

FTi

MITGLIEDERZEITSCHRIFT DES KWF

FORSTTECHNISCHE INFORMATIONEN



Forstwirtschaft erleben!

Schwerpunktheft zur 18. KWF-Tagung 2024 Schwarzenborn, Hessen

Die Partner der 18. KWF-Tagung:



Gefördert durch:



Schriftleitung:
Anngritt Böhle (KWF e.V.)
Anja Henrich (KWF e.V.)
Katja Büchler (KWF e.V.)
Andrea Hauck (KWF e.V.)
Sigrun Bönold (Die Werkstatt Medien-Produktion GmbH)

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Liebe Tagungsbesucherinnen und -besucher, liebe Ausstellerinnen und Aussteller, liebe KWF-Mitglieder,

herzlich willkommen zur 18. KWF-Tagung. Jede KWF-Tagung ist etwas ganz besonderes – dennoch möchte ich behaupten, dass noch keine so besonders war wie diese 18. KWF-Tagung im hessischen Schwarzenborn. Noch keine Tagung wurde geplant, verschoben und dann unter sich ständig verändernden Hygienevorschriften – wegen Corona – und weiteren Vorgaben wieder geplant, wieder geändert. Umso stolzer macht es uns, das gesamte KWF-Messteam, dass wir nun heute hier auf dem Messegelände stehen und die weltgrößte forstliche Fachveranstaltung eröffnen können.

Auf einer Fläche von über 120 Hektar präsentieren sich rund 500 Aussteller aus 23 Ländern. Die Entferntesten kommen aus Japan und den USA. Alle großen internationalen Marken sind selbst als Aussteller hier vertreten.



Foto: KWF

Traditionell wird die Tagung wieder aus 3 Teilen, der Expo, dem wissenschaftlichen Kongress und der Exkursion bestehen. 4 Sonderschauen zu hochaktuellen Themen runden das Programm ab.

Nach wie vor zählt die Waldarbeit zu den gefährlichsten Arbeitsbereichen. Für die Bewältigung der vorangegangenen Kalamitäten, dem Umgang mit den sich wandelnden Umweltbedingungen und dem Aufbau resilienterer Wälder braucht es innovative Ideen, frische Köpfe und ausgeklügelte, bestandesangepasste Technik. All das können Sie hier auf unserem Tagungsgelände finden.

Wir zeigen Ihnen nicht nur die neuesten Methoden und Verfahren und den aktuellen Stand der Technik, sondern auch Innovationen und Visionen für die Zukunft der nachhaltigen Forstwirtschaft.

Es ist unser forstliches Selbstverständnis, die forstliche Bewirtschaftung und Nutzung unserer Wälder schonend und mit Blick auf das Gesamtökosystem Wald umzusetzen.

Der anwendungsbezogenen Wissensvermittlung dazu dient der Fachkongress mit seinen Fachvorträgen und Diskussionsforen. Bei der Fachexkursion können Sie 33 komplette Arbeitsverfahren im Praxisbetrieb sehen, diskutieren oder auch die Kosten und Leistungen hinterfragen.

Ein besonderes Schlaglicht wird am 20. Juni 2024 auf das Thema „Ressource Holz – Verfügbarkeit im Hinblick auf die große Transformation“ geworfen. Spitzenvertreter der Verbände aus Forst- und Holzwirtschaft und namhafte Forstwissenschaftlerinnen und Forstwissenschaftler werden mit Vertretern aus der Politik diskutieren.

Möglich machen konnten wir dies nur mit der Unterstützung zahlreicher Partner aus dem gesamten deutschsprachigen Raum, bei denen ich mich hiermit ausdrücklich und herzlich bedanken möchte.

Nun freue ich mich auf viele Begegnungen mit Ihnen und eine unvergessliche KWF-Tagung 2024.

Ihr Heinz-Werner Streletzki
KWF- Vorstandsvorsitzender



Die FTI ist PEFC-zertifiziert, d.h. die Zeitschrift stammt aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern und kontrollierten Quellen. www.pefc.de

Titelbild:
Christian Mühlhausen, Landpixel
Peter Harbauer, KWF GmbH

INHALT

PARTNER UND FÖRDERUNG	2
EDITORIAL	3
GRUSSWORTE	6
DIE KWF-EXPO	8
DIE KWF 2024 APP	9
ÜBERSICHTSPLAN EXPO	10
18. KWF-FACHKONGRESS	12
DIE ZUKUNFTSWERKSTATT	14
SONDERSCHAU „CAMPUS FORST“	16
SONDERSCHAU „FOLLOW THE TIMBER“	18
SONDERSCHAU „INTEGRIERTES WALDBRANDMANAGEMENT“	21
SONDERSCHAU „WÄLDER - INSEKTEN - SCHÄDEN“	23
AUSSTELLERVERZEICHNIS	23
FACHEXKURSION	
Die Fachexkursion der 18. KWF-Tagung 2024 in Schwarzenborn	34
Kalkulationsgrundlagen der Arbeitsverfahren	36
Plan des Exkursionsgebiets.	38
1. Flächenvorbereitung und Bestandesbegründung	39
1.1 Flächen- und Bodenvorbereitung mit dem „Silvafix“ in den Niedersächsischen Landesforsten	39
1.2 Gassengebundene Herstellung von Pflanzplätzen/Waldsaaten	41
1.3 Schneisengebundene Bodenvorarbeiten mit Kettenbagger und Fräsaggregat KEMROC EK-40F	44
1.4 Pflanzlogistik mit dem Depotverfahren	46
1.5 Verjüngungstechniken mit funkferngesteuerter Kleinraupe	49
1.7 Containervielfalt und mögliche Pflanzverfahren	53
1.8 Mechanisierte Wiederbewaldung von Großkalamitätsflächen unter Qualitätsgesichtspunkten	55
2. Jungwuchs-/Jungbestandspflege	57
2.1 Niedersächsische Kulturpflegetechnik - NKT	57
2.2 Münchehofer Wertastungstechnik - MWT	59
2.3 Wertastung und erste Positivläuterung mit Akkuschere und Spacer - Waldbauliche Chancen bzw. Einsatzmöglichkeiten und technische Umsetzung	61
2.4 Waldbau trifft Handwerk - Das „hessische Modell“ in der Jungwuchs- und Jungbestandspflege - Die Kombination von Waldbau, Handwerk, modernen Verfahren, Arbeitstechniken und Geräten	66
2.5 Sicherheit und Schnittleistung diverser Werkzeuge am Freischneider	71
3. Holzernte	72
3.1 Umsetzung der Richtlinie zu Nährstoffnachhaltigkeit in Rheinland-Pfalz	72

Besuchen Sie die Schadholtarena!	76
3.2 a Forstbetriebsarbeiten in totholzreichen Beständen: Gefährdungsbeurteilung und Ableitung von Maßnahmen	77
3.2 b Personen-Notsignal-Anlagen (PNA) zur Absicherung von gefährlichen Waldarbeiten oder allein im Wald arbeitenden Personen	78
3.2 c Schutzmöglichkeiten bei Forstbetriebsarbeiten im Zusammenhang mit Totholz	79
3.3 Einsatz funkferngesteuerter Fällkeile im Schadholt – Abgesicherte Fälltechnik mit Fällzirkel und Fällfahne	80
3.4 Techniken und Verfahren für die sichere motormanuelle Fällung von geschädigten (Laub-) Bäumen	87
3.4 a Die Baum- und Umgebungsbeurteilung im Schadholt – Der Blick auf die Details	87
3.4 b Baumpilze und Holzersetzung an der Buche	90
3.4 c Seilunterstützte Fällung von Schadholt – Mit Leichtigkeit, hoch hinaus	91
3.6 Rindenschlitzen – motormanuelle Entrindung mit Motorsägenanbaugerät	94
3.7 Debarking Heads in der Praxis: Nährstoffe – Waldschutz – Logistik	96
3.8 Einsatzspektrum Rückepferde – Möglichkeiten und Grenzen für einen effizienten, pfleglichen und zeitgemäßen Einsatz von Rückepferden in der teilmechanisierten Holzernte	100
3.9 Forstliche Verfahren auf dem Prüfstand – Praxisversuche zum Bodenschutz bei der Waldbewirtschaftung	106
3.10 Rostocker Horizontalseilkraneverfahren	110
3.11 Datenübertragung Büro – Harvester – Forwarder – Büro	114
3.13 Von der digitalen Forsteinrichtung zum präzisen Gassenauflchluss mit dem Harvester	116
4. Sonderthemen	118
4.1 Forstlicher Innovationsstandort Thüringen	118
4.1 a INTELLIWAY – Intelligente Wege – Condition Monitoring und Predictive Maintenance für Forstwege	118
4.1 b CONTURA	121
4.1 c ForestSatCert	124
4.2 Digitalisierung der Feinerschließung – Projekt Gasse 2.0-3.0 – Praktische Lösungsansätze zur Digitalisierung von Gassensystemen	125
4.3 Passive Exoskelette bei forstbetrieblichen Arbeiten	128
4.5 Holzernte- sowie Wegebauverfahren unter Einbezug der Wasserrückhaltung	130
4.6 Klettersitz als Steuerungsinstrument der Wiederbewaldung	132
4.7 Sprengtechnik in der Forstwirtschaft	134
4.7 a Anlage von Feuchtbiotopen mittels Sprengtechnik – Herstellen von Wasserflächen als Biotope zur Verbesserung des Gesamtlebensraums Wald	134
4.7 b Fällung von Problembäumen mittels Sprengtechnik	136
4.8 Klimaangepasste Baumartenwahl	139
4.9 Marteloskope als Innovative Lern- und Übungsflächen	142
4.10 Bodenverfestigung in Anlehnung an eine hydraulisch gebundene Tragdeckschicht im land- und forstwirtschaftlichen Wegebau	143
Die vorgestellten Verfahren aus Sicht der PEFC-Waldzertifizierung	145
Die vorgestellten Verfahren aus Sicht des FSC-Standards	148





Winfried Becker, Landrat; Jürgen Kaufmann, Erster Kreisbeigeordneter Schwalm-Eder-Kreis



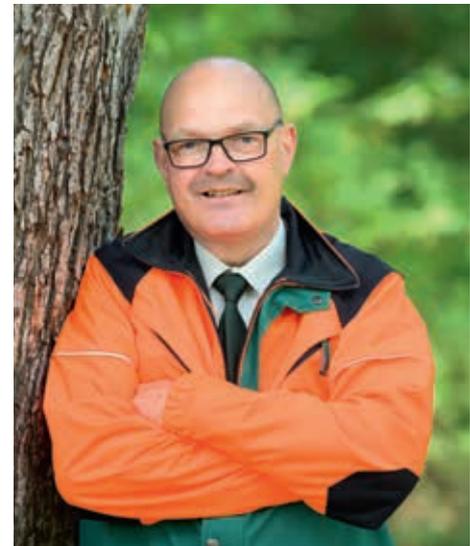
Michael Gerst
Landesbetriebsleiter HessenForst



Florian Peter Koch
Forstamtsleitung Neukirchen



Jürgen Liebermann
Bürgermeister der Stadt Schwarzenborn



Peter Mann
Bundesanstalt für Immobilienaufgaben,
Bundesforstbetrieb Schwarzenborn



Britta Schlett und Dr. Jürgen Munz
Sprecherin und Sprecher des Firmenbeirates



Carsten Wilke
Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und
Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat



Sebastian Hagen
Oberstleutnant



Staatsminister Ingmar Jung
Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und
Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat



Bürgermeister Marian Knauff
Stadt Neukirchen



Copyright: bmel Photothek

Parlamentarische Staatssekretärin Claudia Müller, MdB
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft



Georg Schirmbeck
Präsident Deutscher Forstwirtschaftsrat e.V. (DFWR)



Foto: BImA

Burkhard Schneider
Leiter Bundesforst



Boris Rhein
Ministerpräsident Hessen

Liebe Leserinnen und Leser der FTI,

Dankenswerterweise konnten wir die abgebildeten Persönlichkeiten dafür gewinnen, uns einige Worte zur Tagung zu schreiben.

Die ausführlichen Grußworte finden Sie unter:
<https://kwf-tagung.net/grussworte/>

Wir bedanken uns herzlichst bei allen Beteiligten und wünschen viel Freude beim Lesen!



Die EXPO der 18. KWF-Tagung Forstwirtschaft erleben

Jochen Grünberger, Theresa Stute, KWF GmbH

Moderne Forstwirtschaft ist heute ohne eine Vielzahl von unterschiedlichen Produkten, von praktischen und effizienten Geräten und Werkzeugen, über effektive Schutzausrüstung und digitale Prozesse, bis hin zu aktueller Forsttechnik nicht mehr denkbar und auch vielfältig sind die Wünsche und Erwartungen an unseren Wald. Und dies nicht nur wegen der für den Waldbesitzenden notwendigen Wirtschaftlichkeit, sondern auch im Hinblick auf eine bestands-, boden- und naturschonende Nutzung der Wälder für unsere nachfolgenden Generationen.

Alles, was in der Forstwirtschaft an Produkten und Dienstleistungen gebraucht und angeboten wird, gibt es auf der KWF-EXPO zu sehen und zu erleben. Vielmals sogar im Einsatz auf den Demo-

flächen. Forstwirtschaft erleben eben.

Rund 500 ausstellende Firmen aus mindestens 23 Ländern nehmen an der diesjährigen KWF-Tagung teil und sind auf den über 120 ha der EXPO-Fläche zu finden. Diese Fläche beinhaltet Waldflächen, ehemalige Waldflächen und Freiflächen auf Wiesen.

Vom 19. - 22.06.2024 haben sie täglich von 9:00 - 18:00 Uhr ihre Stände für Sie geöffnet und bieten Beratung zu ihren Produkten und Leistungen.

Die EXPO der 18. KWF-Tagung hat einen Rundweg von fast 5,5 Kilometern. Das sind 11.000 Meter Front. Das klingt nach viel? Aber sicher! Allerdings: Gemessen an diesen Zahlen ist diese EXPO die kompakteste seit über 16 Jahren. Seit langen gab es keine so dicht gefüllte Veranstaltungsfläche, was

sie zu einem Garant für viel Abwechslung und hohen fachlichen Input in möglichst angenehmer Geh-Entfernung macht. Es ist nicht ausgeschlossen, die EXPO an einem Tag vollständig zu erkunden und es bei Bedarf ein zweites Mal an besonders interessante Punkte zu schaffen. Wer viele zweite Punkte anstrebt und/ oder auch noch die Exkursion erleben will, sollte sich eine Übernachtung einplanen.

Auf einer so langen Strecke darf es natürlich nicht am Nötigsten fehlen: 7 Cateringstandorte und 6 Standorte mit Toiletten finden Sie entlang des Rundwegs.

Insgesamt gelangen Sie über drei Eingänge auf die Veranstaltung. Einer im Norden und einer im Westen für die individuell Anreisenden und ein weiterer im Süden für die, die sich zu Reise-



gruppen zusammengefunden haben und gemeinsam anreisen. In Verbindung mit den zwei Parkplätzen sind die Voraussetzungen für eine reibungslose Anreise und eine sehr gute Erreichbarkeit des Rundweges geschaffen.

Für den Rundweg ist es zudem egal, zu welchem Eingang Sie hereinkommen: Dieses Mal hat die EXPO einen klassischen Rundweg. Hält man sich an diesen, kommt man schlussendlich wieder dort heraus wo man gestartet ist und findet so auch problemlos zu seinem Fahrzeug zurück.

Ebenfalls über den Rundweg automatisch zu erreichen sind unsere drei Ausstellerzelte, zusammen über 2000 qm groß, in denen sich über 60 Firmen und Institutionen versammeln und uns Einblick in ihre Produkte, Dienstleistungen und Lösungen geben.

Vervollständigt wird die EXPO durch 4 Sonderschauen, einen Kongress und eine Zukunftswerkstatt, die über die vollen vier Tage Programm haben werden. Deren Programmen finden Sie natürlich auch in diesem KWF-Tagungsführer.

Hinzu kommen forstliche Wettbewerbe, Hauptversammlungen und etliche Preisverleihungen.

Die EXPO der 18. KWF-Tagung ist, zusammen mit der Exkursion und dem Kongress, das forstfachliche Highlight des Jahres 2024!

Jeder in der Forstwirtschaft kennt doch wen, der schon mal auf einer KWF-Tagung war und noch immer davon erzählen kann, was dort richtig gut gefallen hat - Forstwirtschaft erleben eben.



App zur 18. KWF-Tagung verfügbar

Anngritt Böhle, KWF e.V.

Ab sofort ist die kostenfreie Tagungsapp verfügbar. Sie bietet zahlreiche Optionen, um den Besuch in Schwarzenborn im Vorfeld individuell zu planen oder auch um sich vor Ort zu orientieren. So steht beispielsweise das komplette Ausstellerverzeichnis inklusive Firmenbeschreibungen, Warengruppen und Standnummern zur Verfügung. Neben Informationen zu den einzelnen Ausstellern beinhaltet die App unter anderem die Zeitpläne zu Fachkongress und Zukunftswerkstatt sowie alle wichtigen Termine des Rahmenprogramms. Besucherinnen und Besucher können die für sie interessanten Programmpunkte und Termine markieren und für sich in Favoritenlisten zusammenstellen. Die interaktiven Geländekarten sorgen durch Anzeigen des

eigenen Standorts jederzeit für Orientierung auf den Flächen der KWF-Expo und der Fachexkursion. Imbiss- und Toilettenstandorte sind ebenfalls auf den Karten zu finden. Tagesaktuelle Informationen werden während des Tagungsbesuchs per Push-Nachricht versendet. So ist man jederzeit umfassend informiert.

Die App ist im App Store für iOS (Apple) und im Google Play Store für Android unter dem Suchbegriff „KWF 2024 App“ erhältlich.

App Store (iOS):

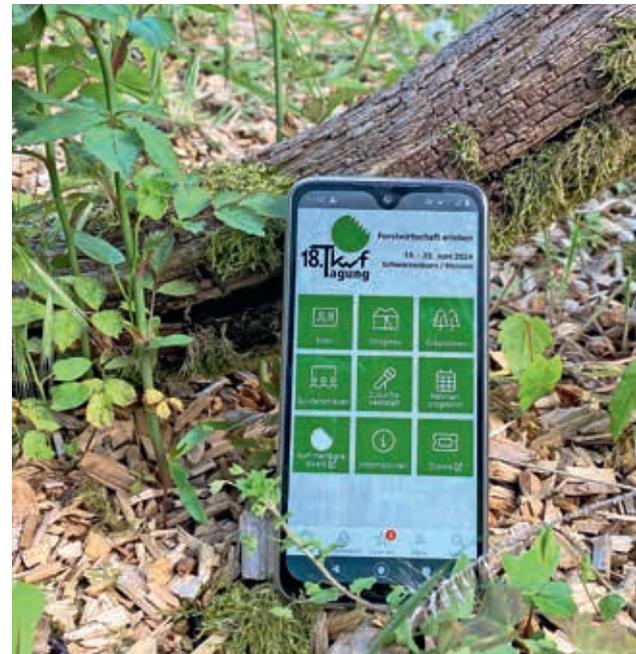
<https://apps.apple.com/de/app/kwf-2024-app/id6499521795>

Google Play (Android):

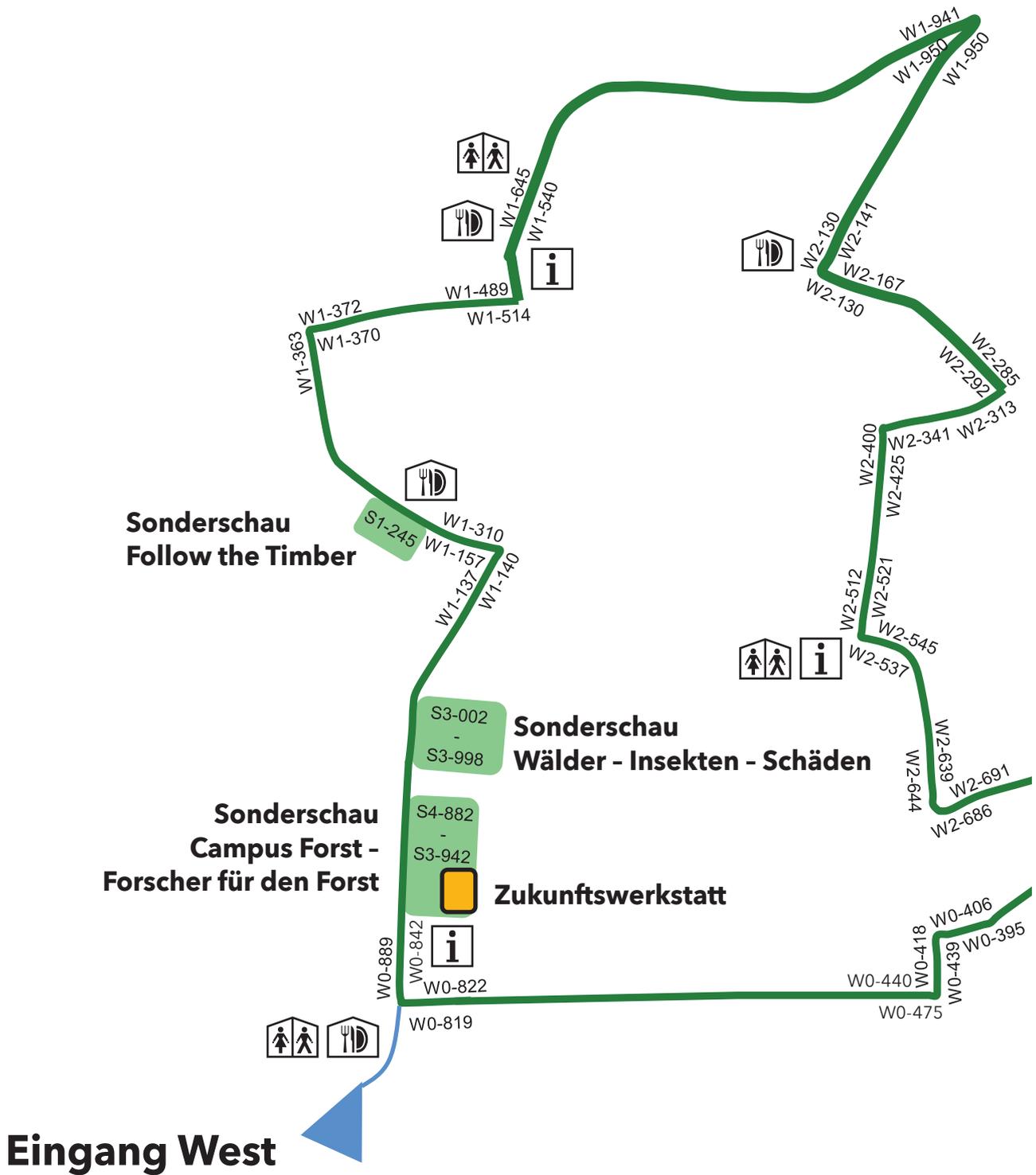
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.eyed.kwf&hl=de>

Weitere Informationen rund um die Tagungs-App unter:

<https://kwf-tagung.net/ausstellerverzeichnis-und-app/>



KWF - Expo Gelände 2024



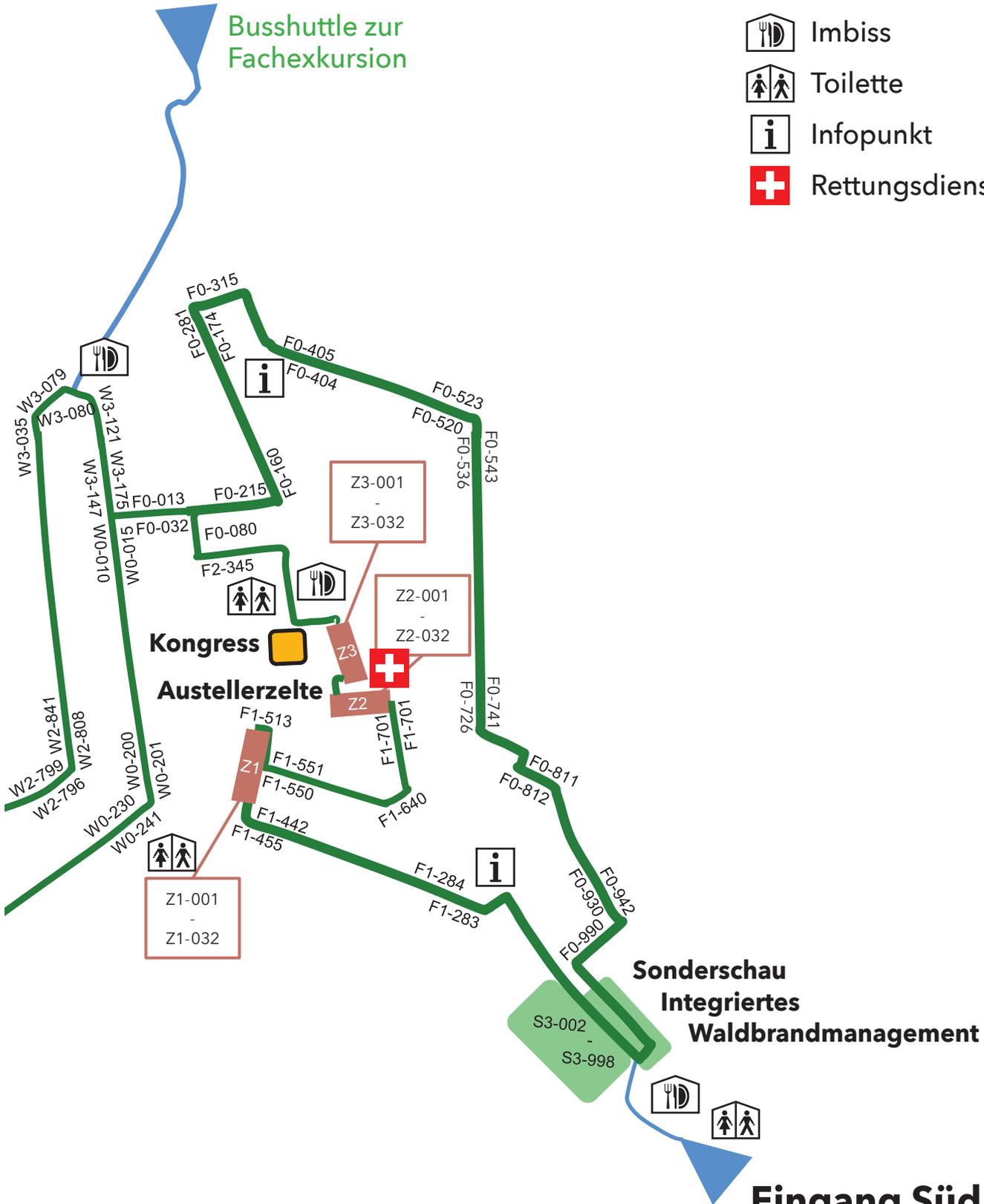
P Süd

P Nord

Eingang Nord

Busshuttle zur
Fachexkursion

-  Imbiss
-  Toilette
-  Infopunkt
-  Rettungsdienst



Eingang Süd

Eingang Reisebusse

18. KWF-Fachkongress vom 19. - 22.6.2024

Bernd Heinrich, Alexander Kaulen, Andrea Teutenberg, KWF e.V.

Wie immer wird der Fachkongress die Themen der 18. KWF-Tagung mit aktuellem, wissenschaftlichen Input begleiten. Auch im Kongress liegt der wesentliche Fokus darauf, den Teilnehmenden Wissen mit direktem Anwendungsbezug zu vermitteln. Zudem weisen viele Inhalte des Kongresses Verlinkungen zu Themen der Exkursion und der Sonderschauen auf, ergänzen diese und runden somit das Gesamtprogramm ab.

Im Wesentlichen teilt sich der Kongress in folgende Themenkomplexe auf:

- **„Wald und Gesellschaft“**, inhaltlich verantwortlich Dr. Andrea Teutenberg, Leitung Fachressort Arbeitssicherheit und Qualifizierung
- **„Technik und Verfahren“**, inhaltlich verantwortlich Alexander Kaulen, Leitung Fachressort Holzlogistik und Datenmanagement
- **„Klimawandel, Waldbau, Ressource Holz“** verantwortlich Bernd Heinrich, Leitung Fachressort Bioökonomie

Nachfolgend finden Sie den kompletten Zeitplan einschließlich aller Vorträge, sowie bei jedem der genannten Themenkomplexe

eine kurze Einführung zur thematischen Einbettung in den übergeordneten Kontext.

Wald und Gesellschaft

Wald und Gesellschaft sind in den letzten Jahren arg gebeutelt worden. Nicht selten liegen die Nerven blank, oft ist das Denken und sind die Reaktionen der Beteiligten ein ‚Entweder-Oder‘. Selten versuchen wir noch Lösungen zu finden, die einem ‚Sowohl-als-Auch‘ folgen und den Raum zwischen den Polen mit Alternativen zu füllen. Statt hinzuschauen, schauen wir weg. Und aus ‚heiterem Himmel‘ werden wir plötzlich mit Tatsachen konfrontiert, wie dem demographischen Wandel in der Forstwirtschaft. Gleichzeitig wächst die Forderung der Gesellschaft nach einem Recht zur Nutzung des Waldes als Freizeitaltitude und nach ungenutztem Naturraum. Das Image der Waldnutzung – auch das einer nachhaltigen – hat gelitten. Der Blick von außen auf die Waldwirtschaft ist zunehmend kritisch.

Der Themenblock **‚Wald und Gesellschaft‘** wird mit den drei Foren **Käfer, Klima, Kalamitäten – Mitarbeitende am Anschlag, Waldwirtschaft & demografischer Wandel und Waldwirtschaft Morgen – Anforderungen, Haltungen, Erwartungen** gemeinsam mit den Besuchern und Besucherinnen des Fachkongresses einen ehrlichen Blick auf die aktuelle Situation der Akteure in der Forstwirtschaft werfen, Problempunkte ansprechen und Lösungsideen aufzeigen.

