schläuchen.
- In der Nähe von Wohngebäuden: Wegen Lärmbelästigung (Nachtbetrieb in Frostperioden) und Sprühwassereintrag möglichst vermeiden.
- Lage am Waldrand bzw. außerhalb des Waldes: Prüfen, ob landwirtschaftliche Flächen beeinträchtigt werden könnten.

Eine offene Lage und die damit verbundenen wechselnden Windrichtungen erschwerten die flächendeckende Beregnung, eine größere Anzahl Regner musste aufgestellt werden. Eine vorausschauende Planung der Lagerplatzkapazität und die entsprechende Dimensionierung der Beregnungsanlage ersparen teure und oft umständliche Nachrüstungen. Insgesamt erwiesen sich als günstige Faktoren:

- Zentrale Lage im Revier/Forstamt
- Gute Verkehrsanbindung
- In Gewässernähe
- Elektrizität vor Ort
- Auf eigenem Grund
- Für die Kontrollperson(en) leicht erreichbar

### Zufahrt

Der Beregnungsplatz sollte über einen bereits existierenden LKW-befahrbaren Weg zu erreichen sein, ansonsten fallen zusätzliche Erschließungskosten an. Die Wege müssen mindestens 4 m breit sein, um die Manipulation des Holzes nicht zu erschweren. Außerdem ist auf starke Befestigung (Aufweichen!), gute Verkehrsanbindung sowie nicht zu enge Einmündungen zu achten. Die Ladetätigkeit kann bei Schwarzen Beschädigungen hervorrufen. Der Betrieb der Beregnungsanlage führt häufig zu Algenwachstum (Rutschgefahr!), in Frostperioden zu Glatteisbildung und verursacht Frostaufbrüche. Für die Nutzung von Privatwegen sind privatrechtliche Genehmigungen erforderlich, zusätzlich können Gebühren anfallen.

### Beregnungsanlage

- Vor allem zum Schutz vor extremen Witterungseinflüssen empfiehlt es sich, oberirdische Pumpen zusammen mit der elektrischen Anlage in einer wetterfesten Hütte unterzubringen.
- Um Lagerschäden von Anfang an vorzubeugen, ist die Beregnung mit Beginn der Einlagerung aufzunehmen.
- Teilweise entsprachen die Anlagenkonzeption der Beregnungsfirmen und auch die Beratung nicht den tatsächlichen Anforderungen. Deshalb waren in manchen Fällen teure Nachbesserungen erforderlich.
- Stirnseiten- und Oberflächenberegnung müssen exakt aufeinander abgestimmt sein.

### Wasserversorgung

Das Beregnungswasser wurde Fließgewässern, Teichen, gemeindlichen Wasserleitungen und dem Grundwasser entnommen. In einem Fall konnte das Forstamt die Zuleitung zu einem Schwimmbad kostenlos nutzen. Die relative Wärme des Beregnungswassers verzögerte jedoch im Winter die Bildung eines Eispansers, so dass die Anlage nicht abgestellt werden konnte. Bei Wasserzufuhr nach dem Schwerkraftprinzip kam es häufiger zu Störungen aufgrund nicht gesicherter Wasserversorgung. Ein dem nötigen Wasserdruck entsprechender Höhenunterschied zwischen Wasserentnahmestelle und Beregnungsplatz muss vorhanden sein. Die Leitungen sind nicht zu gering zu dimensionieren, Rohrreibungsverluste sind zu beachten. Die Kopplung an Brauchwasseranlagen spart Kosten, da keine Pumpe nötig ist.

### Stromanschluss

Aus Kostengründen sollte sich möglichst nahe am Beregnungsplatz eine Stromquelle befinden (z. B. forstamtseigenes oder öffentliches Gebäude, Niederspannungsleitung eines Energieversorgungsunternehmens, Trafostation). Über längere Strecken verlegte Stromkabel sind teuer und störanfällig.

### Beregnungsdauer

Im Frühjahr, Sommer und Herbst ist eine in ihrer täglichen Dauer temperaturangepasste Intervallberegnung am zweckmäßigsten. Nachts wird die Beregnung unterbrochen. In frostfreien Zeiten im Winter wird wie im Herbst beregnet. Bei Frost ist eine 24-stündige Beregnung mit kürzeren Intervallen ratsam, damit sich ein ausreichend dicker Eispanser bilden kann und die Anlage nicht vereist. Danach wird die Beregnung eingestellt und die Anlage entleert.

### Kontrolle und Wartung

In der Regel übernahmen Revierleiter, teilweise auch Beamte des Leitungsdienstes, zusammen mit Waldarbeitern, in der Nähe wohnenden Rentnern, manchmal auch Handwerkern Kontrolle und Wartung der Anlagen. Bei Bedarf wurden örtliche Firmen zu Rate gezogen. Um Störungen möglichst rasch beseitigen zu können, hat es sich bewährt, die Lagerplätze täglich, in Sondersituationen mehrmals täglich zu kontrollieren.

### Beseitigung der Rinde, Rekultivierung

Die nach der Holzabfuhr auf dem Lagerplatz verbliebene Rinde wurde teilweise zum Mulchen in öffentlichen Grünanlagen verwendet oder Landschaftsgärtnereien, gewerblichen Kompostierungsanlagen und Reitvereinen angeboten. Falls im Genehmigungsbescheid Rekultivierungsmaßnahmen vorgeschrieben waren, erfolgten sie im Einvernehmen mit der Unteren Naturschutzbehörde.

### Störungen

Defekte an den Pumpen nach Starkregen, Gewittern, Hochwasser; Verkalken von Pumpen, Düsen und Saugventilen; Schäden am Leitungssystem; verstopfte Rohre und Siebe; Materialermüdung sowie Verschleißerscheinungen; Stromausfälle; mangelnde Wasserversorgung; Beschädigungen an der Beregnungsanlage bei der Holzanfuhr und -abfuhr; Unterspülung und Zerstörung der Polter sowie Abdrift einzelner Stämme bei Überschwemmung des Lagerplatzes; Sabotage plus Vandalismus (Abknicken der Schläuche, Lösen der Kupplungen, Anstechen der Rohre mit Wanderstöcken etc.) insbesondere in Erholungsgebieten, entlang von Wanderwegen; Diebstahl von Teilen der Beregnungsanlage, vor allem bei Lagerplätzen in Ortsnähe.

### Winterbetrieb

Der Winterbetrieb verlief nicht immer störungsfrei. Vereisung, Platzen der Rohre bei zu langen Beregnungsintervallen, zu warmem Wasser oder Stromausfällen sowie die Bildung von Eisanhang an vorbeiführenden Freileitungen waren häufiger genannte Probleme. Der verwendete Regnertyp sollte den Winterbetrieb bis zum Vereisen zulassen.

### Holzqualität

Ungenügende Stirnseitenberegnung führt zwangsläufig zu Qualitätsminderungen. Nach über drei Jahren Beregnungszeit trat – außer in Hochlagen über 1.000 m ü. NN – zwar in unterschiedlichem Ausmaß, aber fast überall Hallimaschbefall auf. Dies brachte in einigen Fällen Schwierigkeiten beim Holzverkauf mit sich.

Preisnachlässe waren die Folge. Engpässe in der Arbeitskette, vor allem bei knappen Rücke- und Transportkapazitäten führten dazu, dass das Holz nicht mehr ausreichend frisch war. Je nach Witterung kann Holz nach vier bis sechs Wochen Zwischenlagerzeit schon zu trocken für die Beregnung sein. Pilz- und Insektenbefall sind nicht mehr auszuschließen. Bereits beim Aufbau der Polterstränge ist zumindest provisorisch zu beregnen, um ein Austrocknen der Stämme zu verhindern, auch wenn die Anlage mehrmals auf- und abzw. umgebaut werden muss.

**Polterung, Kennzeichnung des Holzes, Abfuhr**

Unkomplizierte Einlagerungssysteme mit dauerhafter los-, revier- und/oder besitzweiser Trennung beispielsweise durch Unterteilungshölzer oder auch Seile haben sich bewährt, ebenso die Anlage revierweiser Polterstraßen. Ebenfalls erwiesen sich das Gegeninanderversetzen von Losen im Polter und der Bau von Holzboxen mit genauer Kennzeichnung und späterem boxenweisen Verkauf als praktikable Lösungen. Wohingegen Plastiknummern und Sprühfarben nach längerer Lagerdauer nicht mehr erkenn- bzw. lesbar sind. Eine Trennung mit Kunststoffmaterial (z.B. Trasierbänder etc.) ist zwar auch dauerhaft möglich, stellt aber das Forstamt bzw. die Waldbesitzer vor Entsorgungsprobleme. Zu einer dauerhaften, sinnvollen und später auch verkaufgerechten Trennung gehört das Führen genauer Polterbücher (Zusammenstellung der Sorten bzw. Nummernliste, Aufarbeitungs- und Einlagerungszeitpunkt, örtliche Lage auf dem Beregnungs-

platz) mit exakten Losverzeichnissen und kartenmäßiger Erfassung der Lose auf dem Beregnungsplatz (Abbildung 31). Nur über das Aufsetzen einheitlicher Längen lassen sich ausreichende Stirnseitenberegnung und optimale Raumausnutzung erreichen. Bei zu säumiger Holzabfuhr sollten Lagerkosten zunächst angedroht und dann auch berechnet werden. Es ist darauf zu achten, dass die Fuhrleute gegebenenfalls Regner wieder aufstellen, die Anlage erneut einschalten und Absperrungen schließen. Das Aufsetzen mit Bagger führte in einem Fall zu nicht befriedigendem Polteraufbau.

**Sonstiges**

Im Falle von Störungen erwies es sich als sehr hilfreich, wenn Vorsorge für die rasche Erledigung von Reparaturen und Ersatzteilbeschaffung getroffen war. In Gebieten mit hartem Wasser sollten die betroffenen Anlagenteile, im wesentlichen Pumpen, Düsen und Ventile, von Zeit zu Zeit entkalkt werden. Nach Angabe einzelner Forstämter waren Genehmigungen in Natur- und Landschaftsschutzgebieten teilweise langwierig und mit zusätzlichen Auflagen versehen. Ein Forstamt vergab die gesamte Beregnung an private Unternehmer und äußerte sich sehr zufrieden mit dieser Lösung.

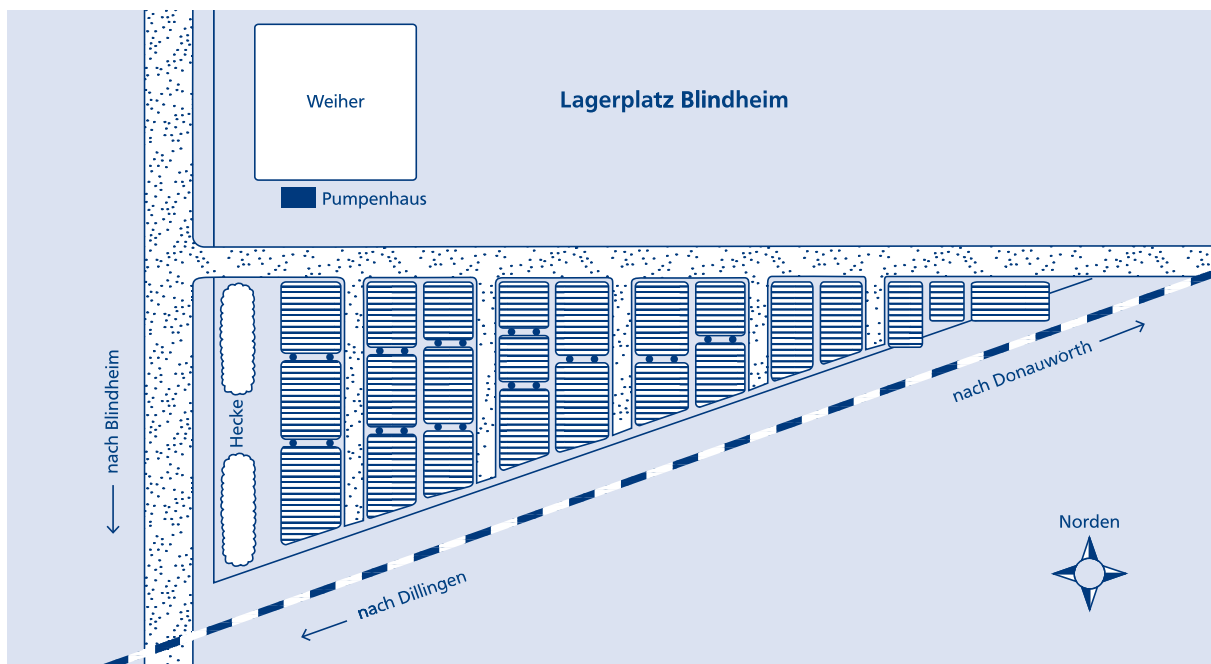


Abbildung 31: Schematische Darstellung eines Beregnungsplatzes mit losweise getrennten Poltern (Quelle: Forstamt Dillingen 1991)

## Wertung

Diese vor allem nach Kalamitäten bewährte Methode der Langzeitlagerung von Rundholz weist mehrere Vorteile auf:

- Sehr gute Möglichkeit zur Qualitätserhaltung über einen längeren Zeitraum
- Witterungsunabhängiger Zugriff auf größere Holz-mengen und kurzfristige Erledigung der Aufträge von Schnittholzkunden
- Kein Insektizideinsatz erforderlich
- Keine Entwertung durch Pilze und Insekten, keine bzw. nur geringe Rissbildung

Als nachteilige Faktoren sind zu nennen:

- Hoher technischer Aufwand
- Häufige Kontrollen erforderlich
- Beregnetes Holz wiegt etwa 10–20% mehr als waldfrisches, dies verteuert den Transport und erschwert die Manipulation der Stämme

Allgemeine Hinweise:

- Eine exakte und hohe Polterung spart Kosten
- Bewuchs der Stirnflächen mit Moos und Schleimpilzen weist auf hohe Holzfeuchten hin, er verändert die Holzeigenschaften nicht
- Nur schnelle Einlagerung und ausreichende Beregnung führen zum Erfolg

Aus genügend und polterdeckend beregnetem *Fichtenrundholz* kann Schnittware erzeugt werden, die nach praxisüblichem Trocknen, Besäumen und Hobeln einwandfreie Qualität besitzt und mit Schnittware aus frischem Holz vergleichbar ist. Braunverfärbungen durch eingewaschene Rindengerbstoffe beschränken sich in der Regel auf den Splint (Eindringtiefe im Millimeterbereich) und fallen bei der Bearbeitung weg. Lokal auftretende höhere Aufnahmefähigkeiten im Splintholz können nach Anstrichen mit lösemittelhaltigen und dunkleren Farben zu Fleckigkeit führen.

In nassgelagerten Stämmen treten Bakterien verstärkt auf, führen jedoch zu keiner Entwertung des Holzes. Sie können die verholzten Zellwände nicht abbauen, sondern ernähren sich vom Inhalt der Markstrahlzellen und von unverholzten Tüpfelmembranen der Tracheiden. Daraus resultieren eine verbesserte Permeabilität und Imprägnierfähigkeit sowie eine raschere und spannungsfreiere Schnittholztrocknung mit geringerer Rissbildung (Groß et al. 1991), aber auch eine mögliche Überaufnahme pigmenthaltiger Anstriche, die lokale Anfärbungen verursacht. Für Anwendungen, bei denen

Holz gefärbt oder lasiert wird, ist Nasslager damit unbrauchbar.

Grammel et al. (1990) fanden bei beregnetem Holz eine herabgesetzte Biegefestigkeit und ein vermindertes Elastizitätsmodul (120 Proben aus zehn Stämmen) gegenüber frischem Holz (Nullprobe). Beregnetes Holz kann mit höheren Vorschubgeschwindigkeiten eingeschnitten werden als frisches. Problematisch erweist sich der Einschnitt vereisten Holzes. Das Verfahren eignet sich auch für Schleifholz, Entrindung und eine ausreichende Beregnungsmenge (mindestens 50 mm/24 h) vorausgesetzt.

