

Technische Borkenkäferbekämpfung

Fichtenborkenkäfer erreichen bei ausreichendem Angebot an Brutraum und günstigen Witterungsverhältnissen sehr hohe Populationsdichten. In der Folge können sich Buchdrucker und Kupferstecher – die beiden wichtigsten Schädlinge an der Fichte – massenhaft vermehren. Da bei der Bekämpfung von Borkenkäfern der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln nur als Ultima Ratio Anwendung findet, ist die »Saubere Waldwirtschaft« die einzig wirksame Maßnahme gegen Borkenkäferbefall. Dieses Merkblatt gibt einen Überblick über die technischen Möglichkeiten der Borkenkäferbekämpfung unter Ausschluss von Pflanzenschutzmitteln.

Schadwirkung und Potenzial der Fichtenborkenkäfer

Die beiden bedeutendsten Borkenkäfer an Fichte sind der Buchdrucker (*Ips typographus*) und der Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*). Ihre Brut entwickelt sich in der Rinde. Der Larvenfraß erfolgt vorwiegend quer zur Faserrichtung. Dabei wird die Bast­schicht zerstört und bei starkem Befall der Nährstofftransport unterbrochen. Zusätzlich werden durch die Elternkäfer bei der Brutanlage phytopathogene Pilze eingetragen, welche den Absterbeprozess der befallenen Fichte beschleunigen. Sobald die Käfer bei der Brutanlage sind, stirbt der Baum unweigerlich ab.

Wird eine befallene Alt­fichte nicht aufgearbeitet, sind die ausfliegenden Käfer in der Lage, mindestens 20 weitere vorgeschädigte oder durch Trockenheit gestresste Bäume erfolgreich zu befallen (Abb. 1). Ein nicht aufgearbeiteter Brutbaum kann also einen Befallsherd von einigen hundert Fichten nach sich ziehen. Deshalb ist es wichtig, einen Befall frühzeitig zu erkennen und das befallene bzw. bruttaugliche Material rechtzeitig aufzuarbeiten, bevor die Käfer erneut ausfliegen. In warm-trockenen Jahren können sich drei Käfergenerationen entwickeln.

Die »Saubere Waldwirtschaft«, mit dem Ziel, möglichst wenig Brutraum für die Käfer zu belassen, ist die einzig zuverlässige Methode, um Befall zu vermeiden bzw. einzudämmen. Die aktive Bekämpfung der Borkenkäfer erfolgt primär über technische Verfahren. Waldbesitzer sind zur laufenden Borkenkäferkontrolle und Bekämpfung gesetzlich verpflichtet.

Ist die Krone bereits komplett abgestorben, rotbraun oder entnadelt, geht von dieser Fichte keine weitere Gefahr mehr aus. Die Käfer sind ausgeflogen. Das Totholz kann im Wald bleiben.



