



Abb. 1: Dieser Harvester kam bei einem der Versuche zum Einsatz.

Foto: M. Jakob

Harvesterverfahren mit Zufällung in der Kiefer

Die HNE Eberswalde und die Universität Göttingen haben in kieferndominierten Beständen die vollmechanisierte Holzernte mit und ohne motormanuellem Zufällen verglichen. Beide Studien kommen zu dem Ergebnis, dass die Holzernteschäden bei 40-m-Rückegassenabstand nicht höher ausfallen als bei 20 m Abstand. Die Holzerntekosten waren mit Zufällen etwas höher.



Wegen der großflächigen Fichtenkalamitäten, stellt die Kiefer mit einer Verbreitung auf 2,4 Mio. ha inzwischen die häufigste Baumart im Bundesgebiet dar [3]. Der Klimawandel beeinträchtigt jedoch auch die Kiefernbestände stark: Laut dem Waldzustandsbericht für Brandenburg [13] weisen aktuell lediglich 19 % der Kiefern keine Schäden auf. Da Dürreereignisse [9] und heiße Tage über 30 °C [20] zunehmen, wird die Wasserspeicherkapazität des Waldes auch für das Überleben der Kiefern immer wichtiger. Diese Fähigkeit des Ökosystems Wald, Wasser aufzunehmen und anschließend

langsam wieder abzugeben, kann in Altersklassenwäldern und Reinbeständen durch verschiedene forstliche Maßnahmen verbessert werden, z. B. durch Erweiterung des Rückegassenabstands (RGA) von 20 m auf 40 m und eine damit einhergehend geringere Inanspruchnahme des Waldbodens zur Befahrung [21].

Der Abstand zwischen Rückegassen (von Gassenmitte zu Gassenmitte) beträgt in den meisten Kiefernbeständen derzeit 20 m. Harvester können so alle zu erntenden Bäume von der Rückegasse aus greifen, fällen und aufarbeiten. Damit werden bei 4 m Gassenbreite 20 % der Bestandesfläche zur Befahrung genutzt.

Um den Boden besser vor Erosion zu schützen und als Wasserspeicher sowie in seinen weiteren Funktionen zu erhalten, wird in Waldbeständen der RGA zunehmend auf ca. 40 m erweitert, meist durch Stilllegung jeder zweiten Rückegasse. Auf Waldflächen mit FSC-Zertifizierung sollen langfristig nur 10 % der produktiven Holzbodenfläche als Rückegasse genutzt werden [5]. Die nach diesem Standard zertifizierte Waldfläche beträgt in Deutschland derzeit 11 % [6], allein in Brandenburg soll der Anteil perspektivisch über 22 % der Landeswaldfläche betreffen [11].

Neben dem Boden- und Erosionsschutz [4] weisen Bestände mit 40-m-RGA



Foto: M. Jakob

Abb. 2: Dieser Ponsse-Forwarder kam bei einem der Versuche zum Einsatz.

höhere Vorräte und Zuwächse auf [21]. Nachteile der Erweiterung des RGA auf 40 m sind, dass die im Hinblick auf die Holzernte nötige motormanuelle Zufällung und evtl. Vorrückung zu einem erhöhten Personal- und Materialbedarf führen und in der Folge zu höheren Holzerntekosten [1; 8; 12; 21], höheren Arbeitsbelastungen sowie verfahrensbedingt zu größerem Unfallrisiko. Insbesondere die motormanuelle Starkholzernte weist aufgrund des in den

**Harvesterverfahren
mit Zufällung kann bei
40 m-Rückegassenabstand
bestandesschonender sein
als bei 20 m Abstand.
Sie sind aber teurer.**

älteren Beständen meist erhöhten Totholzanteils ein hohes Gefahrenpotenzial auf. Zudem werden die verbleibenden Rückegassen durch häufigere Befahrung stärker beansprucht, was die technische Befahrbarkeit beeinträchtigen kann.