Im Hinblick auf die Qualitätserhaltung ist *Kiefer* wesentlich kritischer einzustufen als *Fichte* (Bläue). *Buchenholz* kann sich nach der Beregnung unterschiedlich stark verfärben. Offensichtlich ist mit dem Auftreten von Verfärbungen zu rechnen, wenn das Rundholz vier Monate und länger beregnet wird und vor dem Einschnitt eine Splintfeuchte von mehr als 50–60% aufweist. Längere Zeiträume zwischen Aufarbeitung und Beregnung sowie Unterbrechungen der Beregnung wirken sich ebenfalls nachteilig aus (Seling und Lewark 1993).

Das Verfahren eignet sich für größeren Waldbesitz und Waldbesitzervereinigungen.

## Nasslagerkonzept der Bayerischen Staatsforsten

Im Fall einer größeren Katastrophe stehen Waldbesitzer und Forstbetriebe immer wieder vor der Problematik, innerhalb kürzester Zeit große Holz-mengen entweder in die Werke der Kunden oder in verschiedene Arten von Holzlagern bringen zu müssen. Im Fall des Nasslagers stehen sie dann vor aufwendigen Genehmigungsverfahren. Um dieses Problem zu lösen, haben die Bayerischen Staatsforsten (BaySF) ein Konzept zum Nasslagermanagement entworfen und bereits teilweise umgesetzt (Fischer et al. 2011). Ziel dieses Konzepts ist es, für den Katastrophenfall dauerhaft genehmigte Nasslagerflächen zur sofortigen Bestückung vorzuhalten.

Die Bayerischen Staatsforsten ernten auf einer Holz-bodenfläche von 720.000 ha etwa 5,2 Mio. Fm pro Jahr. Davon entfallen zwei Drittel allein in die Baumarten-gruppe *Fichte*, welche potenziell sturmgefährdet ist. Weitere 16% fallen in die Baumartengruppe *Kiefer*.



Erfahrungen mit der Trockenlagerung nach Kyrill im Jahr 2007 haben gezeigt, dass nach spätestens eineinhalb Jahren Lagerung der Anteil der D-Qualität dramatisch ansteigt. Im August 2008 lag der Anteil bei 70%. Wie eine Zeitreihe verdeutlichte, lag in den letzten 20 Jahren in Sturmjahren und den Jahren darauf der ZE-Anteil in den BaySF etwa bei der Hälfte des Gesamteinschlags oder sogar darüber.

Das Nasslagerkonzept der Bayerischen Staatsforsten sieht eine *Dreiteilung* des zu lagernden Holzes vor:

- Kundenlager
- Dezentrale Nasslager an den Forstbetrieben, diese sind besonders für kleinere Schadereignisse interessant
- Zentrale Nasslagerplätze, die in verkehrsgünstiger Lage für mehrere Kunden leicht erreichbar sein sollen

Mit Folienkonservierung hat die BaySF keine guten Erfahrungen gemacht, deshalb sind für diese Form der Lagerung bestenfalls kleine Mengen vorgesehen. Nur als letzte Möglichkeit will die BaySF auch Trockenlager aufbauen und wenn, dann nur mit wintergeschlagenem Langholz. Dezentrale Lagerplätze sollen auf eigenen Flächen und möglichst nah am Ort des Schadereignisses liegen. Sie sind besonders für lokale Schadereignisse vorgesehen. Die Zentrallagerplätze sollen verkehrsgünstig für den späteren Transport zum Kunden liegen. Die BaySF beabsichtigt, sie bei überregionalen Schadereignissen zu beliefern. Darüber hinaus plant sie, Holz auch direkt in kundeneigenen Lagern unterzubringen. Als letzte Möglichkeit soll in Trockenlagern nur wintergeschlagenes Langholz bis zum darauf folgenden Juli liegen.

*Hauptziel* der Lagerung ist der Werterhalt des Holzes. *Weitere Ziele sind:*

- Entlastung des Arbeitsmarktes
- Stabilisierung der Holzpreise
- Vermeidung von Insektizideinsatz

Die Erfahrung zeigt, dass nur Nasslager eine Lagerung über einen längeren Zeitraum und für größere Mengen Holz ohne Qualitätsverluste ermöglichen. Diese Nasslager müssen fest installiert und ständig zu aktivieren sein. Die Lagerkapazität soll bayernweit 3 Mio. Fm betragen.

### Kriterien für dezentrale Nasslagerflächen

- Damit eine Fläche als Nasslager geeignet ist, muss zunächst die Flächengröße den Anforderungen entsprechen.
- Eine geeignete Wasserversorgung muss vorhanden sein.
- Die Fläche muss über eine geeignete Infrastruktur verfügen, das heißt sowohl verkehrstechnisch erreichbar als auch mit Wegen ausgerüstet sein.
- Es dürfen keine naturschutzrechtlichen Aspekte gegen die Nutzung der Fläche als Nasslager sprechen.

Wasser muss auch in trockenen Sommern verfügbar sein, mindestens 1 l/s (Liter pro Sekunde) für 1.000 Fm. Die Fläche darf nicht im Wasserschutzgebiet liegen. Die ausgewählte Fläche muss eben sein und möglichst quadratisch, soll windgeschützt liegen und wenn möglich durch eine Schwerkraftanlage zu betreiben sein. Ist eine Pumpenanlage nötig, muss in der Nähe eine Stromversorgung zur Verfügung stehen. Für die Infrastruktur ist wichtig, den erhöhten LKW-Verkehr zu bedenken. Deshalb sollte man Siedlungsnähe vermeiden und tragfähige Wege vorhalten, möglichst im Rundschluss oder in Form einer Einbahnstraße mit Wendemöglichkeit. Die Fläche darf nicht in einem Naturschutzgebiet liegen.

### Kriterien für zentrale Lagerplätze

- Zentrale Lagerplätze müssen groß sein, Lagerkapazität von mindestens 50.000 bis optimaler Weise 300.000 Fm
- Verkehrsgünstige Lage, also in der Nähe von Autobahnen oder sonstigen Hauptstraßen, gute Erreichbarkeit
- Lage in der Nähe von Kunden, am besten zwischen zwei bis drei größeren Kundenstandorten

Für die Bereitstellung von Wasser und Strom hat es sich als günstig erwiesen, ehemals anderweitig genutzte Flächen wie verfüllte Kiesgruben, Häfen oder ehemalige Truppenübungsplätze zu nutzen. Diese verfügen meist über Wasser und Stromanschlüsse sowie über solide Fahrbahnen.

**Konkrete Planung**

Nach der Flächenauswahl werden konkrete Pläne in Zusammenarbeit mit einem Regenanlagenvertreiber und bei Bedarf mit einem Planungsbüro erstellt, dann folgt ein Ortstermin mit den zuständigen Behörden Wasserwirtschaftsamt, Naturschutzbehörde und eventuell auch dem Bauamt. Zuletzt wird beim zuständigen Landratsamt ein Antrag auf Errichtung eines Nasslagerplatzes gestellt.

**Interessenausgleich**

Folgende Interessenkollisionen können im Zuge des Genehmigungsverfahrens auftreten:

- Naturschutz in Bezug auf Artenschutzprojekte, FFH-Gebiete (Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie) und Ähnliches
- Wasserwirtschaft in Bezug auf die Trinkwasserqualität oder die Absenkung des Wasserspiegels
- Fischerei in Bezug auf Eintrag von schädlichen Stoffen oder die Wasserentnahmen aus Fischereigewässern
- Tourismus: Störung schöner Aussichten, eventuell Einschränkung von Wander- und Fahrradwegen in ihrer Nutzbarkeit
- Anwohner: Beschwerden über erhöhten LKW-Verkehr oder Lärm der Anlage

Ist der Nasslagerplatz genehmigt, sind zunächst die Investitionsmittel zu sichern. Dann folgt auf eigenen Flächen unmittelbar die Errichtung des Lagerplatzes. Als nächstes muss die Ausrüstung beschafft werden: Pumpen, Rohre und Regner. Wenn keine ausreichenden Lagermöglichkeiten dafür vorhanden sind, findet das zum Teil auch erst im Katastrophenfall statt.

Wird der Lagerplatz auf Fremdgrund errichtet, ist zunächst ein Pachtvertrag zu schließen. In Vereinbarung mit dem Eigentümer sind eventuell die notwendigen Anlagen wie ein Pumpenhaus und die Stromversorgung anzulegen.

Vordringliche Ziele sind es, weitere zentrale Lagerplätze zu errichten und größere Lagerkapazitäten in den Forstbetrieben zu schaffen. Derzeit sind zwei Drittel der Forstbetriebe mit der Möglichkeit eines Nasslagers ausgestattet.

Dezentrale Lager:	Menge
Genehmigt	329.000 Fm
In Planung	609.000 Fm
Für den Katastrophenfall genehmigt	72.000 Fm
Zentrallager:	
Genehmigt	70.000 Fm
In Planung	680.000 Fm
Für den Katastrophenfall genehmigt	180.000 Fm
Kundenlager:	196.000 Fm
Gesamtsumme:	2.136.000 Fm

Tabelle 7: Nasslagerkapazität der Bayerischen Staatsforsten (Stand Ende 2010)

**Mobiles und geschlossenes Nasslagersystem auf Folie im Kreislaufsystem**

Ein Nasslagersystem auf Folie im Kreislaufsystem entwickelte und erprobte die Firma Rybicki Beregnungssysteme gemeinsam mit dem Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forst, Umwelt und Naturschutz unter Beteiligung der Fachhochschule Erfurt, Fachrichtung Forstwirtschaft, der Technischen Universität Dresden sowie weiterer Partner. In einem Dauerberegnungsversuch über zwei Jahre brachte das Entwicklungsteam das Verfahren mit einem Kreislaufsystem inklusive Wasserspeicher und -überlauf, Filtersystem, Anlagenwartung sowie Steuerungstechnik zur Praxisreife (Stuhlmann et al. 2012).

Das System ist ausgelegt auf das Einlagern von Fixlängen, minimiert den Wassereinsatz durch unterseitige Folienabdichtung, Speicherbecken und klimagesteuerte Beregnung. Seine Einsatzvorteile liegen in ökologisch sensiblen Bereichen und einem in der Regel leichteren Genehmigungsverfahren. Nachteilig wirken sich der größere technische Aufwand, der notwendige Anlagenbau und die insgesamt relativ hohen Kosten aus. Weitere Informationen sind zugänglich unter: <http://www.fh-erfurt.de/lgf/fo/aktuelles>.

# Wasserlagerung

## In Kürze

- Stämme liegen in stehenden oder langsam fließenden Gewässern
  - bündelweise Lagerung
  - Stämme müssen immer frei schwimmen können
- 
- + schützt zuverlässig vor Holzschäden
  - + erprobtes Verfahren, vor allem in Skandinavien und Nordamerika
  - + lange Lagerdauer möglich
- 
- Genehmigung des Wasserwirtschaftsamtes erforderlich
  - hoher logistischer Aufwand
  - aus dem Wasser ragende Teile werden leicht entwertet
  - deshalb eventuell zusätzliche Beregnung notwendig
  - hohe Kosten, vor allem bei der Erstanlage

## Beschreibung

Die Einlagerung von Rundholz in stehende (oder auch langsam fließende) Gewässer ist eine sichere, vor allem in Skandinavien und Nordamerika seit langem praktizierte Art der Nasskonservierung. Die Stämme werden einzeln oder zusammengefasst zu Flößen oder Bündeln in das Gewässer gebracht. Flöße und Bündel lassen sich in der Regel leichter handhaben. Die Einlagerung von Einzelstämmen eignet sich für geringere Holzmen gen und kleinere Wasserflächen. Der Flächenbedarf ist hoch, die Auslagerung aufwendig.

Bei größeren Wasserflächen ist es sinnvoll, die Stämme mit Drahtschlingen oder Bauklammern sortenweise zu verbinden. In Bündeln zusammengefasste Stämme erfordern nur wenig Fläche, aber eine Wassertiefe von mindestens 2–3 m. Zwei Drittel des Stammquerschnittes oder mehr müssen ständig unter Wasser liegen. Eventuell ist extra zu berechnen. Ein Bündel kann etwa 10–20 Fm *Nadelholz* bzw. 6–12 Fm *Laubholz* umfassen. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, die Stämme bereits bei der Anfuhr auf dem LKW zu bündeln.

Die Befestigungen der zur Ein- und Auslagerung nötigen Flächen schützen vor Uferbeschädigungen. Die Anlandestellen sind möglichst entgegen der Hauptwindrichtung zu wählen. Die Einlagerung in Fließgewässer kommt aufgrund der Gefahr des Abdriftens, der Beeinträchtigung des Hochwasserabflusses sowie möglicher Störungen beim Betrieb von Stauhaltungen nicht in Betracht.

## Voraussetzungen

In allen Fällen ist eine Genehmigung des zuständigen Wasserwirtschaftsamtes erforderlich. Das Holz ist möglichst rasch aufzuarbeiten, zu transportieren und in das Gewässer zu bringen. Bereits von Pilzen und/oder Insekten befallene Stämme eignen sich nicht zum Wasserlagern. Um spätere Lagerschäden zu minimieren, sind ausschließlich gesunde bzw. großzügig gesund geschnittene Stämme einzulagern.

Das Gewässer muss so tief sein, dass die Stämme auch bei Wasserspiegelschwankungen stets frei schwimmen und nicht auf dem Gewässerboden und/oder dem Ufer aufliegen. Die Gewässerfläche sollte mindestens 500 m<sup>2</sup> betragen. Ein ständiger Zu- und Ablauf fördert den Wasseraustausch und verhindert größere Gewässerbelastungen (Fischsterben!). *Buchenstämme* sind bereits nach kurzer Zeit nicht mehr schwimmfähig. Bei Absinken des Wasserspiegels unter die Stammoberflächen wird eine zusätzliche Beregnung notwendig, um eine Besiedelung mit Schadorganismen zu verhindern. Bündel oder Stämme absinkender Holzarten sollten mit einer Boje markiert werden (CTBA 2004 b).

## Lagerdauer

Eine Lagerung über mehrere Jahre ist ohne größere Qualitätseinbußen möglich, zum Einlagerungszeitpunkt gesundes Holz und ausreichende Wasserstände vorausgesetzt. Nach Demharter (1996) »kann bei vierjähriger Teichlagerung ein gewisser Pilzbefall nicht vermieden werden, wenngleich die Schäden immer noch als eher geringfügig gelten können«. Bei rasch aufeinanderfolgendem Aufarbeiten, Transportieren und Einlagern von furnierfähigen *Buchenstämmen* kann deren Qualität mindestens ein Jahr lang erhalten werden (Moog 1992).

Lagerform		Einsinktiefe der Stämme	Flächenbedarf [m <sup>2</sup> /Fm]	Wassertiefe [m]
Einzelstämme		66% des Stammes unter Wasser	5,0	0,8–1,0
Floß	einlagig	70–75% der Stämme unter Wasser	5,0	0,8–1,0
	mehrlagig		3,0	1,5
Bündel		80% der Stämme unter Wasser	1,5–2,0	>2,0

Tabelle 8: Anforderungen an das Gewässer bei verschiedenen Lagerformen (nach Patzak und Löffler 1988)

## Kosten

Die CTBA (2004b) setzt die Kosten der Wasserlagerung bei etwa 15 €/Fm an, wenn bereits ein benutzbares Gewässer vorhanden ist, bei dem keine Baggerarbeiten nötig sind. Eine eventuelle zusätzliche Berechnung ist bei diesem Wert nicht berücksichtigt. Muss der Betreiber erst ein Gewässer anlegen oder herrichten, fallen also Baggerarbeiten an, veranschlagt die CTBA 35 €/Fm.

## Verkehrssicherung

Aus Verkehrssicherungsgründen sind eine Absicherung des Ufers und das Aufstellen von Warntafeln erforderlich.

## Wertung

Je länger die Lagerdauer, desto weniger ist Pilzbefall vermeidbar. Ansonsten bietet das Verfahren sicheren Schutz. Es erfordert nur einen geringen technischen Aufwand. Eine Wartung technischer Einrichtungen entfällt. Die Bergung der schwimmenden Stämme kann sich jedoch schwierig gestalten.

Bei dieser Methode der Holzkonservierung ist kein Insektizideinsatz erforderlich. Der Erfolg der Wasserlagerung hängt stark von der Qualität des Holzes zum Zeitpunkt der Einlagerung ab. Eine zu lange Zwischenlagerungszeit birgt in Abhängigkeit von Witterung und Jahreszeit die Gefahr der Zerstörung des Holzes durch Pilze und Insekten in sich (Grunwaldt und Lewark 1993).