Weitere Informationen finden Sie auf unserem **Borkenkäferinfoportal**

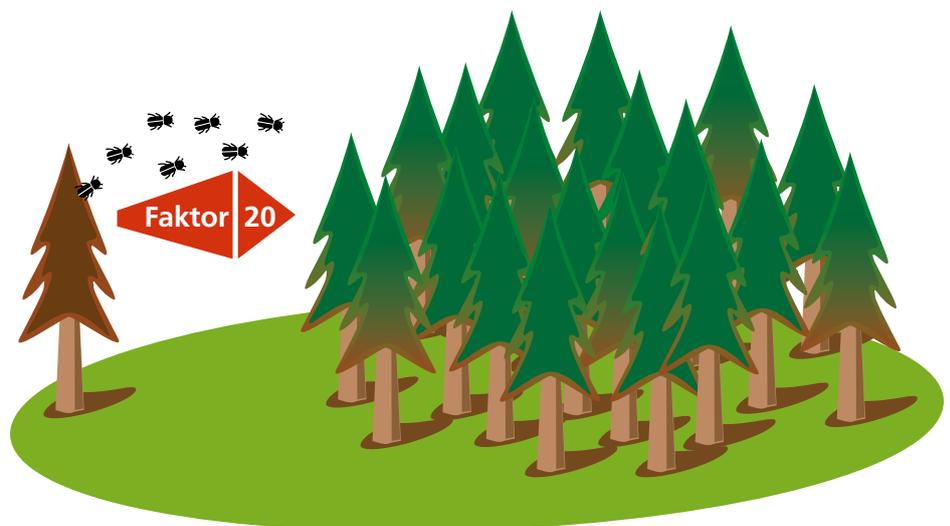


Abb. 1: Ohne rechtzeitige Entnahme der Borkenkäferfichte werden im Umfeld bis zu 20 weitere Fichten vom Buchdrucker befallen.