Klimawandel; Waldbau, Ressource Holz

Der Klimawandel ist allgegenwärtig und fordert in ganz besonderer Weise den Wald in Deutschland. Neben der schleichenden Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperatur machen dem Wald dabei besonders die Wetterextreme so-

wie die immer häufiger daraus resultierenden Kalamitäten zu schaffen. Insbesondere Stürme und längere Trockenperioden sind hier zu nennen, zunehmend auch Waldbrände und im Nachgang häufig auch biotische Schadergebnisse. Die Folgen sind aktuell Waldverluste und perspektivisch z.T. massive Veränderungen der standörtlichen Bedingungen. Parallel dazu steigen die gesellschaftlichen Anforderungen an den Wald, dies gilt gleichermaßen für die Nutz- und Schutzfunktionen. Hier ist das Stichwort „Green Deal“, dieser rückt die Ressource Holz, ebenso wie den Schutz des Klimas und der Biodiversität ins Zentrum unseres gesamtgesellschaftlichen Transformationsprozesses.

In den Sessions zum Themenkomplex „Klimawandel und Waldbau“ werden die wichtigsten Themenfelder von Experten aus allen Bereichen fachlich fundiert aufbereitet vorgestellt und mögliche Handlungsoptionen aufgezeigt, beginnend bei den Ergebnissen der Grundlagenforschung bis hin zur praktischen Umsetzung.

Technik und Verfahren

In weiten Teilen der Waldarbeit hat die Digitalisierung unser Wirtschaften bereits grundlegend geprägt.

Wir widmen uns im Kongress teil „Technik und Verfahren“:

- den Daten, die bei der Holzernente anfallen und die wir für uns nutzbar machen;
- den Trends des Holzmarktes;
- den neuen Technologien für die Aufnahme von Holzdaten;
- der medienbruchfreien Verfolgung von Holz durch die Holzbereitstellungskette und
- angepassten Lösungen für den forstlichen Wegebau.

Mit der Auswahl der Themen setzen wir praxisrelevanten Herausforderungen zukunftsorientierte Lösungen entgegen.



Tag	10:00 - 12:00 Uhr	12:30 - 14:30 Uhr	15:00 - 16:30 Uhr
Mittwoch, 19.06.2024	<p>Session 1 Käfer, Klima, Kalamitäten - Förster:innen am Anschlag</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dr. Michael Vollmer, Arbeitsmediziner • Richard Nikodem, BDF • Udo Ferber, Landesforsten RLP • Margot Flaig, SVLFG • Stefan Adelsberger, SVLFG • Siegfried Rohs, IGBAU <p>Moderation: Dr. Andrea Teutenberg, KWF</p>	<p>Session 2 Naturschutz und Klimawandelfolgen</p> <p>Klimaschutz und Biodiversitätsschutz: Win-Win-Situation oder Gegensatz?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Christian Ammer, GAU-Göttingen <p>Trockenheit in Wäldern - womit müssen wir in Zukunft rechnen?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dr. Heike Puhlmann, FVA-Freiburg <p>Moderation: Bernd Heinrich, KWF</p>	<p>Session 3 Abiotische und biotische Schadentwicklungen</p> <p>Kalamitäten im Klimawandel - Wo stehen wir und worauf dürfen wir uns noch freuen?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dr. Ralf Petercord, MLV NRW <p>Waldbrandmanagement 2.0</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alexander Held, EFI <p>Moderation: Bernd Heinrich, KWF</p>
Donnerstag, 20.06.2024	<p>Session 4 Smarte Holzernte - Möglichkeiten der Digitalisierung</p> <p>Keynote</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Martin Ziesak, HAFL <p>Daten- und Kommunikationsinfrastruktur für die Holzernte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dr. Martin Hoppen, RWTH Aachen <p>Potenziale Digitaler Zwillinge in der Holzernte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dr. Chris Geiger, Hohenloher Spezial-Maschinenbau GmbH <p>Smart Forestry - Potenziale für einen Forstbetrieb</p> <ul style="list-style-type: none"> • Julia Kemmerer, BaySF <p>Moderation: Alexander Kaulen, KWF</p>	<p>Session 5 Podium „Ressource Holz - Verfügbarkeit im Hinblick auf die große Transformation“</p> <p>Keynote</p> <p>Prof. Dr. Gabriele Weber-Blaschke, TUM</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parlamentarische Staatssekretärin Dr. Bettina Hoffmann, BMUV • Georg Schirmbeck, Präsident DFWR • Prof. Dr. Andreas W. Bitter, Präsident AGDW • Erwin Taglieber, Präsident DHWR • Prof. Dr. Matthias Dieter, TI-Hamburg • Prof. Dr. Gabriele Weber-Blaschke, TUM • Ministerialdirigent Carsten Wilke, HMLUWFJH <p>Moderation: Dr. Regina Rhodius, ALU-Freiburg</p>	<p>Session 6 Mögliche Folgen aktueller Entwicklungen in der Forst- und Holzbranche für die Vermessung und Sortierung von Rohholz und die Rahmenvereinbarung für den Rohholzhandel in Deutschland (RVR)</p> <p>Bedeutung von Branchentrends und aktuellen Entwicklungstendenzen im Hinblick auf die Vermessung und Sortierung von Rohholz (Impulsvortrag)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Tobias Cremer <p>Podiumsdiskussion zu den Vortragsthesen sowie zu möglichen Auswirkungen auf die RVR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Benjamin Krug, HessenForst, 2. Vorsitzender Ständiger Ausschuss RVR • Wolf-Georg Fehrensen, Fehrensen Sägewerk & Holzhandel, 2. Vorsitzender Ständiger Ausschuss RVR • Ralf Pollmeier, Pollmeier Massivholz • Daniel Tränkl, UPM, stellvertretendes Mitglied Ständiger Ausschuss RVR • Dr. Carsten Merforth, Mercer International Inc., stellvertretendes Mitglied Ständiger Ausschuss RVR • Susanne Hoffmann, Forstabteilung Landesverband Lippe, Mitglied Ständiger Ausschuss RVR <p>Moderation: Dr. Järmo Stablo (Geschäftsführer Ständiger Ausschuss RVR), Prof. Dr. Tobias Cremer (Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Vorsitzender Ständiger Ausschuss RVR)</p>

Tag	10:00 - 12:00 Uhr	12:30 - 14:30 Uhr	15:00 - 16:30 Uhr
Freitag, 21.06.2024	<p>Session 7 Ressource Holz - Perspektiven und Verfügbarkeiten</p> <p>Perspektiven innovativer Laubholz- und Kaskadennutzung in der Bio-ökonomie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Gabriele Weber-Blaschke, TUM <p>Nachhaltige Rohstoffversorgung im Spannungsfeld nationaler und internationaler Entwicklungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Matthias Dieter, TI-Hamburg <p>Moderation: Bernd Heinrich, KWF</p>	<p>Session 8 Waldwirtschaft und demografischer Wandel (Alter, Wissensmanagement, Fachkräftemangel)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ulrich Dohle, BDF • Michael Niehaus, BAUA • Udo Ferber, Landesforsten RLP • Caren Raddatz, JNF <p>Moderation: Prof. Dr. Stefanie Steinebach, FH Rottenburg</p>	<p>Session 9 Follow the timber</p> <p>Keynote: Nach- und Rückverfolgbarkeit von Holz. Brauchen wir das wirklich?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Thomas Purfürst, Uni Freiburg <p>Blockchain in der Holzbereitstellung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lukas Stopfer, Uni Freiburg <p>Technologievergleich Tracking und Tracing</p> <ul style="list-style-type: none"> • Malte Storm, RWTH Aachen <p>Moderation: Alexander Kaulen, KWF</p>
Samstag, 22.06.2024	<p>Session 10 Trends im Wegebau</p> <p>Keynote: Aktuelle Herausforderungen an die Walderschließung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Dirk Jaeger, Uni Göttingen <p>CONTURA - angewandte Digitalisierung in der Walderschließung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Raik Ilmann, FH Erfurt <p>Wasser ist der Feind des Weges? - Wegebaukonzepte neu denken im Klimawandel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Christopher Pohle, Uni Göttingen <p>INTELLIWAY - wie Intelligente digitale Zwillinge der Waldwege die Waldbewirtschaftung erleichtern</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sergej Chmara, Thüringen Forst <p>Moderation: Alexander Kaulen, KWF</p>	<p>Session 11 Waldwirtschaft Morgen - Anforderungen, Haltungen, Erwartungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Martin Janner, Förster RLP • Peter Elsasser, Thünen Institut • Peter Poschen, Uni Freiburg • Prof. Dr. Stefanie Steinebach, FH Rottenburg <p>Moderation: Dr. Andrea Teutenberg, KWF</p>	

Den jeweils **aktuellen Stand**, wie auch die zugehörigen Kurzzusammenfassungen der Vortragsinhalte (Summaries) finden Sie auf unserer Webseite unter <https://kwf-tagung.net/besucher/#KONGRESS>.

Alle Besucher:innen mit einem gültigen Tages- oder Mehrtages-ticket können den Kongress besuchen. Ein reines Kongress-Ticket, welches ausschließlich zum Besuch des Kongresses berechtigt, gibt es nicht.

Denken Sie unbedingt daran rechtzeitig vor Ort zu sein

Bitte denken Sie daran, die Zeit einzuberechnen derer es bedarf um zum Kongresszelt zu kommen, sei es von einem der Eingänge zum EXPO-Gelände oder von einer Stelle des Rundweges aus. Letzteres gilt insbesondere während der laufenden Veranstaltung, wenn die Wege voll mit Besucherinnen und Besuchern sind.

Für Fragen zum Kongress wenden Sie sich bitte an:

Bernd Heinrich,
bernd.heinrich@kwf-online.de,
+49 (0)6078/785-34.

Die Zukunftswerkstatt auf der 18. KWF-Tagung

Edgar Kastenholz, Andrea Teutenberg, KWF e.V.

Die Zukunftswerkstatt, die eingebettet ist in die Sonderschau Campus Forst, ist der Raum für die Vorstellung und Diskussion aktueller und künftig immer wichtiger werdender Themen.

Das Format der Zukunftswerkstatt lädt dazu ein, dass die Themen nicht nur von den Expertinnen und Experten auf einem Podium diskutiert werden, sondern dass alle Teilnehmer und Besucher sich lebhaft an den Diskussionen beteiligen werden.

Zu dem als hochaktuell und bedeutsam gewerteten Thema Digitalisierung werden wir nicht nur vorstellen, welche Forschungsprojekte sich mit der Umsetzung digital gesteuerter Prozesse beschäftigen, sondern auch in den Blick nehmen, wie diese Entwicklungen menschengerecht gestaltet werden können. Gleiches gilt für die Potentiale des Robotereinsatzes im Wald, wozu es viele spannende Ideen und Pilotprojekte gibt.

Die Palette der Themen ist breit:

In einem eigenen Themenblock wird die FNR einen bunten Strauß an aktuell laufenden, von ihr geförderten Projekten präsentieren.

Forschungspartnerschaften werden sich mit Bewirtschaftungsstrategien für Großschadflächen befassen.

Diskutiert werden die Herausforderungen, mit denen sich Frauen im Forst nach wie konfrontiert sehen.

Beim Arbeits- und Gesundheitsschutz fragen wir, mit welchen technischen und organisatorischen Mitteln wir den Menschen aus dem Gefahrenbereich bei der Baumfällung herausbekommen. Es geht zudem um die Enttabuisierung der umfassenden psychischen Beanspruchungsfolgen, wozu wir uns aufzeigen lassen, welche Hilfsangebote es bereits gibt, um diesem häufigen, aber zu oft verschwiegenen Gesundheitsproblem zu begegnen.

Das Zelt der Zukunftswerkstatt ist nicht zuletzt die „Gute Stube“

der 18. KWF-Tagung, die zum Beispiel unsere Pressekonferenz am Mittwochnachmittag, und auch festliche Veranstaltungen, wie die Verleihung der Förderpreise der Sattelmühle-Stiftung am Freitagvormittag beherbergen wird.

Den Zeitplan zum jeweils **aktuellen Stand**, ausführlichere Inhaltsbeschreibungen der Sessions und deren Akteure finden Sie auf unserer Webseite unter <https://kwf-tagung.net/besucher/>



Uhrzeit	Mittwoch 19.06.2024	Donnerstag 20.06.2024	Freitag 21.06.2024	Samstag 22.06.2024
10.00 - 11.00	Digitalisierung: Nutzen und Risiken für arbeitende Menschen - eine Herausforderung für die Arbeitsgestaltung	Gütesiegel - Instrukoren (geschlossene Gesellschaft)	Äppi Hour - Neues aus den forstlichen App-Stores	FNR-geförderte Projekte stellen sich vor
11.00 - 12.00		Zukunftstrends in der Holzvermessung	Verleihung der Förderpreise der Sattelmühle-Stiftung	
12.00 - 13.00	WEG VOM BAUM - technische und organisatorische Lösungen für einen sicheren Abstand zum Fällbereich	Äppi Hour - Neues aus den forstlichen App-Stores		
13.00 - 14.00		Entwicklungstrends beim Einsatz von Robotern in der Holzernte		
14.00 - 15.00	Psychisch krank durch Arbeit? Raus aus der Tabuzone und Hilfsangebote nutzen!	Arbeits- und Gesundheitsschutz mit Vorbildfunktion - ForstBW beschreitet neue Wege	Frauen im Forst Herausforderungen Gestern-Heute-Morgen	
15.00 - 16.00				
16.00 - 17.00	Pressekonferenz	Arbeitsbedingungen als Basis für Sicherheit und Zufriedenheit		
17.00 - 18.00	Verleihung des kwf members awards	KWF Mitgliederversammlung im Kongresszelt		

Sonderschau „Campus Forst“

Dr. Christian Knobloch, KWF e.V.

Auf der 18. KWF-Tagung wird zum ersten Mal eine Sonderschau stattfinden, die als Schaufenster der Forstwissenschaft agiert. Hier erhalten zahlreiche forstliche Forschungseinrichtungen Gelegenheit, ihre anvisierten Entwicklungsvorhaben, ihre laufenden Forschungs- und Kooperationsprojekte, aber auch Ergebnisse und Entwicklungen aus bereits abgeschlossenen Arbeiten der forstlichen Öffentlichkeit vorzustellen. Die Sonderschau möchte damit zeigen, mit welcher Expertise und Kreativität unter den spannungsreichen Randbedingungen aktuellen forstlichen Handelns geforscht wird. Dabei wird eine große Bandbreite forstlicher Themen umschlossen, in denen in Zusammenarbeit mit vielfältigen Projektpartnern aus Industrie und Wissenschaft beeindruckende und praxisrelevante Innovationen entstehen.

Lernen Sie die Projektarbeit und die Ergebnisse zahlreicher forstlicher Forschungseinrichtungen und angeschlossener Projekt-

partner kennen und erleben Sie die neusten Entwicklungen!

Die **Sonderschau Campus Forst** wird, in Kooperation mit der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., eine Bühne für die forstlichen Forschungseinrichtungen sowie für innovative Projektergebnisse schaffen. Bislang gab es auf der KWF-Tagung als bedeutendes Forsttechnik- und Waldarbeitsevent dazu keinen expliziten Schwerpunkt, da vorrangig etablierte Produkte und Verfahren präsentiert wurden. Die Projektarbeiten und die Ergebnisse der Wissenschaftler, die in Zusammenarbeit mit Forschungs- und Industriepartnern entstanden, kamen dabei bisher zu kurz oder waren nur vereinzelt wahrnehmbar.

Mit Hilfe der **Sonderschau Campus Forst** soll sich die fachliche Öffentlichkeit über den Stand der Forschung und ihrer Arbeitsthemen informieren und mit Hilfe der auf der Ausstellungsfläche integrierten Vortragsreihe „Zukunftswerkstatt“ diskutieren können. So

kann eindrucksvoll gezeigt werden, wie heute auf die Probleme der Forstwelt reagiert und damit die „Wälder von morgen“ gestaltet werden. Die Sonderschau liegt in prominenter Lage, in unmittelbarer Nähe zu einem der Haupteingänge (Eingang-Süd) sowie an der EXPO-Runde. Unmittelbar nördlich schließt sich die Sonderschau „Wälder - Insekten - Schädlinge“ an.

Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., die die Sonderschau unterstützt, ist auf der 3200 Quadratmeter großen Sonderschaufläche mit präsent und zeigt ausgewählte Resultate von ihr betreuter Projektnehmer. So können zukünftige Projektpartner aus der Industrie oder peripherer Wissenschaftsbereiche mit den forstlichen Forschungseinrichtungen in Kontakt treten und sich zugleich über Möglichkeiten zur Forschungs- und Entwicklungsförderung informieren. In dieser räumlichen Synergie können Besucher der Sonderschau also gebündelt die Arbeit von For-



schungseinrichtungen erleben, die ihre Projekte aus allen Phasen der Bearbeitung vorstellen werden. So lässt sich nicht nur das Ergebnis der Arbeit an sich, sondern auch der wissenschaftliche Weg von der Vision zum Produkt verständlich machen.

Für Besucher der Sonderschau steht das anschauliche „Erleben“ im Vordergrund der Darstellung. Es werden zahlreiche Vorführungen sowie Mitmachaktivitäten angeboten. Zudem können funktionstüchtige große und kleine Forstmaschineninnovationen, automatisierte Demonstratoren und Prototypen, autarke Roboter und Drohnen, digitale Zwillinge und virtuelle Wälder entdeckt und ihre Verwendungen im Praxiseinsatz erkundet werden. Wer tiefgründiger in die Projektinhalte einsteigen möchte, für den stehen wissenschaftliche Poster, anschauliche Videopräsentationen sowie natürlich die konkreten Projektbearbeiter als Ansprechpersonen

zur Verfügung. Von einem Drohnenstartplatz werden Drohnen zu wechselnden anwendungsbezogenen Vorführungen ausschwärmen.

Auf der Sonderschau Campus Forst wird es zudem ein KWF-Projektzelt geben, in dem sich das KWF mit seinen laufenden Forschungsarbeiten als Projektpartner vorstellen wird. Denn in den zahlreichen Ressorts des KWF wird ebenso intensiv wie innovativ geforscht und nach konkreten praxisrelevanten Lösungen für die Forstbranche gesucht.

Folgende Forschungseinrichtungen werden auf der Sonderschau vertreten sein:

- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
- Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
- Technische Universität Dresden
- Berner Fachhochschule, Schweiz
- Fachhochschule Erfurt

- Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg
- Hochschule Hildesheim/Holzminde/n/Göttingen
- Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde
- Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg
- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
- Technische Universität München
- Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
- Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e. V.

Ansprechpartner:
Dr.-Ing. Christian Knobloch.
Mail: christian.knobloch@kwf-online.de

Öffnungszeiten für Besucherinnen und Besucher: Täglich von 9 bis 18 Uhr



KWF-Sonderschau: „Follow the Timber“

Alexander Kaulen, Volker Labudda, KWF e.V.

Verfolgbarkeit bedeutet, alle Prozesse nachvollziehen zu können, die ein Rohmaterial bei seiner Bereitstellung durchläuft. In der Forstwirtschaft dient sie dazu, die wirtschaftliche, legale und nachhaltige Erzeugung des Rohholzes nachzuweisen. Technisch bedeutet dies, den Weg des Rohholzes vom stehenden Baum bis zum Werkseingang¹ nachzuvollziehen. Dieses „Tracking“ (Produktverfolgung) kann aktuell oder nachträglich erfolgen. Das „Tracing“ (Herkunftsbestimmung) erfolgt nachträglich in umgekehrter Richtung. Dazu muss jeder einzelne Stamm oder Stammabschnitt identifiziert und mehrmals eindeutig wiedererkannt werden. Dies erfolgt mittels einer jeweils individuellen ID.

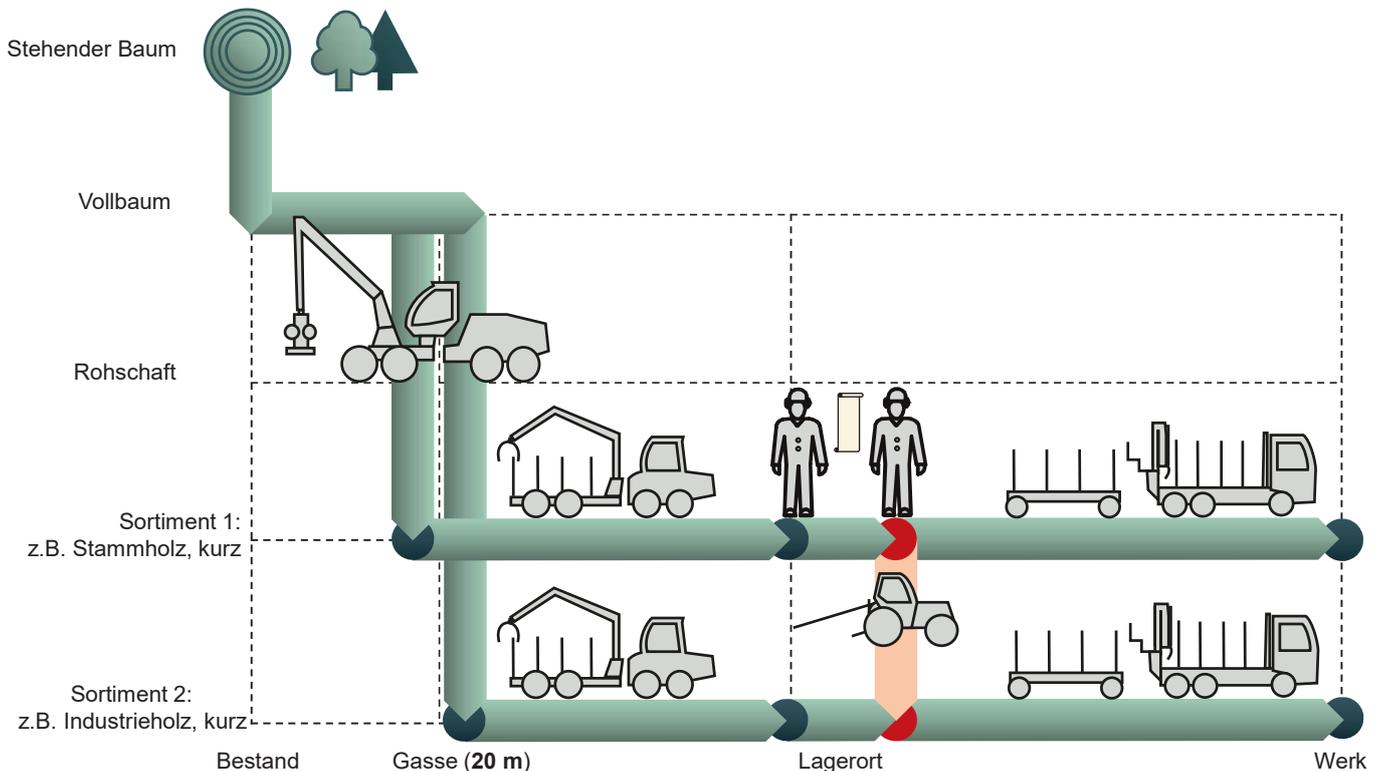
¹ Sägewerk, Furnierwerk, Span- oder Faserplattenwerk, Zellulosewerk, Papierfabrik, Hackschnitzelheizung, usw.

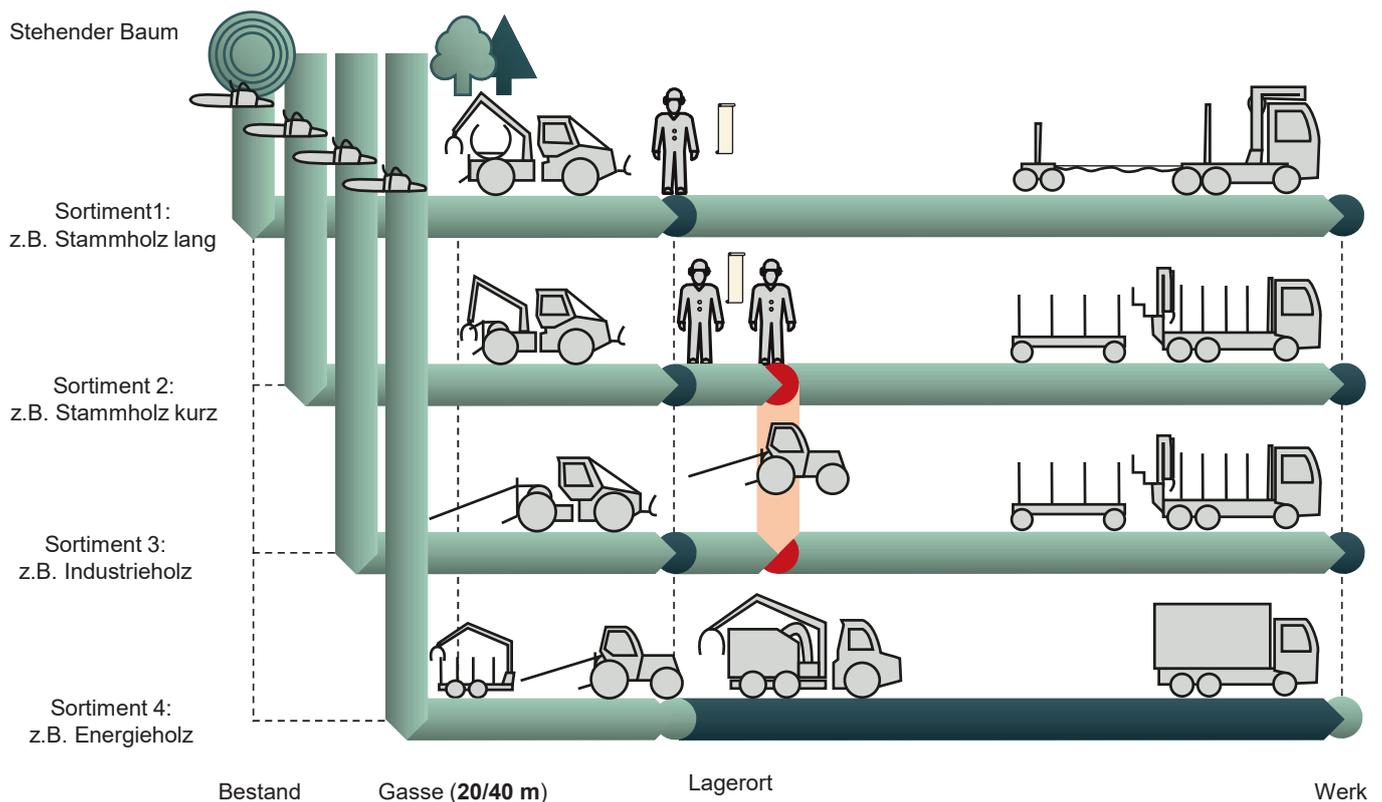
Systeme zur Verfolgung des Rohholzes und die darin verwendete Technik müssen den spezifischen Herausforderungen der Holzbereitstellung und ihren oft harschen Bedingungen standhalten. Sie sollen für alle Stakeholder die größtmögliche Sicherheit gewährleisten, Herkunftszertifikate (FSC, PEFC, EUDR) abbilden und von unabhängigen Instanzen überwacht werden können. Sie gliedern sich in die aktive Verfolgung mittels verschiedener Markierungsverfahren und die passive Verfolgung anhand von Merkmalen des Rohholzes selbst.

Die Sonderschau „Follow the Timber“ spannt den Bogen von den historischen Verfahren bis zu zukunftsweisenden Projekten zur Verfolgung des Rohholzes und zur zukünftigen digitalen Vernetzung der gesamten Holzbereitstellungskette. Unter Anwendung fort-

schrittlicher Technologien ist es möglich, ein umfassendes, durchgängiges, medienbruchfreies und sicheres System zur Verfolgung des Rohholzes umzusetzen.

Der Begriff der Holzbereitstellung beschreibt alle Prozesse vom stehenden Baum bis zur Anlieferung des Rohholzes z. B. in ein Sägewerk. Wir unterscheiden technische Manipulationen (Fällen, Entasten, Ablängen; senkrechte Pfeile im Schaubild) und räumliche Manipulationen (Vorrücken, Rücken, Abfuhr; waagerechte Pfeile im Schaubild). Das erste Schaubild stellt ein einfaches **hochmechanisiertes Holzernteverfahren** dar, incl. Holzverkauf (ggf. mit Umsortieren/Umlagern) und Holzabfuhr.





Die Prozesse der motormanuellen Holzernte incl. Holzverkauf und Holzabfuhr (Funktigramme: V. Labudda, KWF).
Je nach den Verhältnissen können Holzernte wie -logistik zusätzliche Prozessschritte erfordern.

In jedem Bereitstellungsprozess erfolgen prinzipiell dieselben technischen und räumlichen Manipulationen des Rohholzes. Die dabei erhobenen Informationen über den Prozess wie über das Rohholz (Holz-, Positionsdaten, Zeitstempel) müssen diesem unverwechselbar zugeordnet und dokumentiert werden. Dazu muss jeder einzelne Stamm oder Stammabschnitt identifiziert und mehrfach (wieder-) erkannt werden, er bekommt eine individuelle ID. Neuere Ansätze befassen sich u. a. mit der direkten Nutzung und Übertragung der von Forstmaschinen bzw. „smarten“ Motorsägen erhobenen Daten.



Forwarder mit 3 Rädern an einer Boge-Achse (Foto: HSM, in Entwicklung)



Stammholz Buche mit angeschriebenen Maßen, Stammnummer und Datamatrix-Plättchen (Foto: v. Labudda, KWF)



Harvester mit Bogiebändern über den Reifen beider Achsen und Traktionswinde im Steilhang (Foto: HSM, Erik Rieche)

Die Sonderschau „Follow the Timber“ ist Teil des Forschungsprojektes „CO₂ForIT“: Forest Data Space for a CO₂-aware Forestry - Datenraum für das Nachhaltigkeitsmonitoring der Wald- und Holzwirtschaft: IT für die nachhaltige, klimapositive Holzwertschöpfung

Projektlaufzeit:
01.05.2023 - 30.04.2026
Projektpartner:
Materna Information & Communications SE
RIF Institut für Forschung und Transfer e.V.
RWTH Aachen University
Rhenus Forest Logistics GmbH & Co. KG
Turner und Partner Data Scientists PartG (foldAI)
Hohenloher Spezial-Maschinenbau GmbH & Co. KG (HSM)
Forstliches Forschungs- und Kompetenzzentrum (FFK) Gotha (ThüringenForst - AöR)
Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V. (KWF)

Links: CO₂ForIT - KWF 2030 (kwf-online.de) KWH 4.0 | CO₂For-IT (kwh40.de)

Das Forschungsprojekt wird gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz über den DLR Projektträger, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (Förderkennzeichen 01MN23017G).