Zwischen eingetauchtem und nicht eingetauchtem Stammteil entstehen Quellungs- und Feuchteunterschiede. Nach Patzak und Löffler (1988) lässt sich wassergelagertes Holz leicht entrinden und gut imprägnieren. Es trocknet schnell und gleichmäßig. Bei der

Zwischenlagerung vor dem Einschnitt entstehen nur geringfügige Risse.

Demharter (1996) wies nach, dass holzerstörende Pilze (*Basidiomyceten*) oberhalb der Wasserlinie vom Fällschnitt her in die *Fichtenstämme* eindringen. Das Gesundschnelden war deshalb gut möglich. Nach vierjähriger Wasserlagerung verblaute der Splint insgesamt. Die Stammoberflächen zeigten sich verfärbt und von Erregern der Bläue- und Moderfäule (etwa 1 cm tief) befallen. Demharter fand keinen Zusammenhang zwischen Stammdurchmesser und Eindringtiefe der Fäule.

Bei längerer Lagerung führen in das Holz diffundierende und unter Lichteinfluss stark nachdunkelnde Gerbstoffe aus der Rinde zu bräunlichen Verfärbungen im Splintholz. Sie ähneln zuweilen Pilzbefall. Diese meist nur oberflächlichen Verfärbungen sind bei der Schnittholzproduktion von untergeordneter Bedeutung, da sie überwiegend in den Schwarten verbleiben. Sie bedeuten jedoch eine Wertminderung für Holzschliff, denn sie lassen sich nur schwer bleichen, vermindern den Weißgrad und neigen zum Vergilben (Peek und Liese 1987). Die Stirnflächenansprache eignet sich nicht als Weiser für das Ausmaß von Verfärbungen und Verstockungen.

Das rasche Absinken des *Buchenholzes* verhindert Pilzbefall. Wassergelagertes *Buchenholz* bleibt gut schälbar.

Das Verfahren eignet sich für größeren Waldbesitz und Waldbesitzervereinigungen.

## Rechtsgrundlagen

Die Einlagerung von Holz in oberirdischen Gewässern, die Entnahme und das Wiedereinleiten von Wasser sind Benutzungen nach §9 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) und bedürfen der Erlaubnis (§8 WHG). Der §10 WHG regelt in Verbindung mit Art. 15 des Bayerischen Wassergesetzes (BayWG) die Genehmigung. Die §§12 und 13 WHG befassen sich mit Voraussetzungen sowie Inhalts- und Nebenbestimmungen. Die örtlich zuständigen Kreisverwaltungsbehörden entscheiden über Anträge auf Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis (Art.1 Abs.1 Bayerisches Verwaltungsverfahrensgesetz BayVwVfG). Wird ein Bauwerk zur Ableitung des Wassers errichtet, greift Art. 56 der Bayerischen Bauordnung. Für die Umsetzung entscheidend ist die Verordnung über Pläne und Beilagen in wasserrechtlichen Verfahren (§1 WPBV). Dort ist geregelt, in welcher Form ein Antrag auf die Errichtung eines Nasslagers eingereicht werden muss und welche Unterlagen nötig sind. Das Bundesnaturschutzgesetz regelt Eingriffstatbestände in Biotope, legt gesetzlich geschützte Biotope und den Umgang mit FFH-Gebieten (Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie) fest. Bei der Anlage von Nasslagerplätzen im Bereich der Zone II oder III eines Wasserschutzgebiets ist die Musterverordnung für Wasserschutzgebiete des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (2003) einschlägig. Für die Schutzzone II sowie IIIA ist die Nassholzkonservierung von Rundholz verboten, während sie für die Schutzzone IIIB mit der Auflage »nur Beregnung von unbehandeltem Holz bis zu ... Festmetern zulässig« genehmigungsfähig ist. Hintergrund ist der Schutz des Grundwassers vor »nicht oder schwer abbaubaren organischen Stoffen« (vgl. DVGW-Arbeitsblatt W101). Die Bewertung einer Nassholzlagerung hängt letztlich immer vom konkreten Einzelfall ab, vergleiche dazu auch Fischer et al.

(2010). Die Tabelle 9 fasst die einschlägigen Vorschriften zusammen, ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

Mit Forstschutz- oder Imprägniermitteln *chemisch* behandeltes Holz darf *nicht nassgelagert* werden. Schutzgebietsverordnungen sind stets zu beachten.

Bei der Wasserlagerung dürfen Nutzungsrechte Anderer (Gewässer-, Natur- und Landschaftsschutz sowie Fischerei) nicht in unzulässiger Weise beeinträchtigt werden. Eine Einlagerung von Rundholz in Fließgewässer kommt in der Regel wegen Beeinträchtigung des Hochwasserabflusses, Gefahr des Abdriftens und Störungen beim Betrieb von Stauhaltungen nicht in Betracht.

Für Beregnungsplätze gilt, dass grundsätzlich Oberflächenwasser vor Grundwasser verwendet werden muss. Auf sparsamen Wasserverbrauch (40–50 mm/Tag in ununterbrochener Beregnung) ist zu achten.

Das Einlagern von Stammholz in natürliche, kleinere stehende Gewässer ist in der Regel ein nicht ausgleichbarer Eingriff und daher abzulehnen. Insbesondere die Auslaugung löslicher Stoffe aus den Rinden und das Absinken größerer Rindenmengen auf den Gewässerboden führen zu untragbaren Belastungen bei kleinen stehenden Gewässern ohne Möglichkeit des Ablassens bzw. Räumens. Darüber hinaus werden die Uferbereiche erheblich beschädigt. Dies wirkt sich negativ auf Flora und Fauna aus. Erdmaterial wird in das Gewässer eingeschwemmt. Ablassbare kleinere Gewässer können zur Wasserlagerung genutzt werden, wenn

- sie nicht in wasserwirtschaftlich besonders empfindlichen Bereichen liegen,
- sie sich nicht in Schutzgebieten befinden,
- ein gewässerunschädlicher Betrieb gewährleistet ist.

Vorschrift	einschlägige Paragraphen und Artikel
Wasserhaushaltsgesetz (WHG) in der Fassung von März 2010	§§ 9, 10, 13
Bayerisches Wassergesetz (BayWG) in der Fassung von 2010	Art. 15
Verordnung über Pläne und Beilagen in wasserrechtlichen Verfahren (WPBV)	
Bayerisches Verwaltungsverfahrensgesetz (BayVwVfG)	Art. 3 Abs. 1
Bayerische Bauordnung (BayBO) in der Fassung vom 01.01.2008	Art. 56
Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) in der Fassung von März 2010	§§ 15–18, 30, 33–34
Bayerisches Naturschutzgesetz (BayNatSchG) in der Fassung vom 18.08.1998	Art. 13 a, 13 d (in Verbindung mit § 30 BNatSchG)

Tabelle 9: Einschlägige Vorschriften zur wasserrechtlichen Genehmigung für Beregnung und Wasserlagerung von Rundholz in Bayern (erweitert nach Engel, Hofmann und Übelacker 2010)

Bei Einlagerung in größere stehende Gewässer sind kaum Beeinträchtigungen der Gewässergüte zu erwarten, wenn sich der Einlagerungsbereich auf einen nur geringen Teil der Wasseroberfläche beschränkt. Hier sind jedoch Belange des Ufer-, Natur- und Artenschutzes sowie eine eventuelle Gefahr des Abdriftens zu berücksichtigen.

Das Abwasser von Beregnungsanlagen sollte möglichst großflächig versickern bzw. weiträumig wieder dem Vorfluter zugeführt werden. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht ist Beregnung der Wasserlagerung vorzuziehen.

Eine straßenverkehrsrechtliche Genehmigung kann erforderlich werden, wenn eine Sondernutzung (z. B. Ladetätigkeit an einer öffentlichen Straße) vorliegt oder die Beregnung den Straßenbereich beeinträchtigt. Privatrechtliche Genehmigungen sind zu beschaffen, wenn der Beregnungsplatz auf einem Fremdgrundstück angelegt wird oder die Zufahrt über Fremdgrund führt. In Bayern gibt es eine gemeinsame Bekanntmachung der Bayerischen Staatsministerien für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, des Innern und für Umwelt und Gesundheit zur Nasskonservierung von Rundholz durch Beregnung, womit die Genehmigung notwendiger Beregnungsplätze erleichtert werden soll.

## Wasserqualität

### Institut für Holzforschung München

Die Bewertung der Abwasserbelastung durch Nasskonservierung von Kalamitätsholz gründet sich auf umfangreiche bundesweite Messungen und Erfahrungen seit 1967. Als Messzahlen für die Wasserqualität eignen sich im Wesentlichen der chemische Sauerstoffbedarf (CSB, wichtigste Kenngröße), der biologische Sauerstoffbedarf (BSB), der pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit,  $\text{NH}_4$  und der Gesamtstickstoff. Der CSB-Richtwert für kommunale Abwässer nach der biologischen Klärung beträgt 140 mg/l (Milligramm pro Liter) (für Bayern; nicht in allen Bundesländern einheitlich). Bei einer Beregnung von 40–45 mm/m<sup>2</sup> (Millimeter pro Quadratmeter) steigen alle Belastungswerte zunächst an und nähern sich dann im Laufe von ein bis zwei Jahren den Messwerten des Entnahmewassers oberhalb des Beregnungsplatzes (Nullprobe). Die Richtwerte werden normalerweise nicht erreicht, so dass

die Beregnung keine bedenkliche Gewässerbelastung verursacht. Eine Ausnahme bildet die Beregnung im geschlossenen Kreislaufsystem. Hier kann bei großen Poltern der CSB-Wert auf das Doppelte bis Dreifache des Richtwertes steigen und langfristig auf hohem Niveau verbleiben. Aufgrund des Verdünnungseffektes ist die Gesamtmenge jedoch im Vergleich zu kommunalen Abwässern gering. Die Nitrat-Konzentration sinkt nach der Beregnung ab.

Beregnungsplätze mit kontrollierbarer Einleitung des vom Platz ablaufenden Wassers (offenes System) sind betriebstechnisch und wirtschaftlich, aber auch in wasserchemischer Hinsicht günstiger als Kreislaufsysteme. Bei sachgemäßer Durchführung ist die Beregnung von Poltern unbedenklich (Stoll 1990).

### Institut für Forsthydrologie der Hessischen Forstlichen Versuchsanstalt (aufgegangen in der Nord-West-FVA)

Das Institut für Forsthydrologie führte ein wasserchemisches Analyseprogramm mit mehreren Varianten an acht Holzkonservierungsanlagen von Beginn der Nasslagerung im Frühjahr 1985 bis zur Abfuhr des Holzes Anfang 1988 durch. Dabei bewertete es geschlossene und offene Systeme mit verschiedenen Abpufferungen der Lagerflächen sowie Wasserlagerung von Einzelstämmen in einem abflusslosen Teich (Menge: 800 Fm).

Elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert wurden an allen Nasslagerplätzen nur in unerheblichem Maße beeinflusst.  $\text{NH}_4$ -, CSB- und  $\text{BSB}_5$ -Werte<sup>4</sup> zeigten deutlich höhere Auswirkungen auf die Wasserqualität, am deutlichsten in den geschlossenen Beregnungsanlagen ohne Abpufferung der Lagerflächen, am geringsten in den offenen Systemen und im Teich (wobei jedoch nur 800 Fm auf einem Viertel einer circa 5 ha großen Teichfläche lagerten). Eine Mittelstellung nahmen geschlossene Beregnungsanlagen mit gepufferten Lagerflächen (anstehender Basalt, Kalkschotter, Kalkung) ein. Mit steigendem Holzvolumen stellte sich tendenziell eine größere Beeinflussung der Wasserqualität heraus. Die während der Nasslagerung freigesetzten organischen

<sup>4</sup> Die Kennzahl  $\text{BSB}_5$  gibt die Menge an Sauerstoff in mg/l an, welche Bakterien und andere Kleinstlebewesen in einer Wasserprobe im Zeitraum von fünf Tagen bei einer Temperatur von 20 °C verbrauchen, um die Wasserinhaltsstoffe aerob abzubauen. Quelle: <http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/b/bsb.htm>

Verschmutzungen enthielten überwiegend bakteriologisch abbaubare Substanzen und nur schwach toxisch wirkende Stoffe. Offene Beregnungssysteme an Fließgewässern mit ganzjährig hoher Wasserführung sind nach Möglichkeit zu bevorzugen, damit eine schnelle und starke Verdünnung der ausgewaschenen Stoffe gewährleistet ist.

Wasserchemische Begleituntersuchungen von Nasslagern stellen sowohl Entscheidungshilfen für Auflagen in künftigen Genehmigungsbescheiden als auch Empfehlungen für Anlage und Betrieb künftiger Nasslager dar (Hammes 1989; Brechtel 1992).

### **Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz**

Das Landesamt für Wasserwirtschaft erarbeitete ein Programm, um die Wasserqualität von Nasslagerplätzen zu überwachen. Es sollte Anlagen umfassen, bei denen negative Auswirkungen der Nasslagerung auf Gewässer zu erwarten waren. Die Wasserproben stammten von Lagerplätzen mit offenen Beregnungssystemen sowie aus einem Teich (Wasserlagerung).

In den analysierten Fließgewässern waren die Auswirkungen der Einleitung von anderen Effekten überlagert (z. B. Selbstreinigung) oder aufgrund der Verdünnung nicht mehr messbar. Das Ablaufwasser selbst war gekennzeichnet durch pH-Absenkung, Sauerstoffzehrung, organische Belastung (CSB, BSB<sub>5</sub>) und Phosphorbelastung. Die Verregnung verminderte die Stickstoffbelastung des Zulaufwassers. Die gemessenen BSB<sub>5</sub>-Werte lagen deutlich unter denen geschlossener Beregnungssysteme. Für die untersuchten Beregnungsplätze ließen sich keine signifikanten Unterschiede im biologischen Befund ober- und unterhalb der Anlagen feststellen.

Auf Nasslagerplätze zurückzuführende Belastungen waren bisher in den Fließgewässern nicht nachzuweisen. Toxizitätstests und biologische Analysen ergaben ebenfalls keine von den Nasslagerplätzen ausgehenden negativen Auswirkungen auf die Fließgewässer. Dagegen wird die Einlagerung in stehende Gewässer negativ beurteilt. Die Messungen im Teich bewiesen insgesamt eine Verschlechterung der Gewässergüte. Es wurde allerdings nur ein 0,25 ha großer Teich beprobt, in dem 600–700 Fm eingelagert waren. Insgesamt führten die Wasseranalysen zu ähnlichen Ergebnissen wie in Bayern und Hessen (Ittel-Reinlassöder 1991).

### **Institut für Holzbiologie und Holzschutz der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg (jetzt Thünen-Institut)**

Die Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft erhob und bewertete Daten über Beregnungsplätze der Landesforstverwaltungen, um Bedenken zu widerlegen, dass der Abfluss von Beregnungsplätzen Grundwasser und Oberflächengewässer verschmutzen könnte.

Aufgrund der Ergebnisse empfiehlt das Thünen-Institut, die Anfangsphase der Beregnung in das zeitige Frühjahr bei hoher Wasserführung der Vorfluter zu legen und in der etwa dreimonatigen Anfangsphase kontinuierlich mit hoher Intensität zu beregnen. Die Lagerflächen sollten mit pufferndem Schotter ohne Drainagesystem befestigt werden.

Bei einer Beregnungsdichte von 40–45 mm täglich wird der CSB-Grenzwert von 140 mg/l stets unterschritten. Er wird eventuell in der Anfangsphase auf kleinen Plätzen mit sehr hohen Poltern (über 4,5 m) erreicht, sinkt aber auch dort nach mehreren Monaten auf ein niedrigeres Niveau. Eine dauernde Gewässerbelastung mit organischen und anorganischen Stoffen sei nicht zu befürchten. Das träfe jedoch nur zu, wenn das Nasslager nach der Einlagerung ruht. Leicht lösliche Holzinhaltstoffe wie Zucker erzeugen den CSB-Wert. Sie lösen sich in der Anfangsphase der Beregnung. Wird nun das Nasslager als Pufferlager genutzt und immer wieder Holz entnommen und neues eingelagert, kommt es zu einer dauerhaften Erhöhung des CSB-Wertes, was in der Regel nicht genehmigungsfähig ist.