Darüber hinaus haben Studien in Fichtenbeständen gezeigt, dass Baumfällungen mit einem Harvester kontrollierter und damit bestandesschonender erfolgen können [7]. Weitere Studien kamen zu dem Ergebnis, dass Harvesterverfahren mit Zufällen bei erweiterten RGA mit und ohne Vorrückung, zu mehr Holzernteschäden führen als eine vollmechanisierte Holzernte [7; 14; 19]. Während Holzernteverfahren bisher häufig in fichtendominierten Beständen untersucht wurden, liegen für Kiefernbestände nur wenige vergleichende Studien mit Blick auf Produktivität, Kosten und Bestandespfleglichkeit vor. Die zwei unabhängig voneinander durchgeführten Projekte – ADAPT-Wald-Holz an der HNE Eberswalde und KiefernStolz an der Universität Göttingen – untersuchten nun mehrere Holzernteverfahren in kiefern-dominierten Waldbeständen bei unterschiedlichen RGA.

Starke Kiefern über Verjüngung

Im Rahmen des durch den Waldklimafonds geförderten Verbundprojektes KiefernStolz (FKZ: 2220WK01), wurden drei Holzernteverfahren (Tab. 1) in einem 120-jährigen Kiefern-Starkholzbestand, mit einem mittleren BHD von 48,3 cm,



Foto: M. Jakob

Abb. 3: Ein Zufäller bringt eine Kiefer mit dem Fällhebel in Richtung Maschine zu Fall

Tab. 1: Varianten der im Projekt KiefernStolz untersuchten Holzernteverfahren in Kiefern-Starkholz über Laubholzverjüngung.

Name	RGA	Fällung	Aufarbeitung	Rücken
VM20	20 m	Harvester		Forwarder
Harvesterverfahren mit motormanuellem Zufällen HZ20	20 m	Motormanuell; Zopfen und Trennschnitt im Bestand für bessere Manipulierbarkeit	Harvester	Forwarder
Harvesterverfahren mit motormanuellem Zufällen HZ40	40 m	Motormanuell; Zopfen und Trennschnitt nur bei Erreichbarkeit aller Teilstücke durch den Harvester	Harvester	Forwarder

einer mittleren Höhe von 30 m und einem Einzelbaumvolumen von durchschnittlich 2,2 Vfm, auf einer Fläche von 5,1 ha untersucht. Dabei galt es, den vor rund 30 Jahren gepflanzten, an die Kiefernkronen reichenden Laubholz-Zwischenstand besonders zu schonen, weshalb die Kiefern mit ihren Kronen möglichst auf die Rückegassen gefällt werden sollten. Die Schäden am Zwischenstand wurden nach den Holzernntemaßnahmen mittels Stichprobenzählung in zwei Probekreisen je Zwischenblock

á 500 m² ermittelt, während die Schäden an den verbliebenen Kiefer-Überhältern per Vollaufnahme erfasst wurden.

Die Produktivität der Verfahren (Abb. 4) wurde stark durch das Stückvolumen geprägt. Auch deshalb zeigte der Harvester in der Variante VM20 eine hohe Produktivität. Die höchste Produktivität des Harvesters von 40 Efm/Std. beim HZ40 könnte sich hingegen daraus ergeben haben, dass die Kiefern in dieser Variante bereits gefällt und gezopft, oftmals

jedoch als baumfallende Längen belassen wurden, sodass der Harvester den gesamten liegenden Stamm greifen und zügig aufarbeiten konnte.