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Sonderschau „Integriertes Waldbrandmanagement“

Alexander Held, Lindon Pronto, EFI; Bernd Heinrich, KWF e.V.

Waldbrandmanagement und Prävention sind Themen die schon lange den „Hoheitsbereich“ der Feuerwehren verlassen haben und richtigerweise erkennt der Forstsektor zunehmend seine Rolle und Verantwortung.

Die KWF-Sonderschau „Integriertes Waldbrandmanagement – Prävention und Intervention“ widmet sich den neuesten internationalen Erkenntnissen sowie den

daraus abgeleiteten praxisorientierten Maßnahmen. Letztere sollen die nationalen Forstbetriebe in die Lage versetzen, auch ihren Teil zum „Brand“-Schutz der Wälder beitragen zu können.

Als Aussteller und Co-Organisator der Sonderschau ist das EFI / WKR-Initiative gemeinsam mit dem Verbundpartner Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), sowie

mit vielen Projektpartnern aus Behörden, Industrie, Forschung und Praxis vor Ort. Mit diesem umfassenden Angebot wollen wir Besucher aus allen Bereichen und Ebenen ansprechen. Denn nach wie vor besteht der dringende Bedarf in der Sensibilisierung und Vernetzung der relevanten Partner, erst in zweiter Linie stehen der fachliche Austausch, die Aufklärung sowie Schulung. Unser





Ziel auf und mit der Sonderschau ist auch hier präventiv tätig zu sein und die Sensibilisierung voranzutreiben und nicht zu warten bis es brennt.

Die WKR-Initiative hat das Ziel, international vorhandenes Wissen aufzubereiten um es in die praktische Anwendung zu bringen.

Das funktioniert jedoch nur, wenn die beteiligten Akteure aus Forst, Politik und Praxis zusammenarbeiten. Die Sonderschau vereint Expert:innen aus allen relevanten Sektoren und ganz Deutschland und wird so spannende Gespräche und ehrliche Einblicke über den Zustand des Waldbrandmanagements in Deutschland ermöglichen und eine fundierte Beratung gewährleisten.

Die Sonderschau wird sich dabei auf 5 Schwerpunkte konzentrieren zum einen die 3 Bereiche „Vor - Während - Nach dem Brand“. Zum anderen werden zwei wichtige Spezialthemen hervorgehoben behandelt, zum einen „*Feuermanagement auf munitionsbelasteten Flächen*“ und „*Feuer löschen ohne bzw. mit sehr wenig Wasser*“.

Neben den beratenden Expert:innen werden auch neueste Technikentwicklungen zu sehen

sein, aus den Bereichen: Früherkennung von Bränden, Monitoring, Ausrüstung, Persönliche Schutzausrüstung, Munitionsbelastung, *Dry Firefighting*, Ausbildung, Fahrzeuge, Drohnen, Werkzeuge, Vereine und Verbände, etc.

Alle Produkte und Methoden sollen auf der angegliederten Demonstrationsfläche am echten Feuer vorgeführt werden. Geplant sind dreimal täglich Live-Demonstrationen gegen 12.00, 14.00 und 16.00 Uhr. Die Beratung erfolgt durchgehend ganztägig.

Wir sind dankbar, dass wir dieses Thema auf der 18. KWF-Tagung in Form einer Sonderschau präsentieren können und freuen uns auf den spannenden Austausch mit Ihnen.



Sonderschau Wälder - Insekten - Schäden

Andrea Hauck, Malte Lerner, KWF e.V.

Der Klimawandel erhöht den Stress für den Wald. Während die Vegetationsperiode länger wird, verschieben sich die Niederschlagsmengen in die Wintermonate. Während also durch höhere Temperaturen die Bäume früher, länger und mehr transpirieren, sinkt die Verfügbarkeit von Wasser für die Transpiration.

Gleichzeitig profitieren die wechselwarmen Tiere von den steigenden Temperaturen. Der Winter wird kürzer und weniger kalt, sodass sowohl früher als auch mit mehr Individuen in die Saison gestartet werden kann. Dies betrifft sowohl unsere heimischen Arten wie Waldgärtner, Forleule oder die Spanner, als auch neue Arten, die sich bisher hier nicht ausbreiten konnten, wie den nordischen Fichtenborkenkäfer oder den Eichenprozessionsspinner. Auch hilft der globale Handel weiteren Arten wie dem asiatischen Laubholzbock oder dem Mo-



Bockkäferlarve aus einer Spessarteiche;
© Malte Lerner, KWF

schusbock, die großen Strecken zwischen den Kontinenten zurückzulegen.

Die Mischung aus alt bekannten Arten, die deutlich aggressiver auftreten, und neuen, unbekannteren Arten, die plötzlich auftauchen, macht die Sonderschau Wälder - Insekten - Schäden heute so relevant.



Rüsselkäfer verursachen den klassischen Pockennarbenfraß; ©Janett Meschkat

Präsentiert werden die Themen von Experten aus Forschung, Wirtschaft und Behörden.

Schwerpunkte sind:

- Waldschutzrelevante Insekten, deren Habitus und Biologie
- Integrierter Pflanzenschutz
- Aktuelle und abgeschlossene Forschungsprojekte im Bereich des Waldschutzes

Ausstellerverzeichnis

Standnummer	Firmenname	Standort
F0-000	Dabekausen BV	Freigelände
F0-000	Dabekausen BV	Freigelände
F0-000	Pinosa SRL	Freigelände
F0-013	Haglöf Sweden AB	Freigelände
F0-021	Kaindl Reiling GmbH	Freigelände
F0-032	RUD Ketten, Rieger & Dietz GmbH u. Co. KG	Freigelände
F0-037	Peter Hofsummer GmbH - Oilpad	Freigelände
F0-047	MARTENS Forsttechnik GmbH	Freigelände
F0-047_MARKE	ECS CHEMICAL SOLUTIONS	Freigelände
F0-057	PEFC Deutschland e.V.	Freigelände
F0-060	PHILIPP Forstwerkzeuge GmbH	Freigelände
F0-060a	Schwanitz Innovation GmbH	Freigelände
F0-060b	KAISER AG	Freigelände
F0-060c	Maicher Werkzeug- und Maschinenhandel GmbH	Freigelände
F0-065	Bundesverband Windenergie e. V.	Freigelände
F0-067	Forstreich GmbH	Freigelände
F0-069	UPM GmbH	Freigelände

Standnummer	Firmenname	Standort
F0-080	Landesbetrieb Hessen-Forst Kassel	Freigelände
F0-080a	Regierungspräsidium Darmstadt, Obere Forstbehörde	Freigelände
F0-080b	Regierungspräsidium Gießen, Obere Forstbehörde	Freigelände
F0-080c	Regierungspräsidium Kassel, Obere Forstbehörde	Freigelände
F0-080d	HMUKLV, Referat VI 3	Freigelände
F0-093	Holzmarktinfor	Freigelände
F0-0Ha	Stunk Wildfernhaltung	Freigelände
F0-110	EiFo Forsttechnik GmbH	Freigelände
F0-160	Posch GmbH	Freigelände
F0-194	Oehler Maschinen Fahrzeugbau GmbH	Freigelände
F0-215	STIHL Vertriebszentrale AG & Co. KG	Freigelände
F0-244	Stihl Vertriebszentrale AG & Co. KG - Timbersports	Freigelände
F0-274	Johannes Franzen GmbH & Co.KG	Freigelände
F0-281	Mütherich Baumschule	Freigelände
F0-285	EGGER Sägewerk Brilon GmbH	Freigelände
F0-300	LogicLine Europe GmbH	Freigelände
F0-308	MESERA Cranes Finland Oy	Freigelände
F0-315	Daimler Truck AG	Freigelände
F0-340	MAXWALD-Maschinen GmbH	Freigelände
F0-404	Flügel GmbH	Freigelände
F0-405	SIOEN FRANCE SAS	Freigelände
F0-416	conope GmbH	Freigelände
F0-426	Zeller-Gmelin GmbH & Co. KG	Freigelände
F0-429	Stubai ZMV GmbH	Freigelände
F0-466	HAI Fuels GmbH	Freigelände
F0-481	UNIFOREST D.O.O	Freigelände
F0-484	Schoon Fahrzeugsysteme GmbH	Freigelände
F0-500	Techtronic Industries Central Europe GmbH	Freigelände
F0-505	ISUZU Sales Deutschland GmbH	Freigelände
F0-505a	W+K	Freigelände
F0-523	CLEANLIFE / FRIEDRICH SCHARR KG	Freigelände
F0-536	VSB Neue Energien Deutschland GmbH	Freigelände
F0-543	Pfanner Schutzbekleidung GmbH	Freigelände
F0-543a	Protos GmbH	Freigelände
F0-544	RWE Renewables Deutschland GmbH	Freigelände
F0-557	Sachsenroeder GmbH & Co. KG	Freigelände
F0-564	Städtische Werke Aktiengesellschaft	Freigelände
F0-567	Arbpro srl	Freigelände
F0-572	J & M Kfz und Schmierstoffservice	Freigelände
F0-583	Coenen Neuss GmbH & Co. KG	Freigelände
F0-590	KETTLITZ-CHEMIE GmbH & Co.KG	Freigelände
F0-593	Arbortec Forestwear	Freigelände
F0-604	Technolit GmbH	Freigelände
F0-615	Först GmbH	Freigelände
F0-620	Agromaster Oy	Freigelände
F0-636	PSS Pfeiffer Sicherheitssysteme GmbH	Freigelände
F0-637	QUAMBUSCH INNOVA GmbH	Freigelände
F0-651	Traviation GSE GmbH	Freigelände

Standnummer	Firmenname	Standort
F0-651a	Henkst Verkehrstechnik	Freigelände
F0-652	Förderkreis Garnisonsstadt Schwarzenborn e. V.	Freigelände
F0-667	Euromatic ApS	Freigelände
F0-680	Bundeswehr	Freigelände
F0-685	AX-MEN GmbH	Freigelände
F0-697	Ratioparts-Ersatzteile-Vertriebs GmbH	Freigelände
F0-697a	Trilink Saw Chain	Freigelände
F0-713	SENNEBOGEN Maschinenfabrik GmbH	Freigelände
F0-726	Husqvarna Deutschland GmbH	Freigelände
F0-741	CNH Industrial Deutschland GmbH / Marke STEYR Traktoren	Freigelände
F0-764	ASPEN-Produkte Handels-GmbH	Freigelände
F0-811	Deutsche Speedcarving Meisterschaft e. V.	Freigelände
F0-812	Carat Automaten GmbH	Freigelände
F0-822	ECHO Motorgeräte Vertrieb Deutschland GmbH	Freigelände
F0-830	HM Frästechnik	Freigelände
F0-846	ORSI GROUP SRL	Freigelände
F0-921	geo-bil Hettich & Nitz GbR	Freigelände
F0-930	Highland Stall & Weide	Freigelände
F0-933	Fahrzeug Bogner GmbH	Freigelände
F0-942	Skyseed GmbH	Freigelände
F0-942a	Pina Earth	Freigelände
F1-008	IBC Hochdruck GmbH	Freigelände
F1-251	Kühne + Nagel (AG & Co.) KG	Dienstleister
F1-284	ANAB	Freigelände
F1-320	John Deere	Freigelände
F1-360	HAAS Maschinenbau GmbH & Co. KG	Freigelände
F1-376	Voll logging GmbH	Freigelände
F1-410	KOPA Forstmaschinen-Handels- und Reparatur GmbH	Freigelände
F1-410a	Rottne Industries	Freigelände
F1-410b	Johannes Koop Fahrzeugbau GmbH & Co. KG	Freigelände
F1-442	SP Maskiner i Ljungby AB	Freigelände
F1-455	Bugnot 52	Freigelände
F1-513	John Dee Zimmermann, Stahlwaren	Freigelände
F1-527	KLEENOIL AG	Freigelände
F1-550	ecoforst GmbH	Freigelände
F1-551	MTH Metalltechnik Haas GmbH	Freigelände
F1-564	Rancke Fahrzeugbau GmbH	Freigelände
F1-575	Benlex GmbH	Freigelände
F1-576	Ascenso Tyres CE GmbH	Freigelände
F1-595	Nokian Tyres plc	Freigelände
F1-604	SB Agrar- und Forsttechnik GmbH	Freigelände
F1-604a	Kretzer Säge- und Spaltechnik GmbH	Freigelände
F1-613	Forest Mapping Management GmbH	Freigelände
F1-623	Int. Messevertrieb der Schwarzwaldstände Klaus Flötzer	Freigelände
F1-640	SERRA Maschinenbau GmbH	Freigelände
F1-641	TEUPEN Maschinenbau GmbH	Freigelände
F1-660	Pezzolato S.p.A.	Freigelände

Standnummer	Firmenname	Standort
F1-667	Logosol GmbH Deutschland	Freigelände
F1-678	Wood-Mizer GmbH	Freigelände
F1-683	Lignumguard GmbH	Freigelände
F1-701	Heidegesellschaft Forstprodukte und -geräte GmbH (HDLogSystems)	Freigelände
F1-701	Heidegesellschaft Forstprodukte und -geräte GmbH (HDLogSystems)	Freigelände
F1-773	CEPAK Gmb	Freigelände
F1-857	Bundeswehr	Freigelände
F1-859	PROSECURE Sicherheit & Service	Dienstleister
F1-861	KWF GmbH Veranstaltungsleitung	Dienstleister
F1-863	Mojo Rental Germany GmbH	Dienstleister
F1-865	Fehr - Knettenbrech IndustrieService GmbH & Co. KG	Dienstleister
F1-867	DRK Kreiverband Schwalm-Eder e.V.	Dienstleister
F1-869	Deutsche Telekom Technik GmbH	Dienstleister
F1-871	TOI TOI & DIXI Sanitärsysteme GmbH	Dienstleister
F1-873	Kunath Elektrotechnik	Dienstleister
F1-875	Schmetterling Reisen Zulauf	Dienstleister
F1-877	AVS Verkehrssicherung GmbH	Dienstleister
F1-879	Feuerwehr	Dienstleister
F1-881	a33 architekten Architekturbüro Frank Siebold	Dienstleister
F1-883	Print Your Ticket GmbH	Dienstleister
F1-885	FAC EVENTS VERLEIH GmbH	Dienstleister
F1-887	Der Baumläufer Fachbetrieb für Baumpflege	Dienstleister
F1-889	SLS mediatecgroup GmbH	Dienstleister
F1-891	Complot Werbetechnik GmbH & Co. KG	Dienstleister
F1-893	Erhard Weiß Mietservice WC & Duschen	Dienstleister
F1-895	SCREEN RENT	Dienstleister
F1-897	WMWebservice	Dienstleister
F1-899	Eyeled GmbH	Dienstleister
F1-901	AMK Engelhardt - Absperrungen Mieten Kaufen	Dienstleister
F1-903	MWI Metallwerk Ikemeyer GmbH & Co. KG	Dienstleister
F1-903	MWI Metallwerk Ikemeyer GmbH & Co. KG	Dienstleister
F1-905	Tartler Zelt AG	Dienstleister
F1-907	CC Bäuml GmbH	Dienstleister
F1-909	RIEDEL Communications GmbH & Co. KG	Dienstleister
F1-983	ecora GmbH	Freigelände
F2-149	Schmitt GmbH	Freigelände
F2-345	Binderberger Maschinenbau GmbH	Freigelände
F2-361	THOR - Ricca Andrea & C. Snc	Freigelände
Zukunftswerkstatt	Sattelmühle-Stiftung	Freigelände
S1-245	KWF e.V. - Sonderschau Follow the timber -	S1-Follow the Timber
S2-000	Breddemann Forstgesellschaft mbH & Co. KG	S2-Waldbrand
S2-017	Versicherungsstelle Deutscher Wald (VSDW)	S2-Waldbrand
S2-028	Deutsches Rotes Kreuz e. V. Bergwacht	S2-Waldbrand
S2-037	ChubbyRain.ai	S2-Waldbrand
S2-042	Paul Müller GmbH	S2-Waldbrand
S2-043	Lestech, s.r.o.	S2-Waldbrand

Standnummer	Firmenname	Standort
S2-047	Spezialisierte Kräfte Vegetationsbrand /FFW	S2-Waldbrand
S2-051	at-fire Internationaler Katastrophenschutz Deutschland	S2-Waldbrand
S2-052	Busch PROtective Germany	S2-Waldbrand
S2-055	Waldbrandteam e. V.	S2-Waldbrand
S2-059	PYRECO	S2-Waldbrand
S2-066	Dönges GmbH & Co. KG	S2-Waldbrand
S2-071	Bosch Sicherheitssysteme GmbH	S2-Waldbrand
S2-073	FVA Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt	S2-Waldbrand
S2-075	KWF e. V. (Sonderschau Waldbrandmanagement)	S2-Waldbrand
S2-075a	WAHLERS Forsttechnik GmbH & Co.KG	S2-Waldbrand
S2-075b	Welte Fahrzeugbau GmbH	S2-Waldbrand
S2-081	Europäisches Forstinstitut (EFI)	S2-Waldbrand
S3-002	BoDogs	S3-Wälder-Insekten-Schäden
S3-004	GRUBE KG Forstgerätestelle	S3-Wälder-Insekten-Schäden
S3-006	NW-FVA Göttingen, Abt. Waldschutz	S3-Wälder-Insekten-Schäden
S3-016	KWF e. V. Sonderschau Wälder - Insekten - Schäden	S3-Wälder-Insekten-Schäden
S3-022	Zentrum für Wald und Holzwirtschaft	S3-Wälder-Insekten-Schäden
S3-032	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg	S3-Wälder-Insekten-Schäden
S3-032	FVA Baden-Württemberg	S3-Wälder-Insekten-Schäden
S3-998	Naturschutz Hunde	S3-Wälder-Insekten-Schäden
S4-882	Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde	S4-Campus-Forst
S4-900	Fachhochschule Erfurt	S4-Campus-Forst
S4-910	Universität Freiburg, Dekanat UNR	S4-Campus-Forst
S4-912	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)	S4-Campus-Forst
S4-912	FVA Baden-Württemberg	S4-Campus-Forst
S4-922	Hochschule Rottenburg	S4-Campus-Forst
S4-926	Zentrum Wald-Forst-Holz Weihestephan	S4-Campus-Forst
S4-932	Technische Universität Dresden Professur Forsttech	S4-Campus-Forst
S4-938	HAWK Göttingen - Autonomous Mobile Robotics Lab	S4-Campus-Forst
W0-010	Bundesanstalt für Immobilienaufgaben Geschäftsbereich Bundesforst	Freigelände
W0-015	GRUBE KG Forstgerätestelle	Freigelände
W0-015a	David Dominicus GmbH	Freigelände
W0-028	CEMO GmbH	Freigelände
W0-036	PM Pfanzelt Maschinenbau GmbH	Freigelände
W0-036a	Schlang & Reichart Spezialmaschinen GmbH	Freigelände
W0-051	DOLL Fahrzeugbau GmbH	Freigelände
W0-087	EPSILON Kran GmbH	Freigelände
W0-087a	STEPSA FARMKRAN GmbH	Freigelände
W0-100	Riedler Fahrzeugbau- und Vertriebsges.m.b.H.	Freigelände
W0-116	ExTe - Vertriebs GmbH	Freigelände
W0-121	MAN Truck & Bus SE Zentralbereiche/GE H-München	Freigelände
W0-126	Kaffl Fahrzeugbau GmbH	Freigelände
W0-147	F. Müller Fahrzeugbau GmbH & Co. KG	Freigelände
W0-156	Steelyard Peson	Freigelände
W0-165	Hünerkopf GmbH & Co. KG	Freigelände
W0-166	TYRI Sweden AB	Freigelände

Standnummer	Firmenname	Standort
W0-172	ELCA srl	Freigelände
W0-182	Tamtron Deutschland, Dieterich & Gräber GmbH & Co. KG	Freigelände
W0-187	Koppom Maskin och Trä AB	Freigelände
W0-192	Flexxaire	Freigelände
W0-200	Log Max GmbH	Freigelände
W0-200a	Uttendorfer Assekuranz GmbH Co. KG	Freigelände
W0-201	SW Sportsline	Freigelände
W0-230	Scheifele Forsttechnik	Freigelände
W0-241	Welte Fahrzeugbau GmbH	Freigelände
W0-254	BALTROTORS LTD	Freigelände
W0-274	Hans Aumer GmbH Ladetechnik	Freigelände
W0-274a	Cranab AB	Freigelände
W0-274b	FASSI Deutschland GmbH	Freigelände
W0-279	Prinoth GmbH	Freigelände
W0-309	Komatsu Forest GmbH	Freigelände
W0-339	Pavic	Freigelände
W0-350	Unterreiner Forstgeräte GmbH	Freigelände
W0-350a	AMR SAS	Freigelände
W0-350b	Tajfun PLANINA d.o.o.	Freigelände
W0-375	MalwaForest AB	Freigelände
W0-388	Nord Lock Group	Freigelände
W0-395	FAE Central East Europe GmbH	Freigelände
W0-406	Schwarz Forst & Agrar Technologie (Schwarz Systems GmbH)	Freigelände
W0-418	Portable Winch Co.	Freigelände
W0-439	Ritter Maschinen GmbH	Freigelände
W0-439a	Otmar Noe GmbH	Freigelände
W0-440	Mercer Holz GmbH	Freigelände
W0-448	HQ Chipper Parts	Freigelände
W0-475	Olofsfors GmbH	Freigelände
W0-475_MARKE_01	Iggesund Forest	Freigelände
W0-475_MARKE_02	HSP Gripen of Sweden	Freigelände
W0-480	HBC-radiomatic GmbH	Freigelände
W0-497	MHS SERWIS Spółka z o.o.	Freigelände
W0-500	forest Tec	Freigelände
W0-511	RIELA Karl-Heinz Knoop e.K.	Freigelände
W0-512	Wilmers Kommunaltechnik GmbH	Freigelände
W0-514	SEPPI M. SpA	Freigelände
W0-527	Huck Technik	Freigelände
W0-545	Stefan Ebert GmbH	Freigelände
W0-570	WESTTECH Maschinenbau GmbH	Freigelände
W0-579	JENZ GmbH Maschinen-und Fahrzeugbau	Freigelände
W0-610	Pezzolato S.p.A.	Freigelände
W0-613	Lochner Forsttechnik GmbH & Co. KG	Freigelände
W0-632	Vogt GmbH & Co.KG	Freigelände
W0-645	Eschlböck Maschinenfabrik GmbH	Freigelände
W0-650	TMC Cancela	Freigelände
W0-662	Decker Containerbau GmbH & Co. KG	Freigelände

Standnummer	Firmenname	Standort
W0-668	Riese & Geurts Energieholz GmbH	Freigelände
W0-684	KingKong-Tools GmbH & Co. KG	Freigelände
W0-698	Krämer Special Vehicles GmbH	Freigelände
W0-701	HEIZOMAT Gerätebau Energiesysteme GmbH	Freigelände
W0-712	Spanner RE ² GmbH	Freigelände
W0-725	Albach Maschinenbau AG	Freigelände
W0-726	JW-Tec GmbH	Freigelände
W0-755	Stoevelaar Recycling B.V.	Freigelände
W0-783	TCS Umwelttechnik GmbH	Freigelände
W0-784	A.M.P.E.R.E. Deutschland GmbH	Freigelände
W0-805	Christoph Heinemann Forst- und Landtechnik	Freigelände
W0-812	Erwin Halder KG	Freigelände
W0-819	DB Seil- & Forsttechnik GmbH	Freigelände
W0-822	ZuWa Zumpe GmbH	Freigelände
W0-842	TNL Umweltplanung	Freigelände
W0-860	FRÖLING Heizkessel und Behälterbau Ges. m.b.H.	Freigelände
W0-889	DFUV - Netzwerk der Forstunternehmen und Forsttechnik e.V.	Freigelände
W0-889a	Deutscher Forstwirtschaftsrat e.V. (DFWR)	Freigelände
W0-921	Grün Team GmbH	Freigelände
W0-941	Energreen Germany GmbH	Freigelände
W0-980	AGCO Deutschland GmbH/ Geschäftsbereich Valtra	Freigelände
W1-015	GRIFA Griener Fahrzeugtechnik	Freigelände
W1-029	Alko-Cert GmbH	Freigelände
W1-041	AgroPartner Land- und Forsttechnik GmbH	Freigelände
W1-057	Franz Hochleitner Maschinenhandel	Freigelände
W1-137	Forstdienstleister Wenzel	Freigelände
W1-140	Gebrüder Daub GmbH	Freigelände
W1-157	Gütegemeinschaft Wald- und Landschaftspflege e.V. (RAL)	Freigelände
W1-175	Rhizocore Technologies LTD	Freigelände
W1-185	Dralle A/S	Freigelände
W1-263	Kreisausschuss des Schwalm-Eder-Kreises	Freigelände
W1-263a	Naturpark Knüll	Freigelände
W1-263b	Stadt Schwarzenborn	Freigelände
W1-263c	Tourismusservice Rotkäppchenland e. V.	Freigelände
W1-273	Clear Timber Analytics	Freigelände
W1-281	Forstunternehmen Michael Widiner	Freigelände
W1-283	Motorrad Hofmann	Freigelände
W1-297	Forestry Agency, Ministry of Agriculture	Freigelände
W1-297a	Morooka Co., Ltd	Freigelände
W1-297b	AdIn Research, Inc.	Freigelände
W1-310	FHS Forsttechnik Handel & Service GmbH	Freigelände
W1-310a	MH Logging GmbH	Freigelände
W1-310b	MultiOne Deutschland GmbH	Freigelände
W1-325	Werner Forst & Industrietechnik Scharf GmbH	Freigelände
W1-363	Alstor AB	Freigelände
W1-370	Pisek - Vitli Krpan d.o.o.	Freigelände
W1-372	DR Wegebau GmbH	Freigelände
W1-395	DocCheck Forest GmbH	Freigelände

Standnummer	Firmenname	Standort
W1-406	HAFO GmbH	Freigelände
W1-414	Buck GmbH & Co. KG	Freigelände
W1-421	FriedWald GmbH	Freigelände
W1-422	Vigilis Tree Shelters Ltd	Freigelände
W1-430	Pflanzenschutz Lupfer	Freigelände
W1-438	Walthmeyer GmbH	Freigelände
W1-439	Erwin Vogt Forstbaumschulen GmbH	Freigelände
W1-445	Scherz Umwelt GmbH & Co. KG	Freigelände
W1-451	August Lüdemann FLS GmbH	Freigelände
W1-452	XILOTRADE GmbH	Freigelände
W1-459	Jungermann Forstbaumschulen GmbH & Co. KG	Freigelände
W1-464	ARBOTRADE GmbH	Freigelände
W1-469	Verband Deutscher Forstbaumschulen e. V.	Freigelände
W1-472	Georg Chr. Wirth GmbH & Co. KG	Freigelände
W1-480	Baumschule Uehre	Freigelände
W1-489	Sailer Baumschulen GmbH	Freigelände
W1-496	Tinplant Biotechnik und Pflanzvermehrung GmbH	Freigelände
W1-504	Mein Motorsägenkurs GmbH & Co. KG	Freigelände
W1-514	Stehr Baumaschinen GmbH	Freigelände
W1-645	Jagd- u. Forstservice GmbH	Freigelände
W1-663	MFM Mobile Forest Management GmbH	Freigelände
W1-663a	UAB „Skogran“ - BestPlaner	Freigelände
W1-673	TimberMAX Traktionswinden	Freigelände
W1-687	Strojirna Novotny s.r.o	Freigelände
W1-687a	Martin Alther Forst- und Landmaschinen AG	Freigelände
W1-728	Nordic Traction GmbH	Freigelände
W1-740	Veriga K.F. d.o.o.	Freigelände
W1-751	Bracke Forest AB	Freigelände
W1-770	WAHLERS Forsttechnik GmbH & Co.KG	Freigelände
W1-770a	PONSSE Oyj	Freigelände
W1-770b	FM LeasingPartner GmbH	Freigelände
W1-770c	Dieing GmbH, WOOD.IN.VISION	Freigelände
W1-789	Herzog Forsttechnik AG	Freigelände
W1-812	KRD Sicherheitstechnik GmbH	Freigelände
W1-826	Hermann & Hensel Versicherungsmakler GmbH	Freigelände
W1-826a	Schmidt Leasing GmbH	Freigelände
W1-827	MOTOREX Deutschland GmbH	Freigelände
W1-846	Forstfachverlag GmbH & Co. KG	Freigelände
W1-864	SWO1 Wegepflegegerät Wullems	Freigelände
W1-882	Felasto PUR GmbH & Co. KG	Freigelände
W1-883	Hägele GmbH, Cleanfix	Freigelände
W1-892	terra Fernwirktechnik GmbH	Freigelände
W1-893	BaSt-Ing GmbH	Freigelände
W1-906	IGRIP INDUSTRIES INC.	Freigelände
W1-922	STU-Tanktechnik GmbH & Co. KG	Freigelände
W1-950	BG-SITZTECHNIK	Freigelände
W1-955	Kwizda Agro Deutschland GmbH	Freigelände
W1-988	MBN Baumaschinenwelt Lars Hoppe GmbH	Freigelände