Technische Verfahren im Überblick

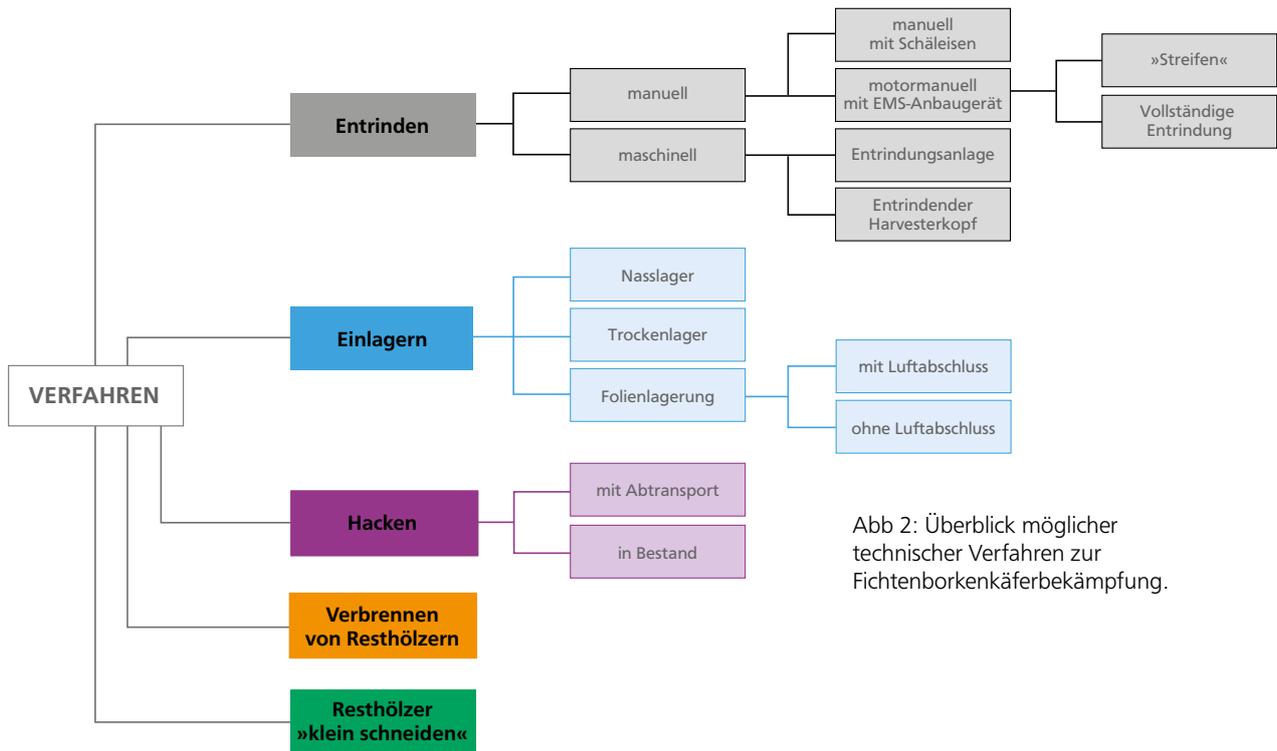


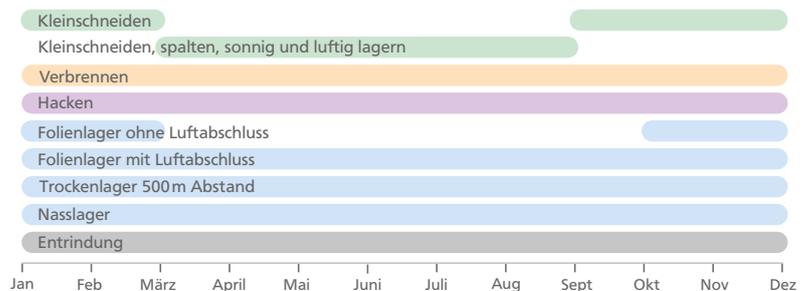
Abb 2: Überblick möglicher technischer Verfahren zur Fichtenborkenkäferbekämpfung.

Waldschutzwirksamkeit der Verfahren im Jahresverlauf

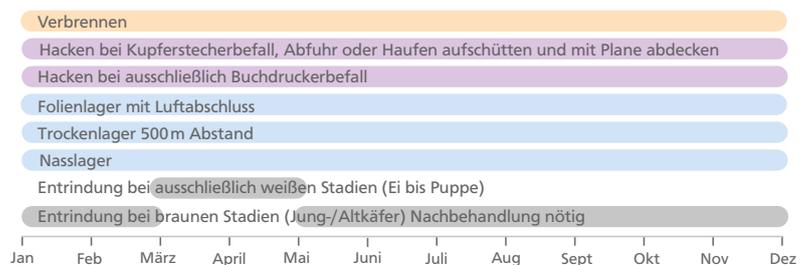
Bei der Wahl des geeigneten Verfahrens gilt es zwei Grundsätze zu unterscheiden: Ist das Holz frisch, gesund und nicht von Borkenkäfern befallen, sind in Abb. 3 vorbeugende Maßnahmen aufgeführt, die eine spätere Besiedlung wirksam verhindern. Handelt es sich um Fichtenhölzer, die bereits von Borkenkäfern befallen sind, zeigt Abb. 4, mit welchen Verfahren die Weiterentwicklung und der Ausflug der fertigen Käfer zur Besiedlung neuer Hölzer verhindert wird.

Die Jahreszeit spielt bei der Wahl der Maßnahme eine entscheidende Rolle, da die Aktivität und das Schwärmverhalten stark temperaturabhängig sind. Die Abbildungen zeigen die volle Wirksamkeit einer Maßnahme im Jahresgang. Nähere Erläuterungen zu den einzelnen Verfahren finden Sie in den jeweiligen Kapiteln des Merkblatts.

Vorbeugend



Bei Befall



Der Freistaat Bayern fördert die insektizidfreie Bekämpfung der Fichtenborkenkäfer im Privat- und Körperschaftswald im Rahmen des Waldförderprogrammes. Nähere Informationen erhalten Sie bei Ihrem zuständigen Beratungsförster der Bayerischen Forstverwaltung. Diesen finden Sie unter: www.waldbesitzer-portal.bayern.de

Abb. 3: Welche Verfahren sind wann im Jahresverlauf vorbeugend wirksam?

Abb. 4: Welche Verfahren sind wann im Jahresverlauf bei bereits vorhandenem Befall wirksam?

Entrindung



Allgemeines zur Waldschutzwirksamkeit

- ▶ **Vorbeugend:** 👍 **hoch**
 - bei vollständiger Entfernung der Rinde
- ▶ **Bei Befall:** 🙅 **bedingt**
 - Entwicklungsstand der Brut entscheidend: Im weißen Stadium (Eier, Larven, Puppen) voll waldschutzwirksam, im braunen Stadium (Jungkäfer und Altkäfer) bedingt waldschutzwirksam, wenn die Rinde nachbehandelt wird (Einsammeln, Abfahren, auf mind. 0,5 m hohe Haufen aufschütten, Verbrennen)
 - verbleiben 20% oder mehr Rinde am Baum, können sich Bruten fertig entwickeln; unbefallene Rindenreste können Kupferstecher als Brutraum nutzen
 - Harvesteraufarbeitung gegenüber den manuellen Varianten bevorzugen, da Käfer und Bruten durch die mechanische Einwirkung der Vorschubwalzen beschädigt werden und die Ränder verbleibender Rinde schneller eintrocknen

Manuelle Entrindung mit Schälseisen



Abb. 5: Manuelle Entrindung eines Fichtenstammes auf Folienunterlage.