Im Vergleich dazu musste der Harvester bei HZ20 jeden der durch Trennschnitte ausgeformten Stammabschnitte separat greifen. Die Produktivität der beiden Forstwirte-Teams ist nur geringfügig unterschiedlich. Obwohl die Forstwirte beim HZ20 häufiger Trennschnitte durchführten, profitierten sie von einfacheren Fällbedingungen aufgrund der nahe gelegenen Rückegassen. Dahingegen waren beim HZ40 die Fällungen deutlich anspruchsvoller, die Produktivität war aber dennoch vergleichbar mit Werten aus der Literatur [2; 10]. Die Leistung des Forwarders wurde nach der Aufarbeitung durch den Harvester gesamthaft und nicht nach Verfahrensvarianten differenziert erhoben. Da sich die Bedingungen für diesen Verfahrensschritt prinzipiell nicht unterschieden, hat es sich angeboten, die Produktivität über die Verfahrensvarianten zu mitteln; diese lag im Schnitt bei 23,8 Efm/Std.

Die Ergebnisse der Untersuchung zur Bestandespfleglichkeit, dargestellt in Abb. 5, deuten mit Blick auf den Laubholz-Unterstand auf eine höhere Pfleglichkeit der Verfahren mit motormanuellem Zufällen hin. Obwohl auch die Fällungen des Harvesters in VM20 zur Rückegasse erfolgten, ging die hohe Produktivität in dieser Variante offenbar zulasten der Schonung des verbleibenden Bestandes. Eine Analyse der Fällrichtungen beim motormanuellen Zufällen zeigt, dass bei HZ20 die Kiefernkrone meist auf angrenzende Rückegassen gefällt werden konnte. Bei HZ40 mussten hingegen Kiefern teilweise entgegen der natürlichen Baumneigung oder orthogonal, über einen ganzen Zwischenblock hinweg, mit der Krone zur übernächsten Rückegasse gefällt werden. Die Folge davon waren vermutlich die höheren Bestandesschäden im Vergleich dieser beiden Varianten.

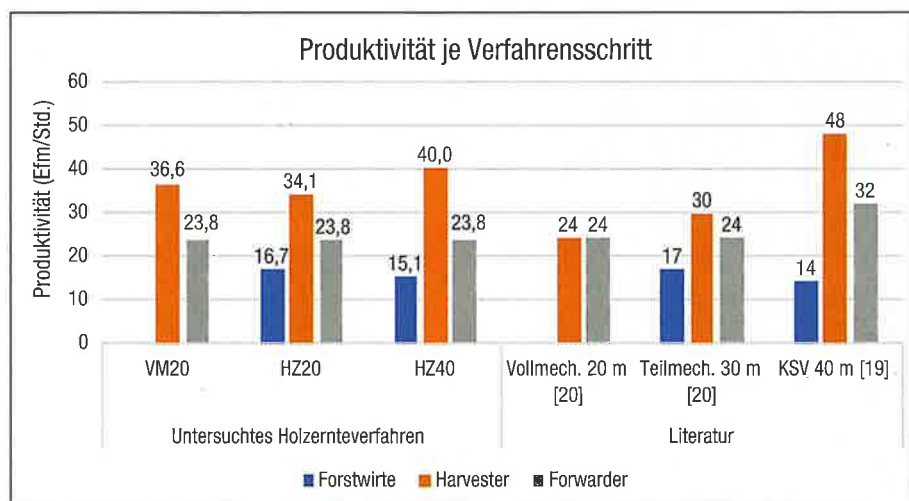


Abb. 4: Produktivität (Efm/Std.) je Verfahrensschritt in den untersuchten Holzernteverfahren in Kiefern-Starkholz über Laubholzverjüngung sowie in der Literatur. KSV = Königsbronner Starkholzverfahren.

