
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

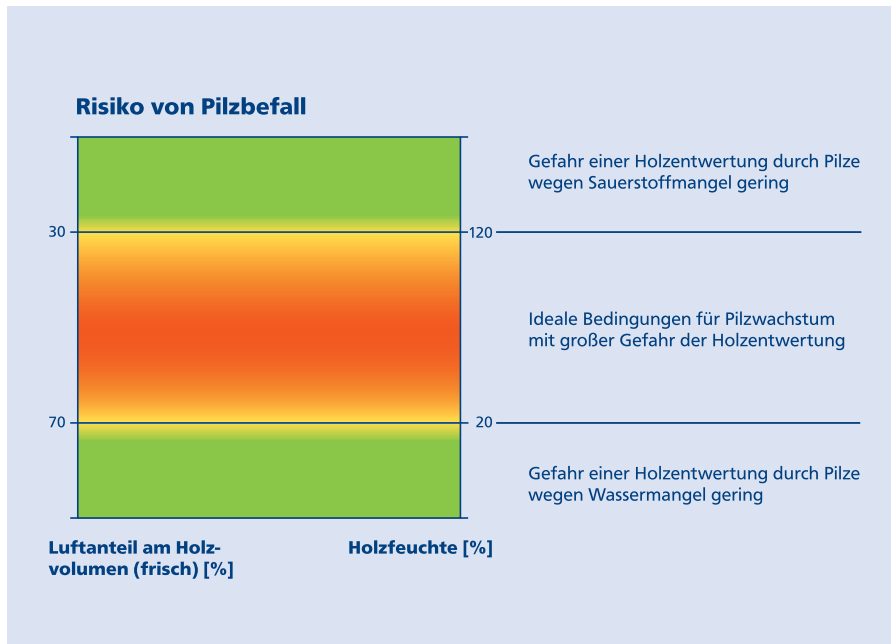


Abbildung 2: Die Holzfeuchte und ihr Einfluss auf das Risiko von Pilzbefall

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:

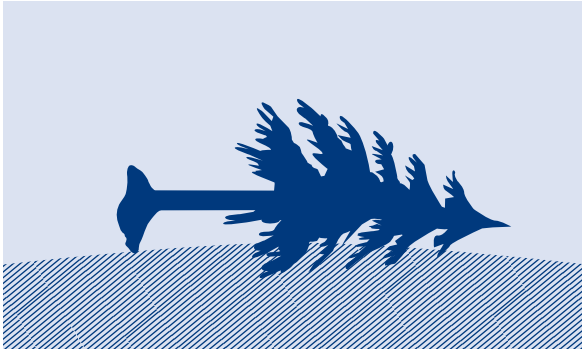
- Art des Sturms (Tabelle 1): je nach Art und Stärke des Sturms ist mit unterschiedlich starken und ihrer Art nach verschiedenen Schäden zu rechnen.
- Verfassung der sturmgeschädigten Bäume (siehe folgende Schaubilder)
- Voraussichtliche Dauer der Lagerung (eine Vegetationsperiode bis zu mehreren Jahren):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

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

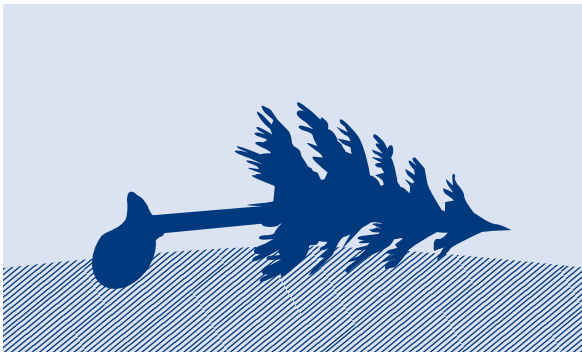
- Verfügbarkeit von Lagerplätzen und deren Umschlagskapazität: Es ist unter anderem zu prüfen, ob z. B. für ein Nasslager ein geeigneter Platz im Hinblick auf Logistik und Wasserversorgung vorhanden ist.
- Mitarbeiterstab und finanzielle Erwägungen: Ist genügend Personal vorhanden, um den Schaden zu 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)

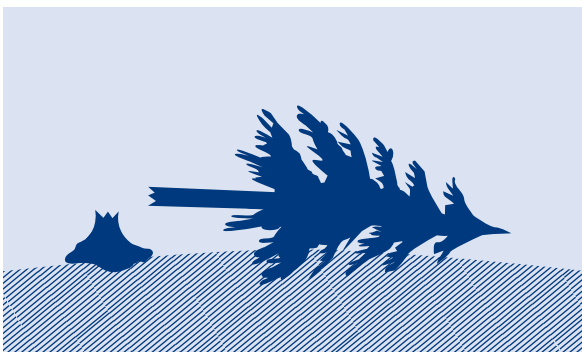


Entwurzelt mit wenig Wurzelkontakt zur Feuchtigkeit im Erdboden: Sollen Bäume ohne oder mit wenig Wurzelkontakt nassgelagert werden, so muss dies sehr schnell nach dem Windwurf geschehen, da die Holzfeuchte permanent sinkt. Ist dies nicht umsetzbar, bleibt nur die Trockenlagerung. Ein Verfahren ist die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