Mit einem Schälseisen an einem Holzstiel wird die Rinde in Längsstreifen vom Stamm abgeschält

- traditionelle Form der Entrindung
- Leistung bei Bäumen »im Saft«, deutlich höher als bei trockenem Bäumen (außerhalb der Vegetationszeit od. Dürreständen)
- saubere, unter Rinde stammenebene Entastung notwendig
- ergonomisch forderndes Verfahren

Motormanuelle Entrindung



Abb. 6: Streifenweise motormanuelle Entrindung mit Motorsägenanbaugerät.

Die Entrindung erfolgt als fräsender Materialabtrag mit einem Anbaugerät an einer Motorsäge. Über Kette oder Keilriemen treibt die Motorsäge eine mit Einzelmessern bestückte Fräselle an.

- verwendbar an herkömmlichen Motorsägen (ab ca. 3 PS Leistungsklasse)
- zwei Arten:
 - konventionelle Technik: Hobelwelle ist mit durchgehenden Messern bestückt: vollständige Entrindung
 - neue Technik: Hobelwelle ist mit Profilmessern bestückt: Streifenentrindung

👍 **Waldschutzwirksamkeit hoch:** Die streifenweise Entrindung ist voll waldschutzwirksam, wenn die Entrindung bis zum Splint reicht und die Streifenbreite der verbleibenden Rinde max. 2 cm beträgt.

Maschinelle Entrindung



Abb. 7: Mobile Entrindungsanlage im Wald.

Herzstück einer Entrindungsanlage ist der Entrindungsrotor. Er besteht aus federnd aufgehängten, mit Messern bestückten Führungsarmen, welche kreisförmig um den Stamm rotieren und so die Rinde sauber abschälen. Die Beschickung übernehmen starke Forstkräne, welche die Stämme an die Vorschubwalzen des Entrindungsrotors übergeben bzw. von diesem wieder abnehmen.

- stationäre Anlagen & mobile Anlagen als LKW-Aufbau möglich
- ausreichend Lagerflächen vorhalten inkl. Leerpolterflächen zur Ablage der entrindeten Abschnitte
- auf ausreichende Tragfähigkeit des Untergrunds und großzügiges Lichttraumprofil achten

Maschinelle Entrindung mit Debarking Head



Abb. 8: Debarking Head an einem Harvester.

Mit Hilfe der Entastungsmesser und unterschiedlich schnell angetriebener Vorschubwalzen rotieren die Stämme beim Durchlauf des Aggregats und die Rinde wird in Form von Längsstreifen abgeschält

- die meisten Harvesteraggregate lassen sich zu Debarking-Heads umrüsten
- für vollständige Entrindung müssen Stämme das Aggregat mehrmals durchlaufen

👍 **Waldschutzwirksamkeit bedingt:** Es muss sichergestellt sein, dass bei dieser Art der Entrindung der Stamm mehrfach durchgelassen, dabei gedreht und somit die Rinde vollständig entfernt wird. Bei Fichten mit älteren Befallskennzeichen (Nadelverfärbung und -abfall, Rindenabfall bei grüner und roter Krone) ist mit »Debarking Heads« keine waldschutzwirksame Aufarbeitung möglich.

Modifizierte Lagerung

Nasslagerung



Abb. 9: Nasslagerung von Fichtenholz.

Trockenlagerung



Abb. 10: Trockenlagerung von Fichtenholz.

Folienabdeckung unter Luftabschluss



Abb. 11: Folienlagerung von Fichtenstammholz unter Luftabschluss.