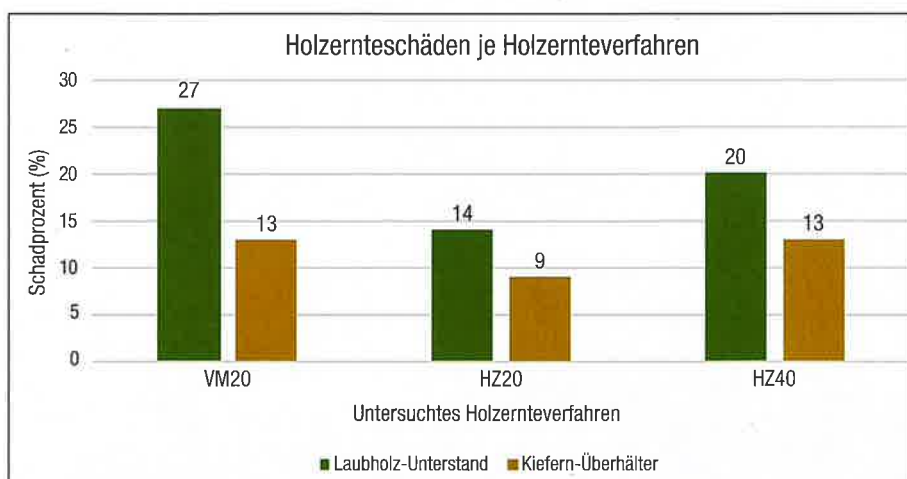


Abb. 5: Schadprozent je Holzernteverfahren und Bestandesschicht in Kiefern-Starkholz über Laubholzverjüngung.

Mittelstarke Kiefern ohne Voranbau

In der Studie im Rahmen des Projekts ADAPT-Wald-Holz (FKZ: 033L301A, www.wald-reallabor.de) wurden vier Holzernteverfahren (Tab. 2) in der Durchforstung eines Kiefernbestandes ohne Voranbau mit einer Einschlagsmenge von 30 Efm/ha untersucht. Der Bestand war ein 23,2 ha großer, 72-jähriger Kiefernreinbestand, mit einem Bestockungsgrad von 1,0, einer mittleren Höhe von 23,1 m, einem mittleren BHD von 28,9 cm, einem Vorrat von 400 Vfm/ha und einem durch den Harvester aufgearbeiteten Stückvo-



Abb. 6: Bei der Variante HZ hat der Harvester die zugefällten, mittelstarken Kiefernstämmе vom Zopf her aufgearbeitet.



Abb. 7: Rindenschaden beim Harvestereinsatz im mittelstarken Kiefernbestand ohne Voranbau

lumen des ausscheidenden Bestandes von 0,4 Efm. Die Produktivität des Harvesters stieg mit abnehmender Anzahl der Harvester-Durchgänge von 13,9 auf 16,0 Efm/Std. Beim Harvesterverfahren mit Zufällung vor dem Harvester und nur einem Harvesterdurchgang (ZH¹) war die Produktivität des Harvesters sogar höher als in der vollmechanisierten Variante HV. Zudem war in allen drei untersuchten Verfahren mit 40-m-RGA die Produktivität des Forwarders höher als bei 20-m-RGA. Andererseits stiegen, trotz gesteigerter Maschinenproduktivitäten durch die Erweiterung

der RGA, auch die Holzertekosten bei 40-m-RGA (Abb. 9). Die Schadprozentе der untersuchten Verfahren lagen zwischen 5,3 % bei ZH¹ und 9,5 % im vollmechanisierten Verfahren HV. Die Schadprozentе in HZ² und HZ³ lagen bei 5,7 % und 7,2 %, respektive. Das höhere Schadprozent im vollmechanisierten Verfahren HV ist einerseits auf die höhere Holzertemenge [17] und andererseits auf die insgesamt geringere Entfernung zur Rückegasse zurückzuführen. Es wurde deutlich, dass die Anzahl geschädigter Bäume mit der Entfernung zur Rückegasse zusam-

menhängt: mit steigendem Abstand zur Rückegasse sinkt die Anzahl geschädigter Bäume, was auch andere Studien bestätigen [7; 15; 16; 18]. Durchschnittlich lag die Entfernung eines frisch geschädigten Baumes zum Rückegassenrand bei 6,7 m. Unterschiede zwischen den Holzerteverfahren waren nicht signifikant.