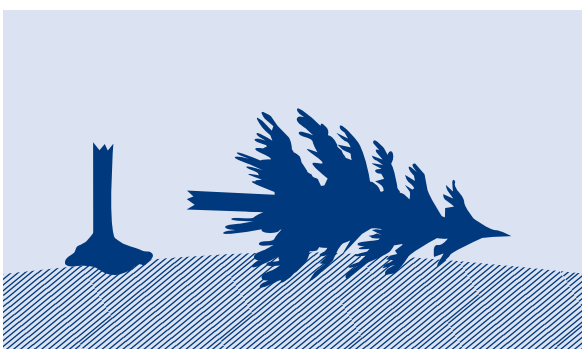


Entwurzelt mit gutem Wurzelkontakt zur Feuchtigkeit im Erdboden: In diesem Fall ist zunächst eine Lebendkonservierung anzustreben, um Kapazitäten für dringlichere Fälle freizuhaben. Anschließend sind alle Lagerungsarten möglich.

Windbruch (Nadel- oder Laubbäume)

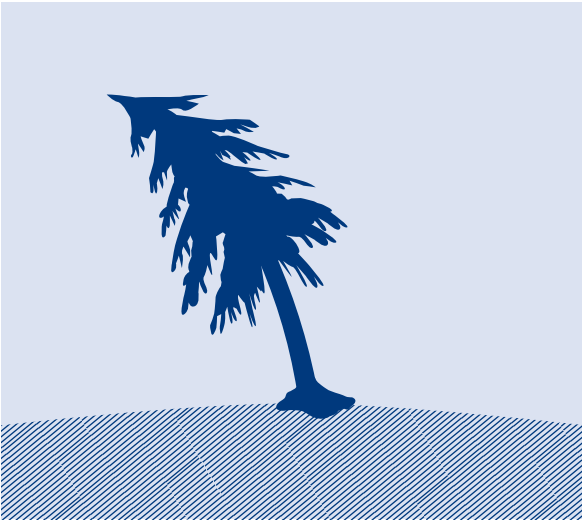


Bruch in Stocknähe (Stämme sind ohne Probleme als Langholz verwendbar): Es sind alle Lagerungsarten denkbar, die Einlagerung muss jedoch unverzüglich erfolgen, da das Holz sonst zu rasch trocknet. Ist eine prompte Einlagerung nicht durchführbar, wird die Trocknung durch Transpiration oder ein Trockenlager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

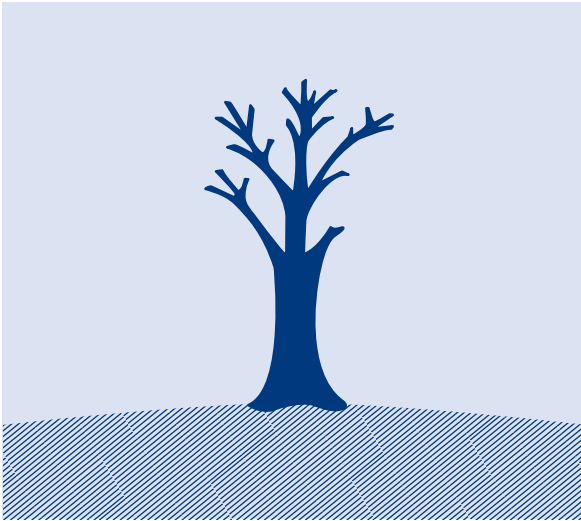


Baum gekrümmt und das Wurzelsystem etwas angehoben, jedoch noch immer ausreichender Kontakt zur Feuchtigkeit im Erdboden: Wie im vorherigen Fall ist hier eine Lebendkonservierung vorstellbar und anzustreben. Anschließend sind alle Lagerungsarten möglich.

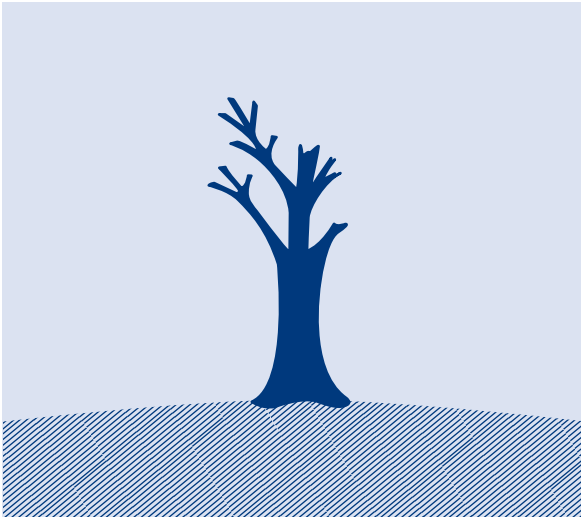


Der schiefe Baum hängt in der Krone eines benachbarten Baums, Wurzelsystem schwer beschädigt und unzureichender Wurzelkontakt zur Feuchtigkeit im Erdboden: Wie im ersten Fall muss die Einlagerung sehr schnell nach dem Windwurf vonstattengehen, da die Holzfeuchte permanent sinkt. Ist dies nicht realisierbar, 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.