Beregnungsanlagen im Kreislaufsystem erwiesen sich im Hinblick auf Gewässerbelastung und Betriebsstörungen wesentlich ungünstiger als offene Systeme und werden daher abgelehnt. In solchen Systemen können sich sogar polymorphe Bakterien bilden, die auch für Menschen gesundheitsgefährdend sind (Peek 1989).

---

# Lagerung von Waldhackholz

## In Kürze

---

- Lagerung von Hackholz an Waldstraßen oder auf der Fläche
  - Vortrocknung des Holzes
- 

- + Verbesserung der Hackschnitzelqualität
  - + Vermeidung von Massenverlust durch Pilzwachstum
  - + Vermeidung von Gesundheitsrisiken durch Pilzsporen
  - + Reduktion der Transportkosten
- 

- gebrochene Bereitstellungskette
  - Forstschutzrisiko
- 

## Beschreibung

Holz am unteren Ende der Qualitätsskala wird im Zuge der stärkeren Fokussierung auf die thermische Verwertung immer häufiger zu Hackschnitzeln verarbeitet. Das Hacken des Holzes erfolgt sofort oder zu einem späteren Zeitpunkt. In letzterem Fall lagert das Hackgut zunächst. Dadurch trocknet es und die Laub- und Nadelstreu fällt ab. Die Möglichkeiten sowie die Vor- und Nachteile der Lagerung von Hackgut im Wald sind hier zusammengestellt. Zunächst kann eine Lagerung des Hackgutes erfolgen:

- An der Waldstraße
- An der Rückegasse
- Auf der Fläche

Folgende Holzsortimente werden üblicherweise bereitgestellt:

- Aufgearbeitetes, minderwertiges Holz aus regulären Erntemaßnahmen
- Ganze Kronen
- Schlagabraum / Waldrestholz
- Holz aus Landschaftspflegemaßnahmen wie z. B. Wegeaufhieben

Bei der maschinellen Harvesteraufarbeitung wird das Holz üblicherweise in einheitlichen Längen ausgehalten, ansonsten in fallenden Längen.

## Voraussetzungen

Für die Verwendung als Hackholz kommt prinzipiell Holz jeder Art und Ausformung in Frage. Es gibt keine Qualitätsansprüche. Um jedoch ein Mindestmaß an Holzanteilen im Hackgut zu sichern, verlangen die meisten Abnehmer einen Mindestdurchmesser von 12 cm am dicken Ende. Um logistisch sinnvolle Einheiten zu bilden, sollten nach Angaben der Abnehmer die Haufen eine Mindestgröße von etwa 50–100 Rm (Raummeter) umfassen. Die Haufen dürfen nicht zu hoch sein, meistens werden 3–3,50 m Maximalhöhe gefordert. Das Material ist keinesfalls zusammenzuschieben. Erstens ist es dann schwer wieder zu entzerren und zweitens besteht die Gefahr von Verunreinigungen durch Erde oder Steine. Das Hackmaterial ist senkrecht zum Weg zu setzen, wobei das dicke Ende zum Weg zeigen soll. Das Material sollte unbedingt auf Unterlagen lagern, damit es auch von unten belüftet wird und nicht so leicht verpilzt.

Verbleibt das Hackholz aus Dispositionsgründen im Wald – egal, ob am Weg, an der Rückegasse oder auf der Fläche – ist auf die Forstschutzsituation zu achten. Bei erhöhtem Risiko sind die Hiebsmaßnahmen möglichst in den Herbst zu legen. Bis zum nächsten Frühjahr ist das Holz trocken genug, um nicht mehr anfänglich zu sein. Die Lagerung von Ganzbäumen auf der Fläche fördert die Trocknung des Holzes durch die Pumpwirkung, die von den Blättern und Nadeln ausgeht. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Blätter und Nadeln auf der Fläche bleiben und nicht an der Waldstraße.

Manche Sortimente kommen ungehackt zum Abnehmer, in der Regel trifft dies nur auf aufgearbeitetes ISFK-Holz zu. Bei diesen Sortimenten ist auf die Transportfähigkeit des Holzes zu achten. Das Holz sollte also entweder in langer Form ausgehalten werden oder in Form einheitlicher Längen. Sind einheitliche Längen vereinbart, sind diese auch zu liefern. Denn deutlich längere Stücke als vereinbart erschweren die Beladung von Lastkraftwagen oder Waggons enorm. Wird das Holz schon im Wald gehackt, spielt die Länge keine Rolle. Die Waldstraßen, an denen das Hackgut lagert,



müssen – wie bei allen anderen Holzsortimenten auch – LKW-befahrbar sein. Meistens ist sogar mehr Platz als üblich nötig, wenn z. B. ein Hacker die Hackschnitzel direkt in einen LKW bläst und dafür beide nebeneinander stehen müssen.

### Wertung

Die Lagerung des Waldhackguts an der Waldstraße erfüllt mehrere Zwecke:

- Die meist zwangsläufig notwendige Aufbewahrung des Hackgutes bis zur Weiterverarbeitung
- Trocknung des Hackgutes auf eine möglichst geringe Restfeuchte
- Befreiung des Hackgutes von Laub- und Nadelstreu
- Belassen der Laub- und Nadelstreu im Bestand

Verschiedene Abnehmer von Hackgut fordern deshalb in ihren Einkaufskonditionen eine Lagerdauer von einem Jahr. Die Vortrocknung des Hackgutes im Wald bedeutet zunächst eine zeitliche Unterbrechung der Bereitstellungskette. Bis dahin geleistete Arbeit ist zu zahlen, der Erlös folgt erst in der Zukunft. Zudem geht gerade von Fichtenholz im Sommer ein nicht zu unterschätzendes Forstschutzrisiko aus. Unter bestimmten Umständen ist es also günstiger, das Holz sofort zu hacken. Andererseits weist die Lagerung des Hackgutes im Wald und der damit verbundene Trocknungseffekt eine Reihe von Vorteilen auf:

### Bessere Qualität der Hackschnitzel

Durch die Lagerung im Wald ist eine bessere Qualität der Hackschnitzel zu erzielen, da eine geringere Holzfeuchte die biologische Aktivität der im Holz enthaltenen Bakterien und Pilze vermindert. Pilzwachstum und bakterielle Aktivität in den Hackschnitzeln verursachen einen Massenschwund des Holzes von 0,5–4%, unter bestimmten Umständen sogar bis 8% im Jahr (Hartmann et al. 2007). Mit abnehmender Holzfeuchte verringert sich also auch der Abbau der Holz-Trockenmasse.

### Vorbeugung von Gesundheitsgefahren

Pilzsporen in den Hackschnitzeln können bei der Manipulation der Hackschnitzel in die Atemluft gelangen. Von ihnen gehen Gesundheitsgefahren für den Menschen aus, wie allergische Spätreaktionen (Farmerlunge) oder Mykotoxikosen, also Vergiftungen durch die Inhaltsstoffe der Pilzsporen (Hartmann et al. 2007). Ein geringer Wassergehalt dämmt Pilzwachstum ein und beugt damit Gesundheitsgefahren vor.

### Verhinderung der Selbstentzündung

Die Vortrocknung des Waldholzes minimiert die Gefahr der Selbstentzündung der produzierten Hackschnitzel. Besonders feuchtes Heu kann sich entzünden, aber auch feines Hackgut oder Rinde (Hartmann et al. 2007).

### Reduktion von Transportkosten

Die Transportkosten der Hackschnitzel sinken mit abnehmendem Wassergehalt, wie Kanzian et al. (2006) darlegen. Sie errechnen, dass der Transport von Hackschnitzeln der Feuchte W30 (Hackschnitzelqualitätsklasse nach Wassergehalt) über 70 km um 1 €/Srm (Euro pro Schüttraummeter) günstiger ist als solcher der Feuchte W50.

### Versuch der Abdeckung von Hackgut

Bei der Lagerung von Schlagabraum treten je nach Sortiment und Mikroklima bereits nach kurzer Zeit messbare Trocknungserfolge ein, die Wiederbefeuchtung kann aber insbesondere bei der Lagerung im Winter zu deutlichen Substanzverlusten und Wassergehaltszunahmen führen. Um dennoch eine hohe Qualität der produzierten Abschnitte zu gewährleisten, testete der Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der Technischen Universität München (TUM), inwieweit die Abdeckung der Polter mit einem Spezialpapier namens »Walki Energy Wrap« hilft, den Trocknungsvorgang zu beschleunigen und eine Wiederbefeuchtung zu verhindern.

Walki Energy Wrap ist ein Laminat auf Papierbasis. Das Spezialpapier ist von einer Netzstruktur durchzogen und dadurch sehr reißfest. Nach Angaben des Herstellers Walki in Finnland soll die Lagerdauer jedoch auf zehn Monate begrenzt sein. Das Papier ist undurchlässig für Regen und Schnee. Es wird nur auf die Oberfläche des Polters aufgebracht. Die Seiten des Polters bleiben offen, damit weiterhin Luft hindurch zirkulieren kann. Dadurch wird die Trocknung gefördert und eine Wiederbefeuchtung von oben verhindert. Das Papier muss nicht entfernt werden, sondern wird zusammen mit dem Holz gehackt und anschließend verbrannt.



Abbildung 32: Lagerung von Waldhackholz Foto: Karl Hüttl, LWF

Eine Fallstudie der TUM untersuchte, wie sich der Einsatz des Walki Energy Wrap auf den Trocknungsverlauf von Fichtenkronen und Reisigmaterial auswirkt. Vier unterschiedliche Situationen wurden getestet:

- Lagerung unter Schirm, abgedeckt
- Lagerung unter Schirm, nicht abgedeckt
- Lagerung auf einer Lichtung mit Freilandcharakter, abgedeckt
- Lagerung auf einer Lichtung mit Freilandcharakter, nicht abgedeckt

Das Material lagerte an der Forststraße, mithilfe eines Forstschleppers wurden zwei der vier Polter im November 2008 abgedeckt. Dabei kam ein extra für den Versuch angefertigter Abrollrahmen zum Einsatz. Wassergehaltsmessungen fanden zu Beginn, während der Trocknung und am Ende der Lagerung statt.

Der Schlagabraum wurde am 20. Mai 2009 gehackt, das Material lagerte also ungefähr sechs Monate. Insbesondere auf der Lichtung zeigte sich ein deutlicher Unterschied im Trocknungsverlauf zwischen dem abgedeckten und dem nicht abgedeckten Polter. Im abgedeckten Polter nahm der Wassergehalt kontinuierlich ab und lag am Ende bei 37%. Der nicht abgedeckte Polter trocknete zwischenzeitlich sehr stark auf 26% Wassergehalt, dann aber befeuchtete er sich wieder und sein Wassergehalt lag am Ende bei 44%. Bei den Poltern, die unter Schirm lagerten, wiesen die Trockenverläufe praktisch keine Unterschiede auf und am Ende hatten beide Polter einen Wassergehalt von circa 42%. Jedoch hatte der abgedeckte Polter einen Ausgangswassergehalt von circa 48%, während der nicht abgedeckte Polter bei einem Wassergehalt von ungefähr 42% gestartet ist. Dieser hatte also am Ende den gleichen Wassergehalt wie zu Beginn.

Der Versuch gibt trotz seines exemplarischen Charakters Hinweise darauf, dass einerseits eine Trocknung von Schlagabraum unter Schirm wenig Erfolg versprechend ist und besser auf Freiflächen stattfinden sollte. Zum anderen verdeutlicht er, dass der Trocknungsverlauf auch im Freiland großen Schwankungen unterworfen ist und durch eine Abdeckung der Polter eine kontinuierlichere Trocknung zu erreichen ist. Die Kosten einer Abdeckung mit Walki Energy Wrap beziffern Eberhardinger et al. 2009 mit 1,17 €/Srm. Eine Abdeckung zur Qualitätssicherung ist ökonomisch also nur dann sinnvoll, wenn der Kunde den geringeren Wassergehalt preislich honoriert. Dennoch kamen auch frühere Studien (Nurmi und Hillebrand 2001; Kanzian et al. 2006; Jirjis und Lehtikangas 1993) zu dem Ergebnis, dass eine Abdeckung den Trocknungsverlauf positiv beeinflusst. Durch Verhindern einer Wiederbefeuchtung verbessern sich die Trocknungsergebnisse und der Trockengehalt des Holzes war deshalb bei abgedeckten Poltern besser als bei nicht abgedeckten. Insbesondere in Lagen, wo der Flächenzugang beispielsweise durch einen Wintereinbruch kurzfristig verhindert werden kann, halten Eberhardinger et al. (2009) die Abdeckung für sinnvoll.

---

# Verfärbungen

Verfärbungen an lagerndem Holz entstehen entweder abiotisch induziert oder aufgrund von Pilzbefall. Bei kürzerer Lagerdauer treten in der Regel nur Holzverfärbende Pilze auf, deren Befall zwar zu einer Wertminderung führt, aber auf die Festigkeitseigenschaften des Holzes keinen Einfluss hat. Bei längerfristiger Lagerung ist mit einem Befall durch holzerstörende Pilze (häufig *Basidiomyceten*) zu rechnen.

## Bläuepilze

Zu den Bläuepilzen zählen circa 100 Arten der *Phyla Ascomycota* und *Deuteromycota (Fungi imperfecti)*. Sie leben vor allem an Kiefer, aber auch an Fichte, Tanne, Douglasie, Lärche und Buche sowie einigen Tropenhölzern. Bläuepilze ernähren sich von Parenchymzellplasma und greifen Zellwände im Normalfall nicht an. Sie verursachen deshalb keine nennenswerten Festigkeitsminderungen. Ausreichende Entwicklungsmöglichkeiten bestehen bei Holzfeuchten von 24–130%. Das Optimum liegt bei 50–100% und bei Schnittholzbläueerregern unter 50%; das Temperaturoptimum liegt bei Pilzen artspezifisch allgemein häufig zwischen 20 und 40 °C (Schmidt 1994). Viele Bläuepilze können noch bei 2 °C wachsen. Die meisten Arten sind hitzeempfindlich und reduzieren bzw. stellen ihr Wachstum bei 32–35 °C ein, ab 40 °C verläuft die Eiweißdenaturierung durch Hitze schneller als die Neusynthese von Enzymen.

Drei Bläuetypen werden unterschieden (Halmschläger 1992):

**Splintholzbläuepilze:** befallen stehendes und frisch geschlagenes Holz, oft in Zusammenhang mit Insektenbefall oder Wipfelbruch. Sie besiedeln liegendes Holz in Rinde meistens über die Stammenden, Entastungsstellen, Trockenrisse oder Rindenverletzungen, Holz ohne Rinde auch über die gesamte Mantelfläche. Die Innenbläue entsteht bei rascher Trocknung von Stirn- und Mantelflächen, aber noch ausreichender Feuchte des inneren Splintes. Splintholz- und Innenbläue können auch nicht ausreichend getrocknete Schnittware entwerten.

**Oberflächenbläue:** tritt nach dem Einschnitt an zu feuchter Ware auf. Die Verfärbung reicht nur wenige Millimeter tief ins Holz. Sie lässt sich deshalb meist weghobeln. In beiden Fällen geht die Infektion am Holzlagerplatz von Rinden- und Holzabfällen, Sägemehl, verunreinigten Maschinen oder verblauten, nicht ausreichend trockenen Stapelleisten aus. Innenbläue tritt auch bei luft- und kammergetrocknetem Schnittholz auf. Schutz vor Splintholzbläue bieten Winterfällung und rasche Abfuhr bzw. Beregnung oder Wasserlagerung. Bei Schnittholz verhindern meist rasche ausreichende Trocknung, gute Luftzirkulation zwischen den Brettern und die Verwendung trockener, nicht verblauter Stapelleisten einen Befall. Der Schnittholzplatz soll sauber, trocken sowie frei von Rinden- und Holzabfällen gehalten werden. Bereits befallenes Holz kann notfalls in ein Bläuebad getaucht werden, falls der Schaden rasch bemerkt wird.