Folienabdeckung ohne Luftabschluss



Abb. 12: Folienlagerung von Fichtenstammholz ohne Luftabschluss.

Für die Nasslagerung von Rundholz werden spezielle Lagerplätze angelegt und mit technischen Einrichtungen zur Beregnung der Holzpolter versehen. Durch die künstliche Beregnung der Stämme wird die Holzfeuchte dauerhaft über Fasersättigungsniveau gehalten. Durch die hohe Holzfeuchte können Pilze bzw. Insekten die Stämme nicht besiedeln und die Holzqualität bleibt erhalten.

- schwerkraft- oder pumpenbetrieben, je nach Relief
- Entzerrung der Holzmarkt- und Waldschutzsituation z. B. nach Kalamitäten damit möglich
- Einlagerung nur sinnvoll, wenn Lagerkosten geringer als Wertverlust bei Qualitätsverschlechterung während der alternativen Trockenlagerung
- auf sauberes Poltern achten um vollständige Beregnung sicherzustellen
- nur möglichst gute Sortimente (B-Qualität) einlagern

Waldschutzwirksamkeit hoch: Wird bei der Nasslagerung eine dauerhaft hohe Holzfeuchte gewährleistet, ist eine hohe Waldschutzwirksamkeit gegeben. Alle Resthölzer der Aufarbeitung müssen gesondert behandelt werden (Hacken, Verbringen, etc.).

Die Lagerung von Holzpoltern in Mindestentfernung von 500m zur nächsten mit Fichten bestockten Waldfläche stellt sicher, dass umliegende Nadelwaldflächen nicht durch möglicherweise ausfliegende Borkenkäfer beeinträchtigt werden.

- aufgrund der zu erwartenden Entwertung durch Pilze und Trockenheit eher für schlechtere Holzqualität geeignet (C/D-Qualität)

Waldschutzwirksamkeit bedingt: Solange die Trockenlager weiter als 500m vom nächsten Nadelholzbestand entfernt sind, ist eine Waldschutzwirksamkeit gegeben. Hintergrund: Fichtenborkenkäfer besiedeln Fichtenstämme mit Rinde, solange eine ausreichende Holzfeuchte gegeben ist. Dabei entsteht 2/3 des Buchdrucker-Folgebefalls in einem Umkreis von 300m zur Befallsquelle, 90% in 500m Umkreis. Auch wenn Buchdrucker weiter als 500m fliegen können, sind sie somit für die Entstehung neuer Befallsherde, die weiter als 500m weg liegen, nicht ausschlaggebend!

Die Holzpolter werden auf speziellen Folien angelegt und mit Folien abgedeckt. Anschließend werden Boden- und Deckfolie luftdicht verschweißt. In der Folie verbleibender Sauerstoff wird innerhalb kurzer Zeit durch verschiedene Organismen aufgebraucht und es bilden sich anaerobe Bedingungen. Dadurch reduzieren sich die Überlebenschancen für Pilze bzw. Insekten drastisch.

Waldschutzwirksamkeit hoch: Eine intakte Folie verhindert die Besiedlung mit Borkenkäfern von außen. Bei bereits befallenen Stämmen sterben Käfer und Bruten aufgrund von Sauerstoffmangel, hervorgerufen durch Gärungs- und Atmungsprozesse, ab.

Die Holzpolter werden ohne Unterlegfolie angelegt und mit schwarzer Folie abgedeckt. Durch die Folie entsteht eine mechanische Barriere, welche das Ausfliegen der Käfer verhindern soll.

- sauberer Abschluss zum Boden erforderlich, z. B. durch Abdecken mit Sandsäcken oder Übererden
- strenge und frühzeitige Befallskontrolle der Nachbarbestände während und nach dieser Lagervariante nötig!

Waldschutzwirksamkeit gering: Unter schwarzer Folie werden selbst bei Sonneneinstrahlung keine Temperaturen oder kein ausreichendes Pilzwachstum erreicht, welche die Käfer substantiell abtöten. Zudem ist ein Dichthalten der Folie so gut wie unmöglich. Selbst bei kleinen Löchern können durch den Lichtreiz unzählige Borkenkäfer entkommen.