Standnummer	Firmenname	Standort
W2-008	IRUM S.A.	Freigelände
W2-015	Menzi Muck AG	Freigelände
W2-060	Waldburg Forstmaschinen GmbH	Freigelände
W2-060a	Eco Log Sweden AB	Freigelände
W2-060b	Nisula Forest OY	Freigelände
W2-060c	Waratah Forestry Attachments	Freigelände
W2-130	MHD-Forsttechnik	Freigelände
W2-164	Konrad Forsttechnik GmbH	Freigelände
W2-167	Ludwig System GmbH & Co KG	Freigelände
W2-184	Wyssen-Seilbahnen AG	Freigelände
W2-185	KOLLER GmbH Forsttechnik	Freigelände
W2-201	TST Seilgeräte Tröstl GmbH	Freigelände
W2-215	MM-Forsttechnik GmbH	Freigelände
W2-244	Neuson Forest GmbH	Freigelände
W2-285	AVANT TECNO Deutschland GmbH	Freigelände
W2-313	Rapid Technic GmbH	Freigelände
W2-325	Terex Deutschland GmbH (Fuchs A Terex Brand)	Freigelände
W2-341	VOSCH Equipment BV	Freigelände
W2-400	Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG)	Freigelände
W2-400a	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)	Freigelände
W2-425	GreenAgain GmbH	Freigelände
W2-444	Hettec-components GmbH	Freigelände
W2-447	Axels Boxenstop	Freigelände
W2-456	deosend UG	Freigelände
W2-469	Kompania Lesna Sp.J.	Freigelände
W2-480	Fravizel Metalomecânica e Engenharia	Freigelände
W2-492	HITTNER d.o.o.	Freigelände
W2-497	GreenSecure	Freigelände
W2-505	Agrar&Forst Service GbR	Freigelände
W2-512	IRUS Motorgeräte GmbH	Freigelände
W2-521	Seilflechter - Tauwerk GmbH	Freigelände
W2-537	Artur's Gourmet	Freigelände
W2-545	Eder Maschinenbau GmbH	Freigelände
W2-586	Tubex Tree Shelters	Freigelände
W2-619	Deutsche Bodenhilfsstoff Gesellschaft mbH	Freigelände
W2-621	diwima GmbH	Freigelände
W2-624	ili gis-services Christoph Richter	Freigelände
W2-625	Intend Geoinformatik GmbH	Freigelände
W2-627	PWA Electronic GmbH	Freigelände
W2-631	IABG mbH	Freigelände
W2-639	RAINBOW PROFESSIONAL LTD	Freigelände
W2-644	Suffel Fördertechnik GmbH & Co. KG	Freigelände
W2-686	HDG Bavaria GmbH	Freigelände
W2-691	LOGSAFE - WEDA Roland Werner GmbH	Freigelände
W2-702	HARGASSNER GesmbH	Freigelände
W2-705	Gross-Funk GmbH	Freigelände
W2-716	EZ Barons SIA	Freigelände
W2-719	FORMIKO Hydraulics	Freigelände

Standnummer	Firmenname	Standort
W2-731	BeA GmbH	Freigelände
W2-746	Meier Land- und Forstmaschinen GmbH	Freigelände
W2-746_MARKE_01	Fransgard Maskinfabrik A/S	Freigelände
W2-746_MARKE_02	Farmi Forest	Freigelände
W2-765	Feige Forsttechnik GmbH	Freigelände
W2-774	Oregon Tool GmbH	Freigelände
W2-796	BEHA Bau- und Forsttechnik	Freigelände
W2-799	Trejon Försäljnings AB	Freigelände
W2-808	GMT Equipment BV	Freigelände
W2-826	Forsttechnik Sauerland GmbH	Freigelände
W2-826a	ProSilva OYJ	Freigelände
W2-840	Penz Crane GmbH	Freigelände
W2-841	Kotschenreuther Forst- & Landtechnik GmbH & Co. KG	Freigelände
W2-865	Bohnenkamp AG	Freigelände
W2-870	GEPIMA GmbH	Freigelände
W2-883	Yokohama TWS Germany GmbH	Freigelände
W2-889	Profiforst GmbH	Freigelände
W2-907	Green Legacy GmbH	Freigelände
W2-921	Krampe Fahrzeugbau GmbH	Freigelände
W2-935	Föramiljö i Sverige AB	Freigelände
W2-952	Pressol Schmiergeräte GmbH	Freigelände
W2-953	Eckwald Forstbetrieb & Naturschutz GmbH & Co. KG	Freigelände
W2-953a	ECKWALD Forstconsulting & Umweltmanagement	Freigelände
W2-965	Lescus Cetkovice s.r.o	Freigelände
W2-966	F.-O. Lürssen Baumschulen GmbH & Co. KG	Freigelände
W2-975	Warn-/Absperrplane Robert Schulz	Freigelände
W2-978	B.S.R. Bavaria Spezial Rad GmbH	Freigelände
W3-000	Ufkes Greentec GmbH	Freigelände
W3-001	Hohenloher Spezial-Maschinenbau GmbH	Freigelände
W3-001a	Green Chip A/S	Freigelände
W3-001b	Konrad ADLER GmbH & Co KG	Freigelände
W3-035	DISTRI-MACHINES S.a.r.l.	Freigelände
W3-069	UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG	Freigelände
W3-079	Georg Oest Mineralölwerk GmbH & Co. KG	Freigelände
W3-080	Reil & Eichinger GmbH & Co.KG	Freigelände
W3-080a	EQUUS Sitrans s.r.o.	Freigelände
W3-091	Gottlieb Nestle GmbH	Freigelände
W3-121	Oswald Agrartechnik	Freigelände
W3-121a	Fors MW	Freigelände
W3-145	HAIX-Schuhe Produktions- und Vertriebs GmbH	Freigelände
W3-147	Rotobec	Freigelände
W3-155	Lamm GmbH	Freigelände
W3-175	pewag Schneeketten Deutschland GmbH	Freigelände
Z1-001	Latschbacher GmbH	Ausstellerzelt
Z1-001a	ABIES ITS GmbH	Ausstellerzelt
Z1-005	Solidur	Ausstellerzelt
Z1-006	HIFI FILTER FRANCE	Ausstellerzelt
Z1-009	HF Sicherheitsbekleidung GmbH	Ausstellerzelt

Standnummer	Firmenname	Standort
Z1-012	DRW-Verlag Weinbrenner GmbH & Co. KG	Ausstellerzelt
Z1-014	OSMA Trocknersysteme GmbH	Ausstellerzelt
Z1-015	Trimble Forestry	Ausstellerzelt
Z1-016	Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH (DLV)	Ausstellerzelt
Z1-019	LIGNA - Deutsche Messe AG	Ausstellerzelt
Z1-020	SIGNALIA Consulting	Ausstellerzelt
Z1-021	Forestry Demo Fairs Network (FDF)	Ausstellerzelt
Z1-021a	ASTURFORESTA	Ausstellerzelt
Z1-021b	Elmia Wood	Ausstellerzelt
Z1-021c	Euroforest -c/o Fibois Maison Régionale de l Innovation	Ausstellerzelt
Z1-021d	Finmetko Oy	Ausstellerzelt
Z1-021e	KWF GmbH	Ausstellerzelt
Z1-022	Alterric Deutschland GmbH	Ausstellerzelt
Z1-023	Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt	Ausstellerzelt
Z2-001	Umweltdata GmbH	Ausstellerzelt
Z2-002	BitApps GmbH	Ausstellerzelt
Z2-003	Riegl Laser Measurement Systems GmbH	Ausstellerzelt
Z2-004	Wald verbindet - Digitale Produkte i.G.	Ausstellerzelt
Z2-006	timberNet Solutions KG	Ausstellerzelt
Z2-007	GISCON Systems GmbH	Ausstellerzelt
Z2-008	Carema GmbH	Ausstellerzelt
Z2-010	ARC-GREENLAB GmbH	Ausstellerzelt
Z2-011	Forstify GmbH	Ausstellerzelt
Z2-012	NavLog GmbH	Ausstellerzelt
Z2-014	Logiball GmbH	Ausstellerzelt
Z2-015	notruf wald plus gmbh	Ausstellerzelt
Z2-016	WASP-Logistik GmbH	Ausstellerzelt
Z2-018	SchwarzDesign GmbH	Ausstellerzelt
Z2-019	Forstware Informationssysteme GmbH	Ausstellerzelt
Z2-021	DekaData Hard- & Software GmbH Co. KG	Ausstellerzelt
Z2-025	OCELL GmbH	Ausstellerzelt
Z2-029	Revierwelt Media GmbH	Ausstellerzelt
Z2-031	Deutsches Institut für Geoinformatik GmbH & Co.KG	Ausstellerzelt
Z3-001	Blickle & Scherer Kommunikationstechnik GmbH & Co. KG	Ausstellerzelt
Z3-002	3M Deutschland GmbH	Ausstellerzelt
Z3-005	Teufelberger Seil Ges.m.b.H.	Ausstellerzelt
Z3-006	Konvekta AG	Ausstellerzelt
Z3-007	Deutscher Forstverein e.V.	Ausstellerzelt
Z3-007a	Forestline e.K.	Freigelände
Z3-007b	Baum des Jahres - Dr. Silvius Wodarz Stiftung	Ausstellerzelt
Z3-008	INFACO Germany Fa. Albrecht GmbH	Ausstellerzelt
Z3-011	WiTri GmbH	Ausstellerzelt
Z3-012	Bund Deutscher Forstleute (BDF)	Ausstellerzelt
Z3-013	Soppec S.A. Technima	Ausstellerzelt
Z3-015	Raptor Forestry	Ausstellerzelt
Z3-016	HEICO Befestigungstechnik GmbH	Ausstellerzelt
Z3-018	JSP Safety GmbH	Ausstellerzelt
Z3-019	wpd onshore GmbH & Co. KG	Ausstellerzelt

Standnummer	Firmenname	Standort
Z3-020	Mips AB	Ausstellerzelt
Z3-021	Himmelberger Zeughammerwerk Leonhard Müller & Söhne GmbH	Ausstellerzelt
Z3-022	Rotex Helicopter AG	Ausstellerzelt
Z3-024	HerkuPlast Kubern GmbH	Ausstellerzelt
Z3-024a	LESOSKOLKY s.r.o.	Ausstellerzelt
Z3-028	Paul H. Kübler Bekleidungswerk GmbH & Co. KG	Ausstellerzelt
Z3-030	Francital Environnement	Ausstellerzelt
Z3-032	BOME Unternehmensberatung GmbH	Ausstellerzelt

Die Fachexkursion der 18. KWF-Tagung 2024 in Schwarzenborn

Andrea Hauck, KWF e.V.; Florian Koch, Forstamt Neukirchen

Neutrale Experten stellen auf einem Rundkurs im Wald unter realistischen Bedingungen über 30 Arbeitsverfahren im Praxisbetrieb vor.

Eine ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltige Waldbewirtschaftung dient dazu, gerade in Zeiten des Klimawandels, intakte Wälder für die Zukunft zu gestalten und somit die lebenswichtigen Ökosystemleistungen der Wälder sicherzustellen.

Eine Auswahl sowohl neuer als auch bewährter Verfahren und Forsttechnik wird auf dem Exkursionsrundweg im Echtbetrieb gezeigt. Neutrale Experten informieren und beurteilen die vorgestellten Verfahren hinsichtlich Ergonomie und Arbeitssicherheit, Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Praxistauglichkeit.

Den Rahmen hierfür liefern die Waldflächen und die waldbaulichen Konzepte des gastgebenden Forstbetriebes HessenForst.

Organisatorisches

- Das Exkursionsgebiet liegt in unmittelbarer Nähe des Expo-Geländes im Bereich des Hessischen Forstamtes Neukirchen.
- Es gibt zwei Möglichkeiten, das Exkursionsgelände zu erreichen: jeweils per Shuttle vom Exkursionsparkplatz oder vom Nordparkplatz der EXPO

- Auf der Exkursion verkehrt auf ca. 8 km im Einbahnstraßensystem ein Busrundverkehr (Hop-On/Hop-Off). Von 6 Haltepunkten aus können alle Exkursionspunkte gut erreicht werden.
- Eine Befahrung der Exkursionsroute mit dem PKW ist nicht möglich.

Grundsätze und Ziele

Bei der Auswahl der Exkursionsbilder werden Arbeitsverfahren mit überörtlicher Bedeutung und mit einem möglichst breiten Einsatzspektrum präsentiert.

Neben bewährten Verfahren werden auch solche präsentiert, die sich noch im Einsatz behaupten müssen, denen jedoch von Experten aus der forstlichen Praxis sehr gute Chancen darauf eingeräumt werden. Somit kann der Besucher auch neue Verfahrenstechnologien in der Praxiseinführungsphase kennenlernen. Als Folge davon sind jedoch die Angaben, z. B. zum Verfahrensablauf und insbesondere zu Arbeitsproduktivität und Kosten, bei diesen Verfahren als gutachtliche Schätzung anzusehen.

Auf Grundlage der örtlichen waldbaulichen Zielsetzung wird unter möglichst typischen Standorts- und Bestandesverhältnissen

der aktuelle Stand der Verfahrenstechnik zur Realisierung der vom Forstbetrieb festgelegten waldbaulichen und technischen Ziele vorgeführt, erläutert, diskutiert und beurteilt. Für die einzelnen Verfahren wird deren Konformität mit den Standards von PEFC und FSC beurteilt.

Der Schwerpunkt der Exkursion liegt in der Praxisdemonstration von vollständigen Verfahrensketten. Nach Möglichkeit werden FPA-geprüfte Produkte (Maschinen, Geräte, PSA) eingesetzt. Alternativen zur eingesetzten Technik (und PSA) auf der Exkursion werden von den Ausstellern auf der EXPO präsentiert. Dort gibt es vielfach auch Funktionsdemonstrationen unter einsatznahen Bedingungen.

Thematische Gliederung der Fachexkursion

Neben der Jungbestandspflege und der pfleglichen Holzernte ist auch die Flächenvorbereitung und Bestandesbegründung ein Schwerpunkt der Exkursion. Aufgrund der Kalamitäten in den letzten Jahren sind diese Themen hochaktuell. Zudem werden an verschiedenen Exkursionspunkten Themen z. B. aus den Bereichen Arbeitsschutz, Bodenschonung und Logistik präsentiert.



Ein ebenso aktueller Schwerpunkt liegt auf dem Thema „Umgang mit stehendem Totholz“. Von der Risikobeurteilung bis zu Handlungsempfehlungen für die Holzernnte wird das Thema konzentriert in einer „Schadholzarena“ durch mehrere Exkursionspunkte umfassend dargestellt.

1. Flächenvorbereitung und Bestandesbegründung (7)
2. Jungwuchs-/Jungbestandespflege (5)
3. Holzernnte inkl. „Schadholzarena“ (11)
4. Sonderthemen (9)

Bei den Informationen zu den Exkursionspunkten werden neben der reinen Verfahrensbeschreibung inkl. Zielvereinbarung und Arbeitsvorbereitung auch Aussagen zu Arbeitsproduktivität und Kosten sowie Risiken und Waldschutzfragen getroffen. Die Durchführung der Erfolgskontrolle sowie die Beurteilung hinsichtlich

Umweltverträglichkeit, Arbeitsschutz, Prozessorientierung und Wirtschaftlichkeit fließen in die zusammenfassende Beurteilung des Verfahrens ein.

Die Angaben zu Standort und Bestand basieren auf der Forsteinrichtung von 2021.

Umsetzung in die Praxis

Auf der Fachexkursion wird ein breites Spektrum forstlicher Arbeitsverfahren in Echtzeit präsentiert. Mit den Informationen des Tagungsführers erhält der Besucher einen Überblick über diese Verfahren. Dieser kann, unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse, als Entscheidungshilfe für den Einsatz in der Praxis dienen.

Auf der Expo präsentieren die Aussteller ihre neuesten Entwicklungen und den umfassenden Stand der Technik. Dieses vielfältige Angebot ermöglicht sehr gute Vergleichs- und alternative Lö-

sungsmöglichkeiten hinsichtlich des Einsatzes forstlicher Technik für die Waldbewirtschaftung.

Auf dem Fachkongress werden wichtige aktuelle Themen von Experten aus allen Bereichen von der Grundlagenforschung bis zur praktischen Umsetzung vorgestellt und bieten somit weitere Anregungen und Ansatzpunkte für fachliche Diskussionen und Bewertungen.

Damit werden auf der KWF-Tagung die technischen und organisatorischen Entwicklungen zur Gestaltung von Verfahren für die Arbeit im Wald umfassend aufgezeigt. Wie diese jedoch für eine effiziente, nachhaltige und schonende Bewirtschaftung in der Praxis eingesetzt werden, obliegt den Waldbesitzenden selbst. Voraussetzung dafür ist die verantwortungsbewusste Abstimmung von Technik und gewählten Arbeitsverfahren auf die örtlichen Gegebenheiten.

Kalkulationsgrundlagen der Arbeitsverfahren

Grundlage zur Beurteilung und Vergleichbarkeit von Arbeitsverfahren ist die Kenntnis betriebswirtschaftlicher Kenngrößen. Zeitbedarf zur Leistungseinschätzung (Herleitung der Arbeitsproduktivität) sowie Lohn- und Maschinenkosten sind wesentliche Größen für die Kalkulation der Arbeitsverfahren.

Zeitbedarf, Leistung (Arbeitsproduktivität)

Für jedes Arbeitsverfahren gibt es Angaben zu Zeitbedarf und Leistung. Diese resultieren aus Arbeitszeitstudien, Leistungsnachweisen oder auch Erfahrungswerten. Die Quellen werden jeweils genannt. Angaben für die Arbeitsverfahren, die sich „in Praxisein-

führung“ befinden, basieren i. d. R. auf Feldstudien und sind daher als vorläufig anzusehen. Gegebenenfalls müssen diese für die Zukunft mit weiterem Datenmaterial ergänzt werden.

Kostenkalkulation Arbeitskosten

Die Berechnung der Arbeitskosten wurden in Anhalt an den Tarifvertrag zur Regelung der Arbeitsbedingungen von Beschäftigten in forstwirtschaftlichen Verwaltungen, Einrichtungen und Betrieben der Länder (TV-L-Forst) in der Fassung vom 15.02.2022 mit den entsprechenden Entgelttabellen durchgeführt und mit einem gerundeten repräsentativen Stundenlohn kalkuliert.

Die Lohnnebenkosten werden einheitlich mit 125 % der „produktiven Lohnkosten“ angesetzt. Ausgenommen davon sind Maschinenfürer mit Kabinenarbeitsplätzen (Harvester, Forwarder, Seilkran), deren Lohnnebenkosten wegen des höheren Anteils an produktiven Stunden mit 100 % der „produktiven Lohnkosten“ angenommen werden.

Die Umsetzlohnkosten werden bei Forstschlepperfahrern und Pferdeführern mit 10 %, bei Harvester, Forwarder- und Seilkranbedienern mit 15 % der Gesamtlohnkosten (LK + LNK) veranschlagt.

Betriebsmittelkosten

Bei den meisten Verfahren wurden zur Kostenkalkulation die jeweiligen Unternehmersätze zugrunde gelegt. Bei einigen wenigen wurde mit einem repräsentativen Maschinenkostensatz gerechnet.

Kosten für Handgeräte wurden mit 0,30 €/h berechnet.

Die Motorsägenentschädigung wurde mit 11,64 €/MAS veranschlagt. Es wird hierbei von der Verwendung von Sonderkraftstoffen zur Verringerung der Gefahrstoffbelastung ausgegangen.

Hier nicht genannte bzw. hiervon abweichende Kosten sind bei den einzelnen Verfahren aufgeführt.

Tabelle 1 Kostensätze als Kalkulationsgrundlage

Tätigkeit	Lohnkosten €/Std. bzw. €/MAS	Lohnnebenkosten %	Umsetzkosten % Gesamt-LK
Zeitlohnarbeiten	17,10	125	
Forstschlepperfahrer, Pferdeführer	18,20	125	10
Harvester-/Forwarder-/ Seilkranbediener	19,40	100	15
Motorsägenentschädigung	11,64 €/Std.		
einfaches Handgerät	0,30 € Std.		
Dieselmotorkraftstoff (inkl. Transport/Lagerung)	2,00 €/l		
Sonderkraftstoff (Alkylatbenzin)	4,00 €/l		

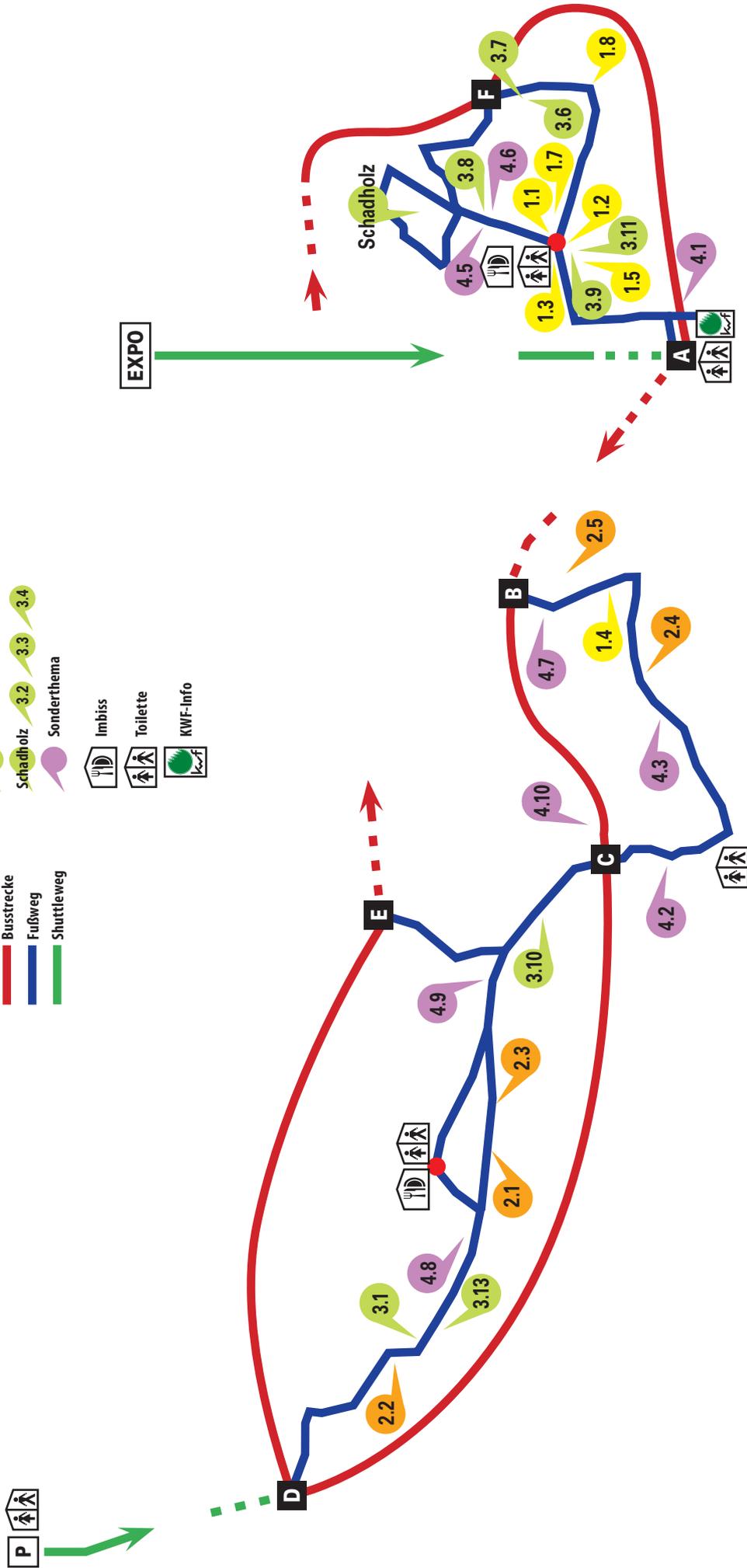
Nr	Fachexkursion - Präsentations-Themen	Institution
1. Flächenvorbereitung und Bestandesbegründung		
1.1	Flächen- und Bodenvorbereitung mit dem Silvafix in den Niedersächsischen Landesforsten	Niedersächsische Landesforsten, Forstsaatgutberatungsstelle (fsb) Oerrel
1.2	Gassengebundene Herstellung von Pflanzplätzen/Waldsaaten	Landesbetrieb Forst Brandenburg SB Technik, Wegebau, Arbeitsverfahren
1.3	Schneisengebundene Bodenvorarbeiten mit Kettenbagger und Fräsaggregat KEMROC EK-40F	ThüringenForst
1.4	Pflanzlogistik mit dem Depotverfahren	Forst Baden-Württemberg (AöR)
1.5	Verjüngungstechniken mit funkferngesteuerter Kleinraupe	Landesbetrieb Forst Brandenburg SB Technik, Wegebau, Arbeitsverfahren
1.7	Containervielfalt und mögliche Pflanzverfahren	Kooperation zwischen den Niedersächsischen Landesforsten, Forstsaatgutberatungsstelle (fsb) Oerrel und Schleswig-Holsteinischen Landesforsten.
1.8	Mechanisierte Wiederbewaldung von Großkalamitätsflächen unter Qualitätsgesichtspunkten	Center-Forst GmbH
2. Jungwuchs-/Jungbestandespflege		
2.1	Die Niedersächsische Kulturpflege-technik (NKT)	Niedersächsische Landesforsten; Niedersächsisches Forstliches Bildungszentrum
2.2	Die Münchehofer Wertastungstechnik (MWT)	Niedersächsische Landesforsten; Niedersächsisches Forstliches Bildungszentrum

Nr	Fachexkursion - Präsentations-Themen	Institution
2.3	Wertastung und erste Positivläuterung mit Akkuschere und Spacer	Landesbetrieb Wald und Holz NRW
2.4	Waldbau trifft Handwerk Das hessische Modell in der Jungwuchs- und Jungbestandspflege	HessenForst, Forstamt Weilburg Forstliches Bildungszentrum
2.5	Sicherheit und Schnittleistung diverser Werkzeuge am Freischneider	Staatsbetrieb Sachsenforst Maschinenstation Königstein
3. Holzernte		
3.1	Umsetzung der Richtlinie zu Nährstoffnachhaltigkeit in Rheinland-Pfalz	Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz
3.2	SCHADHOLZARENA Innovationen des Arbeitsschutzes bei der Waldarbeit 3.2 a Forstbetriebsarbeiten in totholzreichen Beständen: Gefährdungsbeurteilung und Ableitung von Maßnahmen 3.2 b Personen-Notsignal-Anlagen (PNA) zur Absicherung von gefährlichen Waldarbeiten oder allein im Wald arbeitenden Personen 3.2 c Schutzmöglichkeiten bei Forstbetriebsarbeiten im Zusammenhang mit Totholz	Staatsbetrieb Sachsenforst Maschinenstation Königstein
3.3	SCHADHOLZARENA Einsatz funkferngesteuerter Fällkeile im Schadh Holz Abgesicherte Fälltechnik mit Fällzirkel und Fällfahne	Landesforsten Rheinland-Pfalz Zentralstelle der Forstverwaltung
3.4	SCHADHOLZARENA Techniken und Verfahren für die sichere motormanuelle Fällung von geschädigten (Laub-) Bäumen. 3.4 a Die Baum- und Umgebungsbeurteilung im Schadh Holz - Der Blick auf die Details 3.4 b Baumpilze und Holzersetzung an der Buche 3.4 c seilunterstützte Fällung von Schadh Holz - Mit Leichtigkeit, hoch hinaus	Forst Baden-Württemberg (AöR)
3.6	Rindenschlitzen - motormanuelle Entrindung mit Motorsägenanbaugerät	LWF -Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
3.7	Debarking Heads in der Praxis - Nährstoffe - Waldschutz - Logistik	Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Französische Staatsforsten
3.8	Einsatzspektrum Rückepferde: Möglichkeiten und Grenzen für einen effizienten, pfleglichen und zeitgemäßen Einsatz von Rückepferden in der teilmechanisierten Holzernte.	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg Abteilung Waldnutzung und Rossnatour
3.9	Forstliche Verfahren auf dem Prüfstand - Praxisversuche zum Bodenschutz bei der Waldbewirtschaftung	Landesbetrieb Forst Brandenburg SB Technik, Wegebau, Arbeitsverfahren
3.10	Rostocker Horizontalseilkraneverfahren	Stadtforstamt Rostock, Fa. Baumpflege Wurzelwerk
3.11	Datenübertragung Büro - Harvester - Forwarder - Büro	Landesbetrieb Forst Brandenburg SB Technik, Wegebau, Arbeitsverfahren
3.13	Von der digitalen Forsteinrichtung zum präzisen Gassenaufschluss mit dem Harvester	Center-Forst GmbH in Kooperation mit Komatsu Forest GmbH
4. Sonderthemen		
4.1	Forstlicher Innovationsstandort Thüringen a - INTELLIWAY - Intelligente Wege - Condition Monitoring und Predictive Maintenance für Forstwege b - Contura c - ForestSatCert	ThüringenForst & FH Erfurt EF, FFK, Uni Ilmenau
4.2	Digitalisierung der Feinerschließung - Projekt Gasse 2.0-3.0	Landeszentrum Wald und Landesforstbetrieb Sachsen-Anhalt, Fraunhofer IFF
4.3	Passive Exoskelette bei forstbetrieblichen Arbeiten	GEFFA in Zusammenarbeit mit der Georg-August-Universität Göttingen (Fakultät für Forstwissenschaften)
4.5	Holzernte- sowie Wegebauverfahren unter Einbezug der Wasserrückhaltung	HessenForst Technik
4.6	Klettersitz als Steuerungsinstrument der Wiederbewaldung	HessenForst Forstamt Frankenberg-Vöhl
4.7	Sprengtechnik in der Forstwirtschaft 4.7 a Anlage von Feuchtbiotopen mittels Sprengtechnik Herstellen von Wasserflächen als Biotope zur Verbesserung des Gesamtlebensraums Wald 4.7 b Fällung von Problembäumen mittels Sprengtechnik	THW Bundesschule
4.8	Klimaangepasste Baumartenwahl	NW-FVA Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
4.9	Marteloskope als Innovative Lern- und Übungsflächen	European Forest Institute - EFI Bonn; ANW Deutschland e.V.; Wald- und Umweltplanung Leonhardt
4.10	Bodenverfestigung in Anlehnung an eine hydraulisch gebundene Tragdeckschicht im land- und forstwirtschaftlichen Wegebau	Universität Freiburg, Professur für Forstliche Verfahrenstechnik in Kooperation mit HessenForst-Technik und der Corent AG

KWF-Exkursionsgebiet 2024

HELMFLICHT auf der Fachexkursion!
 Wetterfeste Kleidung und festes Schuhwerk werden empfohlen

- P** Parkplatz
- H** Bushaltestelle
- Busstrecke
- Fußweg
- Shuttleweg
- Flächenvorbereitung & Bestandesbegründung
- Bestandespflege
- Holzernte
- Schadholz
- Sonderthema
- Imbiss
- Toilette
- KWF-Info



1. Flächenvorbereitung und Bestandesbegründung

1.1 Flächen- und Bodenvorbereitung mit dem „Silvafix“ in den Niedersächsischen Landesforsten



Die Flächen- und Bodenvorbereitung ist eine wichtige Voraussetzung für eine stabile und nachhaltige Kulturentwicklung. Die eigentlichen Pflanzarbeiten werden wesentlich vereinfacht, es kann flexibel auf das gelieferte Sortiment durch ein angepasstes Pflanzverfahren reagiert werden (z. B. Baggergabelpflanzung) und auch die Kulturpflege wird deutlich erleichtert. In den Niedersächsischen Landesforsten kommt dafür der „Silvafix“ Räumrechen am Baggerarm zum Einsatz.