**Anstrichbläue:** beschränkt sich auf verarbeitetes und oberflächenbehandeltes Holz, das erneut Feuchtigkeit aufgenommen hat. Die Pilze besiedeln das Holz erst nach dem Anstrich. Es besteht kein Zusammenhang zwischen dieser Art von Bläue und der Verwendung von bereits verblautem Holz.

## Andere Verfärbungen

### Nadelholz

**Rotstreifigkeit:** Verschiedene Pilzarten, meist Weißfäuleerreger, rufen rotbraune, auch rötliche bis gelbe, von den Stirn- und Mantelflächen in den Stamm hineinziehende Verfärbungen hervor. In den ersten Wochen und Monaten findet in den befallenen Holzpartien ein nur schwacher Ligninabbau statt, das Holz ist noch für verschiedene Bauzwecke verwendbar. Erst später kommt es zu einer intensiveren Weißfäule. Rotstreifigkeit entwickelt sich besonders dann, wenn das Holz längere Zeit – vor allem in der wärmeren Jahreszeit – im halbfeuchten Zustand bleibt (Butin 2011).

**Sandbräune:** Sie entsteht nach mehrmonatiger Lagerung aufgrund von Pilzbefall und führt bei Kiefer, Fichte und Lärche zu hell- bis kaffeebraunen Verfärbungen des Splintes (Butin 1989).

**Abiotische Verfärbungen:** Braune Verfärbungen an Rund- und Schnittholz stammen von eingewaschenen Rindengerbstoffen. Sie beruhen auf chemischen Reaktionen an der Holzoberfläche während der Trocknung. Nach Adler (1951, zitiert nach Bues und Läufer 1993), handelt es sich um »Kondensationsprodukte der Coniferylaldehyd-Gruppen des Lignins mit polyphenolischen Catechin-Gerbstoffen aus der Rinde«. Diese Farbveränderungen treten auch bei technischer Trocknung auf. Ein Vergleich zeigte, dass sich die Schnittware bei Freilufttrocknung nicht so stark verfärbte wie bei technischer Trocknung (Bues und Läufer 1993). Die Braunfärbungen erstrecken sich nur auf die lichtausgesetzte Seite des Splintholzes, reichen in der Regel 1–2 mm tief und beeinflussen die Festigkeit des Holzes nicht (Peek und Liese 1987; Groß et al. 1991). Sofortiges Entrinden nach dem Auslagern vermindert das Auftreten der Farbänderungen. Aufgrund ihrer Lage im Splint fallen die verfärbten Partien zumeist in die Seitenware. Besäumen und praxisübliches Abhobeln entfernt die Verfärbungen. Bei der Schnittholzproduktion kommt ihnen deshalb nur eine untergeordnete Bedeutung zu. Dagegen wirken sie sich wertmindernd bei der Herstellung von Holzschliff aus. Zudem lässt sich Holzschliff aus in Rinde gelagertem Fichtenholz schwer bleichen und neigt zum Vergilben.

Braunfärbungen zeigen sich bei Fichte intensiver als bei Tanne. Ihr Ausmaß und ihre Intensität differieren von Stamm zu Stamm und von Standort zu Standort (Groß et al. 1991). Sie treten auch bei länger in Rinde trocken gepoltertem Holz auf. Rechtzeitiges Entrinden nach der Fällung verhindert das Verfärben des Splintes. Kurzzeitiges Lagern in Rinde führt nicht oder nur in geringem Umfang zu Verfärbungen, wenn die Wasser- bzw. Lufttemperatur etwa 15 °C nicht übersteigt (Peek und Liese 1987).

Winter (2009) beobachtete Gerbstoffverlagerungen auch in Folienlagern. Diese zeichnen sich durch hohe Luftfeuchte und Temperatur aus. Winter geht davon aus, dass erst eine Kombination dieser beiden Faktoren die Verlagerung von Gerbstoffen ins Holz möglich macht.

### Laubholz

**Einlauf:** Dieser nach Verthyllung und Absterben der Parenchymzellen auf Oxidation der Inhaltsstoffe beruhende Prozess führt bei Buche zu bräunlichen und bei Eiche zu graubraunen Holzverfärbungen. Die Verthyllung beeinträchtigt die technologischen Holzeigenschaften nicht. Das Holz lässt sich jedoch nur schlecht tränken. In der Regel befallen bald nach dem Einlauf holzerstörende Pilze das lagernde Buchenholz (»Verstocken«) (Butin 1989).

### Weitere von Pilzen verursachte Holzverfärbungen:

- Rotfleckigkeit des Buchenholzes
- Schwarzstreifigkeit des Buchenholzes
- Grünfäule an verschiedenen Laubholzarten (Butin 1989)

**Verfärbungen nach Beregnung:** Bei Buche können während der Beregnung Verfärbungen am Rundholz auftreten, die sich im Laufe der Lagerzeit ausbreiten

- wenn das Holz bereits vor der Einlagerung Verfärbungen aufwies
- bei mangelnder Beregnungsqualität
- wenn sich die Rinde während der beregnungsfreien Frostperiode löste.

Peek und Liese (1987) stellten bei länger nassgelagertem Buchenholz ähnliche Verfärbungen wie bei Nadelholz fest. Während der Trocknung färben sich die luftzugewandten Oberflächen des Splintholzes braun-rot. Ursache sind »phenolische Substanzen aus den Vakuolen toter Parenchymzellen, die mit dem verdunstenden Wasser an die Holzoberfläche gelangen und dort zu phenolischen Polymeren von braun-roter Tönung oxidieren« (Höster 1974, zitiert nach Peek und Liese 1987).

Beim Schnittholz ist mit Verfärbungen während der Trocknung zu rechnen, wenn das Holz länger als vier Monate nassgelagert war und vor dem Einschnitt eine Splintfeuchte von 50–60% aufwies. Über die Eindringtiefe existieren unterschiedliche Angaben (Braun und Lewark 1992). An wassergelagerten und zusätzlich oberflächlich beregneten hochwertigen Buchenstämmen zeigten sich bei Schälversuchen auch nach einjähriger Lagerdauer keine farblichen Veränderungen (Moog 1992).

Bei Versuchen mit Holz aus 18 bis 21-monatiger Wasserlagerung wurden zwei Stammkollektive ausgewählt, die sich hinsichtlich des Zeitraumes zwischen Aufarbeitung und Einlagerung deutlich unterschieden. Bei längerer Zwischenlagerung stiegen die Anteile verfärbten und verstockten Holzes. Die gelblichen Verfärbungen wurden sofort nach dem Einschnitt sichtbar. Nach einer künstlichen Trocknung waren farbliche Veränderungen nicht mehr zu erkennen. In diesem Fall entstanden also keine Wertverluste durch Wasserlagerung (Seling und Lewark 1993). Dies steht jedoch im Gegensatz zu Angaben anderer Autoren.

---

# Literatur

- AGFS (Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Forstschutz) (2000): Merkblätter Rundholzlagerung – 4. Werterhaltende Lagerung von Fichten- und Tannen-Langholz durch Zudecken mit Kunststoffolie
- AID (1987): Trockenlagerung von Rundholz (Waldlagerung), Heft Nr.1181, Oberforstdirektion München
- AID (1987): Die Konservierung von Nadelstammholz. Heft Nr.1181
- Anonymus (1989): Qualität von Fichten- und Kiefernholz aus Waldschadensgebieten nach zweijähriger Beregnung von Rundholz. Holzzentralblatt Nr. 42, S. 624
- Anonymus (1990): Sturmholz 1990 – Rundholzlager sachgerecht auflösen. Internationaler Holzmarkt 20, S.12–13
- Anonymus (1991): Gefährdung der Wettbewerbsfähigkeit befürchtet. Holzzentralblatt Nr.137, S. 2214
- Anonymus (1997): Starkes Bauschnittholz aus natürlich getrocknetem Rundholz. Holzzentralblatt Nr. 98, S.1429–1430
- Anonymus (1999): Rundholztrocknung – Chance für kleine und mittlere Sägewerksbetriebe. Holzzentralblatt Nr.3–4, S. 34
- Arnold, G. (1990): Stammholzeinlagerung in einer Kiesgrube. Holzzentralblatt Nr.122, S.1875
- Arnold, M. (2000): Sturmholzlagerung und Winddruckstauungen, Holzzentralblatt Nr.120, S.1630–1631
- Arnold, M. (2000): »Sturmholz«-Forschung, Kompetenz-Zentrum Holz 2000/2, S. 8–9
- Arnold, M. (2000): Holztechnologischer Schadenbegrenzung, Schweizerische Schreinerzeitung Nr. 22, 31.05.2001
- Australian Overseas Information Service (1988): Qualitätserhaltung von Holz nach Waldbränden in Australien. Allgemeine Forstzeitschrift 19, S.514
- BAFU – Bundesamt für Umwelt Schweiz (2008): Sturmschaden-Handbuch
- Bayerische Staatsministerien des Innern; für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten sowie für Landesentwicklung und Umweltfragen (2013): Nasskonservierung von Rundholz durch Beregnung, Gemeinsame Bekanntmachung 7905.3-L vom 3. April 2013. [www.verkuendung-bayern.de/allmbi/jahrgang2013/heftnummer:5/seite:187](http://www.verkuendung-bayern.de/allmbi/jahrgang2013/heftnummer:5/seite:187)
- Bayerisches Staatsministerium des Inneren (1990): Nasskonservierung von Rundholz – technische Empfehlungen. IMS Nr. IIB3-4536.5-004/90 vom 14.12.1990
- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1992): Bayerische Staatsforstverwaltung, Jahresbericht. München
- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1994): Hinweise zur Lagerung von Sturmholz. München, 11 S.
- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1995): Holzlagerung. Forstinfo 12/1995, München
- Bayerisches Naturschutzgesetz (BayNatSchG): in der Fassung vom 18.08.1998
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2003): Musterverordnung für Wasserschutzgebiete
- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2005): LWF Merkblatt 10 – Bereitstellung von Hackschnitzeln
- Bayerische Bauordnung (BayBO): in der Fassung vom 01.01.2008
- Bayerisches Verwaltungsverfahrensgesetz (BayVwVfG)
- Bayerisches Wassergesetz (BayWG): in der Fassung von 2010
- Böck, K. (1999): Konservieren von Stammholz. Forst und Technik 9, S.38
- Bohlander, F. (2000): Techniken der Rundholzkonservierung. Forsttechnische Informationen 1 und 2, KWF, S.8–10
- Braun, M.; Lewark, S. (1992): Nasslagerung von Buchenstammholz aus den Sturmwürfen 1990 im Saarland (2). Holzzentralblatt Nr.112, S.1739, 1742
- Brechtel, H. M. (1992): Forsthydrologische Beiträge zur Umweltverträglichkeitsprüfung und Beweissicherung. Allgemeine Forstzeitschrift 12, S. 649–652
- Bressem, U. (2010): Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, mündliche Mitteilung
- Bücking, M.; Eisenbarth, E.; Jochum, M. (1997): Untersuchungen zur Lebendlagerung von Sturmwurfholz der Baumarten Fichte, Kiefer, Douglasie und Eiche. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz Nr. 42/97

- Bues, C.-T. (1993): Qualität von beregnetem Fichtenholz nach Auslagerung und Einschnitt. Holzzentralblatt Nr.119, S. 498–499, 524–526
- Bues, C.-T.; Läufer, H. (1993): Qualität von Fichtenstammholz aus einem Berechnungspolter. Allgemeine Forstzeitschrift 9, S. 432–433
- Bues, C.-T.; Löser, R. (1998): Untersuchung der Festigkeit von 5 Jahre beregnetem Fichtenrundholz. AFZ/Der Wald 3, S.137–138
- Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2012): Pflanzenschutzmittelverzeichnis 2012, Teil 4 Forst. Quelle: [http://www.bvl.bund.de/DE/04\\_Pflanzenschutzmittel/01\\_Aufgaben/02\\_ZulassungPSM/01\\_ZugelPSM/05\\_Verzeichnis/psm\\_ZugelPSM\\_Verzeichnis\\_node.html](http://www.bvl.bund.de/DE/04_Pflanzenschutzmittel/01_Aufgaben/02_ZulassungPSM/01_ZugelPSM/05_Verzeichnis/psm_ZugelPSM_Verzeichnis_node.html) (am 27.02.2013)
- Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG): in der Fassung von März 2010
- Butin, H. (1989): Krankheiten der Wald- und Parkbäume. 2. Auflage. Stuttgart, New York, Georg Thieme, 216 S.
- Butin, H. (2011): Krankheiten der Wald- und Parkbäume. 4. Auflage. Eugen Ulmer KG, Stuttgart, 319 S.
- Centrale Marketinggesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft (Hrsg.) (1982): Nasskonservierung von Kalamitätsholz. Bonn
- CTBA – Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (2004 a): STODAFOR – Storm Damaged Forest: Efficient and safe harvesting and log conservation methods, State-of-the-art-paper
- CTBA – Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (2004 b): Technischer Leitfaden zur Holzernte und Konservierung von Sturmholz
- Delorme, A.; Wujciak, R. (1973): Erfahrungen mit der »Lebendkonservierung« von Sturmwurfholz. Forstarchiv 3, S. 46–47
- Demharter, A. (1996): Qualität von Fichtenstammholz nach vierjähriger Lagerung. Diplomarbeit LMU München
- DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (1995): DVGW-Arbeitsblatt W101
- Eberhardinger, A.; Warkotsch, W.; Zormaier, F.; Schardt, M.; Huber, T.; Zimmer, B. (2009): Prozessanalyse und Ökobilanzierung der Bereitstellung von Waldhackgut
- Eisenbarth, E. (1995): Lebendlagerung von Nadelholz. Allgemeine Forstzeitschrift 2, S. 82–84
- Eisenbarth, E. (1995): Schnittholzeigenschaften bei Lebendlagerung von Rotbuche aus Wintersturmwurf 1990 in Abhängigkeit von Lagerart und Lagerdauer. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz Nr. 33/95
- Eisenbarth, E. (2000): Hinweise zur Anlage eines Qualitäts-Bau-Holz-Lagerplatzes. AFZ/Der Wald 13, S. 670–671
- Eisenbarth, E.; Encke, B. G. (2000): Vortrocknung von Fichtenstammholz zur Erzeugung von Qualitäts-Bau-Holz. AFZ/Der Wald 13, S. 668–669
- EMPA – Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (2000): Lehren aus der Zeit »Vivians«. Wald und Holz 2, S. 47–48
- EMPA – Eidgenössische Material- und Prüfungsanstalt (2003): Rundholzlagerung – Erfahrungen nach dem Orkan »Lothar«
- Engel; Hofmann; Übelacker (2010): Landratsamt Tirschenreuth, mündliche Mitteilung
- Engesser, R. (2003): Pilzbefall an nassgelagertem »Lothar«-Rundholz. Wald und Holz 11/2003, S. 52–55
- Feemers, M. (2000): Borkenkäfer-Insektizide. Was, Wann, Wie, Wo. LWF aktuell Nr. 24, S. 9
- Feldkötter, D.; Fischer, C. (1986): Erfahrungen bei der Aufarbeitung und Vermarktung des Windwurfholzes vom November 1984 im Bereich der Höheren Forstbehörde Rheinland. Allgemeine Forstzeitschrift 4, S. 59–60
- Fisch, E.-D. (2010): Sägewerk Fisch, mündliche Mitteilung
- Fischer, S.; Eisenhut, R.; Remler, N. (2010): Nass hält frisch – Mit ihrem Nasslagerkonzept blickt die BaySF den zukünftigen Sturmkatastrophen gelassener entgegen. LWF aktuell 77, S. 7–9
- Fischer, S.; Remler, N.; Bichlmaier, S. (2011): Das Nasslagerkonzept der BaySF. AFZ-DerWald, 3/2011, S. 21–23
- Forst Holz Papier Österreich (2008): Merkblatt zu Anlage, Aufbau, Betrieb und Auflösung eines Nasslagers
- Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (1990): Merkblatt über den Winterbetrieb von Beregnungsanlagen. Freiburg
- Fronius, K. (1990): Konservierung von Nadelrundholz. Holzzentralblatt Nr. 48, S. 746
- Frühwald, A.; Steffen, A.; Kuhl, O.; Krause, H. A. (1994): Trockenkonservierung von Nadelholz als Alternative zur Berieselung und zur Erzeugung von trockenem Bauholz. Abschlussbericht Hamburg
- Gang, R. (1993): Nasslagerung – Zwischenbericht aus dem Staatswald der Oberforstdirektion Augsburg. Forstinfo 2/93, München
- Geibler, A. V.; Scholz, H. (2008): Folienlagerung hat sich in Sachsen bewährt. Holzzentralblatt Nr. 49, S. 1394–1395

