

# 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 Holzmengen 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

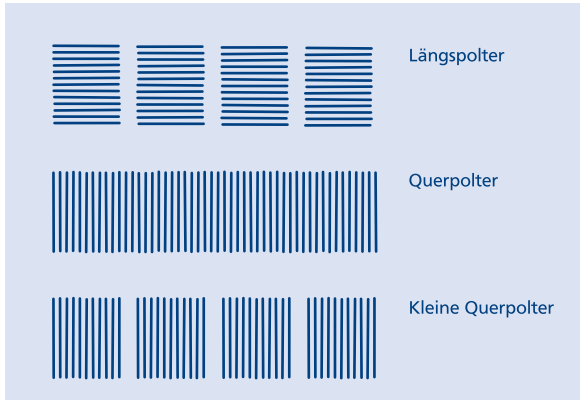


Abbildung 24: Mögliche Polterformen (nach Arnold et al. 1976 in Patzak und Löffler 1988)

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.

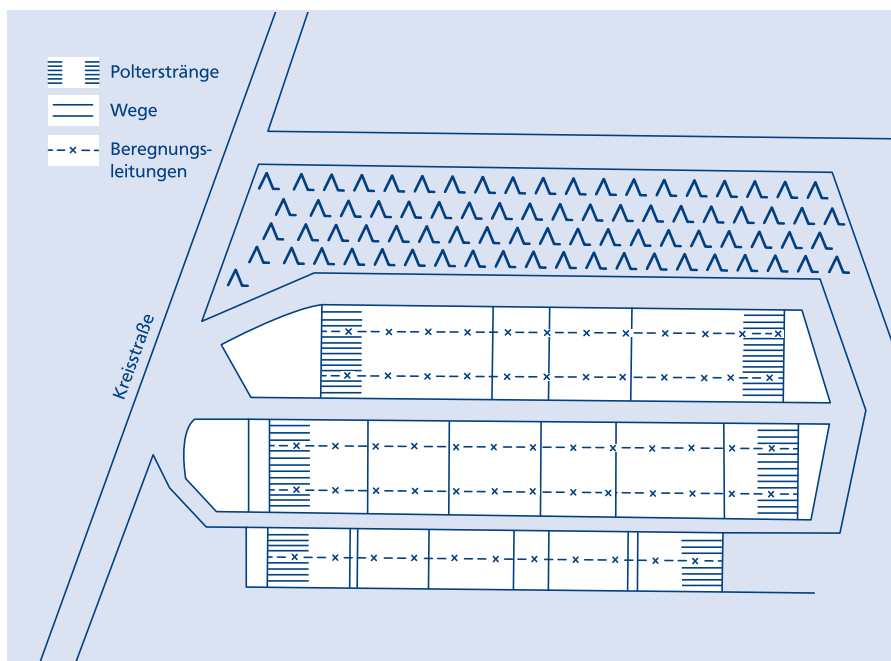


Abbildung 25: Schematische Darstellung eines Beregnungsplatzes (nach Arnold et al. 1976 in Patzak und Löffler 1988)

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 Lärmbelastigung 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 Verbindungsklappen 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 ab- bzw. 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 Sprühdarben 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 verkaufsgerechten 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 Raumnutzung 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.

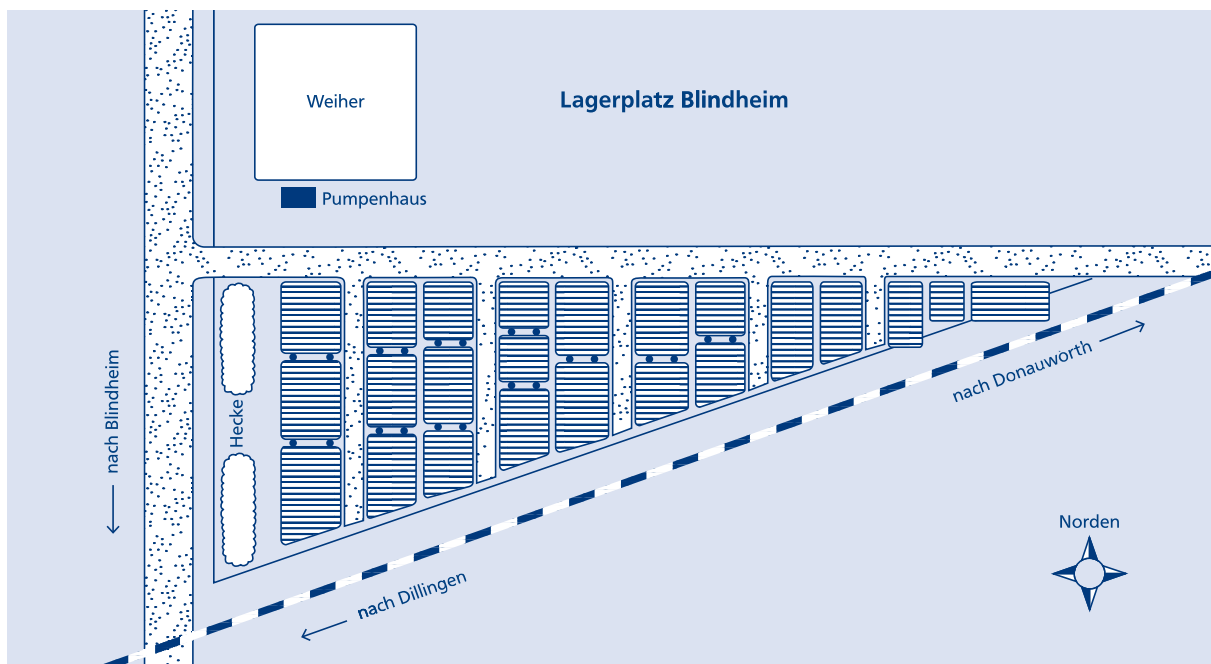


Abbildung 31: Schematische Darstellung eines Beregnungsplatzes mit losweise getrennten Poltern (Quelle: Forstamt Dillingen 1991)

## 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 Berechnungssysteme 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 Holz mengen 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).