Verfahrensbeschreibung

Flächen- und Bodenvorbereitung mit einem Kettenbagger und dem „Silvafix“ Räumrechen

Den „Silvafix“ gibt es in unterschiedlichen Arbeitsbreiten von 0,90 m bis 2,00 m. Es wird von der Rückegasse aus oder mit teilflächiger Befahrung gearbeitet. Es kommen dabei Bagger von 6 bis 23 t mit ausschließlich gekröpften Ketten (im Bergland mit Stegen) zum Einsatz.

Verfahrensbeschreibung

- Ein Bagger arbeitet von der Rückegasse (mit 14 t bis 23 t) aus oder stößt von der Rückegasse quer oder diagonal in die Arbeitsfläche (mit 6 t bis 8 t) und zieht bzw. schiebt vorhandenen Schlagabraum und Rohhumus auf die Rückegasse.
- Ein Eingriff in den Mineralboden ist dabei zu vermeiden. Nur der Rohhumus soll soweit abgezogen werden, dass die Pflanze direkt in den Mineralboden gesetzt werden kann.
- Der „Silvafix“ verfügt über senkrecht und gerade nach unten verlaufende Zinken, um ziehend und schiebend arbeiten zu können.
- Eine streifenweise oder flächige Vorbereitung ist wahlweise möglich. Bei streifenweiser Bodenvorbereitung werden die Streifen im rechten Winkel zur Rückegasse angelegt, um einen gleichmäßigen Pflanzverband zu ermöglichen und die spätere Kulturpflege zu erleichtern (Strukturierung der Pflegefläche).

- Stärkeres X-Holz und lose störende Stubben werden als Strukturelement auf kleinen Haufen neben der Rückegasse abgelegt. Die Rückegassen bleiben so weiterhin befahrbar.
- Der „Silvafix“ Räumrechen ist mit entsprechender Nachrüstung auch mit dem Saatgerät der Firma FHS einsetzbar.

Arbeitsauftrag

- Räumung von Schlagabraum und Rohhumus in beschriebener Weise
- Abstände zu übernahmewürdiger Verjüngung (z. B. 2 m), Bestockung (z. B. 1,5 m) oder Wegen (z. B. 5 m) einhalten
- Eingriffstiefe auf das notwendige Maß beschränken, nicht in den Mineralboden eingreifen
- Pflanzreihenabstand beachten
- Nur mit gekröpften Ketten (im Bergland mit Stegen) bzw. bei geringer Baggergröße mit Gummiketten arbeiten
- Bei größeren Gewichten (über 14 t) nur von der Rückegasse aus arbeiten und ggf. eine Kranverlängerung nutzen





System wird mit gekröpften Ketten und Armverlängerung vorgestellt.

KOMATSU PC 138US-11

Motor Komatsu SAA4D95LE-7 Niederemissions-Dieselmotor
Motorleistung 72,6 kW / 98,7 PS
Betriebsgewicht 13.880 - 14.820 kg
Hubraum 3,26 l
Anzahl Zylinder 4
Hydrauliksystem
Hydraulikpumpe 1 regelbare Schrägscheiben-Kolbenpumpe für Ausleger, Stiel, Löffel, Schwenk- und Fahrtrieb,
Max. Fördermenge 242 l/min

Arbeitsvorbereitung

- Festlegen der Fläche, die geräumt und bepflanzt werden soll
- Anlage bzw. Überprüfung und ggf. Anpassung des Rückegassensystems
- Organisation und Sicherstellung von Arbeitssicherheit und Verkehrssicherung entsprechend der Gefährdungsbeurteilung

Betriebsmittel

- Bagger 6 t bis 23 t mit Silvafix (Breite 0,90 m bis 2,00 m)
- Bei Arbeiten von der Rückegasse aus ist ggf. eine Kranverlängerung erforderlich.

Zeitbedarf

Arbeitsweise	Zeitbedarf
Flachland	5 bis 8 MAS/ha
Bergland	6 bis 10 MAS/ha

Kosten

Baggervariante	Maschine €/MAS	Gesamtkosten/ha
8 t Bagger mit Silvafix inkl. Fahrer	80 €/MAS	400 bis 800 €/ha
20 t Bagger mit Silvafix inkl. Fahrer	120 €/MAS	700 bis 1.200 €/ha

Beurteilung des Verfahrens

1. Erfolgskontrolle

- Regelmäßige Kontrolle der Zielvorgaben
- Bei der Bodenvorbereitung ist insbesondere auf die Räumtiefe zu achten. Es soll nur der Rohhumus abgezogen, aber nicht in den Mineralboden eingegriffen werden.
- Strukturelemente (z. B. Verjüngungsbereiche) sind zu berücksichtigen.

2. Waldschutz

- Die Risiken sind gering. Waldschutzfragen treten bei dem Verfahren nicht auf.

3. Arbeitsschutz

- Ergonomie und Arbeitssicherheit wird für das genannte Verfahren als sehr hoch eingeschätzt.
- Insbesondere für Folgearbeiten ist im Hinblick auf die vorbereitete Pflanz- oder Saatfläche die Gefahr von Verletzungen oder größerer Arbeitsbelastung durch z. B. notwendige Pflanzplatzräumung erheblich reduziert.
- Die Arbeitsbelastung bei zukünftigen Kulturpflegearbeiten wird deutlich verringert.

4. Umweltverträglichkeit

- Die Flächen- und Bodenvorbereitung erfolgt sowohl auf Freiflächen als auch im Unter- bzw. Voranbau. Das Silvafix kann auch zur Einleitung von Naturverjüngung eingesetzt werden.

- Die eingesetzten Maschinen sind durch ihre Kettenlaufwerke weitestgehend bodenschonend. Im Bestand sind Kurzheckbagger mit gekröpften, breiteren Ketten oder Gummilaufwerken einzusetzen.

5. Optimaler Einsatzbereich

- Ebene Topografie bis leichte Hangneigung (bis 25°)
- Im Unter- bzw. Voranbau mit einem 6 bis 8 t Bagger, der aufgrund seiner Größe zwischen der Bestockung arbeiten kann. Hier sind auch Gassenabstände von bis zu 40 m denkbar (mit Befahrung der Zwischenfelder).
- Bei der Flächen- und Bodenvorbereitung liegt der optimale Bereich systembedingt bei einem Gassenabstand zwischen 20 bis 25 m.

Niedersächsische Landesforsten

Ansprechpartner: FtA Olaf Schöne, FtA Lars Metje, FtA Carsten Bosse, FW Sven Wehlau

Exkursionsbild 1.1	
Bestand	FI (36) Stangenholz bis schwaches Baumholz mit flächiger Verjüngung BU, FI, ERL, ESH, AH
Standort	frisch, wechselfeucht
Boden	sandiger Lehm, mittel- bis tiefgründig
Bestockungsziel	WEZ 10: Ei mit BU, HBU

1.2 Gassengebundene Herstellung von Pflanzplätzen/ Waldsaaten

Welche Möglichkeiten gibt es, Verjüngung zu unterstützen, wenn flächiges Befahren ausscheidet? Dies kann aus Bodenschutzgründen und nachlaufenden freiwilligen Selbstbeschränkungen so sein, aber auch, weil die Verhältnisse (lückige aber übernahmewürdige Verjüngung, Stöcke, Wurzelteller und Kronen nach Windwurf) eine flächige, streifenweise Bearbeitung nicht zulassen.

Insbesondere im Bereich der Walderneuerung scheint eine schematische Anwendung weniger „bewährter“ Verfahren den Erfolg eher einzuschränken. Vielmehr muss dem Wirtschaftler ein möglichst umfangreicher „Werkzeugkasten“ zur Verfügung stehen, dem flächenangepasst das erfolgversprechendste Werkzeug zu entnehmen ist. Im Landesbetrieb Forst Brandenburg wurde vor geraumer Zeit aus einer konkreten Aufgabenstellung heraus in Anlehnung an das Silvafix-Verfahren ein ausgesonderter Harvester mit geringem Aufwand umgebaut. Dieser ist sowohl in der Lage, Bodenverwundungen vorzunehmen oder Pflanzplätze herzustellen, als auch im gleichen Zuge mit einer Sämaschine Waldsaaten anzulegen mit Saatgut bis

zur Stärke von etwa Weißtanne. Buche ist technisch mit vergleichsweise geringen Saatgutmengen und dementsprechend geringen Pflanzzahlen möglich.

Verfahrensbeschreibung

Ablauf

- Die Maschine befährt das vorhandene Gassensystem und legt in den angrenzenden Blöcken Plätze an, indem die Humusschicht mit einem Rechen abgezogen wird. Die Platzbreite beträgt ca. 0,75 m. Die Länge ist frei wählbar.
- Wahlweise kann über einen Saatgutbehälter im Zuge der Platzanlage Saatgut nach dem Prinzip der Flaschensaat eingebracht werden.
- Eine Abdeckung des Saatgutes ist wahlweise möglich.
- Begrenzt wird der Arbeitsbereich durch die Auslegerreichweite.

Prozessorientierung; Schnittstellen
Hinsichtlich der Bearbeitung von Kalamitätsflächen gelten auch für dieses Verfahren die Ausführungen zum Exkursionsbild 1.5 an gleicher Stelle. Dieses Verfahren stellt zwar noch deutlich weniger Anforderungen an die nach dem Hieb

verbliebene Reisigauflage. Dennoch erhöht eine gewisse Schlagordnung die Produktivität. Hinzu kommt, dass der Harvesterausleger in seiner Kinematik nicht vorzugsweise für „Baggerarbeiten“ konzipiert ist, so dass das Reisigräumen zwar möglich, aber auch beanspruchungsintensiv ist. Die selektive Platzanlage bspw. in vorhandenen, lückigen Verjüngungen, ggf. mit gleichzeitiger Saat gewünschter Baumarten, ist gut möglich.

Arbeitsauftrag

- Anlage von plätzeweisen Bodenverwundungen zur Einleitung von Naturverjüngung
- Anlage von Pflanzplätzen
- Fakultativ: gleichzeitiges Einbringen von Saatgut

Anzahl und Länge der Plätze und die gewünschte Saatmenge sind in Abhängigkeit von den Verhältnissen auf der Fläche vorzugeben.

Es hat sich bewährt, wenn der Wirtschaftler zu Beginn der Arbeiten anwesend ist, um auf einer Referenzfläche seine persönlichen Vorgaben zur Intensität der Bearbeitung zu kommunizieren.

Arbeitsvorbereitung

- Die Reisigauflage ist ein entscheidendes Kriterium für die



Anlage von Pflanzplätzen

Arbeitsproduktivität. Bei konzentrierter Reisigablage auf den Gassen genügt die übliche Schlagordnung.

- In der Natur nicht erkennbare Gassen sind zu markieren.
- Soll mit wechselnden Baumarten gearbeitet werden, sind die Saatpartien optimalerweise in der Natur kenntlich zu machen.
- Eine Satellitennavigation ist denkbar.

Betriebsmittel

- Modifizierter Harvester mit möglichst großer Auslegerreichweite. Das Verfahren ist nur wirtschaftlich, wenn abgeschriebene Maschinen in gutem technischem Zustand hinsichtlich des Auslegers und des Fahrgestells zum Einsatz kommen.
- Nach Demontage des Harvesteraggregates wird ein hydraulisch betätigter Rechen montiert. Dieser wird mit einer robusten, aus der Kabine angesteuerten Sämaschine ergänzt.

Arbeitsproduktivität, Kosten

Die Arbeitsproduktivität hängt stark von der Intensität der Flächenbearbeitung und der Reisigauflage ab. Unter verschiedenen Bedingungen ist nach bisherigen Erfahrungen eine durchschnittliche Arbeitsproduktivität von 0,12

ha/MAS zu erwarten. Damit bewegt sich der Kostensatz bei etwa 1.265 €/ha (152 €/MAS). Eine gleichzeitige Saat wirkt hinsichtlich der Arbeitsproduktivität kaum kostensteigernd, muss jedoch hinsichtlich der Saatgutkosten bei der Kalkulation berücksichtigt werden.

Plätzweise Bodenverwendung mit modifiziertem abgeschriebenem Harvester; ggf. Einbringen von Saatgut	
Arbeitsproduktivität	0,12 ha/MAS
Gesamtkosten	1263,50 €/ha

Kostensätze	
Maschine	105,00 €/MAS
Lohn inkl. LNK	38,30 €/Std.
Umsetzen	7,82 €/MAS

Beurteilung des Verfahrens

1. Durchführung der Erfolgskontrolle

- Vor Einsatzbeginn genaue Definition der Intensität und Platzgeometrie
- Während des Einsatzes laufende Kontrollen, auch der Eingriffstiefe
- Bei kombinierter Saat Kontrolle der Saatstärke über die Saat-

menge, ggf. Kontrolle der Verteilung durch Einfärben des Saatgutes mit Lebensmittelfarbe

2. Risiken, Waldschutzfragen

Die Maschine bewegt sich auf dem vorhandenen Feinerschließungssystem. Bereits aufgelaufenen Verjüngungen können optimal geschont werden.

3. Arbeitsschutz (Ergonomie, Arbeitssicherheit)

Der Maschinenführer verfügt über einen Arbeitsplatz in einer vollklimatisierten Forstkabine mit sehr guter Sicht auf die Arbeitsvorgänge. Hinsichtlich Ergonomie und Arbeitssicherheit dürfte dies wohl das derzeit günstigste Verfahren überhaupt sein.

4. Umweltverträglichkeit

Die Maschine ist mit allen für moderne, umweltschonende Forsttechnik üblichen Ausstattungen versehen und bewegt sich ausschließlich auf dem vorhandenen Feinerschließungssystem.

5. Prozessorientierung

Das Denken in Verfahrensketten führt insgesamt zu einem wirtschaftlicheren Endergebnis als die losgelöste Betrachtung einzelner Bewirtschaftungsmaßnahmen.



Kiefern – Naturverjüngung 2 – jährig



Dieses Verfahren toleriert zwar vergleichsweise schwierigere Flächenverhältnisse (bspw. Stöcke, Wurzelteller, Kronen/Resthölzer, eine gewisse Reisigauflage), dennoch führt eine gute Arbeitsvorbereitung, bspw. durch Schlagordnung zu einer Erhöhung der Produktivität. Nachfolgende Pflanz- und Pflegeaktivitäten können durch die Pflanzplatzgestaltung positiv beeinflusst werden.

6. Wirtschaftlichkeit

Das Verfahren lässt sich nur dann wirtschaftlich darstellen, wenn als Basismaschine ein bereits abgeschriebener Harvester Verwendung findet. Der Reparaturkostenfaktor ist verschleißbedingt und vor allem wegen der atypischen Beanspruchung des Auslegers entsprechend hoch zu kalkulieren. Bei Maschinen in einem guten technischen Zustand ist das Verfahren trotzdem und vor allem wegen der vergleichsweise geringen Anschaffungskosten sehr interessant.

Zusammenfassende Beurteilung

Das Verfahren der gassengebundenen Plätzeherstellung ist eine bodenschonende Variante der mechanisierten Unterstützung der Walderneuerung. Es hat eine hohe Akzeptanz bei den Wirtschaftlern.

Die Idee, das klassische Silvafix-Verfahren mit der Saat zu kombinieren, hat in exemplarischen Versuchen bei der Weißtannensaart überraschenderweise bessere Ergebnisse hervorgebracht als die vergleichsweise angelegten streifenweisen Saaten. Saatversuche mit Buche haben 2023 auf Grund technisch bedingt sehr geringer Saatgutmengen je Hektar entsprechend geringe Pflanzanzahlen erbracht. Inwieweit sich diese Ergebnisse verallgemeinern lassen, bleibt den Erkenntnissen aus Saaten anderer Baumarten und mit breiterer Basis vorbehalten. Die Modifikation der Sämaschine zur Erhöhung der Ausbringmengen bei Buche ist in beschränktem Umfang möglich und wird erprobt.

Technische Daten
MODIFIZIERTER HARVESTER PREUSS 85 V.II
 Eigengewicht ca. 14.000 kg
 Auslegerreichweite 11 m
 Rechenbreite 750 mm
 Umrüstkosten inkl. Sämaschine u. Steuerung o. MwSt. ca. 20.000 €

Landesbetrieb Forst Brandenburg, Zentraler Forstmaschinenbetrieb, Maschinenhof Doberlug-Kirchhain
Ansprechpartner: FOI Torsten Bieler; Toralf Weinhold, Marco Jahn, Henrik Lehnig (Maschinenführer)

Exkursionsbild 1.2	
Bestand	FI (36) Stangenholz bis schwaches Baumholz mit flächiger Verjüngung BU, FI, ERL, ESH, AH
Standort	frisch, wechselfeucht
Boden	sandiger Lehm, mittel- bis tiefgründig
Bestockungsziel	WEZ 10: Ei mit BU, HBU



Weißtannen – Flaschensaat, 2 – jährig

1.3 Schneisengebundene Bodenvorarbeiten mit Kettenbagger und Fräsaggregat KEMROC EK-40F

In den Wäldern Thüringens sind durch die Wetterextreme der letzten 6 Jahre riesige Windwurf-, Trocken- und Borkenkäferschäden entstanden. Die Wiederbewaldung der entstandenen Kahlfelder hat höchste Priorität. Dabei ist der Wassermangel in der Vegetationszeit ein gravierendes Hindernis für den Anwuchs von Forstpflanzen. Mehrwöchige Trockenperioden in den Frühjahrs- und Sommermonaten führen zur teilweisen bis vollständigen Verdunstung der im Oberboden gespeicherten Winterniederschläge und zu massiven Ausfällen in Forstkulturen.

Verfahrensbeschreibung

Durch die AÖR ThüringenForst wurde in enger Zusammenarbeit mit der Firma KEMROC/Merkers ein Bodenfräskopf entwickelt, der an jeden handelsüblichen Bagger mit definierter Hydraulikleistung angebaut werden kann. Er fräst 50 cm breite und 50 cm tiefe Streifen in den Boden und belässt durch seine Konstruktion das aufgelockerte Bodensubstrat auf dem Streifen. Eine flächige Befahrung kann durch den Baggereinsatz effektiv vermieden werden. Der Frässtreifen kann nach einer Setzzeit von 6-8 Wochen

bepflanzt werden. Durch die Fräsarbeiten kommt es zu einer Unterbrechung der Kapillarstruktur und einer Durchmischung von Humus und Mineralboden. Die daraus resultierenden Effekte sind eine effektivere Pflanzung, sowie eine längere Wasserverfügbarkeit in Trockenperioden.

Arbeitsauftrag

Vorbereitung von Pflanzstreifen stückzahlreicher Pflanzverbände auf Kalamitätsflächen mit geringem Schlagabraum

- Erstellung des Frässtreifens durch vollständiges „Eintauchen“ bis zu den Gleitkufen und Ziehen des Fräasers voll „eingetaucht“ bis zum Baggerstandort
- Ausnutzung der maximalen Ausleger-Reichweite, um eine größtmögliche Streifenlänge zu erreichen
- Beim Ausheben den Fräskopf abschütteln, damit anhaftendes Erdreich im Gehäuse in das verbleibende Loch fällt und ggf. angehäuften Material in das Loch schieben
- Die Frässtreifen, bei rechtwinkliger Anlage zur Befahrungslinie, immer gegenüber anlegen, um einen durchlaufenden Pflanz- bzw. Pflegereihe zu gewährleisten

- Stubben, ggf. Felspartien und markierte Naturverjüngungsbereiche aussparen

Arbeitsvorbereitung

- Fräsarbeiten mindestens 6 Wochen vor Pflanzbeginn ab Spätsommer (gefräster Boden muss sich setzen können)
- Festlegung des Reihenabstandes und der Frässtreifenrichtung im Bezug zu Arbeitsgasse (optimal 90 °)
- Aussparen von Hangpartien (Kippgefahr) bzw. Naturverjüngungstrupps und Markierung für den Baggerfahrer
- bei Bedarf: grobes Vorräumen der Fläche bei zu großer Reisaufgabe

Betriebsmittel

Jeder handelsübliche Bagger mit definierter Hydraulikleistung und das Fräsaggregat KEMROC EK-40F.

Kosten

Wenn möglich, verwenden Sie bitte die in der Tabelle S. 45 genannten Kostensätze.

Das Verfahren wurde durch einen forstlichen Lohnunternehmer durchgeführt. Demzufolge können die Maschinenkosten nicht exakt aufgeschlüsselt werden.





Zeitbedarf

Standort	Zeitbedarf	Kosten	Bemerkung
Standort ohne Vernässungsmerkmale	17 MAS/ha	2367 €/ha	<ul style="list-style-type: none"> hochanstehender BC-/C-Horizont stellt kein Problem in der Bearbeitung dar erhöhter Verschleiß ist anzunehmen
Lehmiger Standort	36 MAS/ha	5013 €/ha	<ul style="list-style-type: none"> z. Z. der Arbeiten sehr nass, häufiges „Verkleben“ des Aggregats
Durchschnittswerte	26 MAS/ha	3690 €/ha	

Kosten

Kostenpunkt	Kosten
Baustelleneinrichtung	3,87 €/MAS
Mietbagger inkl. Fahrer	98,00 €/MAS
Miete Fräsaggregat	36,08 €/MAS
Verschleißmaterial	1,30 €/MAS
Summe	139,25 €/MAS

Beurteilung des Verfahrens

1. Erfolgskontrolle

Für die Erfolgskontrolle des Verfahrens wurden zum Jahresbeginn 2023 mehrere gefräste Kalamitätsflächen mit Bodenfeuchtesensoren ausgestattet – jeweils zur Hälfte auf gefrästen und ungefrästen (naturbelassenen) Sektoren. Die Auswertung nach dem Dürresommer 2023 ist auf den ausgestellten Diagrammen zu erkennen. In den gefrästen Bereichen kamen die Forstpflanzen nur an wenigen Tagen in den akuten Trockenstressbereich, während auf den naturbelassenen Abschnitten die Pflanzen z. T. mehrere Wochen unter akutem Wassermangel litten, was ein großer Teil nicht überlebte.

2. Waldschutz

Die bessere Wasserversorgung der Forstpflanzen auf den gefrästen Abschnitten erhöht deren Widerstandsfähigkeit gegenüber Trockenstress und Schadinsekten.

3. Arbeitsschutz

Das Verfahren ist als Einmannarbeit eines Kettenbaggers konzipiert. Die Bedienperson der Maschine sitzt in einer geschützten und klimatisierten Kabine und hat optimale Arbeitsbedingungen. Eine tägliche Flächenkontrolle durch die verantwortlichen Waldbesitzer/Revierförster wird empfohlen, damit der Baggerfahrer auf örtliche Besonderheiten (Verjüngungsinseln, Gräben, etc.) hingewiesen werden kann und eine Rückkopplung zum Arbeitsfortschritt und zur Arbeitsqualität bekommt.

4. Umweltverträglichkeit

Das gezeigte Verfahren ist schneisegebunden und vermeidet konsequent das Befahren der Arbeitsfelder zwischen den Gassen. Der Bodendruck des Kettbaggers ist sehr gering. Auf den bisher gefrästen Flächen in 4 Revieren waren keine Befahrungsschäden erkennbar. Wichtig ist eine große Auslegereichweite des Baggers, damit der größte Teil der Arbeitsblöcke zwischen den Schneisen erreicht werden kann. Gerätebedingt wird das gefräste Erdreich direkt auf dem Arbeitsstreifen belassen und nicht seitlich ausgeworfen. Zusammen mit dem Fräs-

querschnitt des Arbeitsstreifens von 50 x 50 cm bekommt damit die Forstpflanze für die ersten 2-3 Jahre ein optimales Pflanzbett geliefert, was einen guten Anwuchserfolg verspricht. Der Kraftstoffverbrauch der Technologie ist von der eingesetzten Basismaschine abhängig.

5. Optimaler Einsatzbereich

Der optimale Arbeitsbereich befindet sich im befahrbaren Gelände ohne große Bodenwellen und Rabatten, die von einem Kettenbagger befahren werden können. Die Arbeitsflächen sollten nur eine geringe Reisigaufgabe haben, damit der Bagger nicht vorräumen muss. Dies senkt die Arbeitsproduktivität. Hoch anstehendes Gestein bzw. flachgründige Standorte sind kein Arbeitshindernis für den Fräskopf, sondern verringern lediglich die Fräsgeschwindigkeit. Gerade hier ist der größte Effekt für die Forstpflanzen gegenüber traditionellen Spaltpflanzverfahren erreichbar. Das Verfahren ist auf Grund der jetzt absehbaren Verfahrenskosten besonders für stückzahlreiche Forstkulturen mit ≥ 4000 Stück/ha geeignet (Eiche, Hainbuche, Roteiche, Rotbuche, Kiefer, etc.).

6. Prozessorientierung

Das Verfahren ist für die Vorbereitung der Spätwinter- bzw. Frühjahrspflanzung optimal. Die Maschine sollte mindestens 6-8 Wochen vor Pflanzbeginn auf den Aufforstungsflächen eingesetzt

werden, um dem aufgelockerten Erdreich Zeit zum Setzen zu geben. Erst dann kann gepflanzt werden. Pflanz man zu früh, kippen die Forstpflanzen mit dem sich setzenden Erdreich einfach um. Während des Winterhalbjahres kann das aufgefräste Erdreich das reichlich vorhandene Niederschlagswasser (Regen oder Schnee) sehr gut aufnehmen und eine gute Wassersättigung erreichen.

Von einem Fräseinsatz im Sommer/Spätsommer zur Vorbereitung einer Herbstpflanzung wird abgeraten. Die dabei hergestellten Frässtreifen sind während der Vegetationszeit ein optimales Saatbeet für alle in der Nähe wachsenden und verdämmenden Gräser und Blütenpflanzen. Diese

erreichen auf den gefrästen Streifen größere Wuchshöhen als auf dem benachbarten und naturbelassenen Boden. Die Orientierung auf einen Herbststeinsatz macht das Fräsverfahren vor allem für Tiefbauunternehmen aus der Baubranche interessant, die im Spätherbst und Winterhalbjahr Arbeit für ihre Maschinen suchen. Hier sind Synergieeffekte mit der Forstwirtschaft möglich.

ThüringenForst AöR, KEMROC Spezialmaschinen GmbH
Ansprechpartner: Jörn Uth; Sven Pfeifer; Olaf Scheibe; Christian Müller; Mathias Gieß - AöR ThüringenForst, Klaus Ertmer; Enrico Trender - Firma KEMROC Spezialmaschinen GmbH

Exkursionsbild 1.3	
Bestand	FI (36) Stangenholz bis schwaches Baumholz mit flächiger Verjüngung BU, FI, ERL, ESH, AH
Standort	frisch, wechsel-feucht
Boden	sandiger Lehm, mittel- bis tiefgründig
Bestockungsziel	WEZ 10: Ei mit BU, HBU

1.4 Pflanzlogistik mit dem Depotverfahren

Bei der Pflanzung mittels Depotverfahren wird das Pflanzgut in handelsübliche BigBags eingeschlagen und mechanisiert über die Rückegassen an die Pflanzflächen verbracht. Ein BigBag soll dabei ca. 1.500 m² Pflanzfläche bedienen. Das grundlegende Prinzip des Depotverfahrens ist, dass die Forstwirinnen und Forst-

wirte die Forstpflanzen nicht zur Fläche tragen, sondern dort bereits vorfinden. Dies ist ergonomischer, sicherer, minimiert Laufwege und lässt mehr Energie und Konzentration für eine wurzelgerechte Pflanzung zu. Nicht zuletzt reduziert das Verfahren die Kosten der Pflanzung, da unnötige Laufwege entfallen.

Sowohl die Pflanzungsqualität als auch die Wurzelfrische des Pflanzgutes wird durch das Depotverfahren optimiert. Die mit dem Verfahren verbundene These ist, dass die Anwuchsrate der begründeten Kultur begünstigt wird und sich die Ausfallrate reduziert.

Die durch das Depotverfahren optimierte Logistik- und Frischekette lässt eine bessere Nutzung des jahreszeitlich bedingten Zeitfensters für die eigentliche Pflanzung zu. Der Pflanzprozess wird somit entzerrt, die geeignete Witterung wird besser ausgenutzt und der Forstbetrieb kann effizienter wiederbewalden. Die BigBags fungieren als dezentrale Einschlagsplätze unmittelbar auf der Pflanzfläche. Die Befüllung und Logistik der Depots kann zeit-

lich unabhängig von der eigentlichen Pflanzung ablaufen, z. B. bei Schlechtwetter oder noch während der Frostperiode.