- Glaschke, O. (2010): Niedersächsische Landesforsten, mündliche Mitteilung
- Grammel, R.; Widdersbach, P.; Urmes, A. (1990): Die Auswirkungen einer dreijährigen Nasskonservierung durch künstliche Beregnung auf einige technologische Eigenschaften von Fichtenstammholz. ForstArchiv, 61. Jahrgang, S. 4–6
- Groß, M.; Mahler, G. (1991): Hinweise zur Auslagerung von beregnetem Fichten/Tannen-Stammholz. Bericht Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 1991/5
- Groß, M.; Mahler, G.; Rathke, K.-H. (1991): Holzqualität, Auslagerung und Bearbeitung von beregnetem Fichten/Tannen-Stammholz. Holzzentralblatt Nr. 149, S. 2440–2441
- Groß, M.; Metzler, B.; Schumacher, P. (1996): Hallimaschbefall an beregnetem Sturmholz. AFZ/Der Wald 6, S. 329–332
- Groß, M.; Mahler, G.; Klebes, J. (1998): Erfahrungen mit der Rundholzkonservierung durch Schnittflächenversiegelung und Folienabdeckung. Holzzentralblatt Nr. 63, S. 1043–1044
- Grunwaldt, C.; Lewark, S. (1993): Wasserlagerung von Buchenstammholz (2). Holzzentralblatt Nr. 107, S. 1682, 1684
- Halschlager, E. (1992): Holzverfärbung durch »Bläuepilze«. Ursachen, Vorbeugung, Bekämpfung. Internationaler Holzmarkt 4, S. 5–7
- Hammes, W. (1989): Beeinflussung der Gewässerqualität durch Nasslagerung von Sturmholz. Allgemeine Forstzeitschrift 16–17, S. 423–428
- Hartebrodt, C.; Odenthal-Kahabka, J.; Bücking, M. (2005): Handbuch Sturm – Eine Arbeitshilfe für die Sturmschadensbewältigung. Forstinfo 4/05. 18. Jg. S. 8–9
- Hartmann, H.; Reisinger, K.; Thuncke, K.; Höldrich, A.; Roßmann, P. (2007): Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen. FNR – Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e.V.
- Henkes, H. (2001): Naturtrocknung von Fichtenholz. Kompetenzzentrum für Holz der WFG Ostbelgien
- Holzenergie Schweiz (2003): Rationelle Holzschnitzelbereitstellung im Forstbetrieb
- Huber, T. (2007): Bereitstellung von Energieholz (Vortrag)
- Hütte, G.; Schumacher, P. (1992): Neues Verfahren zur Schätzung der Holzfeuchtigkeit von Fichtenrundholz. Allgemeine Forstzeitschrift 19, S. 1026–1027
- Ittel-Reinlassöder, I. (1991): Überwachung der Wasserqualität an Nasslagerplätzen. Allgemeine Forstzeitschrift 5, S. 248–251
- Jirjis, R.; Lehtikangas, P. (1993): Fuel Quality and Dry Matter Loss during Storage of Logging Residues in a Windrow. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Products, Report No 236.
- Kanitz Graf, H. (1991): Beregnungstechnik im Bereich der Forstdirektion Koblenz. Allgemeine Forstzeitschrift 5, S. 245–247
- Kanzian, C.; Fenz, B.; Holzleitner, F.; Stampfer, K. (2006): Waldhackguterzeugung aus Schlagrücklass
- Kassel, R. (1985): Erfahrungen bei der Sturmwurfbewältigung im Forstamt Kastellaun. Allgemeine Forstzeitschrift 25–26, S. 642–644
- Kirwald, H.; Riedel, B.; Riederer von Paar, Freiherr F. (1985): Katastrophenbewältigung in einem privaten Forstbetrieb. Allgemeine Forstzeitschrift 40–41, S. 1069–1071
- Kollmannsberger, M. (1985): Wetterbedingte Schäden im Forstamt Riedenburg und deren Bewältigung aus der Sicht der Forstamtsleitung. Allgemeine Forstzeitschrift 40–41, S. 1067–1068
- Kramer, P. (2000): Vorteile mit Geovlies. Wald und Holz 3, S. 50–51
- Krenn, K.; Brandstätter, M. (1991): Qualitätsentwicklung von nassgelagertem Nadelschleifholz. Holzforschung und Holzverwertung Nr.1, S. 17–19
- Kuhl, O. (1986): Waldtrockenkonservierung von Fichtenstammholz doch empfehlenswert? Allgemeine Forstzeitschrift 48, S. 1207–1208
- Kuhl, O.; Hauschulte, G. (1988): Lufttrocknung von Fichtenstammholz als Alternative zur Nasslagerung. Holzzentralblatt Nr. 105, S. 1457–1458, 1462
- Landesforstverwaltung Baden-Württemberg (1995): Dokumentation der Sturmschäden 1990. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Band 75 (vergriffen)
- Landesregierung Niederösterreich (2008): Merkblatt zur Lagerung von Rundholz in Form der Anlage von Nasslager
- Lang, A.; Steffen, A.; Welling, J.; Bernasconi, A.; Scharai-Rad, M. (2000): Nadelstammholztrocknung zur Förderung des Einsatzes von trockenem Kantholz im Bauwesen – eine Holzschutzmaßnahme
- Langer, C. (1986): Erfahrungen und Konsequenzen aus der Sturmholzaufarbeitung 1984/85 im Forstamt Crailsheim. Allgemeine Forstzeitschrift 18, S. 440–443
- Lehnhausen, H. (1992): Nasslagerung von Buchenstammholz aus den Sturmwürfen 1990 im Saarland. Holzzentralblatt Nr. 106, S. 1577–1578

- Liese, W.; Peek, R.-D. (1987): Erfahrungen bei der Lagerung und Vermarktung von Holz im Katastrophenfall. Allgemeine Forstzeitschrift 35–36, S. 909–912
- Lieser, H.; Prüm, H.-J. (1990): Folgerungen aus der Messung der Holzfeuchte in Fichten-Windwürfen. Allgemeine Forstzeitschrift 30–31, S. 773–774
- Lieser, H.; Prüm, H.-J. (1990): Holzfeuchtemessungen in Fichten-Windwurfschlägen. Holzzentralblatt Nr. 84, S. 1344
- Liptay, P. (2010): Österreichs größtes Folienlager, Forstzeitung 08/2010, S. 2223; Österreichischer Agrarverlag, Wien.
- Mahler, G. (1992): Konservierung von Holz durch Schutzgas. Allgemeine Forstzeitschrift 19, S. 1024–1025
- Mahler, G.; Schröter, H.; Seemann, D.; Wurster, M.; Textor, B. (2000): Lebendlagerung muss ein Teil der Strategie werden. AFZ/Der Wald 9, S. 452–453
- Maier, T. (1998): Rundholzkonservierung à la Christo – ein neues Lagerverfahren für Rundholz. AFZ/Der Wald Nr. 26, S. 1597–1599
- Maier, T.; Schüler, G.; Mahler, G. (1999): Ganzjährig frisches Rundholz aus dem Lager. Holzzentralblatt Nr. 73, S. 1092–1094
- Maier, T. (2005): Konservierung von Rundholz unter Sauerstoffabschluss – Folienkonservierung. Dissertation Universität Freiburg
- Maier, T. (2010): Mündliche Mitteilung
- Makas, M.; Schumacher, P.; Wegener, G. (1998): Das Ziel: Halbtrockenes Qualitätsbauholz. Holzzentralblatt Nr. 16, S. 246
- Makas, M.; Schumacher, P.; Wegener, G.; Eisenbarth, E.; Edelmann, P.; Bücking, M. (1998): Vorgetrocknetes Fichtenstammholz hoher Qualität. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt ST 31, München, unveröffentlicht
- Makas, M. (2000): Mündliche Mitteilung
- Meyer, V. (1989): Die Kiefer aus der Sicht des Sägewerks. Holzzentralblatt Nr. 99, S. 1475
- Meyer, V. (2000): Mündliche Mitteilung
- Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg (2000): Katastrophenhilfe Forstwirtschaft, Auszug aus dem Maßnahmen- und Entwicklungsplan Ländlicher Raum des Landes Baden-Württemberg
- Moog, C. (1992): Erfahrungen mit der Nasslagerung von hochwertigem Buchenstammholz. Allgemeine Forstzeitschrift 8, S. 410–411
- Mühlhausen, C. (2008 a): Ein halber Jahreseinschnitt in Folie verpackt, Holzzentralblatt Nr. 34, S. 907
- Mühlhausen, C. (2008 b): Gute Polterausformung hat eine Schlüsselrolle, Holzzentralblatt Nr. 47, S. 1339
- Müller, M. (2010): Hessen-Forst, mündliche und schriftliche Mitteilung
- Niedersächsische Landesforsten (2007): Arbeitshilfe zur Lagerung von Fichten-Stammholz unter Folie
- Niemz, P.; Hänsel, A. (1990): Schallemissionsmessungen bei der Wasserlagerung von Vollholz. Holztechnologie Leipzig 30 (1990) 6, S. 327–328
- Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (2007): 2. Waldschutz-Info 2007 – Hinweise zu Risiken bei der Lagerung von Rundholz und Anmerkungen zur Qualitätserhaltung des Holzes
- Nurmi, J.; Hillebrand, K. (2001): The fuel quality of norway spruce logging residues in relation to storage logistics. In: Richardson et al. (2001): Bioenergy from sustainable forestry: Principles and Practices. Proceedings of the workshop 16–20 October, Coffs Harbour, Australia. IEA Bioenergy, Task 18, 163 S.
- Odenthal-Kahabka, J. (2005): Handbuch Sturmschadensbewältigung. Hrsg. LFV Baden-Württemberg und Landesforsten Rheinland-Pfalz.
- Österreichische Bundesforste (2009): Erster Nasslager-Gipfel verabschiedet Resolution, ÖBF-Newsletter Oktober 2009
- Patzak, W.; Löffler, H. (1988): Technik und Ökonomie der Langzeitlagerung von Stammholz und Schnittholz. Forstliche Forschungsberichte München Nr. 88, 275 S.
- Peek, R.-D.; Liese, W. (1987): Braunfärbungen an lagernden Fichtenstämmen durch Gerbstoffe. Holzzentralblatt Nr. 98–99, S. 1372
- Peek, R.-D. (1989): Abwasserqualität von Beregnungsplätzen. Holzzentralblatt Nr. 153, S. 2423–2426
- Peek, R.-D. (1990): Holzeinlagerung nach Forstkalamitäten zur Qualitätserhaltung von Nadel- und Laubholz (1). Holzzentralblatt Nr. 40, S. 646
- Peek, R.-D. (1990): Holzeinlagerung nach Forstkalamitäten zur Qualitätserhaltung von Nadel- und Laubholz (2). Holzzentralblatt Nr. 41, S. 653–654, 658
- Pircher, A.; Mattersberger, G. (2009): Lagerhaltung in Folie, Forstzeitung 10/2009, S. 34–35
- Rademacher, P.; Hapla, F.; Leder, B. (2011): Untersuchungen zur Holzkonservierung durch Lagerung von Fichtenstämmen unter Folie; Forstarchiv 82, Heft 1, S. 3–9



- Rathke, K.-H. (1991): Untersuchungen beim Einschnitt von beregnetem Fichtenrundholz aus der Sicht der Sägeindustrie. *Holzzentralblatt* Nr.149, S.2442
- Schäfer, B. (2000): Seminar Holzvermarktung, 24./25.3.2000, Verband Weihenstephaner Forstingenieure, unveröffentlicht
- Schmidt, O.; Wahl, G. (1987): Vorkommen von Pilzen und Bakterien im Stammholz von geschädigten Fichten nach zweijähriger Berieselung. *Holz als Roh- und Werkstoff* 45, S.441–444
- Schmidt, O. (1994): *Holz- und Baumpilze*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 246 S.
- Schneider, E. (1990): Die 1990er Sturmschäden in den Wäldern von Rheinland-Pfalz (2). *Holzzentralblatt* Nr.62–63, S.1018, 1020, 1022
- Schneider, W. O. (1998): *Insekten und Pilze im Wald*, Zeneca Agro, Abt. Waldschutz FVA Baden-Württemberg
- Schüler, G. (1998): Alternative Holzkonservierung durch Sauerstoffzug – Umsetzung in die Praxis. *Versuchsbericht 1998/8*, FVA Freiburg
- Schüler, G. (2000): Rundholzkonservierung unter Sauerstoffabschluss. *Wald und Holz* 3, S.47–49
- Schüler, G.; Wurster, M. (2000): Rundholzkonservierung unter Sauerstoffabschluss. *AFZ/Der Wald* 6, S.266–267
- Schulz, H. (1990): Hinweise zur Lagerung von Sturmholz. *Holzzentralblatt* Nr.65, S.1048–1049
- Schulz, H.; Schumacher, P.; Edelbauer, G.; Faltl, W. (1991): Hinweise zur Lagerung von Sturmschadensholz. *Abschlussbericht zum Forschungsprojekt X 15*, München, unveröffentlicht
- Schumacher, P. (1993): Lebendkonservierung von windgeworfenen Fichten – Entwicklung der Holzqualität. *Abschlussbericht zum Forschungsprojekt X 16*, München, unveröffentlicht
- Schumacher, P.; Grosser, D.; Wegener, G. (1995): Pilzbefall an beregnetem Fichtenstammholz nach 3½-jähriger Konservierungsdauer. *Abschlussbericht zum Forschungsprojekt ST 16*, München, unveröffentlicht
- Schumacher, P. (1996): Verringerung von Sekundärschäden infolge mechanischer Stammverletzungen bei maschineller Entrindung von Stammholz. *Abschlussbericht zum Forschungsprojekt X 24*, München, unveröffentlicht
- Schumacher, P.; Wegener, G.; Glos, P. (1997): Befall beregneten Fichtenstammholzes durch Hallimasch und andere holzbesiedelnde Pilze nach bis zu 6-jähriger Konservierungsdauer. *Abschlussbericht zum Forschungsprojekt X 28*, München, unveröffentlicht
- Schumacher, P.; Makas, M.; Wegener, G. (1997): Vortrocknung von Stammholz für die Herstellung von Listenbauholz. *AFZ/Der Wald* 22, S.1216–1217
- Schumacher, P.; Makas, M.; Wegener, G.; Eisenbarth, E.; Edelmann, P.; Bücking, M. (1998): Vorgetrocknetes Fichtenstammholz hoher Qualität. *Holzzentralblatt* Nr.140, S.2110–2111
- Schumacher, P.; Wegener, G. (1998): Qualität von entrindetem Fichtenstammholz nach dreijähriger Beregnung. *Abschlussbericht zum Forschungsprojekt X 30*, München, unveröffentlicht
- Schwab, E.; Frühwald, A.; Liese, W.; Peek, R.-D.; Puls, J. (1988): Nasslagerung von Fichten- und Kiefernrundholz aus Waldschadensgebieten. *Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg* Nr.160
- Seling, I.; Lewark, S. (1993): Wasserlagerung von Buchenstammholz (1). *Holzzentralblatt* Nr.105, S.1605, 1610
- Steffen, A.; Frühwald, A.; Kuhl, O.; Krause, H. (1995): Trockenkonservierung von Nadelrundholz als Alternative zur Berieselung und zur Erzeugung von trockenem Bauholz. *Holzzentralblatt* Nr.35–36, S.581, 586, 590
- Steffen, A.; Lang, A.; Welling, J. (1998): Umweltfreundliche und flexible Erzeugung von trockenem Bauholz durch Rundholztrocknung. *Holzzentralblatt* Nr.40, S.613, 618, 620
- Stoll, M. (1990): Zur Bewertung der Abwasserbelastung durch Nasskonservierung von Kalamitätsholz. *Holzzentralblatt* Nr.65, S.1042
- Strehle, J. (1992): Entwicklung und Analyse von Lagerholzschäden – verursacht durch Rotstreifigkeit und Bläue – an aufgearbeitetem Fichtenholz aus den Windwürfen vom Frühjahr 1990 im Forstamt Zusmarshausen. *Diplomarbeit FH Weihenstephan*, Freising
- Stuhlenmiller, J. (1994): Untersuchungen über die Wirkung der Beregnung von Fichtenstammholz zur Verminderung von Lagerholzschäden, verursacht durch Bläue und Rotstreifigkeit. *Diplomarbeit FH Weihenstephan*, Freising
- Stuhlmann, C.; Buchelt, B.; Wagenführ, A.; Findeisen, E. (2012): Neues Nasslagersystem zur Kalamitätsbewältigung. *Holzzentralblatt* Nr.37, S.919
- Thurnsche Forstverwaltung (2008): Versuch einer Rundholzkonservierung mittels Folienlagerung
- Voß, A.; Becker, M. (1989): Forstbetriebliche Ziele der kalamitätsunabhängigen Nasskonservierung von Nadelstammholz. *Allgemeine Forstzeitschrift* 5, S.1340–1341
- Wallesch, W. (1985): Sturm- und Immissionsschäden und Holzverwertung in Rheinland-Pfalz. *Allgemeine Forstzeitschrift* 25–26, S.644–646