Folgerungen

Entgegen den Hypothesen und den Ergebnissen anderer Studien, zeigten beide Untersuchungen keine vermehrten Holz-

Anzeige

KR PAN[®]

verlässlich **stärker**

Jetzt auch in der beliebten 5,5-Tonnen-Klasse erhältlich!

6 DH PRO

GETRIEBESEILWINDEN MIT KONSTANTER ZUGKRAFT

Konstante Zugkraft, Präzision und volle Kontrolle bei der Holzbringung im schwierigsten Gelände.

RASANTER SCHNITT, KRAFTVOLL GESPALTEN.

Sägespaltautomat mit Kreissägeblatt **KR PAN CSKZ 4218 H | PRO**

AUBER

PRÄZISE

INTELLIGENT

SCHNELL

KOMBINIERBAR

MODULAR

WARTUNGSARM

EFFIZIENT

SMART

NEU

QR-Code scannen und Video ansehen

3S SYSTEM

www.vitli-krpan.com

Live-Vorführung

FORST
live

Erleben Sie die FORSTlive vom 27. bis 29. März 2026, und besuchen Sie uns am Stand der Agrom.

Wir freuen uns auf Sie!



Foto: M. Jakob

Abb. 8: Fahrspur im Versuchsbestand

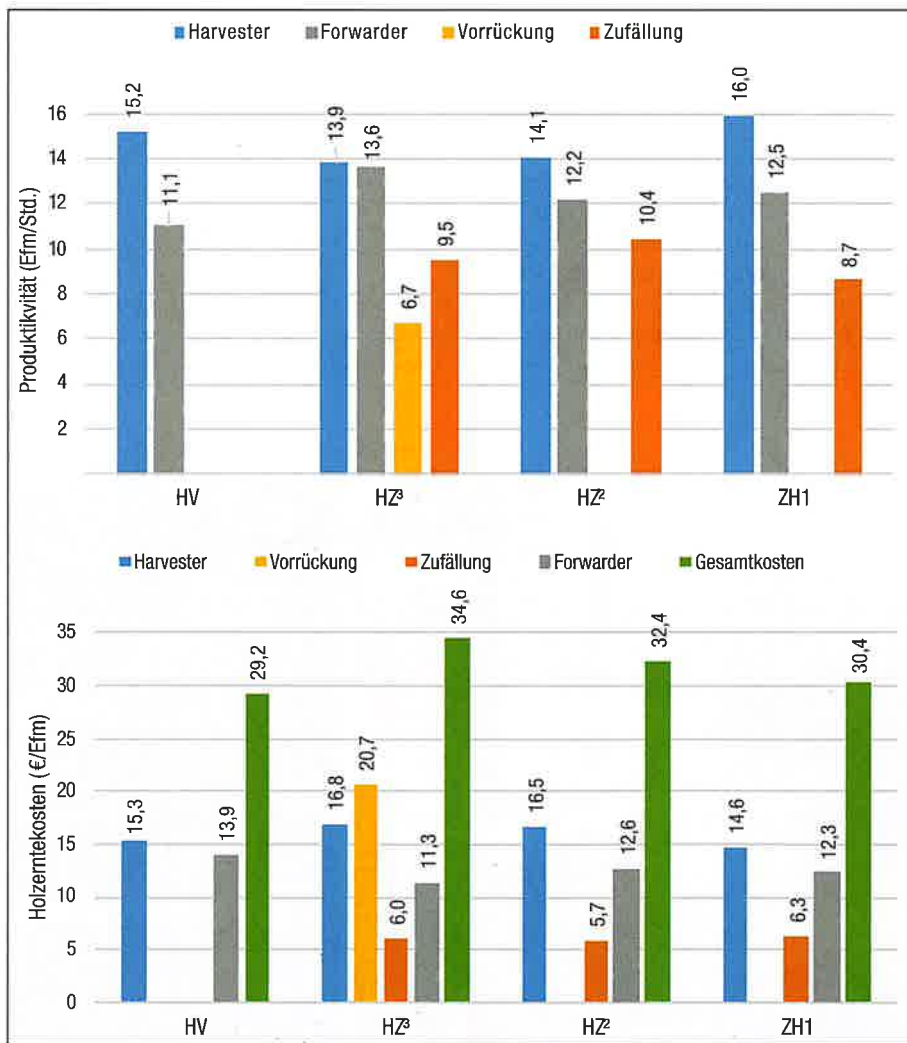
ernteschäden bei Harvesterverfahren mit Zufällung. Beim Vergleich mit anderen Studien ist aber zu beachten, dass sich die hier untersuchten Bestände und Holzernterverfahren teils deutlich von den Bedingungen anderer Studien unterscheiden.