Verfahrensbeschreibung

1. Planung der Pflanzflächen, der Anzahl und der Standorte der Depots
 - Berechnung Anzahl der notwendigen Depots
 - Festlegung der Standorte der Depots und Verortung in Field-Maps App
2. Beschaffung von BigBags
3. Befüllung mit Substrat, händisch oder mit Einfülltrichter und Schaufel am Frontlader
4. Einschlagen der Pflanzen in Depots:
 - Pflanzenbündel i. d. R. öffnen
 - Pflanzen entsprechend Pflanztiefe einschlagen
 - Wurzeln müssen ringsum mit Substrat umschlossen sein
 - Je nach Pflanzengröße passen ca. 200-400 Pflanzen in einen Standard-Bigbag
 - Pflanzen je Depot mit ca. 50l



Beim Pflanzung im Umfeld des Depots

- Wasser befeuchten
- Markieren der Depots für Auslieferung
5. Lagern der befüllten Depots:
 - Nach Möglichkeit im Schatten
 - Schürze nicht komplett schließen
 6. Transport der Depots auf die Pflanzflächen:
 - Auslieferung bis 4 Wochen vor Pflanzung
 - Transport mit landw. Schlepper und Frontlader, Palettengabel und Anhänger, Variante: Krananhänger oder Forwarder
 - 2 Personen (Fahrer und weitere Person, die einweist, an- und abhängt)
 - Depots geschlossen transportieren → Fahrtwinde trocknen aus
 - Nach Transport müssen Depots kurz geöffnet und Pflanzen auf korrekte Lage überprüft werden
 - Standort der Depots in GIS - App des Betriebs verorten (Statusänderung)
 7. Durchführung der Pflanzung:
 - Pflanzen in kleinen Mengen entnehmen und direkt pflanzen
 - Bei geleerten Depots Statusänderung in GIS - App vornehmen
 8. Umgang mit leeren Depots:
 - Auf zentralem Lagerplatz deponieren (möglichst Anlieferort für künftige Pflanzenlieferung)
 - Depot mit Substrat lagern. Kann mehrfach wiederverwendet werden
 - Schürzen schließen!
 - Lagern im Schatten. Die Bags können gestapelt werden
 - Variante: Depots entleeren und vor nächster Nutzung erneut befüllen

Betriebsmittel

BigBags

- Größe: 96 x 96 x 98 cm, geschlossener Boden
- Mindestens 1.000 kg Belastbarkeit
- Einlegeboden, z. B. Siebdruckplatte oder Palette



Prozesskette des Depotverfahrens

Substrat

- Zusammensetzung: 1/3 Sand (Korngröße 2 mm), 2/3 Komposterde (kein Kompost, da Hitzeentwicklung durch Nachgärung)
- Füllhöhe: 40-50 cm je nach Wurzellänge
- Substrat gut durchmischen

Befüllen: Empfohlen wird die Verwendung von Einfülltrichter und Frontladerschaufel.

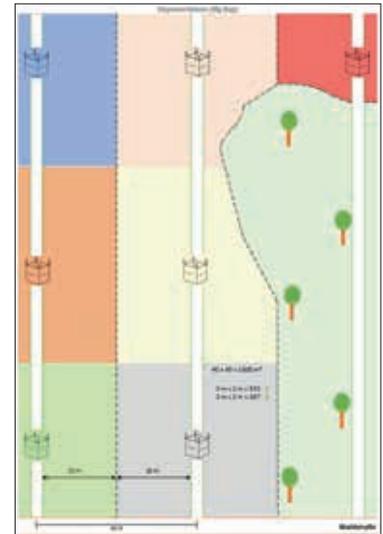
Schlepper

- mind. landwirtschaftlicher Schlepper mit Palettengabel am Frontlader
- Allrad, 100 PS Klasse
- Landwirtschaftlicher Anhänger

Zeitbedarf

Mittels GPS-Trackern wurden die Laufwege der an der Pflanzung beteiligten Personen ermittelt. Dabei wurde dem Depotverfahren das konventionelle Pflanzverfahren unter sonst gleichen Bedingungen gegenübergestellt. Beim konventionellen Verfahren befindet sich der geschätzte Tagesbedarf an Pflanzgut witterungsgeschützt auf PKW-Anhängern oder in einem Einschlag an der Forststraße. Die pflanzenden Personen entnehmen rationsweise das Pflanzgut und laufen im Anschluss zurück auf die Pflanzfläche.

Im Ergebnis war zu beobachten, dass sich durch das Depotverfahren die Laufwege um die



Keine flächige Befahrung! Die Rückgassen dienen auch der Kulturanlage



Befüllung der BigBags per Trichter, eine sehr effiziente Methode



BigBag zum Verbringen. Beachte: Hier fehlt die eingelegte Bodenplatte



Pflanzeneinschlag in BigBags

Hälfte reduziert haben und sich die Pflanzleistung je pflanzender Person nahezu verdoppelt hat.

Kosten

Bei einer angenommenen Nutzung der BigBags über drei Pflanzsaisons hinweg (einmalige Befüllung je Saison und Einsatz von Regiearbeitskräften) wurden versuchsweise verfahrensbedingte Kosten i.H. von 0,41 € je Pflanze ermittelt.

Durch eine Optimierung des Prozesses und durch Skaleneffekte bei großen Pflanzflächen ist zu erwarten, dass die Kosten je Pflanze im Depotverfahren weiter sinken werden.

Beim konventionellen Pflanzeneinschlag und täglicher Entnahme der Pflanzration entstehen demgegenüber Kosten i.H. von 0,09 € je Pflanze.

Unter Annahme eines Pflanzverbandes von 2m x 1m und damit 5.000 Pflanzen/ha ergeben sich jedoch bei Anwendung des Depotverfahrens aufgrund der deutlich steigenden Pflanzleistung eine Kosteneinsparung von ca. 2.000 Euro/ha.

Tabelle 1: Laufwegeversuch Depotverfahren vs. konventionelles Verfahren

	Goldshöhe (Depotverfahren)	Abtsgmünd (konventionell, skaliert)
Laufmeter (Meter)	21.810	43.929
Dauer der Pflanzung (Minuten)	1.346	2.549
Durchschnittsgeschwindigkeit (km/h)	0,94	-
Pflanzfläche (Quadratmeter)	3.798	3.798
Pflanzen je Pflanzfläche (2x1 m)	1.899	1.899
Laufmeter je Pflanze	11,48	23,13
prozentualer Anteil der Laufwege	50%	100%
Pflanzleistung je Stunde / Forstwirt	85	45

Reduktion der Laufwege:	50%
Steigerung der Pflanzleistung:	53%
Kosteneinsparung je ha:	2.004,71 €

Tabelle 2: Depotverfahren – Kostensätze

Ausgangsdaten	Depots	Substrat [t]	Pflanzen	Personen €/Std.	Schlepper €/Std.	Anhänger €/Std.
Anzahl	40	20	13.400			
€/Einheit	10,00	15,00		40,00	30,00	10,00

Tabelle 3: Depotverfahren – Kosten je Pflanze

Saison FWJ 2022	Personenstunden	Maschinenstunden	Sachkosten [€]	Gesamtkosten [€]	Kosten je Pflanze [€]
Depots + Substrat beschaffen + mischen Abschreibung auf 3 Einsätze	2	1	(1000)	(1510)	(0,08)
Depots mit Substrat füllen (händisch)	8	2		380	0,03
Alternative: Depots füllen mit Schlepper	4	4		(400)	(0,03)
Pflanzeneinschlag in die Depots	46	2		1900	0,14
Ausfahren der Depots	25	25		2000	0,15
Einsammeln der Depots	8	8		640	0,05
Leeren der Depots	2	2		160	0,01
Gesamtverfahren	81	29	400	5590	0,41

Beurteilung des Verfahrens

Im Versuch konnte das Depotverfahren vor allem unter den Aspekten

- Erhaltung der Frischekette
- Effizienz bei der Pflanzung
- Zeitliche Entzerrung durch Vornahme der aufwändigen Rüstarbeiten
- Steigerung der Ergonomie und Sicherheit durch Reduzierung der Laufwege

überzeugen. Um notwendige Wildschutzmittel schnell und ergonomisch an die gewünschte Fläche zu verbringen, eignen sich die BigBags ebenfalls sehr gut.

Derzeit kann noch keine gesicherte Einschätzung über positive Wirkungen hinsichtlich des Anwuchsersfolgs gegeben werden. Signifikante Effekte werden aber erwartet.

Mit steigender Flächengröße und/oder Transportentfernung vom Fahrweg kommen die Vorteile des Verfahrens immer stärker

zum Tragen. Je kleiner die Pflanzfläche und je näher diese zum zentralen Lagerort liegt, desto weniger eignet sich das Verfahren. Voraussetzung für das Verfahren ist eine Feinerschließung, die mit landwirtschaftlichen Schleppern uneingeschränkt befahrbar ist.

**Forst Baden-Württemberg AÖR
Fachbereich 4 "Biologische Produktion, Waldnaturschutz, Jagd"
Ansprechpartner: Dr. Alexander Abt, Andreas Kuppel**

Exkursionsbild 1.4	
Bestand	FI (16) Dickung
Standort	Frisch, betont frisch
Boden	schluffiger Lehm über lehmigem Sand, tief- bis sehr tiefgründig
Bestockungsziel	WEZ 25: BU mit FI, TA



Beim Pflanzen unter Vermeidung langer Laufwege

1.5 Verjüngungstechniken mit funkferngesteuerter Kleinraupe

Das Kalamitätsgeschehen der letzten Jahre hat zu erheblichem Walderneuerungs- oft sogar Wiederbewaldungsbedarf geführt. Vielfach wurde die natürliche Verjüngungsfähigkeit dieser Flächen überschätzt, so dass es gegenwärtig einen sehr hohen Bedarf an Verfahren zur Walderneuerung gibt, ohne das Prinzip Naturverjüngung vor Saat vor Pflanzung in Frage zu stellen. Oft gilt es auch, in sich auflösenden Beständen rechtzeitig eine Verjüngung zu initiieren, um aufkommender Konkurrenzvegetation zuvorzukommen und die Schirmeffekte des abgehenden Bestandes noch auszunutzen.

Als vor vier Jahren dieser Exkursionspunkt geplant wurde, sollte die Waldsaat mit ein oder zwei kleinraupengestützten Verfahren präsentiert werden. Die Entwicklung der Walderneuerungsver-

fahren lässt es geboten erscheinen, an diesem Exkursionspunkt mehrere Varianten der Waldsaat zu demonstrieren. Darüber hinaus wird das Ausbringen von Containerpflanzen mit Kleinraupe und Pflanzmaschine vorgeführt.

Waldsaaten spielen im Bereich der Walderneuerung eine zunehmende Rolle. Kleinraupengestützt eröffnen sich hierbei Möglichkeiten, das Saatbett zu gestalten und verschiedene Verfahren miteinander zu kombinieren. Damit kann im Wege einer Abwägungskette auf die unterschiedlichsten örtlichen Bedingungen reagiert werden.

So toleriert die vorgestellte Fräs-Sä-Kombination Reisigreste auf der Fläche deutlich mehr als schneidende Verfahren. Die Anlage des Säspaltes als gefrästes Saatbett geht auf Vergleiche von gepflügten und gefrästen Pflanzplätzen sowie Saatbetten zurück.



Eichensaat

Bei der Pflanzung wurden seinerzeit überdurchschnittlich hohe Anwuchsprozente festgestellt. In beiden Fällen war das Wasserhaltevermögen in den Fräsbetten höher als im klassischen Pflugstreifen. Das kann für die Zeit der



Pflanzung mit Container-Pflanzmaschine

Frühsommertrockenheit entscheidend für den Saaterfolg sein.

Darüber hinaus wurden mit Schnellwechselsystemen klassische Unterbau- und Streifenpflüge sowie Streifenfräsen mit einer Sämaschine kombiniert, um Saaten mit einmaliger Befahrung realisieren zu können.

Die Kleinraupe ist somit sowohl im Frässaatverfahren als auch im Pflugsaatverfahren einsetzbar. Darüber hinaus sind entkoppelte Verfahren (bspw. aktiver Scheibenpflug/Sämaschine) möglich.

Die Fräs-Sä-Kombination und die Sämaschine „Sau“ bieten mit Elektroantrieb mit Potentiometer und auswechselbaren Särädern die Möglichkeit, feines bis grobes Saatgut in nahezu stufenlosen Aufwandsmengen auszubringen.

Die Containerpflanzmaschine befindet sich noch in der technischen Weiterentwicklung. Sie bietet die Möglichkeit, Containerpflanzen in gleichbleibender Qualität mit geringer körperlicher Beanspruchung des Forstwirtes auf die Fläche zu bringen. Damit besteht eine weitere Möglichkeit, die Zeiträume für aktive Walderneuerung auszuweiten. Die Pflanze erhält bei guter Containerware

günstige Startbedingungen und im Hinblick auf ein möglichst ungestörtes Wurzelwachstum eine gute Zukunftsprognose.

Die Raupe mit Anbaugeräten kann per Kleintransporter mit Anhänger schnell und flexibel eingesetzt werden. So sind auch eine sehr kleinräumige Saat oder wechselnde Baumarten auf einer Fläche gut realisierbar.

Verfahrensbeschreibung

Ablauf:

Zunächst sind die vorbereitenden Abwägungen zu treffen:

- Saat oder Pflanzung?
- Flächengröße?
- Kombination mit Naturverjüngung?
- Baumartenmischung?
- Entkoppeltes Verfahren?

In Abhängigkeit von Bodenvegetation, Humus- und Reisigauflage sowie ggf. vorhandenem Schirm wird die passende Gerätekombination gewählt:

- Fräsverfahren als Standardvariante, besonders bei leichten Reisigauflagen und Humusauflagen bis zu 15 cm,
- Pflugverfahren bei stärkeren Humusauflagen und Vergrasung.
- Spaltverfahren bei geringeren Humusauflagen und Reisigfreiheit
- Die Saat ist auch entkoppelt in vorbereitete Saatstreifen möglich (Frässtreifen, aktiver Scheibenpflug), soweit die Raupe noch manövrierfähig bleibt. Der Maschinenführer begleitet die Raupe fußläufig mit gutem Blick auf die Fahrspur und die Säeinrichtung.

Prozessorientierung; Schnittstellen: Insbesondere bei Kalamitäten und Katastrophen richtet sich der Blick zuerst auf eine schnelle Aufarbeitung des Schadholzes. Leider wird dabei oft der Blick für die nachfolgende Wiederbewaldung verloren. Das führt dann zu massiven Aufwendungen, wenn streifenweise Bodenarbeiten oder Saaten durchzuführen sind.

Insofern empfiehlt es sich, bereits bei der Aufarbeitung Resthölzer, soweit es möglich ist, auf der

Gasse zu konzentrieren. Ist das infolge großen Mengenanfalls nicht möglich, sollten die überschüssigen Resthölzer geordnet abgelegt und im Zuge der Rückung von der Fläche gebracht werden. In den meisten Fällen ist dann ein gesondertes Flächen-Räumen nicht mehr nötig, vorzugsweise wenn eine Frässaattechnik zum Einsatz kommt. Rein mechanische Verfahren (Pflug, Scheibensech) stellen erhöhte Anforderungen an die Räumqualität.

Auf Grund der Beweglichkeit der Kleinraupe werden Kronen oder Wurzelteller bis zu einem nicht unerheblichen Maß toleriert.

Gegebenenfalls sind die Saaten baumartenabhängig vor Saunen (Eichensaat) bzw. verbeißendem Schalenwild zu schützen.

Zielvereinbarung

- Ausbringung von Saatgut mit Benennung des Verfahrens
- Reihenabstände und Aufwandmenge sind vorzugeben.
- Alternativ:
- Pflanzen von Containerpflanzen mit Kleinraupe und Containerpflanzmaschine
- Reihenabstände und Pflanzenzahlen, ggf. auch Pflanzpläne sind vorzugeben.

Arbeitsvorbereitung

- Vorbereitend sind die Saatflächen verfahrensabhängig mehr oder weniger von Resthölzern zu befreien.
- In der Natur nicht erkennbare Gassen sind zu markieren.
- Soll mit wechselnden Baumarten gearbeitet werden, sind die Saat-(Pflanz-)partien optimalerweise in der Natur kenntlich zu machen.
- Eine smartphonebasierte Satellitennavigation ist denkbar.

Betriebsmittel

Funkferngesteuerte Kleinraupe „Pflanz Moritz FR50“ bzw. „FR 75“ - wahlweise

- mit Frässämaschine
- mit Unterbaupflug mit aufgesattelter Sämaschine „Sau“
- mit aktivem Scheibenpflug Sämaschine „Sau“ entkoppelt
- mit Containerpflanzmaschine

Arbeitsproduktivität, Kosten

- Die Arbeitsproduktivität hängt stark von der Flächenstruktur ab.
- Kronen und Wurzelteller sowie Gräben und Stöcke erhöhen den Manöverieraufwand.
- Reisigaufgaben verlangsamen den Arbeitsfortschritt.
- Flächengröße und Reihenabstand haben deutlichen Einfluss auf die Arbeitsproduktivität.

Bei Eichensaat wurde eine durchschnittliche Arbeitsproduktivität von 0,15 ha/MAS ermittelt. Damit bewegt sich der Kostensatz je nach Trägermaschine zwischen 575 und 635 €/ha (86/96 €/MAS).

Plätzweise Bodenverwendung mit modifiziertem abgedruckten Harvester; ggf. Einbringen von Saatgut	
Arbeitsproduktivität Saat/Pflanzung mit funkferngesteuerter Kleinraupe	0,15 ha/MAS
Materialkosten Saatgut	*s. u.
Gesamtkosten Saat mit funkferngesteuerter Kleinraupe	575/635 €/ha

*Die Materialkosten schwanken je nach Baumart und Saatmenge erheblich. Daher lässt sich ein pauschaler Kostensatz nicht angeben. Diese Kosten sind für den konkreten Fall in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen einzubeziehen.

Kostensätze Saat/Pflanzung mit funkferngesteuerter Kleinraupe FR50/FR75	
Maschine	39,00/48,00 €/MAS
Lohn inkl. LNK	42,00 €/Std.
Umsetzen	5,00 €/MAS

Beurteilung des Verfahrens

1. Durchführung der Erfolgskontrolle

- Während der Saat kontrolliert der Maschinenführer fortlaufend Ablagetiefe und Kornabstände. Das ist bei grobem Saatgut sehr gut möglich.
- Bei Feinsaatgut besteht die Möglichkeit des Einfärbens mit Lebensmittelfarbe zur Kontrolle der Saatstärke.
- Bei der Containerpflanzung kontrolliert der Maschinenführer fortlaufend Pflanzabstände und Festsitz der Pflanzen.

2. Risiken, Waldschutzfragen

- Auf Grund der guten Manövrierbarkeit sind selbst in relativ stammzahlreichen Beständen (Weißtanne unter Fichte) kaum Schäden am Oberstand zu verzeichnen.
- Bei einmaliger Befahrung auf sensiblem Standort sind Bodenschäden selbst unter Last nicht nachzuweisen (siehe auch Exkursionspunkt 3.3.3).

3. Arbeitsschutz (Ergonomie, Arbeitssicherheit)

- Arbeitsplätze in Kleinsttraktoren sind hinsichtlich des Platzangebotes, des Sichtfeldes und der massiven Erschütterungen an dieser Stelle abzulehnen. Besser ist es, den Maschinenführer mit optimaler Arbeitsbekleidung zu versehen und neben der Maschine laufen zu lassen. Dies ist körperlich

anspruchsvoll, jedoch ergonomisch besser als ein Kabinenarbeitsplatz unter den skizzierten Bedingungen.

- Hinzu kommt, dass der Maschinenführer einen optimalen Blick vor die Maschine und auf die Säeinrichtung bzw. die Pflanzmaschine hat.
- Eine hinreichende Autonomie bei der Arbeitszeitgestaltung bewahrt den Maschinenführer davor, bei widrigsten Witterungsverhältnissen (Niederschlag, Wind) arbeiten zu müssen.

4. Umweltverträglichkeit

- Die Kleinraupe wird mit biologisch schnell abbaubarem Hydrauliköl betrieben.
- Auf Grund des ausgesprochen geringen Gewichtes in Verbindung mit dem Raupenlaufwerk sind bei verfahrensbedingt einmaliger Befahrung keine Bodenschäden zu verzeichnen.
- Der vergleichsweise geringe Kraftstoffverbrauch und die damit verbundenen geringen Emissionen tragen zur Umweltschonung bei.

5. Prozessorientierung

Schon bei der Holzernte muss der Grundstein für eine kostengünstige, qualitativ hochwertige Saat gelegt werden. Die weitgehende Räumung der Fläche von Resthölzern im Zuge der Holzerntearbeiten minimiert den anschließenden

Räumaufwand. Entsprechend vorbereitete Flächen erhöhen die Verfahrensvielfalt und die Produktivität der Saat- und Pflanzverfahren.

6. Wirtschaftlichkeit

- Der Einsatz einer Kleinraupe in der vorhandenen Konfiguration erweist sich als ausgesprochen flexibel. Damit ist es möglich, auch kleinstrukturiert mit überschaubarem Aufwand eine Verjüngung mittels Waldsaat einzuleiten.
- Die Prognosen zur Überlebensfähigkeit der Pflanzen sind insbesondere wegen des ungestörten Wurzelwachstums besser als bei der Pflanzung.
- Das Verfahren Kleinraupe mit Containerpflanzmaschine ist für eine wirtschaftliche Anwen-



Pfanzelt Moritz mit Frässämaschine

derung in Richtung erhöhter Taktzahlen bzw. Zweireihigkeit zu entwickeln.

Zusammenfassende Beurteilung
Waldsaaten mit Kleinraupe erweitern das Spektrum erfolgversprechender Saatverfahren. Technisch unterstützte Containerpflanzverfahren verbessern die Ergonomie, weiten das Zeitfenster für die Pflanzung und erhöhen die Zukunftschancen der so begründeten Bestände. Die vorgestellten Varianten zeichnen sich durch eine hohe Bestandes- und Bodenschonung aus und sind ausgesprochen flexibel. Damit kann die Philosophie eines dem Örtlichen angepassten Technikeinsatzes auf breiterer Basis umgesetzt werden.

Landesbetrieb Forst Brandenburg, Maschinenhof Doberlug-Kirchhain

Ansprechpartner: FOI Daniel Kregel, Torsten Rakel (Leiter Zentraler Forstmaschinenbetrieb), Frank Födisch, Andre Zeisberg, Martin Papendorf, Marcel Bergmann (Maschinenführer)

Exkursionsbild 1.5	
Bestand	FI (36) Stangenholz bis schwaches Baumholz mit flächiger Verjüngung BU, FI, ERL, ESH, AH
Standort	frisch, wechselfeucht
Boden	sandiger Lehm, mittel- bis tiefgründig
Bestockungsziel	WEZ 10: Ei mit BU, HBU

Technische Daten

SYSTEM-KLEINRAUPE PFANZELT MORITZ FR50 (Herstellerangaben)

Eigengewicht ca. 1.250 kg
Motor: Kubota Dieselmotor 26 kW
Hydrostatischer Fahrtrieb
Raupenfahrwerk, AS-Gummibänder jeweils 250 mm breit
Spurbreite hydraulisch verstellbar: 1.100 bis 1.500 mm Außenbreite
Bodenfreiheit 307 mm
Preis o. MwSt. 46.150 €

SYSTEM-KLEINRAUPE PFANZELT MORITZ FR75 (Herstellerangaben)

Eigengewicht ca. 1.700 kg
Motor: Deutz - Dieselmotor 55,4 kW
Hydrostatischer Fahrtrieb
Raupenfahrwerk, AS-Gummibänder jeweils 300 mm breit
Spurbreite hydraulisch verstellbar: 1.150 bis 1.600 mm Außenbreite
Bodenfreiheit 326 mm
Preis o. MwSt.

PFANZELT FRÄS-SÄ-KOMBINATION

Eigengewicht 290 kg
Antrieb Fräse über Gelenkwelle
Fräsbreite, effektiv ca. 8 cm
Frästiefe, effektiv ca. 15 cm
-Antrieb Säeinheit elektrisch
Saatstärkeneinstellung über Potentiometer und Variation des Särades
Grobsaatgut über Särad mit verschleißbaren Mitnehmertaschen
Feinsaatgut über Bürstenrad
Preis o. MwSt. (Herstellerangabe) 10.800 €
Hersteller: Pfanzelt Maschinenbau GmbH

UNTERBAUPFLUG UBP 84, MODIFIZIERT

Eigengewicht 300 kg
Hersteller: Grube Forstgeräte GmbH

SÄMASCHINE SOBANSKI SAU, MODIFIZIERT

Eigengewicht 150 kg
2-Kammer Sämaschine
Antrieb Säeinheit elektrisch
Saatstärkeneinstellung über Potentiometer und Variation des Särades
Grobsaatgut über Särad mit verschleißbaren Mitnehmertaschen
Feinsaatgut über Bürstenrad
Preis o. MwSt. ca. 6.000 €
Hersteller: Srodek Techniki Lesnej, Jarocin - PL
Händler: FHS Forsttechnik Handel & Service GmbH

Pfanzelt Container-Pflanzmaschine
Eigengewicht 550 kg
Antrieb Fräse über Gelenkwelle
Preis o. MwSt. ca. 30.000 €
Hersteller: Pfanzelt Maschinenbau GmbH



Pfanzelt Moritz mit UBP 84 und aufgesattelter Sobanski SAU

1.7 Containervielfalt und mögliche Pflanzverfahren

Auf dem deutschen Pflanzenmarkt ist eine Vielzahl unterschiedlicher Containervarianten mit verschiedenen Durchmessern und Längen zu finden. Jede Variante besitzt dabei Vor- und Nachteile und hat direkten Einfluss auf das Pflanzverfahren und ggf. sogar auf den Pflanzzeitpunkt. Wir stellen Ihnen einige gängige Containervarianten und ihre Produktionsweise vor. Wo liegen die Herausforderungen, worauf ist bei einem Kauf zu achten und welche Vor- bzw. Nachteile gibt es? Außerdem möchten wir auf verschiedene Containerpflanzwerkzeuge eingehen und das Pottiputki-Pflanzrohrverfahren und die akkubetriebene Bohrlochpflanzung mit Pflanzrutsche vorstellen.

Verfahrensbeschreibung

1. Pottiputki-Pflanzrohr Pflanzung

Das Pflanzgerät gewährleistet ein sehr ergonomisches Pflanzverfahren mit hoher Pflanzleistung. Die Pflanzarbeiten können durchgehend im Stehen erfolgen. Das Pottiputki-Pflanzrohr gibt es mit verschiedenen Innen-Durchmessern (z. B. 43, 53, 61 und 73 mm). Durch einen Tiefenbegrenzer lässt sich das Pflanzrohr auf die entsprechende Containerlänge einstellen. Wurzeldeformation durch Pflanzungsfehler werden weitestgehend vermieden. Das Pflanzgerät erreicht seine Grenze bei größeren Containerlängen oder auch höheren Durchmessern (z. B. QP 24 oder 15).

Verfahrensablauf

- Einstechen des geschlossenen Pflanzrohrs in den Mineralboden
- Falls notwendig, mit dem Fuß den Tiefenbegrenzer auf die eingestellte Pflanztiefe bringen
- Öffnen des Pflanzlochs durch Tritt auf den Fußhebel
- Einführen der (passenden) Containerpflanze in das Pflanzrohr (Pflanzen werden im Tragesystem mitgeführt)

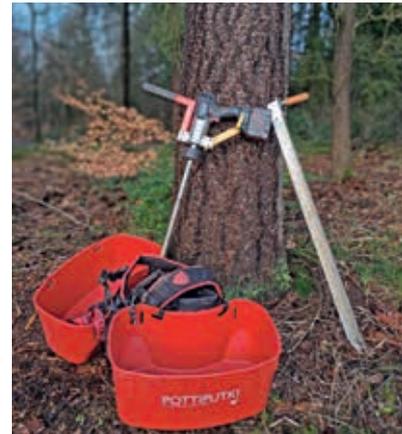
- Pflanzrohr noch oben aus dem Pflanzloch ziehen, ggf. dabei leicht drehen und Verschluss anschließend schließen
- Die Containerpflanze mit Substrat 2-3 cm abdecken und leicht antreten

2. Akkubetriebene Bohrlochpflanzung (z. B. ePlanter) mit Pflanzrutsche

Das Pflanzgerät ermöglicht ein sehr ergonomisches Pflanzverfahren, die Pflanzarbeiten können durchgehend im Stehen erfolgen. Es werden je nach Standortbedingungen 2-3 Personen benötigt. Ein Durchtauschen der Arbeitsposition zur Vermeidung einseitiger körperlicher Belastungen ist empfehlenswert. Insbesondere bei großen Containerlängen und Durchmessern hat dieses Pflanzverfahren seine Vorzüge. Wurzeldeformationen sind durch die Pflanzung kaum festzustellen. Aufgrund der Verwendung einer Bohrspindel ist das Pflanzverfahren auf sehr tonigen Böden nicht empfehlenswert (Topfbildung). Durch die Nutzungsmöglichkeit verschiedener Spindeldurchmesser handelt es sich um ein flexibel anwendbares Pflanzverfahren für unterschiedliche Containervarianten.

Verfahrensablauf

- Bohrführer sucht Pflanzplätze auf und bohrt entsprechende Löcher passend der Tiefe und des Durchmessers der jeweiligen Containervariante vor.
- Pflanzrutsche folgt dem Bohrführer, überprüft die Bohrlochtiefe und kann mit entsprechender Pflanzrutsche, falls notwendig, die Tiefe des Pflanzlochs nacharbeiten.
- Bei passender Pflanzlochtiefe wird die Pflanzrutsche angesetzt und die Containerpflanze in das Pflanzloch gesetzt.
- Anschließend wird die Containerpflanze mit Substrat 2-3 cm abgedeckt und leicht angetreten.



Arbeitsauftrag

- Containerpflanzen an einem wind- und sonnengeschützten kühlen Ort lagern
- Containerpflanzen auf Feuchtegehalt überprüfen, ggf. wässern - in Abhängigkeit der Auslieferungslogistik und Lagerungsdauer
- Containerpflanzen mit starkem Substratverlust aussortieren
- Nutzung von Pflanztragewannen zum geschützten Transport der Pflanzen während der Pflanzmaßnahme
- Pflanzverband und Pflanztiefe beachten
- Pflanzung entsprechend des Pflanzverfahrens, Containerballen muss 2-3 cm überdeckt werden, maßvoll antreten

Arbeitsvorbereitung

- Auswahl einer geeigneten Containervariante und eines geeigneten Pflanzzeitpunktes - das Ziel ist ein gut durchwurzelter Containerballen, ohne Wurzeldeformationen oder Verlust von Substrat
- Erfolgte Flächen- und Boden-vorbereitung (z. B. durch das Silvafix-Verfahren), um den Mi-

Zeitbedarf (auf vorbereiteter Pflanzfläche)

Pflanzverfahren	Containertyp	Pflanzleistung/h	Pflanzleistung/Tag (8 Stunden) je Pflanzler
Pottiputki-Pflanzrohr	z. B. QP 144 T/8 oder QP 84 T/11,5	100 - 130 Stk/h	800 bis 1.200 Stk/Pflanzler
Containerbohrloch-Pflanzverfahren (z. B. ePlanter)	z. B. QP 60 T/15 oder QP 24 T/16	180 - 300 Stk/h (im 3 Mann-Verfahren)	500 bis 800 Stk/Pflanzler

- neralboden bei der Pflanzung direkt erreichen zu können
- Pflanzverband festlegen
- Pflanzgeräte und Pflanztragewannen zur Verfügung stellen
- Wasser zur Bewässerung bereitstellen, Lagerungsplatz vorbereiten

Betriebsmittel

- Pflanztragewannen zum Containerpflanztransport
- Pottiputki-Pflanzrohr mit entsprechendem Durchmesser für die zu pflanzende Containervariante (Tiefenbegrenzer entsprechend einstellen)
- Akkubetriebenes Containerbohrlochgerät (z. B. ePlanter) und Pflanzrutschen

Beurteilung der vorgestellten Pflanzverfahren

1. Erfolgskontrolle

- Regelmäßige Kontrolle der Zielvorgaben, insbesondere ist die Einhaltung der Pflanztiefe (Übererdung des Containerballens), des maßvollen Antretens und des Pflanzverbandes zu beachten.
- Nach 2-3 Jahren kann die entsprechende Wurzelbildung durch Wurzelgrabungen überprüft werden.