Wasserhaushaltsgesetz (WHG): in der Fassung von März 2010

Wegener, G. (1998): Lagerungsversuch – Angebot vorgetrockneten Fichtenstammholzes zur Erzeugung von Qualitätsbauschnittholz und Konstruktionsvollholz zur Stärkung der Konkurrenzfähigkeit kleiner und mittlerer Gattersägewerke am Bauholzmarkt. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz Nr. 44/99, Jahresbericht 1998

Weiß, H. (1973): Technische und organisatorische Hinweise zur Sturmholzaufbereitung. Allgemeine Forstzeitschrift Nr. 3, S. 30, 32, 34, 35

Welling, J.; Lang, A.; Scharai-Rad, M.; Speckels, L. (1999): Trocknung ganzer Stämme im Wald. Forschungsreport 2, S. 26–28

Widmann, P. (1995): Insektizide gegen Buchdrucker, Nutzholzborkenkäfer & Co vermeiden. Allgemeine Forstzeitschrift 18, S. 1004, 1006

Winkler, M. (2000): Erfahrungen aus dem Kanton Zug. Wald und Holz 2, S. 44–46

Winter, H. (2009): Auswirkungen verschiedener Lagerungsbedingungen auf die Qualität von Fichtenschleifholz. Dissertation Universität Hamburg

Winter, H.; Patt, R.; Maier, T.; Harzen, V.; Gabriel, S.; Bösner, J.-P.; Schabel, S. (2009): Einfluss der Lagerungsbedingungen von Papierholz auf die Holzstoffqualität unter Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Aspekte

WPBV: Verordnung über Pläne und Beilagen in wasserrechtlichen Verfahren vom 13. März 2000 (<http://www.gesetze-bayern.de/jportal/portal/page/bsbayprod.psml?showdoccase=1&doc.id=jlr-WasRPIVBY2000rahmen&doc.part=X>)

Zuber, R. (1991): Sturmschäden 1990: Eine Lagebeurteilung aus der Sicht der Praxis. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 142 (1991) 6, S. 471–476

## Verwaltungsinterne Quellen

Bayerisches Forstamt Zusmarshausen (1995): FoS vom 16.11.1995 Nr. H 155

Bayerisches Forstamt Altötting (1996): Holzeinlagerung beim FoA Altötting. FoS vom 27.08.1996 Nr. 917-FG410/H 155 mit Anlagen

Oberforstdirektion München (1990): Erfahrungen mit Nasslagern nach 1990

Oberforstdirektion München (1992): Merkblatt »Beregnetes Fichtenstammholz«. München

Oberforstdirektion Augsburg (1992): Anlage zum OFS vom 11.08.1992 Nr. 5593–H 100 a/SA

Oberforstdirektion Augsburg (1995): OFS vom 21.8.1995 Nr. H 155 und OFS vom 29.11.1995 Nr. 5269 H 155

# Zusammenfassung

Die Holzlagerung ist in Zeiten von Kalamitäten ein Megathema, und in den Zeiten zwischen ihnen ist der Waldbesitzer eingeladen, Vorsorge für den Ernstfall zu treffen. Die Änderung des Klimas führt zu vermehrten Schadereignissen, und über die Wichtigkeit und Bedeutung eines aktualisierten Kompendiums zur Holzlagerung bedarf es im Grunde keiner weiteren Worte. Bereits im Jahr 2000 hat die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten einen Forschungsbericht zum Thema Holzlagerung erstellt. Um den Waldbesitzern die benötigten neusten Informationen über den Bereich der Holzlagerung zur Verfügung zu stellen, hat die LWF den Bericht konsequenterweise neu aufgelegt.

Auf der Grundlage zahlreicher neuer Informationen aus Wissenschaft und Praxis hat sie große Teile aktua-

lisiert, das Kapitel zur Folienlagerung entsprechend den Erfahrungen aus dem letzten Jahrzehnt erweitert sowie einen völlig neuen Abschnitt zur Lagerung von Waldhackgut eingearbeitet. Der Bericht enthält die wesentlichen Beschreibungen heute gängiger Verfahren der Trocken- und Nasslagerung von Rundholz einschließlich Angaben zu Anwendungsvoraussetzungen, Kosten, Lagerdauer und Verkehrssicherung sowie zu ihrer Bewertung.

Neben den bewährten und seit langem eingeführten Techniken Poltern in bzw. ohne Rinde und Nasslagerung praktizieren oder testen zumindest die Waldbesitzer und Holzkäufer auch modernere Methoden der Rundholz-lagerung, wie Bereitstellung vorgetrockneten Stammholzes oder Konservierung durch Sauerstoffentzug. Nach dem Sturm Kyrill im Jahr 2007 kam verschiedentlich das in der Schweiz entwickelte Verfahren zur »Lage-

rung unter Folie« zum Einsatz, obwohl es kaum wissenschaftliche Erkenntnisse zu dieser Variante gab. Dementsprechend gemischt war der Erfolg. Inzwischen liegen aber auch zu dieser Methode erste Ergebnisse vor.

Die Beregnungstechnik entwickelte sich insbesondere nach den Stürmen von 1972 und 1990 weiter und ist das derzeit am meisten ausgereifte und zuverlässigste Lagerungsverfahren, das auch die Industrie akzeptiert. Die Lebendlagerung stellt vor allem eine Ergänzung zu anderen Methoden dar.

Neben der Witterung während des Lagerungszeitraumes entscheiden die sachgemäße Ausführung und die Zeitspanne zwischen Aufarbeitung und Einlagerung über den Erfolg. Prämisse ist es, möglichst frisches Holz zu konservieren. Lagerschäden durch Pilze lassen sich in aller Regel vermeiden, wenn die Holzfeuchtigkeit sehr hoch bleibt oder das Holz rasch bis weit unter den Fasersättigungspunkt austrocknet. Bei der Wahl des Verfahrens ist die aktuelle Waldschutzsituation unbedingt zu beachten.

Häufig beeinflusst, wie bei anderen Produkten auch, die Präsentation der Ware das Verkaufsergebnis.

Deshalb ist es wichtig, das Holz korrekt und nachvollziehbar zu sortieren, sauber zu poltern und gut erreichbar sowie den Käuferwünschen entsprechend zu lagern. Die Aufbewahrungsplätze sind hinsichtlich ihres optischen Erscheinungsbildes in möglichst gutem Zustand zu halten. Eine günstige Verkehrsanbindung ist essenziell für den Gesamterfolg eines jeden Lagerprojektes.

Insbesondere bei der Nasslagerung entscheiden detailgenaue Planung, sorgfältige Auswahl eines geeigneten Platzes bzw. Gewässers, sachgerechte Ausführung und häufige Kontrollen über den Lagerungserfolg.

Tabelle 10 enthält kurz gefasst die wichtigsten Kriterien der heute gängigen Verfahren der Rundholz-lagerung.

	Trockenverfahren		Trockenverfahren		Folienlagerung mit Luft	Voraussetzungen	
	Poltern in Rinde	Poltern ohne Rinde / Trockenlagerung	Lebendkonservierung				
<b>Voraussetzungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>waldfrisches, gesundes Nadel- und Laubstammholz</li> <li>homogene Längenaushaltung</li> <li>schattige Lage im Wald, hohe Luftfeuchtigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>nur für Nadelholz</li> <li>gesundes und waldfrisches Holz</li> <li>schonende Entrindung</li> <li>sorgfältige Lagenpolterung mit ausreichenden Zwischenlagen</li> <li>Lagerplatz: windexponiert, stetig belüftet, trocken, warm, nicht im Schatten, nicht in extremer Sonne</li> <li>ggf. Überdachung nötig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>kein Lagerverfahren, sondern ein qualitätserhaltendes Instrument zur Steuerung und Streckung der Aufarbeitung in Kalamitätsfällen</li> <li>waldfrisches, gesundes Nadel- und Laubstammholz (keine Lärche)</li> <li>20–30% der Wurzeln müssen noch mit dem Boden verbunden sein</li> <li>feuchte, schattige Lagen</li> <li>grüne Krone vorhanden</li> <li>intensive Kontrollen nötig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>waldfrisches, gesundes Nadel- und Laubstammholz</li> <li>hochwertige Sortimente</li> <li>homogene Längenaushaltung</li> <li>geschulte Mitarbeiter</li> <li>befahrbare, windgeschützte Lagerplätze in ausreichender Größe</li> <li>geeignete Maschinen und Material (Folie, Schweiß- und Messgeräte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>waldfrisches, gesundes Nadelstammholz</li> <li>homogene Längenaushaltung</li> <li>geschulte Mitarbeiter</li> <li>befahrbare, windgeschützte Lagerplätze in ausreichender Größe</li> <li>frischer Standort</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sorgfältige Anlage des Nasslagers</li> <li>geeignete Plätze, Infrastruktureinrichtung, wasserrechtliche Genehmigungen</li> <li>waldfrisches, gesundes Laub- und Nadelholz</li> <li>schnelle Einlagerung und kontinuierliche Beregnung von Anfang an</li> <li>Qualitätsmanagement und laufende Kontrollen gewährleistet</li> <li>Trennung des Holzes nach Waldbesitzern, Stärkeklassen, Holzarten</li> </ul>	<b>Voraussetzungen</b>
<b>Kosten</b>	keine Zusatzkosten im Vergleich zu Polterung nach »normalen Hieben«	ca. 6,50–8 €/Fm inkl. Entrindung (10–12 €/Fm inkl. Beifuhr)	keine direkten Kosten	ca. 7,50–12,50 €/Fm ohne Beifuhr und ohne Pachtzins für Lagerplätze (zusätzliche Kosten für Lagersicherung möglich)	< 10 €/Fm inkl. Beifuhr	ca. 13–15 €/Fm im ersten Jahr (inkl. Investitionskosten und Beifuhr), reine Unterhaltskosten ca. 2,00–2,50 €/Fm/Jahr	<b>Kosten</b>
<b>Vorteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>einfache, kostengünstige Lagerart</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>kein Insektizideinsatz notwendig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>kostengünstig</li> <li>große Flexibilität der Forstbetriebe hinsichtlich der Aufarbeitung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>bei unbeschädigter Folie zuverlässiger Schutz vor Insekten und Pilzbefall</li> <li>kein Insektizideinsatz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>relativ einfache, kostengünstige Lagerart</li> <li>kein Insektizideinsatz nötig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>langjährig erprobtes Verfahren, das eine Qualitätserhaltung je nach Baumart auch über einen längeren Zeitraum ermöglicht</li> <li>kein Insektizideinsatz</li> <li>Bündelungsfunktion</li> <li>Marktentlastung in großem Stil möglich</li> </ul>	<b>Vorteile</b>
<b>Nachteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>für längere Zeiträume nicht geeignet</li> <li>in Katastrophensituationen nur bei schneller Abfuhr geeignet</li> <li>gegen Nutzholzborkenkäfer ggf. Insektizideinsatz nötig</li> <li>Anwendung abhängig von Forstschutzsituation (Borkenkäfer!)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hohes Risiko durch Rissbildung und Pilzbefall</li> <li>Erfolg ist abhängig von Lage und Witterung, eine gezielte Steuerung des Lagererfolgs ist nicht möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hoher Kontrollaufwand</li> <li>hohes Waldschutzrisiko</li> <li>für Fichte und Buche nicht länger als eine Vegetationsperiode, für Eiche und Douglasie auch länger</li> <li>nicht für Bestände mit hohem Bruchholzanteil geeignet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hoher technischer und betrieblicher Aufwand</li> <li>schwierige Lagerplatzsuche, Vandalismus möglich</li> <li>kein Standardlagerungsverfahren, rentabel nur für Wertholz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erfolg nicht gesichert, da noch keine abschließenden Untersuchungsergebnisse vorliegen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hoher technischer Aufwand, hoher Kontrollaufwand</li> </ul>	<b>Nachteile</b>

Tabelle 10: Zusammenstellung der gängigen Holzlagerungsverfahren

<sup>1</sup> Auch »Schweizer Verfahren« genannt, Haufenpolter mit Folienabdeckung gegen Feuchtigkeitsverlust

# Summary

In times of calamities, log storage is always an important subject. But in times between, forest owners should take precautions for emergencies. In the future, we have to expect even more calamities than in the past due to climatic changes. The updated compendium about log storage gives consideration to the importance of these circumstances. Already in the year 2000, the Bavarian State Institute of Forestry (LWF) published the first research report about log storage on behalf of the Bavarian State Ministry for Nutrition, Agriculture and Forests. To provide the newest information about log conservation for the forest owners, the LWF consequently reprinted the report.

The LWF authors updated the compendium to meet the state-of-the art of science and technical knowledge about log storage. They extended the chapter about »storage in compact piles covered with plastic sheets« significantly and included a new section about »storage of woodchips«. The report describes the nowadays conventional procedures of »storage under drying conditions« as well as »wet storage methods« of round timber. Furthermore, it presents preconditions for the specified methods, informs about costs, about duration of storage, and finally evaluates each method.

Beside the proven and for a long time practiced methods like piling of debarked logs and wet storage,

today, practitioners also apply respectively test modern systems of log storage such as »pre-drying of debarked logs in covered cross-piles«, or log »conservation under oxygen exclusion«.

In 2007, the storm »Kyrill« brought a further breakthrough for a version of storage in compact piles covered with plastic sheets, developed in Switzerland, the so called »Swiss method«. At that time there was almost no scientific knowledge on the method, thus success varied. In the meantime, first results are available and are presented and described in the report.

The technology »compact pile with water sprinkling« was pushed in particular after the storms of 1972 and 1990. At present, it is the most reliable storage method, widely accepted by the industry. »Live conservation of wind-thrown trees« represents above all a complementary procedure to the other methods. Besides the weather during the storage procedure, the appropriate execution and the duration between processing and

putting the logs in storage decide on the conservation success. Damages during storage, caused by wood and tree fungi, can be avoided if the wood remains saturated or has been dried far under fibre saturation point. For choosing the most suitable conservation method, the current forest protection situation should be considered. The presentation of the commodity affects the sale revenue. Therefore, it is important to store the wood correctly and comprehensible sorted, accurately stocked, well attainable, and in accordance with the buyer's requirements. Beyond that, the stock piles are to be held in an as good condition as possible regarding their outward appearance. A good transport connection has to be ensured. Particularly for wet storage, exact planning, careful selection of a suitable location, reliable water supply, adequate execution, and frequent controls of the conserved wood are the key aspects for the success of the storage. The following table contains the most important criteria of the common state of the art procedures for successful log storage in condensed form.