Im Starkholzversuch mit Zwischenstand ist der Anteil beschädigter Bäume – auch wegen des Schirmhiebtes mit wenig verbleibenden Bäumen – mit 9 bis 13 % erwartungsgemäß höher als in der Durchforstungsmaßnahme mit 5 bis 9 %. Beide Studien haben zudem gezeigt, dass die Produktivitäten von Harvester und Forwarder bei erweiterten RGA und Zufällung höher ausfallen können als bei vollmechanisierten Verfahren mit 20 m RGA.

Die ausführlichen Ergebnisse der Studien finden Sie unter: <https://doi.org/10.5552/crojfe.2026.4081> und unter <https://t1p.de/l9l56>.

Literatur

- [1] Berendt F, Fortin M, Suchomel C, Schweier J (2018): Productivity, Costs, and Selected Environmental Impacts of Remote-Controlled Mini Forestry Crawlers. *Forests* 9, 591 [2] Brieger F, Goedecke A, Sauter F (2018): Neue Entwicklungen bei der Nadelstarkholzernte: Königsbronner Starkholzverfahren (KSV). *FVA-Einblick* 22, 11–16 [3] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2024): Der Wald in Deutschland, Ausgewählte Ergebnisse der vierten Bundeswaldinventur, Bericht *Forests in Germany*, Bonn [4] Cambi M, Certini G, Neri F, Marchi E (2015): The impact of heavy traffic on forest soils: A review. *Forest Ecology and Management* 338, 124–138 [5] Forest Stewardship Council Deutschland (2024): Deutscher FSC-standard: version 3-1, Freiburg [6] Forest Stewardship Council Deutschland (2024): Zahlen und Fakten, die FSC-Waldkarte, Internetdokument. <https://www.fsc-deutschland.de/wald/zahlen-und-fakten/>, 17.01.2025 [7] Frutig F, Thees O, Ammann P, Lüscher P, Rotach P (2016): Holzerntekosten und Mindererlöse bei verschiedenen Rückegassenabständen in Fichtenbeständen *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 167, 64–72 [8] Hennek M (2022): Der Einfluss des Rückegassenabstandes auf die Wertentwicklung von Waldbeständen, Dissertation, TU Dresden [9] Intergovernmental Panel on Climate Change (2023): Synthesis report of the IPCC sixth assessment report (AR6), Geneva, Switzerland [10] Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V (Hrsg) (2016) : *Wälder - Menschen - Märkte*, Forstwirtschaft nutzt natürlich - Tagungsführer zur 17. KWF-Tagung 2016 in Roding [11] Landesbetrieb Forst Brandenburg (2023): Erweiterung FSC-Flächen, Internetdokument. <https://forst.brandenburg.de/ifb/de/erweiterung-fsc-flaechen/>, 17.08.2023 [12] Mederski PS, Venanzi R, Bembenek M, Karaszewski Z, Rosińska M, Pilarek Z, Luchenti I, Surus M (2018): Designing Thinning Operations in 2nd Age Class Pine Stands—Economic



Grafik: M. Jakob

Abb. 9: Oben: Produktivität pro Arbeitsstunde inkl. Unterbrechungen bis 15 min (PMH15) in mittelstarken Kiefern ohne Voranbau; unten: Holzerntekosten pro Efm für die Verfahren insgesamt in grün und für die einzelnen Arbeitsschritte pro Efm der durch die Arbeitsschritte bearbeiteten Holzmenge in mittelstarken Kiefern ohne Voranbau.