2. Waldschutz

- Waldschutzrisiken treten durch die beschriebenen Verfahren nicht auf.
- Bei Verwendung von Nadelgehölzen ist ggf. auf Rüsselkäferbefall zu reagieren; ggf. ist allgemein ein Mäusemonitoring empfehlenswert.
- Schäden durch Schalenwild, z. B. Schwarzwild

3. Arbeitsschutz

- Das Maß an Ergonomie und Arbeitssicherheit wird für die 2 beschriebenen Pflanzverfahren als sehr hoch eingeschätzt. Eine gebückte Arbeitshaltung wie bei anderen manuellen Pflanzverfahren entfällt.
- Bei der akkubetriebenen Bohrlochpflanzung wird aufgrund der einseitigen Belastung des Bohrführers ein Wechsel der Arbeitsposition mit den Pflanzenden empfohlen, außerdem wird ein Gehörschutz empfohlen.

4. Umweltverträglichkeit

- Aktuell können die Substrathersteller für Containerpflanzen noch nicht vollumfängliche Torfersatzstoffe zur Produktion von Forstpflanzen anbieten. Ein Torfanteil ist derzeit i. d. R. noch

Kosten

Pflanzverfahren	€/h	Kosten/Pfl.
Pottiputki-Pflanzrohr	40 €/h	0,32 €/Stk
ePlanter (3 Mann-Verfahren)	120 €/h	0,43 €/Stk



der Standard, wobei an einer Umstellung von Seiten der Produzenten gearbeitet wird

5. Optimaler Einsatzbereich

- Bei erfolgter Flächen- und Bodenvorbereitung (direkt erreichbarer Mineralboden)
- Geringer bis mäßiger Skelettanteil

Kooperation der **Niedersächsischen Landesforsten** und der **Landesforsten Schleswig-Holstein**

Ansprechpartner: FtA Olaf Schöne, FtA Philipp Wandel, FWM Ralf Soltau, FW Ida Johannsen und FW Hartmut Hoffmann

Exkursionsbild 1.7

Bestand	FI (36) Stangenholz bis schwaches Baumholz mit flächiger Verjüngung BU, FI, ERL, ESH, AH
Standort	frisch, wechselfeucht
Boden	sandiger Lehm, mittel- bis tiefgründig
Bestockungsziel	WEZ 10: Ei mit BU, HBU



1.8 Mechanisierte Wiederbewaldung von Großkalamitätsflächen unter Qualitätsgesichtspunkten

Aus den Erfahrungen der vergangenen Wiederbewaldungen von Kalamitätsflächen wissen wir, dass die angewendeten Verfahren oft nicht den gewünschten Kulturerfolg gebracht haben. Die enorme Flächengröße der zu bewaldenden jetzigen Blößen stellt den Forstbetrieb bezüglich Flächenfortschritt, nachfolgenden Pflegearbeiten und Dokumentation vor riesige Herausforderungen.

Das mechanisierte, streifenweise Pflanzverfahren mit 3 voneinander unabhängigen Arbeitsschritten ist eine Antwort darauf.

Verfahrensbeschreibung

Schritt 1:

Mulchen der kompletten Fläche mit einem raupenbasierten Großmulcher, um Stubben und Schlagreisig zu beseitigen.

Schritt 2:

Herstellen eines 40 cm breiten und 30 cm tiefen Pflanzstreifens mit Reihenabständen von 2,50 m bis 3 m.

Hierfür empfiehlt sich eine Streifenfräse mit Tiefenlockerer, um Sohlenbildung zu vermeiden. Das Zugfahrzeug der Streifenfräse sollte über ein GPS-gestütztes Lenksystem verfügen, um das Rationalisierungspotential des Systems voll auszuschöpfen.

Schritt 3:

Mittels Pflanzmaschine wird in den vorgefertigten Streifen maschinell gepflanzt.

Die drei Arbeitsgänge lassen sich zeitlich und räumlich voneinander trennen, um für jeden Arbeitsgang die geeignete Bodenfeuchte festlegen zu können.

Durch Bodenarbeit und Flächenvorbereitung entsteht ein optimales Bodengefüge, welches den Wachstumsprozess der Forstpflanze bestmöglich fördert. Da der Pflanzstreifen zusätzlich mit

dem Reißzahn tief genug gelockert ist, kommt es beim Pflanzvorgang nicht zum Stauchen der Wurzel.

Die Pflanzreihen sind GPS eingemessen. Dieses Datenmaterial bildet den Grundstein für alle nachfolgenden Pflege- und Pflanzenschutzmaßnahmen. Durch die digitale Datenhaltung geht keine Kultur verloren und die Pflegeeingriffe lassen sich maximal rationalisieren und standardisieren.

Das Verfahren spielt seine wirtschaftlichen und strukturellen Stärken erst in den Jahren nach der Pflanzung aus. Wenige bis keine Pflegeeingriffe. Wenn überhaupt, dann mittels GPS-gestützter Pflegegeräte extrem schnell und zum optimalen Zeitpunkt ausführbar. Besonders starke Wurzelentwicklung, dadurch maximiertes Jugendwachstum. Hierdurch Erreichen eines günstigen H/D Verhältnisses mit vitalen und stabilen Pflanzen ohne Wurzeldeformationen.

Arbeitsauftrag

Herstellend eines Pflanzstreifens, anschließend maschinelle Pflanzung mit dem Ziel, einen gesunden und stabilen Mischwald zu etablieren.



Mulcher Prinoth Raptor 500

Arbeitsvorbereitung

- Vorher digitalisierte Arbeitsfläche geht per Shape Datei an den Mulcher
- Korrektur dieser Daten nach Abschluss der Mulcharbeiten
- Planung der Baumartenverteilung mit entsprechendem Pflanzverband unter Zuhilfenahme des digitalen Geländemodells und Übertragung der Fahrspur auf das Lenksystem des Schleppers der Streifenfräse



Streifenfräse Prinoth mit Zugfahrzeug



Pflanzmaschine

Zeitbedarf

Mulchen der Fläche	8 h/ha (1 Fahrer)
Streifenweise Bodenarbeit mit Streifenfräse	6,5 h/ha (1 Fahrer)
Pflanzung im 3 m Reihenabstand mit 3000 Stk./ha	5h/ha (4 Personen)

Kosten

Tätigkeit	Kosten [€/Einheit bzw. €/ha]
Flächenvorbereitung mit Forstmulcher	2200 €/ha
streifenweise Bodenarbeit mit Streifenfräse	910 €/ha
maschinelle Pflanzung	900 €/ha
Pflanzenstückzahl (3000 Stk. x 1,15) €	3450 €/ha
Gesamtkosten	7460 €/ha

- Bereitstellung der Pflanzen für die Pflanzmaschine in einer Kühlkette an der Fläche

Betriebsmittel, Geräte-/Maschinendaten

- Mulcher Prinoth Raptor 500
- Streifenfräse Prinoth mit Zugfahrzeug
- Pflanzmaschine, Eigenbau mit Zugfahrzeug
- autonom arbeitender Kühlanhänger 18 t

Beurteilung des Verfahrens

1. Erfolgskontrolle

Durch das standardisierte Verfahren ist eine Erfolgskontrolle relativ einfach. Speziell im Pflanzprozess ist der individuelle Fehler eines jeden Mitarbeiters durch die Mechanisierung des Pflanzvorganges minimiert.

2. Waldschutz

Unsere Erfahrung hat gezeigt, dass durch das großflächige Vorbehandeln der Kalamitätsflächen die Schädigungen der Nadelhölzer durch den Großen braunen Rüsselkäfer minimiert sind und ein Insektizid-Einsatz zur Sicherung der Kultur die Ausnahme bleiben kann.

3. Arbeitsschutz (Ergonomie, Arbeitssicherheit) und Sozialverträglichkeit

Durch den hohen Mechanisierungsgrad ist das Verfahren mit geringen körperlichen Belastungen, einer hohen Ergonomie und einem geringen Unfallrisiko verbunden.

4. Umweltverträglichkeit (Bodenpfleglichkeit, Bestandespfleglichkeit, Energieverbrauch bzw. Kraftstoffverbrauch):

Durch die Anwendung von Raupenfahrwerken wird der Bodendruck so gering wie möglich gehalten (Beispiel Mulcher: 390 g/cm²). Die Bestandespfleglichkeit ist enorm hoch, da es durch das Zusammenspiel der einzelnen Arbeitsschritte nicht zu Wurzelstauungen und

-deformationen kommt. Damit wird die Grundlage für einen gesunden, stabilen und ertragreichen Bestand gelegt. Kraftstoffverbrauch Mulcher: 38 l/h; Streifenfräse: 25 l/h; Pflanzung: 10,5 l/h

5. Optimaler Einsatzbereich

befahrte Lagen, möglichst wenig bindige Böden, das mindert das Einsatzrisiko z. B. auf Bundsandstein und Schiefer. Vernässte Standorte sind zu meiden, ebenso

wie tonhaltige und stark lehmhaltige Böden. (Verschmierungsgefahr)

6. Prozessorientierung

Da der gesamte Arbeitsprozess von der Flächenauswahl bis zur Dokumentation der Pflanzen auf der Fläche digital in einer GIS-gestützten Datenbank erfolgt, handelt es sich um eine geschlossene Prozesskette der gesamten Wiederbewaldung. Gleichwohl lassen sich die Daten in Standardformaten nach außen bereitstellen.

Center-Forst GmbH, Forstbauschule Frank Stingel, Prinoth AG
Ansprechpartner: Fritz Richter, Adrian Busch (Center-Forst); Frank Stingel, Bernd Schairer (Forstbauschule Stingel); Kai Fetscher (Prinoth AG)

Exkursionsbild 1.8	
Bestand	FI (36) Stangenholz bis schwaches Baumholz mit flächiger Verjüngung BU, FI, ERL, ESH, AH
Standort	frisch, wechselfeucht
Boden	sandiger Lehm, mittel- bis tiefgründig
Bestockungsziel	WEZ 10: Ei mit BU, HBU

2. Jungwuchs-/Jungbestandspflege

2.1 Niedersächsische Kulturpflegetechnik - NKT

Die bisher in der Kulturpflege eingesetzten Geräte sind oft ergonomisch ungünstig. Mit dem Freischneider ist es zudem nicht ausgeschlossen, dass die zu pflegenden Pflanzen versehentlich abgemäht werden. Die NLF haben deshalb Akku-Heckenscheren erprobt und daraus die „Niedersächsische Kulturpflegetechnik“ entwickelt.

Verfahrensbeschreibung

Mithilfe akkubetriebener Heckenscheren, die an einem rückentragbaren Geräteträger befestigt sind, entsteht ein ergonomisches, anwenderfreundliches und gleichzeitig effizientes Arbeitsverfahren zur Kulturpflege. Neben dem Arbeitsfortschritt und -qualität werden Pflanzenausfälle deutlich reduziert.

Arbeitsauftrag

Kulturpflegemaßnahme zur Beseitigung des verdämmenden Begleitwuchses und Entnahme von Konkurrenzvegetation. Freistellen der Jungpflanze durch Auskesseln des Standraumes und Schonen der vorhandenen Jungpflanzen.

Arbeitsvorbereitung

Selektive Auswahl der Flächen nach Pflanzenalter und entsprechender Pflanzenhöhe, leichte bis starke Hanglage und eher krautiger bis hüfthoher Bewuchs. Eine vorherige Erschließung der zu bearbeitenden Flächen ist unabdingbar für einen zügigen Arbeitsfortschritt und dient dem Arbeits- und Gesundheitsschutz.

Betriebsmittel

Bei dem Arbeitsverfahren werden die Akkuheckenscheren Stihl HSA 130 R und Husquarna 520iHD70 verwendet. Beide Geräte werden in Schnittlängen von 60 cm und 75 cm angeboten. Daraus ergibt sich eine Variabilität bei der Kör-

pergröße des Anwenders. Die Motoren beider Geräte sind ausreichend leistungsstark und werden über einen 36 V Li-Ion Akku versorgt. Eine individuelle Anpassung auf die jeweiligen Anforderungen ist über eine dreistufig einstellbare Hubzahl möglich. Der drehbare Griff erleichtert das vertikale Arbeiten. Ein weiter Klingenabstand ermöglicht das Durchtrennen von verholzten Hecken- und Buschmaterial. Ein Schnitt- und Führungsschutz ermöglicht das bodennahe Arbeiten ohne Beeinträchtigung der Messerschärfe.

Bei dem Stihl Modell wird die Akkutasche an dem Tragegestell befestigt und das Gerät über ein Kabel verbunden. Damit wird das Gesamtgewicht des Gerätes reduziert. Der Akku beim Husquarna Modell ist im Werkzeug integriert oder kann separat am Tragegestell befestigt werden.

Als ergonomische Komponente kommt der rückentragbare Geräteträger Elephants Trunk (Modelle 2.2 und 3) der Firma GTM Professional hinzu. Dadurch werden die Werkzeuggewichte über einen Federzug abgefangen

und gleichmäßig über das Tragegestell auf den Körper verteilt. Die Belastung für Wirbelsäule, Schultern und Arme sinkt deutlich. Die Akkuschiere hängt in Arbeitshöhe vor dem Anwender, der das Gerät nur noch führen muss. Das Modell Elephants Trunk 3 verfügt über ein komfortableres Rucksackgestell und einen im Winkel veränderbaren Galgen, um noch besser auf die Körpergröße des Anwenders und notwendige Arbeitshöhe eingestellt zu werden.

Die Aufhängevorrichtung, das heißt die Verbindung zwischen Heckenschere und Geräteträger, wurde für beide Geräte vom NFBz entworfen, von einer beauftragten Firma hergestellt und an beide Modelle montiert.

Zeitbedarf

Aufgrund der unterschiedlichen Ausgangslage und Flächenausstattung sind konkrete Aussagen bei dem noch jungen Arbeitsverfahren wenig aussagekräftig. Eine gute Flächenauswahl und Erschließung begünstigt die Leistung. Im Testbetrieb wurden Pflanzenzahlen von 100-150 Stück pro

Tabelle 1: Modellvergleich Elephants Trunk

	Elephants Trunk 3	Elephants Trunk 2.2
Geeignet für Motorgeräte (exklusive Motorsäge)	4,5 - 8 kg	4,5 - 8 kg
Lastaufnahme/Zugkraft	3 kg	3 kg
Fixierung des Zugseils	möglich	möglich
Rucksacksystem an Träger anpassbar	individuell anpassbar	bedingt anpassbar
Gestänge drehbar	ja, werkzeuglos	ja
Gestänge im Winkel verstellbar	ja	nein
Für den Transport klappbar	ja	nein
Eigengewicht	4850 g	4350 g

(Quelle: Forst Grube)



Niedersächsische Kulturpflorgetechnik
(Quelle: Niedersächsische Landesforsten)

Stunde freigestellt. Sehr hohe Leistungen wurden in Brombeerenbereichen verzeichnet.

Kosten

Je nach Flächenbeschaffenheit ist mit Kosten von 800,00 – 850,00 € pro Hektar zu rechnen.

Beurteilung des Verfahrens

Grundsätzlich ist der Einsatz der Akkuheckenschere kein Ersatz für andere Arbeitsverfahren. Vielmehr muss diese Variante der Kulturpflege als Erweiterung im gesamten Anwendungsportfolio gesehen werden. Bei entsprechender Vorauswahl der zu bearbeitenden

Flächen können gute bis sehr gute Ergebnisse erreicht werden. Merkmale für die selektive Auswahl der Flächen sind das Pflanzenalter und die Pflanzenhöhe, leichte bis starke Hanglage und eher krautiger und hüfthoher Bewuchs. Durch das pflanzennahe Arbeiten ist die Gefahr, diese versehentlich abzuschneiden, deutlich geringer. Die Korrektur von Wuchsanomalien ist ebenfalls möglich. Das Verfahren überzeugt durch einen zügigen und kraftschonenden Arbeitsfortschritt.

1. Erfolgskontrolle

Wir empfehlen eine flächenbezogene Zielvereinbarung mit den Bearbeitern abzuschließen. Um die beabsichtigte Wertsteigerung in Zukunft auch zu erreichen, ist eine Dokumentation der durchgeführten Maßnahmen unabdingbar. In der darauffolgenden Vegetationszeit muss die Maßnahme auf ihre Wirksamkeit geprüft werden. Das Ergebnis gibt wertvolle Hinweise für weitere Pflegeeinsätze.

2. Waldschutz

In den Niedersächsische Landesforsten sind in den letzten Jahren durch Sturm, Dürre und Borkenkäfer große Kahlfelder entstanden, die nun wieder bewaldet werden müssen. Zusammen mit den planmäßigen Waldumbaumaßnahmen ergibt sich eine immense Verjüngungsfläche, die in den ersten Jahren gepflegt werden muss. Vor diesem Hintergrund hat das NFBz bestehende Kulturpflegeverfahren geprüft und unter Einbeziehung der Akkutechnik NKT entwickelt. Damit werden nicht nur investive Verjüngung gesichert, sondern auch Mischbaumarten und somit Vielfalt gefördert.

3. Arbeitsschutz

Das Tragen der PSA ist verpflichtend und beinhaltet eine Gehör- und Gesichtskombination für Freischneider, Arbeitshandschuhe, eine Heckenscherschenschutzhose mit Beinschutz und Sicherheitsschuhe.

Bedingt durch die sommerliche Jahreszeit bei Kulturpflege-

arbeiten, gerade auf Freiflächen, müssen ausreichend Ruhe- und Trinkpausen eingeplant werden. Die Arbeitsplanung sollte an die Witterungsgegebenheiten angepasst werden. Sonnenschutz als Creme oder auch als Kopf- und Nackenbedeckung gehören in das Arbeitsschutzkonzept.

4. Umweltverträglichkeit

Der Einsatz von moderner Akkutechnik verringert die Lärmemission enorm und ist abgasemissionsfrei. Die gezielte Schnittführung durch die Gerätetechnik ist im Vergleich zu Mulchmessern oder Schlegelmulchern schonend für die Bestandespfleglichkeit sowie für Fauna und Flora.

5. Optimaler Einsatzbereich

Der Fokus liegt auf leichten bis starken Hanglagen mit krautigem bis hüfthohem Bewuchs. Maßgeblich ist die Pflanzenhöhe. Je größer umso besser. Die Kombination aus Freischneider (Sägeblatt) und Heckenschere kann bei heterogener Vegetation auch zielführend für eine hohe Arbeitsqualität und einen schnellen Arbeitsfortschritt sein.

Niedersächsische Landesforsten, Niedersächsisches Forstliches Bildungszentrum Münchehof (NFBz)

Ansprechpartner: Korbinian Lang (FWM FA Bad Lauterberg) Uwe Frielingsdorf (FWM, NFBz Münchehof); Michael Sonderfeld (Arbeitslehrer, NFBz Münchehof)

Exkursionsbild 2.1	
Bestand	FI (8-16) Jungwuchs mit KI, BU, Oberstand aus FI (82-114)
Standort	mäßig frisch
Boden	schluffiger Sand über lehmigem Sand, mittel- bis tiefgründig,
Bestockungsziel	WEZ 72: KI mit BU, LAE

2.2 Münchehofer Wertastungstechnik - MWT

Äste – insbesondere Totäste – in gesundem Holz sind wesentliche, wertmindernde Holzmerkmale. Nachweislich geästetes Holz ist aufgrund seiner besonderen Eigenschaften und Seltenheit gefragt und erzielt höhere Preise. Die Wertastung ist eine investive Maßnahme zur Produktion hochwertiger, astfreien Starkholzes und damit eine wirksame Möglichkeit zur Wertsteigerung im Forstbetrieb. Bei zeitgemäßer Bestandespflege werden die Hauptzuwächsträger nach einer Phase des Dichtschlusses deutlich freigestellt, wodurch sich die natürliche Astreinigung verzögert und die Astdurchmesser ggf. vergrößern. Durch eine rechtzeitige und richtig vorgenommene Wertastung werden die Holzqualität und Verwendungsmöglichkeiten entscheidend verbessert.

Verfahrensbeschreibung/-merkmale

Die erste Astungsstufe sollte bei einem Stammdurchmesser von 10-12 cm durchgeführt werden (Bierdeckelstärke). Sollen Kulturen auf Freiflächen geastet werden, empfiehlt es sich frühzeitig mit der ersten Astungsstufe zu beginnen. Das verhindert ein zu starkes Dickenwachstum der unteren Äste, ermöglicht eine schonende Astung und eine gute Überwallung. Weiterhin sollte bei der Schnitführung auf den Erhalt des Astkragens geachtet werden.

Die Kombination von erster und zweiter Astungsstufe in einem Zug bis auf die angestrebte Astungshöhe von 6,5 m hat betriebswirtschaftliche Vorteile. Dieses Verfahren eignet sich besonders in feinstigen Beständen, die unter Schirm erwachsen sind.

Arbeitsauftrag

Wertastung von Douglasie in der ersten und zweiten, optional die dritte Astungsstufe (Reichhöhe, 6,5 bis 10 m) im Zweierarbeitsteam. Zum Einsatz kommen die Akkuschiere Infaco F3020 und die

Distelleiter II.

Arbeitsvorbereitung

Die forstbetriebliche Arbeitsplanung ordnet dem bei Douglasie saisongebundenen Arbeitsvolumen entsprechende Kapazitäten zu, damit das Astungsprogramm jahreszeitlich optimal abgearbeitet werden kann. Gegebenenfalls werden auch Arbeitskräfte (Spezial-Arbeitsgruppen) gebildet.

Erst nach Feinerschließung der Flächen oder mindestens nach Anlage von Pflegepfaden erfolgt die Auswahl und die Markierung der zu astenden Z-Bäume.

Für den Einzelbaum gelten die Auswahlkriterien Qualität, Vitalität und Verteilung.

Gefährdungsbeurteilung und Betriebsanweisung sind zu erstellen und Vorgaben zur Prüfung von PSA gegen Absturz und Leiterprüfung einzuhalten.

Betriebsmittel

Ausrüstung für die Zwei-Personen-Arbeitsgruppe:

PSA: Forstsicherheitsstiefel, feste Arbeitshose, signalfarbene Oberbekleidung, Schutzbrille, Verbandpäckchen, Schutzhandschuhe ggf. Kopfbedeckung, Klettergurt inkl. Kurzsicherung mit Stahleinlage (PSA gegen Absturz)

Werkzeug: Akkuschiere Infaco F3020 Medium, inkl. Akku und Schnittschutzsystem DSES, Distelleiter II (Basissegment und Aufstecksegment), Handzugsäge.

Zeitbedarf

Tabelle 1: Astungsdaten (Quelle: Niedersächsische Landesforsten)

Manuell Astungsstufe	BHD der Bäume	Oberhöhe	Kosten pro Baum	Leistung pro Stunde
I 0 - 3,5 m	10-12 cm (Bierdeckel)	6 - 8 m	4,00 €	12 Bäume
II 3,5-6,5 m	15 cm	10 - 12 m	6,00 €	8 Bäume
III 6,5-10,5 m	30 cm	20 m	16,00 €	3 Bäume



Akkuschiere Infaco F3020 (Quelle: Infaco)

Kosten

Leistung II. Astungsstufe	8 Bäume
Lohn inkl. Lohnnebenkosten	40,00 €/ Std.
Akkuschiere inkl. Distelleiter II, Handsäge und PSA gegen Absturz	8,00 €/Std.
Gesamtkosten pro Baum in der II. Astungsstufe	6,00 €

Wertastung im Zeitlohn TV Forst. Die Leistung liegt bei 8 Bäumen/Std in der II. Astungsstufe.

Die Arbeitsstunde wird mit 40,00 € inkl. Lohnnebenkosten berechnet (Wert ist zur Vergleichbarkeit KWF-Vorgabe).

Für die Akkuschiere inkl. Distelleiter II, Handsäge und PSA gegen Absturz müssen 8 € pro Stunde eingerechnet werden.

Somit liegen die Kosten pro Baum bei 6,00 € in der II. Astungsstufe.



Münchehofer Wertastungstechnik (Quelle: Niedersächsische Landesforsten)

Beurteilung des Verfahrens

In den letzten Jahren kamen verschiedene Akkuscheren von diversen Herstellern auf den Markt. Diese sind im Vergleich zu den pneumatischen Astungssystemen sehr leicht und problemlos mit einer Hand zu führen. Das ermöglicht ein ergonomisches und effektives Arbeiten. Besonders der schnelle Arbeitsfortschritt, die leichte Bedienung und die fast geräuschlose Arbeitsweise sorgen für eine hohe Akzeptanz bei den Anwendern. Die angebotenen Scheren unterscheiden sich besonders in der Trageweise des Akkus (Rücken oder Gürtelbefestigung) sowie in der Maximalstärke der durchtrennbaren Äste. Einige der Scheren lassen sich mit einem Wechselschneidkopf ausstatten, sodass sich Äste bis zu einem Durchmesser von 55 mm durchtrennen lassen. In einem normalen astungswürdigen Bestand reichen 45 mm völlig aus.

Die Akkuschere F3020 der Firma Infaco ist die einzige auf dem Markt befindliche Schere mit dem Prüfsiegel KWF-Profi. Weiterhin bietet Infaco, als einer der ersten Hersteller, ein Schnittschutzsystem für die nicht scherenführende Hand an. In den Schnittschutzhandschuh sind Drähte eingewebt, die über ein Kabel mit dem System verbunden sind und so eine Induktionsschleife bilden.

Beim Kontakt der Schere mit dem Handschuh, blockiert das System und verhindert damit Schnittverletzungen. Scherensysteme mit Schnittschutz sollten mit Blick auf den Arbeits- und Gesundheitsschutz bevorzugt genutzt werden. Die Schere kann optional mit einer Bluetooth-Box® „verbunden“ werden, aus der Daten abgelesen werden können, um die Effektivität der Schnitтарbeiten zu verbessern. Eine Vielzahl von Einstellungen können direkt über ein Smartphone durchgeführt werden.

1. Erfolgskontrolle

An die Astungswürdigkeit von Beständen werden bei den NLF strenge Maßstäbe im Vorfeld gelegt (Vitalität, Qualität, Leistung).

Unerlässlich sind eine saubere Schnitttechnik ohne Rindenverletzungen, das Vermeiden von Aststummeln und das Erreichen der vollen Astungshöhe. Die ermittelte Baumzahl dient der Arbeitskontrolle und Astungsdokumentation. Die Bildung von Z-Baumgruppen sollte ausgeschlossen werden.

2. Waldschutz

Die Douglasie sollte wegen der Gefahr eines Phomopsisbefalls in der Vegetationszeit geastet werden. Zu dieser Zeit verharzen die Wunden schnell und der Phomopsis-Sporenflug ist gering.

Die Grünastung greift der na-

türliche Astreinigung vor, die das Verhältnis von Nadelmasse zur Wurzelmasse verändert. Eine Gefährdung des Baumes ist vorhanden, stellt aber nach praktischen Erfahrungen kein wesentliches Risiko dar.

Um stärkere Wachstumsdepressionen zu vermeiden, sollte die verbleibende Kronenlänge mindestens 40% der gesamten Baumhöhe betragen.

3. Arbeitsschutz

Sowohl für die Wertastung als auch für den Einsatz der Akkuschere ist eine Unterweisung der Mitarbeitenden unerlässlich. Die NLF haben dazu entsprechende Gefährdungsbeurteilungen erstellt.

Das Arbeitsschutzgesetz verpflichtet den Arbeitgeber, das Arbeitsverfahren einzusetzen, von dem die geringste Gefährdung für seine Mitarbeitenden ausgeht. Daher ist der Einsatz einer Akkuschere mit elektronischem Schnittschutzsystem unbedingt zu empfehlen. Aus Anwendersicht ist das nahezu geräuschlose Arbeiten mit der Akkuschere sowohl physisch als auch psychisch positiv zu bewerten.

Bei der Arbeit mit der Distelleiter II handelt es sich um eine Arbeit mit Absturzgefährdung. Ein besonderes Augenmerk ist auf die körperliche und geistige Eignung

der Ausführenden zu legen. Die Hochastung mittels Leitereinsatz darf nur von speziell geschultem Personal mit arbeitsmedizinischer Untersuchung (G41) ausgeführt werden. Regelmäßige Rettungsübungen sind durchzuführen und zu dokumentieren.

4. Umweltverträglichkeit

Akkuscheren sind im Vergleich zu pneumatischen Astungsgeräten deutlich umweltverträglicher (Abgase, Bodendruck). Lärmemissionen sind kaum vorhanden.

5. Optimaler Einsatzbereich

Die MWT ist unter Leistungsaspekten der händischen Astung deutlich überlegen und vergleichbar mit pneumatischen Geräten. Dazu kommen die deutlich geringeren Anschaffungskosten, die das System für eine Astung wirtschaftlich interessant machen. Daher ist nach einer sorgfältigen Auswahl der zu astenden Bestände das System MWT grundsätzlich das Mittel der Wahl. Weiterhin tragen das nahezu geräuschlose Arbeiten und das geringe Systemgewicht zu einer hohen Anwenderakzeptanz bei.