	Dry Storage			Dry Storage		Wet Storage	
	Storage in Bark	Storage without Bark / Dry Storage	Live Conservation	Log Conservation under Oxygen Exclusion, wrapped in plastic sheets	Compact Pile covered with plastic sheets <sup>1</sup>	Wet Storage	
<b>Requirements</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>green and healthy coniferous and hardwood</li> <li>homogeneously bucked</li> <li>shady site in the forest, high air humidity</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>only for coniferous wood</li> <li>green and healthy wood</li> <li>carefully debarked</li> <li>carefully stacked with sufficient spacing blocks</li> <li>stock pile: wind-exposed, constantly ventilated, dry and warm site, not in the shade, not exposed to extreme sun</li> <li>with roof on top, if necessary</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>no storage method in narrower sense, but a quality-preserving instrument for the controlling and stretching of wood processing in cases of calamity</li> <li>green and healthy coniferous and hardwood (no larch)</li> <li>20–30% of the roots must be still connected to the ground</li> <li>moist and shady site</li> <li>still with green living crown</li> <li>intensive controls</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>green and healthy coniferous and hardwood</li> <li>high-quality assortments</li> <li>homogeneously bucked</li> <li>trained staff</li> <li>accessible, wind-protected and well sized storage yards</li> <li>suitable machines and material (plastic sheets, welding and measuring instruments)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>green and healthy coniferous wood</li> <li>homogeneously bucked</li> <li>trained staff</li> <li>accessible, wind-protected and well sized storage yards</li> <li>humid sites</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>careful setup of the wet storage site</li> <li>suitable locations, infrastructure facility, permission regarding water legislation</li> <li>green and healthy coniferous and hardwood</li> <li>quick putting in storage of logs and continuous water sprinkling</li> <li>quality management, frequent controls</li> <li>separate storage of the wood by forest owners, grades and wood species</li> </ul>	<b>Requirements</b>
<b>Costs</b>	no additional cost compared with stacking after »regular harvesting«	approx. 6,50–8 €/cbm incl. debarking, (10–12 €/cbm incl. transport to storage location)	no direct cost	approx. 7,50–12,50 €/cbm without transport and without leasing of storage yard (additional costs for safeguarding possible)	< 10 €/cbm incl. transport	approx. 13–15 €/cbm in first year (incl. costs for investments and transport), additional costs for maintenance, approx. 2,00–2,50 €/cbm/year	<b>Costs</b>
<b>Advantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>simple, low cost storage method</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>application of insecticides is not necessary</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>low cost method</li> <li>high flexibility for forest owners regarding the wood processing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>with intact foil reliable protection from insect and fungal attack</li> <li>application of insecticides not necessary</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>relatively simple and economical conservation method</li> <li>application of insecticides is not necessary</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>long term established procedure, which makes the preservation of wood quality during longer periods possible (depending on the tree species)</li> <li>application of insecticides is not necessary</li> <li>bundling function</li> <li>large scale market relief</li> </ul>	<b>Advantages</b>
<b>Disadvantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>not suitable for longer periods</li> <li>in emergency situations only suitable when timber is removed quickly from forest</li> <li>application of insecticides against wood-breeding bark beetles if necessary</li> <li>dependent on the forest protection situation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>high risk of cracks and fungal attack</li> <li>the success depends on location and weather, management has only little influence on conservation success</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>high efforts of control</li> <li>high risk of insect attack</li> <li>for spruce and beech up to one vegetation period, for oak and Douglas fir even longer</li> <li>not suitable, if high percentage of the trees are broken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>high technical and operational efforts</li> <li>search for storage yard can be difficult, vandalism possible</li> <li>no standard storage method, profitable only for high grade wood</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>uncertain success, knowledge is still too little consolidated</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>high technical and controlling efforts</li> </ul>	<b>Disadvantages</b>

Table 11: Compilation of common wood storage methods

<sup>1</sup> »Swiss Method« with open floor and no oxygen exclusion

# Winterbetrieb von Beregnungsanlagen<sup>1</sup>

Bei stärkerer Sonnenbestrahlung treten auch im Winter an nassgelagertem Holz erhebliche Feuchtigkeitsverluste durch Verdunstung auf. Um eine qualitätsmindernde Austrocknung des Holzes zu vermeiden, bzw. eine Wiederbefeuchtung zu erreichen, ist daher auch in den Wintermonaten eine Beregnung auf den Nasslagerplätzen soweit als möglich aufrecht zu erhalten. Da die Beregnungsanlagen aber nur bedingt für den Winterbetrieb geeignet sind, ist eine sorgfältige Überwachung der Funktionsfähigkeit der technischen Anlagen erforderlich. Insbesondere Pumpen, Magnetventile und Leitungen müssen gegen Frostschäden gesichert werden.

Um während des Winters einen verdunstungshemmenden Eisbelag auf den Holzpoltern zu erreichen, ist eine Beregnung bei Temperaturen unter 0 °C erforderlich und bei sorgfältiger Überwachung der Anlagen auch technisch möglich.

Die folgenden Witterungsbedingungen sind dabei zu unterscheiden:

## **I. Übergangszeit im Herbst und Frühjahr, gekennzeichnet durch mäßige Nachtfröste (bis -5 °C) und Tagestemperaturen von zum Teil deutlich über 0 °C.**

Situation: Beregnung notwendig, Anlage noch funktionsfähig, intensive Wartung notwendig, es bildet sich eine Eisschicht

### Maßnahmen:

#### a) Anlagen mit einem Beregnungskreis

- Anlage bei Minustemperaturen (in der Regel nachts) in Dauerbetrieb laufen lassen
- Wenderegner im Kreis laufen lassen (Sektoreinrichtung vereist sonst)
- Strahlstörerschraube ganz zurückschrauben (falls vorhanden)

#### b) Anlagen mit mehreren Beregnungskreisen

- (= Magnetventile für zwei, maximal drei Kreise)
- (= gegenseitig verriegelte Pumpen)

Bei intermittierender Beregnung sind die Beregnungs-/Pausenintervalle möglichst kurz zu wählen (Zehn-Minuten-Takt bei zwei, Fünf-Minuten-Takt bei drei Beregnungskreisen), Magnetventile gegen Frost schützen (Strohballen).

## **II. Winterzustand, gekennzeichnet durch Dauerfrost, bzw. durch Tageshöchsttemperaturen**

wenig über 0 °C.

Situation: Beregnung nicht mehr notwendig, es hat sich ein Eispanzer um die Stämme gebildet.

### Maßnahmen:

#### 1. Leitungssystem

- Magnetventile ausbauen und in entleertem Zustand frostfrei lagern
- alle nicht frostfrei verlegten Rohrleitungen und Schläuche sind zu entleeren

<sup>1</sup> »Merkblatt zum Winterbetrieb von Beregnungsanlagen«, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 1990

Das heißt:

- Öffnen der Schnellkupplung an allen Tiefpunkten und die Schnellkupplungsrohre nebeneinanderlegen oder in entleertem Zustand wieder anschließen
- Wasser aus den Schläuchen vom Regner beginnend ausfließen lassen  
Schläuche und Rohre sind in entleertem Zustand frostfest und können ebenso wie die Regner an Ort und Stelle bleiben
- Alle Schieber und Hähne in der Anlage öffnen und offenlassen

### 2. Pumpe/Wasserentnahme

#### a) Kreis-/Blockpumpen

- Aus der Pumpe muss alles Wasser abgelassen werden. Alle Fabrikate haben einen Entleerungsstopfen, der in der Regel an der Unterseite des Gehäuses liegt, dabei über Luftschraube im Kopfstück belüften (siehe Betriebsanleitung)
- Saugleitung entleeren bzw. abbauen

#### b) Unterwasserpumpen

- Frostsichere Brunnenpumpe im Brunnen belassen und Druckleitung bis zur Frostgrenze entleeren.
- Ist der Schacht nicht frostsicher: Pumpe ausbauen und in frostsicherem Raum stehend lagern.  
Vor Wiedereinbau Motorfüllung kontrollieren.

### **III. Längere frostfreie Perioden**

Situation: Der Eispanzer ist abgetaut; die Wiederaufnahme der Beregnung ist erforderlich.

#### Maßnahmen:

- Entleerungsstopfen der Pumpe einschrauben (Dichtung nicht vergessen) bzw. Tauchpumpe installieren.
- Alle Rohrkupplungen schließen, am Rohrende den Endstopfen aufsetzen.
- Alle Entleerungshähne schließen und Schläuche ankuppeln (Geka)
- Saugleitungen und Pumpen mit Wasser auffüllen bis zum Druckanschlussschieber am Pumpendruckstutzen.
- Schieber am Pumpendruckstutzen schließen.
- Pumpe gegen geschlossenen Druckanschlussschieber laufen lassen.
- Druckanschlussschieber langsam öffnen, wobei der Betriebsdruck möglichst gehalten werden soll.
- Wenn alle Leitungen gefüllt sind und alle Regner arbeiten, den Druckschieber ganz öffnen.

#### Konservierung der Pumpen

Hier differieren die Meinungen der Pumpenhersteller

Grundfoss: Konservierung nicht notwendig, bei Verwendung von mineralöhlhaltigen Produkten sogar Störungen bei Wiedereinbetriebnahme.

Für ältere Pumpen und solche mit Laufrädern aus Gusseisen Mischung von 1:1 mit Propylenglykol (z. B. Antifrogen L) als Konservierungsmittel verwenden.

EMU: Falls Pumpe ausgebaut und trocken gelagert wurde, bei Wiederauffüllung mit Wasser EMU-Konservierungsöl im Verhältnis 1:100 zugeben.

Ritz: Analog Grundfoss

KSB: Bei Ausbau der Tauchpumpen Typ Cora und UPA ist das im Motor enthaltene Wasser abzulassen und die Pumpe mit Konservierungsmittel aufzufüllen. Vor Inbetriebnahme das Konservierungsmittel entfernen.

Kreiselpumpen: Etabloc GN, Etachrom B und NG Konservierung des Pumpengehäuses nur bei Aufstellung im Freien notwendig, nicht aber, wenn die Pumpe in einem Pumpenhaus steht.

Das Konservierungsmittel ist bei der KSB Niederlassung Stuttgart erhältlich:

51 für 212,—DM, Mischungsverhältnis 1:3, wiederverwendbar, Beseitigung des Mittels über Sondermüll.

TIP: Beregnungspraktiker halten eine Konservierung der Pumpen wegen einer kurzen Außerbetriebsetzung (wenige Monate) nicht für erforderlich. Wird bei landwirtschaftlichen Beregnungsanlagen so gut wie nicht gemacht, ohne dass Störungen an den Pumpen auftreten.

#### Vorbereitung der Anlagen

Es wird empfohlen:

- Die Druckleitungen, soweit möglich, mit Hilfe von Stützen mit Gefälle zu verlegen. Das heißt Konzentration auf wenige Tiefpunkte, die dann relativ schnell zu öffnen sind.
- Rohrsystem bei freiem Auslauf mehrfach durchspülen.
- Schläuche mit Gefälle (evtl. Serpentina) über den Polter verlegen.
- Sofern nicht schon geschehen, fest verlegte Saugleitungen mit einer Ablassvorrichtung versehen (z. B. Anbohrschelle mit Verschluss)

#### Eckdaten:

- Kreisregner arbeiten bis circa  $-7^{\circ}\text{C}$
- Sektorregner arbeiten bei Frost nicht (Wendeeinrichtung vereist), deshalb rechtzeitig auf Kreisbetrieb umstellen
- Beregnung solange wie möglich aufrecht erhalten
- Bei Dauerfrost und Schneelage ist Beregnung nicht notwendig
- Wiederaufnahme der Beregnung bei längeren frostfreien Perioden

Bei allen technischen Schwierigkeiten sollte nicht vergessen werden, dass der Erhaltung der Holzqualität die größte Bedeutung zukommt. Dazu ist es erforderlich, die Beregnung, wann immer möglich, aufrecht zu erhalten.

# Zusammenstellung der Investitionskosten für Berechnungsplätze<sup>2</sup>

Forstamt: \_\_\_\_\_

Berechnungsplatz: \_\_\_\_\_

## Zusammenstellung der Investitionskosten für Berechnungsplätze, die in Regie betrieben werden (auf Staats- und Fremdgrund)

<b>1. Platzvorbereitung</b>	a) Wegeneubau	_____ lfm	
	Wegebaumaterial*		_____ €
	Anfuhrkosten*		+ _____ €
	Baukosten		+ _____ €
			= _____ €
	b) Wegeausbau	_____ lfm	
	Wegebaumaterial*		_____ €
	Anfuhrkosten*		+ _____ €
	Baukosten		+ _____ €
			= _____ €
	c) Sonstiges		_____ €
			_____ €
<b>2. Stromanschluss</b>	Art des Anschlusses:	_____	
	(provisorisch mit eigener Trafostation, Hausanschluss, ...)		
	Leitungslänge	( _____ m)	
	Kosten		_____ €
<b>3. Berechnungsanlage</b>	Brunnen		_____ €
	Pumpe	( _____ kW)	+ _____ €
	Leitungen	( _____ m)	+ _____ €
	Schläuche	( _____ m)	+ _____ €
	Regner	( _____ Stück)	+ _____ €
	Montagekosten		+ _____ €
			= _____ €

\*einschl. evtl. Nachschüttungen  
einschl. interner Verrechnung

<sup>2</sup> verändert nach Oberforstdirektion Augsburg 1992



# Zusammenstellung der laufenden jährlichen Kosten für Beregnungsplätze<sup>3</sup>

Forstamt: \_\_\_\_\_

Beregnungsplatz: \_\_\_\_\_

Forstdienststelle: \_\_\_\_\_

## Zusammenstellung der laufenden jährlichen Kosten für Beregnungsplätze, die in Regie betrieben werden (auf Staats- und Fremdgrund) – ohne Abschreibung –

	2010	2011	2012	2013	2014
	€ pro Jahr				
<b>1. Grundstückspacht</b>					
Fremdgrund: _____ €/ha und Jahr					
Staatsgrund: _____ €/ha und Jahr (kalkulatorisch)					
Sonstiges _____					
Zwischensumme 1:					
<b>2. Pflege und Instandsetzung des Platzes</b>					
Pflegearbeiten: an Wegen					
an Gräben					
an Wasserentnahmestellen					
Instandsetzungs- an Wegen					
arbeiten: an Gräben					
an Wasserentnahmestellen					
Sonstiges _____					
Zwischensumme 2:					
<b>3. Energiekosten</b>					
Elektrische Pumpen:					
– Mietkosten für die elektrische Anlage					
– Mietkosten für den Trafo					
– Grundgebühr _____					
– Kosten pro kWh: _____ €/kWh					

<sup>3</sup> verändert nach Oberforstdirektion Augsburg 1992

	2010	2011	2012	2013	2014
- Verbrauch kWh pro Monat: max. _____ kWh im _____ 20__ min. _____ kWh im _____ 20__ Ø _____ kWh					
- Stromkosten Verbrauch Dieselpumpen (_____ €/l, _____ €/MAS)					
Sonstiges _____					
Zwischensumme 3:					
<b>4. Platzbetreuung</b>					
Lohnkosten für Waldarbeiter (_____ €/Std. incl. LNK _____ Std./Woche)					
Unternehmer (_____ €/Std., _____ Std./Woche)					
Sonstiges _____					
Zwischensumme 4:					
<b>5. Ersatzbeschaffung, Reparatur und Wartung</b>					
Ersatzbeschaffung, Kleinteile (Regner, Schläuche, ...)					
Ersatzbeschaffungen (Einzelwert > 1.000,- €)					
_____					
Reparatur, Kleinteile (Regner, Schläuche, ...)					
Reparatur (Einzelkosten > 1.000,- €)					
_____					
Wartungsarbeiten					
_____					
Zwischensumme 5:					
<b>6. Kosten für Überwinterung</b>					
soweit nicht unter Ziffer 4 enthalten					
_____					
_____					
Zwischensumme 6:					
<b>7. Sonstiges</b>					
_____					
_____					
Zwischensumme 7:					
<b>Sa. Laufende jährliche Kosten:</b>					
Jeweils zum 31.12. des Jahres eingelagerte Holzmenge in Fm					

---

# Anschriften der Autoren

**Dr. Alexandra Wauer**

Bayerische Landesanstalt  
für Wald und Forstwirtschaft  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1  
85354 Freising  
*Alexandra.Wauer@lwf.bayern.de*

**Marc Kubatta-Große**

Prandtlstraße 15  
85354 Freising  
*m.kg@arcor.de*

**Dr. Michael Lutze**

Bayerische Landesanstalt  
für Wald und Forstwirtschaft  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1  
85354 Freising  
*Michael.Lutze@lwf.bayern.de*