Siehe auch:
Leitfaden Nasslagerung



Siehe auch:
MB 7 Rundholzlagerung

Hacken

Mit starken Holzhackern wird befallenes oder bruttaugliches Ast- und Gipfelmaterial zu Hackschnitzeln verarbeitet. Die Hackschnitzel werden anschließend entweder zu Heizwerken abtransportiert und energetisch verwertet, zu Zwischenlagern transportiert und zu Haufwerken aufgeschüttet oder in den Bestand verblasen.

- funktionierende Logistik- bzw. Abfuhrkette erforderlich
- Einsatzplanung, Mengenanfall und Transportkapazität der Abfuhrkette beeinflussen maßgeblich die Produktivität und damit die Kosten des Hackprozesses



Abb. 13: LKW-Aufbauhacker beim Hacken von Waldrestholz.

Waldschutzwirksamkeit

► **Vorbeugend:** 👍 hoch

- wird noch unbefallenes Restholz gehackt, sind die Hackschnitzel nicht mehr fängisch für Fichtenborkenkäfer.

► **Bei Befall:** 🙅 bedingt

- Hacken umso wirksamer, je größer die Borkenkäferart!
- sind ausschließlich Buchdrucker in der Rinde, ist das Hacken voll waldschutzwirksam! Käfer werden mechanisch abgetötet und Bruten können sich in den Hackschnitzeln nicht fertig entwickeln.
- Kupferstecher-Bruten werden durch das Hacken nicht abgetötet, sie können sich fertig entwickeln und ausfliegen → Hackschnitzel möglichst schnell abfahren.
- für reine Waldrestholz-Hackschnitzel gilt: auf Haufen schütten → hoher Feinanteil und Holzfeuchte induzieren Wärmeentwicklung auf $> 56^{\circ}\text{C}$, sodass Käfer und Bruten absterben
- je höher der Stammholzanteil und je trockener das Hackgut, desto geringer die Waldschutzwirksamkeit (fehlende Wärmeentwicklung)

Verbrennen von Resthölzern

Befallenes oder bruttaugliches Material kann durch Verbrennen im Wald unschädlich gemacht werden.

- ausschließlich bei Resthölzern und Gipfelmaterial denkbar
- auf gesetzliche Vorgaben und Waldbrandgefahr achten → BayWaldG, VVB, PflAbfV
- NIE bei erhöhter Waldbrandgefahrstufe
- Feuer bei zuständiger Integrierter Leitstelle (ILS) vorab anmelden, um Fehlalarmierungen zu vermeiden (nicht unter Notrufnummer!)

Waldschutzwirksamkeit

👍 **hoch:** aufgrund der Temperatureinwirkung, aber Brandwache und Löschmöglichkeit sicherstellen



Abb. 14: Negativbeispiel – Verbrennen von Gipfelmaterial, das (fast) außer Kontrolle gerät!

! Warnhinweis: Gipfelverbrennung nur als Ultima Ratio und nur bei kleinen Mengen!

Beachten Sie bei dieser Maßnahme zwingend die regionale Waldbrandgefährdungssituation (aktuelle Informationen zum Waldbrandindex des Deutschen Wetterdienstes und achten Sie auf Ansagen im Wetterbericht ihres örtlichen Radiosenders. Beachten Sie zudem unbedingt die gesetzlichen Vorgaben des Bayerischen Waldgesetzes (BayWaldG), der Verordnung über die Verhütung von Bränden (VVB Bayern) und die Bayerische Pflanzenabfall-Verordnung (PflAbfV).

Bei Fragen wenden Sie sich bitte an den Beratungsförster Ihres örtlich zuständigen Amtes für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

Kleinschneiden von Resthölzern



Abb. 15: Klein geschnittenes Gipfelmaterial einer schwächeren Fichte.