Tab. 2: Varianten der im Projekt ADAPT-Wald-Holz untersuchten Holzernterverfahren in mittelstarken Kiefern ohne Voranbau.

Name	RGA	Fällung	Harvester-durchfahrten	Vorrückung	Rückung
HV	20 m	Harvester, vollmechanisierte Holzerte ohne Zufällung	1	Ohne	Forwarder
HZ ³	40 m	Zuerst Harvester, dann motormanuelle Zufällung im Zwischenblock	3	Nach 2. Harvesterdurchgang mit Weite W130	Forwarder
HZ ²	40 m	Zuerst Harvester, dann motormanuelle Zufällung im Zwischenblock	2	Ohne	Forwarder
ZH ¹	40 m	Zuerst motormanuelle Zufällung im Zwischenblock, dann Harvester	1	Ohne	Forwarder

and Environmental Implications. Forests 9, 335 [13] Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (2024): Waldzustandsbericht 2024 des Landes Brandenburg, Potsdam [14] Morat J, Forbrig A, Graupner J (1998): Holzernterverfahren - vergleichende Erhebung und Beurteilung der Holzernterverfahren in der Bundesrepublik Deutschland. KWF, Groß-Umstadt [15] Nakou A, Sauter UH, Kohnle U (2016): Improved models of harvest-induced bark damage. Annals of Forest Science 73, 233–246 [16] Nill M (2011): Rindenschäden

durch Holzernte in Baden-Württemberg: Ursachen und Prognose, Eigenverlag der FVA, Freiburg [17] Nyland RD (1986): Logging damage during thinning in even-aged hardwood stands. Proceedings of the Guidelines for Managing Immature Appalachian Hardwood Stands, West Virginia University, Morgantown, WV, USA, 28–30 [18] Picchio R, Mederski PS, Tavankar F (2020): How and How Much, Do Harvesting Activities Affect Forest Soil, Regeneration and Stands? Curr Forestry Rep 6, 115–128 [19] Sauter UH, Busmann C

(1994): Bestandesschäden bei der Durchforstung von Fichtenbeständen mit Kranvollerntern unter Berücksichtigung unterschiedlicher Rückegassenabstände, Forsttechnische Informationen, 137–141 [20] Umweltbundesamt (2024): Indikator: Heiße Tage, Internetdokument. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-heisse-tage#die-wichtigsten-fakten>, 03.03.2025 [21] Wächter M (2021): Rentabilitätsanalyse unterschiedlicher Feinerschließungsoptionen und ökonomische Simulation verschiedener Befahrungseffekte am Beispiel der Fichte in Sachsen, Dissertation

Maximilian Jakob, Marius Kopetzky, Dirk Jaeger, Tobias Cremert, Ferréol Berendt

Marius Kopetzky ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnologie der Georg-August-Universität Göttingen. Prof. Dr. Dirk Jaeger leitet die Professur dieser Abteilung. Maximilian Jakob ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsprojekt Adapt-Wald-Holz an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNE). Dr. Ferréol Berendt ist dort Projektkoordinator und Nachwuchsgruppenleitung dieses Projektes. Prof. Dr. Tobias Cremert ist Inhaber der Professur für Forstnutzung und Holzmarkt an der HNE.

Anzeige





FORST³

**Messe für Wald,
Forst und Holz**

www.forst3.de

27.-29. MÄRZ 2026

GUTSCHEIN



REITEN
JAGEN
FISCHEN

Messe für Freizeit in der Natur
www.reiten-jagen-fischen.de

Eintritt nur ~~15,00 €~~ **11,00 €**



Gegen Vorlage dieses Gutscheins an der Tageskasse zahlen Sie einen ermäßigten Preis von 11,00 € (statt 15,00 €).