Befallenes oder bruttaugliches Material kann im Zuge der Holzernte auf kleine Stücke abgelängt werden. Durch die geringe Größe der Stammteile soll eine schnelle Austrocknung hervorgerufen werden.

- ausschließlich bei Resthölzern, Gipfelmaterial denkbar
- mögliches Verfahren z.B. in Kombination mit der Entrindung mittels Streifenmesser

Waldschutzwirksamkeit

- ▶ **Vorbeugend:** 👍 **hoch**
 - Brennholzaufarbeitung ist im Frühjahr und Sommer nur dann waldschutzwirksam, wenn frisches, unbefallenes Holz gespalten, sonnig und luftig gelagert wird!
- ▶ **Bei Befall:** 🙅 **gering**
 - frisches, befallenes Fichtenrundholz trocknet im Bestand zu langsam aus. Bruten können sich selbst in Abschnitten mit 25 cm Länge fertig entwickeln.

Kosten und Leistungssätze

Maßnahme	Verfahren	Leistung	Kosten
Entrindung	Schälseisen	0,4–3,2 Fm/h	10–75 €/Fm
	Motorsägenanbaugerät – vollständige Entrindung	ca. 0,8–3,5 Fm/h	ca. 10–45 €/Fm
	Motorsägenanbaugerät mit Streifenmesser	ca. 1,3–4,8 Fm/h	ca. 7–30 €/Fm
	Debarking Head	Leistungseinbußen im Vergleich zur reinen Aufarbeitungstätigkeit um 10–25 %	ca. 1–3,80 €/Fm Mehrkosten zur herkömmlichen Holzernte mit Harvester
	Entrindungsanlage	ca. 500–800 Fm/Tag	ca. 5–9 €/Fm
Lagern/Verbringen	Nasslager		ca. 4 €/Fm zzgl. Frachtkosten
	Trockenlager in mindestens 500 m zum nächsten Fichtenwald		Frachtkosten ca. 4–6 €/Fm je nach Frachtdistanz + evtl. Zusatzkosten für Instandhaltung und Pacht Lagerplatz
	Folienlagerung mit Luftabschluss		ca. 11–18 € pro Fm
	Folienlagerung ohne Luftabschluss		ca. 4 € pro Fm
Hacken	mit Abtransport	bis zu 150 Srm/h	ca. 3–5 €/Srm
	auf Haufen/flüchtig in Bestand	bis zu 150 Srm/h	ca. 3–5 €/Srm

Die Tabelle zeigt die ungefähren Leistungs- und Kostenrahmen der Verfahren, Stand 2022. Fm = Festmeter; Srm = Schüttraummeter

Impressum

Herausgeber und Bezugsadresse:

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)
 Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
 Telefon: +49-(0)8161-4591-0
 E-Mail: redaktion@lwf.bayern.de Internet: www.lwf.bayern.de

Verantwortlich: Dr. Peter Pröbstle, Leiter der LWF

Redaktion: Johann Wild

Autoren: Andreas Hohenadl, Karin Bork, Markus Riebler

Bildnachweis: Abb. 1: P. Winkelmeier; Abb. 2, 3, 4: K. Bork (LWF), A. Hohenadl (LWF), M. Riebler (LWF); Abb. 5, 6, 15: A. Hohenadl (LWF); Abb. 7: F. Stahl (LWF); Abb. 8: F. Schulmeyer (LWF); Abb. 10: S. Pratsch (StMELF); Abb. 9, 11: M. Lutze (LWF); Abb. 12: J. Landgrebe (LWF); Abb. 13: H. Höge (LWF); Abb. 14: C. Triebenbacher (LWF)

Druck: Ortmaier-Druck GmbH, Frontenhausen

Auflage: 10.000 Stück

Layout: Andrea Nißl

Weitere Informationen finden Sie auf www.lwf.bayern.de

Vervielfältigung, Verbreitung und Bearbeitung bzw. jede Art der Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts, insbesondere außerhalb des privaten Gebrauchs, ist nur nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers erlaubt.