Niedersächsische Landesforsten, Niedersächsisches Forstliches Bildungszentrum Münchehof (NFBz)

Ansprechpartner: Karsten Kügler (FWM); Lutz Möhring (FWM); Samuel Tettenborn (Trainee)

Exkursionsbild 2.2	
Bestand	DGL (20) Dichtung bis Stangenholz mit KI
Standort	mäßig frisch
Boden	schluffiger Sand über lehmigem Sand, mittelgründig
Bestockungsziel	WEZ 26: BU mit DGL

2.3 Wertastung und erste Positivläuterung mit Akkuscherer und Spacer

Waldbauliche Chancen bzw. Einsatzmöglichkeiten und technische Umsetzung

Waldbewirtschaftung im Klimawandel wird geprägt durch Kalamitäten, die zu Zwangsnutzungen führen. Die Wälder, die auf diesen Flächen entstehen oder begründet werden, erfordern in der Kultur- und Jungwuchsphase mehr oder weniger intensive Eingriffe zur Regelung von Konkurrenz und Mischung. Nach der Jungwuchsphase wird in die Bestände beim Nadelholz bis zur ersten Durchforstung mit verwertbaren Sortimenten, beim Laubholz bis zum Erreichen der angestrebten astreinen Schaftlänge nicht mehr eingegriffen.

Wenn es um die Produktion von Wertholz durch Astung geht, wird durch dieses Warten das Waldentwicklungsziel gefährdet. Die Erfahrung zeigt, dass bei unbeeinflusster Konkurrenz qualitativ gut veranlagte Bestandglieder gegenüber wüchsigeren, aber qualitativ nicht befriedigenden,

Bäumen zurückfallen. Bei der ersten Durchforstung ist es dann oft nicht mehr möglich, die anzustrebende Anzahl von 50 bis 70 Wertholz produzierenden Z-Bäumen je Hektar zu finden.

Die häufig geübte Praxis, die Astung gleichzeitig mit der ersten Durchforstung zu beginnen, hat außerdem zur Folge, dass die berühmte Bierdeckelstärke im unteren Stammbereich deutlich überschritten wird. Das Produkt „astreines Wertholz“ wird am Markt in möglichst großer Stärke nachgefragt. Je dicker die Stammwalze bei Beginn der Astung ist, desto höher muss die Zielstärke sein. Dies führt zu längeren Produktionszeiträumen und größeren Baumhöhen. Bei häufiger und heftiger auftretenden Stürmen steigt das Risiko, die geasteten Bäume vor Erreichen der notwendigen Dimension zu verlieren.

Am Exkursionspunkt wird ein komplettes Arbeitsverfahren vorgestellt, das die Vorteile der frühen Z-Baumauswahl (Sicherung der Wertträger) und der Astung zum optimalen Zeitpunkt (Verkürzung der Produktionszeit und Minimierung von Risiken) sicherstellt. Durch den Einsatz moderner Arbeitsmittel wird die Qualität der Astung verbessert, und es ergeben sich ergonomische Vorteile gegenüber üblichen Vorgehensweisen.

Durch die Implementierung aller notwendigen Arbeitsschritte in das Verfahren ergeben sich erhebliche Rationalisierungseffekte und damit wirtschaftliche Vorteile.

Gezeigt werden das komplette Arbeitsverfahren und waldbauliche Einsatzbereiche.



Verfahrensbeschreibung

Das Arbeitsverfahren gliedert sich in zwei Abschnitte.

Arbeitsabschnitt 1:

1. Ein überschaubarer Abschnitt der späteren Rückegasse wird mit Sprühfarbe markiert. Es entsteht ein Arbeitsblock, der bei der ersten Gasse durch den Bestandesrand und bei den folgenden durch die vorherige Gasse begrenzt ist.
2. Im Arbeitsblock wird der erste Z-Baum gesucht.
3. Der Z-Baum wird mit der Akkuschere auf Reichhöhe geastet.
4. Der Z-Baum wird mit einem stammumfassenden Farbring markiert. Es empfiehlt sich eine großzügige Markierung mit Leuchtfarbe, weil er im zweiten Arbeitsabschnitt noch einmal angegangen werden muss.
5. Der oder die zu entnehmenden Bedränger werden mit Sprühfarbe markiert.
6. Der Z-Baum wird mit Stückzähler gezählt oder seine Koordinaten werden erfasst.

Punkt 2 bis 6 werden so oft wiederholt, bis der Bereich der markierten Rückegasse überschritten wird. Dann wird zunächst wieder ein überschaubarer Abschnitt der Rückegasse markiert (Punkt 1.).

Für die Markierung der Gasse empfiehlt sich eine andere Farbe als zum Auszeichnen der Bedränger, weil sie in dieser Entwicklungsphase nicht aufgeschnitten wird. Sie wird markiert, damit kein Z-Baum auf oder an der Gasse ausgewählt wird. Das Einmessen und Markieren der Feinerschließung entfällt damit bei der ersten Durchforstung. Die Gassen müssen nur noch aufgeschnitten werden.

Arbeitsabschnitt 2:

Blockweises Aufsuchen der Z-Bäume und Entnahme der Bedränger mit dem Spacer.

Arbeitsauftrag

- Markierung der Rückegassen
- Auswahl, Reichhöhenastung und Markierung von Z-Bäumen
- Entnahme von Bedrängern soweit erforderlich

Qualität:

- Alle Äste in Reichhöhe sind entfernt
- Aststummel kleiner als 1 cm
- Keine Rindenausrisse oder sonstigen Rindenverletzungen
- Z-Bäume sind soweit freigestellt, dass sie bis zur ersten Durchforstung in der herrschenden Schicht bleiben

Arbeitsvorbereitung

Erschließungsplanung:

Vor Beginn der Maßnahme wird für den Gesamtbestand eine Feinerschließungsplanung in Abhängigkeit von Gelände und Reihenverlauf sowie der Anbindung der Fläche an Wege gemacht.

Arbeitsorganisation:

Die Arbeitsabschnitte 1 und 2 können in einem Zug oder entkoppelt durchgeführt werden. Wenn beide Abschnitte zur selben Zeit durchgeführt werden, ist ein Tätigkeitswechsel im Tagesverlauf möglich (z. B. zwei Blöcke markieren und asten, zwei Blöcke Bedrängerentnahme usw.). Die Bedrängerentnahme kann aber auch einige Zeit nach der Reichhöhenastung stattfinden (z. B. Astung zu Beginn der Vegetationszeit, um eine optimale Überwallung zu gewährleisten, Entnahme der Bedränger im Spätherbst aus Forstschutzgründen).

Arbeitsschutz:

Alleinarbeit ist aus arbeitsschutzrechtlicher Sicht zulässig, wenn der Einsatz des „Spacers“ in klassischen Läuterungsbeständen erfolgt und sich keine Probleme durch herabfallende Baumteile ergeben, die durch eine geeignete persönliche Schutzausrüstung wirksam entschärft werden können.

Die Gefährdungsbeurteilung zum Einsatz des „Spacers“ muss für die jeweilige örtliche Situation geschehen.

Ausrüstung

Arbeitsabschnitt 1:

- Bussole
- Akkuschiere
- Rucksack-Akku mit Tragegeschirr für Akkuschiere, 2 Dosenhalter und 2 Sprühdosen
- Instandsetzungswerkzeuge
- Stückzähler oder Gerät zur Positionserfassung der geasteten Bäume

Arbeitsabschnitt 2:

- „Spacer“ (Husquarna FBX 535)
- Betriebsstoffe
- Instandsetzungswerkzeug

Zeitbedarf

Nach Erprobung der Praxistauglichkeit des Arbeitsverfahrens wurde die Abteilung Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnologie der Universität Göttingen mit der Produktivitätsabschätzung und ergonomischen Bewertung beauftragt.

Die Zeitstudien erfolgten auf verschiedenen Waldflächen. Von den geasteten Bäumen wurde stichprobenweise aufgenommen:

	Durchschnitt	Minimum	Maximum
BHD (bei allen Bäumen)	12,3 cm	7,0 cm	19,0 cm
Höhe	10,0 m	7,5 m	12,0 m
Anzahl der entfernten Äste	80 Stück	43 Stück	130 Stück
Durchmesser der entfernten Äste	14 mm	1 mm	40 mm

Die Zeitnahme erfolgte getrennt nach den Tätigkeiten

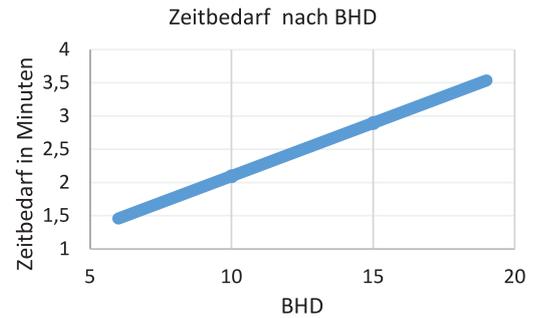
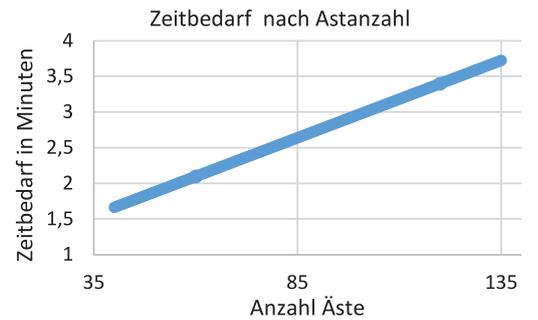
		Durchschnitt	Minimum	Maximum
Abschnitt 1	Rückegasse markieren (Peilen und markieren mit bekannter Marschzahl)	0,49 min		
	Baumsuche zur Astung	1,90 min	0,26 min	7,88 min
	Astung	3,12 min	1,63 min	5,20 min
	Markieren Z-Baum und Bedränger	0,56 min	0,22 min	3,44 min
Abschnitt 2	Baumsuche zur Bedrängerentnahme	1,07 min	0,11 min	5,28 min
	Bedrängerentnahme	0,79 min	0,13 min	2,75 min

Es ergibt sich ein Zeitbedarf von **7,93 Min pro Baum** bei Normalleistung.

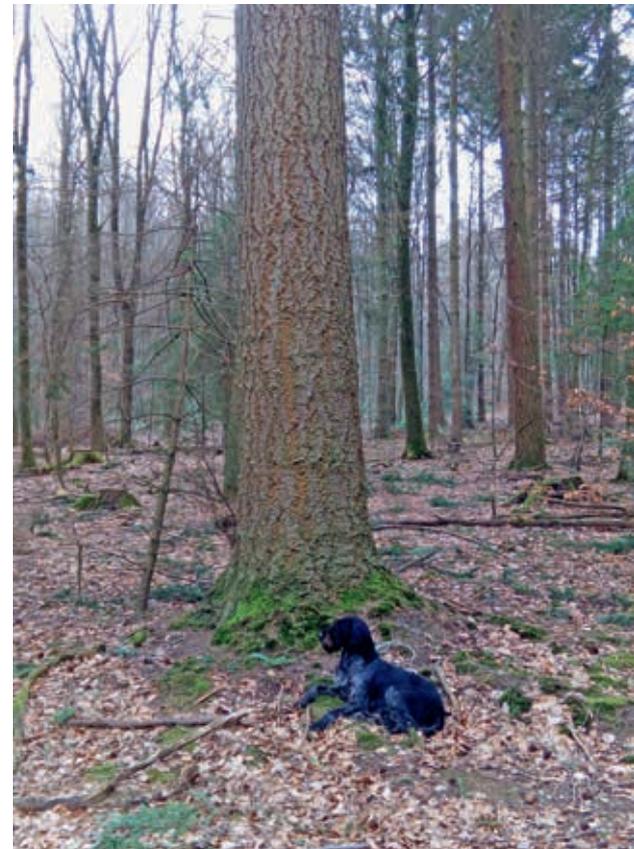
Durch die Zeiterfassung getrennt nach Tätigkeiten steht ein auf die betrieblichen Verhältnisse anpassbarer Baukasten zur Kalkulation zur Verfügung. Besondere Standortbedingungen wie z. B. Hangneigung können durch Zuschläge berücksichtigt werden.

Bei den baumbezogenen Parametern konnten die Anzahl der Äste (inklusive Feinäste) und der BHD der zu astenden Bäume als produktivitätsbestimmend für die Tätigkeit Astung identifiziert werden. Die Aststärke hat keinen Einfluss, wenn eine leistungsfähige Schere benutzt wird.

Die Zeit für die Bedrängerentnahme gilt für die Entnahme von bis zu einem Bedränger pro Z-Baum. Mehr Bedränger sind mit Zuschlägen zu berücksichtigen.



Zeitbedarf Astzahl und BHD



Kosten

Die Entlohnung von Läuterungs- und Astungsarbeiten erfolgt in der Regel durch eine Stucklohnvereinbarung.

Zur besseren Vergleichbarkeit wird hier mit einem gerundeten repräsentativen Zeitlohn (TV-L-Forst) kalkuliert.

Beurteilung des Verfahrens

1. Durchführung der Erfolgskontrolle

Die frühzeitige Auswahl von Z-Bäumen ist eine richtungsweisende Investition, die einen hohen Sachverstand erfordert. Bei der Arbeitsdurchführung ist vor allem die waldbauliche Kompetenz der Ausführenden gefragt. Diese ist für den Erfolg des gesamten Arbeitsvorhabens entscheidend.

Eine stichprobenweise Erfolgskontrolle (z. B. entlang einer zufällig festgelegten Linie durch den Bestand) ist mit geringem Aufwand möglich, sofern die Kriterien für die Z-Baumauswahl und die Anforderungen an die Arbeitsqualität im Arbeitsauftrag klar formuliert sind.

Dokumentation:

Die Dokumentation der Maßnahme erfolgt je nach betrieblichen Anforderungen flächenbezogen mit der geasteten Stückzahl oder in Geoinformationssystemen mit den Einzelbaumkoordinaten.

2. Risiken, Waldschutzfragen

- verringertes Betriebsrisiko durch kürzere Umtriebszeiten
- verringertes Forstschutzrisiko (geringere Gefahr von Pilzbefall durch glattere Schnittflächen und keine Rindenverletzungen sowie schnelle Überwallung)

3. Arbeitsschutz

Zur ergonomischen Beurteilung des Verfahrens wurden Herzfrequenzmessungen durchgeführt. Das Gelände war ein überwiegend stark auf Teilflächen mäßig geneigter Hang. Der gutachtlich hergeleitete Leistungsgrad des Durchführenden betrug 120%.

Im Arbeitsabschnitt 1 war die Belastung deutlich unter der

Kosten (60 Z-Bäume/ha)

		min/ Z-Baum	Std./ Z-Baum	€/ Z-Baum	€/ha
Lohnkosten inkl. LNK	38,48 €/Std	7,93	0,132	5,08	304,80
Akkuschere	3,32 €/Std. ¹	6,07	0,101	0,34	20,40
Spacer	10,00 €/Std. ²	0,91 ⁴	0,015	0,15	9,00
2 Farbdosen je ha	12,00 €/ha ³			0,20	12,00
Gesamtkosten				5,77	346,20

¹ €/Einsatzstunde: nur Abschnitt 1, Summe: 6,07 min/Baum (Kalkulationsbasis 200 Einsatzstunden pro Jahr, Wiederbeschaffungskosten 1600 €, Nutzungsdauer 4 Jahre)

² €/Lastlaufstunde: Entnahme von einem Bedränger/Z-Baum, nur Zeit für Bedrängerentnahme aus Abschnitt 2 zuzüglich 15% für einzelne Schnitte zum Weg frei machen beim Baum angehen

³ Markierung 60 Z-Bäume/ha mit Farbring, Markierung Gassen im Abstand 20 m, Markierung 60 Entnahmebaume, 6 €/Dose

⁴ 0,79 Minuten pro Baum zuzüglich 15% für Schnitte zum Weg freimachen bei der Baumsuche.

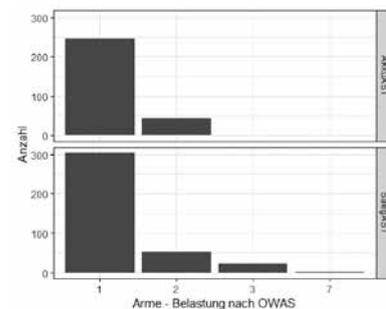
Dauerleistungsgrenze. Die Tätigkeiten am Baum waren weniger belastend als das Gehen im Gelände, das immer wieder durch kurze Pausen zum Ausschau halten nach und dem Beurteilen von möglichen Z-Bäumen unterbrochen wurde.

Im Arbeitsabschnitt 2 lag die Belastung knapp über der Dauerleistungsgrenze und die Spannweite der gemessenen Herzfrequenzen war deutlich größer (Abarbeiten der Blöcke abwechselnd hangaufwärts und hangabwärts). Die insgesamt höhere

Belastung kann damit erklärt werden, dass die markierten Z-Bäume ohne Pausen zur Orientierung angelaufen werden und die Arbeit am Baum deutlich kürzer dauert als im Arbeitsabschnitt 1. Bei einem Leistungsgrad von 100% (Normalleistung) ist mit einem Absinken der durchschnittlichen Belastung unter die Dauerleistungsgrenze zu rechnen.

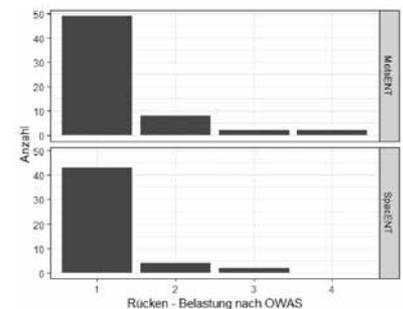
Für die Beurteilung der eingesetzten Arbeitsmittel wurden Körperhaltungen nach der OWAS-Methode analysiert:

Astung mit Akkuschere (oben) mit ARS Säge (unten)



Kriterium beide Arme über Schulterhöhe:
Die Notwendigkeit, schwerere Äste mit der freien Hand zu stützen, damit es nicht zu Rindenausrisen kommt, besteht mit der Schere nicht.

Bedrängerentnahme mit Spacer (unten) mit Motorsäge (oben)



Kriterium gebeugter Rücken:
Durch den Stiel des Spacers ist es nicht notwendig, für bodennahe Schnitte den Rücken stark zu beugen.



Außerdem wird beim „Spacer“ die Hauptlast auf dem Rücken getragen. Die eigentliche Schneidgarnitur ist an einem tragenden „Galgen“ befestigt und entlastet die Hand-Arm-Muskulatur fast vollständig von semistatischen Kräften, so dass sich der Bediener bzw. die Bedienerin nahezu ausschließlich auf die zu steuernden Bewegungen konzentrieren kann.

Alleinarbeit ist mit Akkusere und Spacer nach Gefährdungsbeurteilung grundsätzlich möglich.

Qualität:

- Die Schnittflächen sind mit der Akkusere weniger rau als bei Verwendung von Astungssägen
- Die Gefahr, dass sehr dünne Äste beim Ansetzen der Säge ausweichen und es zu Rindenverletzungen durch Abrutschen kommt, besteht bei der Schere nicht
- Es kommt bei schweren Ästen nicht zu Rindenausrissen (Geschwindigkeit des Schnittes und stützende Funktion vom Amboss).

4. Umweltverträglichkeit

Das Arbeitsverfahren überzeugt durch bestandesschonendes Arbeiten.

5. Prozessorientierung

Das Arbeitsverfahren bietet im operativen Bereich eine hohe Flexibilität.

Die zeitliche Entkopplung von Astung und Bedrängerentnahme ermöglicht es, beides (Astung im zeitigen Frühjahr, Bedrängerentnahme bei Nadelholz im Spätherbst) zum optimalen Zeitpunkt durchzuführen.

Je nach Ausgangssituation lässt sich das Verfahren anpassen. Wenn im Zuge einer vorherigen Jungbestandspflege beispielsweise schon Pflegepfade angelegt wurden, entfällt das Einmessen der Gassen, und die vorhandenen Pflegepfade müssen nur nachmarkiert werden.

Technische Daten

Motorspezifikation	
Hubraum	34,6 ccm
Leistung	1,6 kW
Drehzahl bei max. Leistung	8400 U/min
Tankvolumen	0,6 l
Kraftstoffverbrauch	475 g/kWh
Kraftstoffverbrauch (Gewicht/h)	0,99 kg/h
Leerlaufdrehzahl	2900 U/min
Zündkerze	Champion RCJ6Y
Zündkerzenabstand	0,5 mm
Drehmoment, max.	2 Nm/6600 U/min
Kupplungszuschaltungsgeschwindigkeit	4300 U/min (±120 U/min)
Maximale Drehzahl Ausgangswelle	8220 U/min
Gewinde	3/8"-24H

Landesbetrieb Wald und Holz NRW
Zentrum für Wald und Holzwirtschaft / Fachbereich V
Forstliches Bildungszentrum
Ansprechpartner: FWM Lars Bittis, FWM Marcel Hanke, FWM Paul Schulte-Angels, FD Thilo Wagner

6. Wirtschaftlichkeit

- Rationalisierungseffekte durch das Zusammenfassen von Arbeitsschritten, die üblicherweise in einzelnen Flächendurchgängen stattfinden: Feinerschließung, Z-Baumauswahl und Auszeichnen, Astung
- optimierte die Wertleistung durch Erhalt der Wertträger und Astung zum optimalen Zeitpunkt
- verringertes Betriebsrisiko durch kürzere Umtriebszeiten
- verringertes Forstschutrisiko (geringere Gefahr von Pilzbefall durch glattere Schnittflächen und keine Rindenverletzungen sowie schnelle Überwallung)

Exkursionsbild 2.3	
Bestand	DGL (22) Dichtung bis Stangenholz mit Fi (22)
Standort	mäßig frisch
Boden	schluffiger Sand über lehmigem Sand, mittel- bis tiefgründig
Bestockungsziel	WEZ 26: BU mit DGL

2.4 Waldbau trifft Handwerk - Das „hessische Modell“ in der Jungwuchs- und Jungbestandspflege

Die Kombination von Waldbau, Handwerk, modernen Verfahren, Arbeitstechniken und Geräten

Jungwuchs- und Jungbestandspflege

Jungwuchspflege

Angesichts der verheerenden Waldschäden, deren Ende noch nicht absehbar ist, werden die Forstbetriebe im Bereich der Kultur- und Jungwuchspflege in den nächsten Jahren vor besondere Herausforderungen gestellt. Unabhängig von den jeweiligen ökologischen und betrieblichen Zielen sind Verjüngungen und Kulturen in ihrer angestrebten Struktur zu sichern. Die Einzelziele variieren dabei je nach Struktur der Verjüngungen/ Kulturen vom Erhalt und Förderung der intraspezifischen Konkurrenz und der Nutzung von Pioniergehölzen als Schirm oder Treibholz bis zur Stammzahlreduzierung überdichter Nadelholzverjüngungen. Wo nach sorgfältiger Prüfung Pflegeeingriffe notwendig sind, stellt sich die Frage nach der Verfahrenswahl. Zu berücksichtigen sind, neben der grundsätzlichen Eignung von Geräten und Maschinen für die durchzuführenden Arbeiten, verstärkt ökologische und ergonomische Aspekte. Die Arbeiten werden oftmals im Sommer bei hohen Temperaturen und geringer Windbewegung durchgeführt, was neben der körperlichen Beanspruchung auch dazu führt, dass die Beschäftigten verstärkt Abgasen ausgesetzt sind. Bei der im Rahmen der Exkursion zu bearbeitenden Fläche sind grundsätzlich

- Freischneider,
- Spacer und
- Akku-Pflegesäge geeignet.

Jungbestandspflege

Pflegemaßnahmen im Jungbestand stellen in der Regel reine

Zukunftsinvestitionen ohne unmittelbare Erträge dar. Daher werden zunächst Bestände ausgewählt, bei denen solche Investitionen zu einer angemessenen Steigerung der Werterwartung führen oder aber auch anderen Betriebszielen dienen. Somit entfallen bei betriebswirtschaftlicher Betrachtung diejenigen Bestände, die entweder auch ohne Eingriff/ Investition eine hohe Werterwartung liefern (biologische Automation), oder trotz Investition keine angemessene Wertsteigerung versprechen.

Sind die zu bearbeitenden Bestände identifiziert, gilt es; ein angemessenes Verhältnis zwischen Input (Kosten) und Output (Wertsteigerung, Risikominimierung, Stabilisierung) zu finden. Ein effizienter Mitteleinsatz ist auch deshalb geboten, weil das Verhältnis von Arbeitskapazität und Arbeitsvolumen nicht selten Richtung Arbeitsvolumen verschoben ist. Der Grundsatz „Früh-Mäßig-Oft“ wird so oft verkehrt in „Spät-Stark-Selten“.

Über die Fertigkeiten hinsichtlich Arbeitstechnik und -verfahren hinaus ist das waldbauliche Verständnis der Ausführenden von ausschlaggebender Bedeutung für den Erfolg der Maßnahme.

Der Exkursionspunkt soll anhand der waldbaulichen Verfahrensweise im Landesbetrieb HessenForst veranschaulichen, wie mit möglichst geringem Pflegeaufwand, die bestmögliche Bestandespflege erreicht werden kann. Die natürliche Waldentwicklung wird bedacht und, wo sinnvoll, in das Pflegekonzept integriert. Es gilt der Grundsatz gemäß der konkreten Situation innerhalb des Bestandes steuernd einzugreifen und keinesfalls eine pauschale, gleichförmige Bestandesbehandlung durchzu-

führen. Hierbei werden Arbeitsgeräte und Arbeitstechniken zum Einsatz gebracht, die sich sowohl durch effizienten Einsatz im Sinne eines hohen Arbeitsfortschritts, als auch aus ergonomischer Sicht als geeignet erweisen. Letzteres ist umso bedeutender, da die Arbeiten oftmals im Sommer bei hohen Temperaturen und geringer Windbewegung durchgeführt werden (Nachteile siehe bei Jungwuchspflege).

Die Arbeitssysteme müssen auf die Bestandesverhältnisse abgestimmt sein. Die Kenntnisse über Einsatzgrenzen der Systeme sind daher unabdingbar.

Sowohl für die Jungwuchs- als auch die Jungbestandspflege sollen Entscheidungskriterien für die Art des Eingriffs und die Wahl des geeigneten Verfahrens aufgezeigt werden.

Verfahrensbeschreibungen

Jungwuchspflege mit Akkupflegesäge

Auch wenn, wie oben beschrieben, für die vorliegende Fläche grundsätzlich drei verschiedene Maschinentypen (Freischneider, Spacer, Akku-Pflegesäge) zum Einsatz kommen könnten, ist aufgrund der gegebenen selektiven Vorgehensweise die Akkupflegesäge besonders vorteilhaft. Das System zeichnet sich durch

- gute Handhabbarkeit,
- günstige Gewichtsverteilung auf die Arbeitsperson,
- keine Schadstoffbelastung,
- nahezu ausschließlich günstige aufrechte Körperhaltung sowie
- geringere Lärm- und Vibrationsbelastung im Vergleich zu verbrennungsmotorgetriebenen Geräten aus.

Obwohl aktuell der Anwendungskomfort durch reduzierte Akku-

leistung bei Einschubakkus oder zusätzliche Gewichtsbelastung bei rückentragbaren Großakkus noch eingeschränkt ist, hat die Akkupflegesäge auch unter schwierigen Bedingungen ihre Praxistauglichkeit bewiesen.

Im Vergleich zum Freischneider, der insbesondere im Übergang von Kultur- zur Jungwuchspflege eine Systemoption darstellt, zeichnet sich die Akkupflegesäge durch erhöhte Bestandespfleglichkeit aus. Eine unbeabsichtigte Falschentnahme eines Zielbaums kommt kaum vor, da man sich besser als mit dem Freischneider an diesen heranarbeiten kann. Das ist besonders bei dichten Jungwüchsen ein wesentlicher Vorteil.

Arbeitsverfahren

- Grundsätzlich sind die Entnahmebäume an geeigneter Stelle zu durchtrennen. Abgetrennte Baumteile können mit dem am Gerät angebrachten Ziehhaken manövriert werden. Aus sicherheitstechnischen Gründen, und um die spätere Begehbarkeit der Fläche zu gewährleisten, sind die Stümpfe möglichst niedrig und in flachem Winkel zu halten.
- Im Durchmesserbereich des ausscheidenden Bestandes von 7-15 cm und mittleren Oberhöhen von etwa 4 m kann mit der

Akkupflegesäge schnell und sicher gearbeitet werden.

- In Übereinstimmung mit den Vorgaben des Geräteherstellers und in Abstimmung mit dem für Hessen zuständigen Unfallversicherungsträger ist beim Landesbetrieb HessenForst die vollständige PSA für Motorsägearbeiten plus Schutzbrille zu tragen.

Ergonomische Beurteilung

Im Rahmen einer orientierenden Zeitstudie in einem 16jährigen Fichten-Douglasienjungwuchs mit vorwüchsiger Birke aus Naturverjüngung mit dichtem z.T. mannhochem Brombeerbewuchs wurde ermittelt, dass die Sägenlaufzeit an der reinen Arbeitszeit (RAZ) 75 % (hoher Brombeerbewuchs) betrug; beim Aufsuchen des zu entnehmenden Baumes war die Pflegesäge fast unentwegt zum Freischneiden eines Arbeitspfades im Einsatz.

Der ergonomische Vorteil der akkubetriebenen Pflegesäge, d. h. keine Abgase wie beim Spacer- und Freischneider-Einsatz, wird schon allein an dieser prozentualen Verteilung deutlich. Der Anteil der Sägenlaufzeit an der Gesamtarbeitszeit betrug fast 50 %, d. h. die Einsparung von Brennstoffen, die Vermeidung von Abgasbelastung sowie die Verminderung der

Vibrations- und Lärmexposition ist im Vergleich zu verbrennungsmotorgetriebenen Geräten erheblich.

Jungbestandspflege - mit Kambiflex und MS (Akku)

Die Ziele der Jungbestandspflege im Differenzierungsstadium ist die natürliche Astreinigung durch Dichtschluss (Ringeln mit dem Kambiflex), die Mischungsregulierung und der sogenannte Optionenerhalt. Aus den Optionen werden im späteren Auslesestadium die Z- Bäume rekrutiert. Während Z- Bäume durch Bedrängerentnahme und Kronenausbau gefördert werden, werden Optionen durch Ringeln und Kronenschluss erhalten. Das heißt, wenn bis zum nächsten Eingriff absehbar ist, dass die Krone einer Option in ihrer Größe und Vitalität zurücksetzen wird, kann geringelt werden.

Kambiflex

Einsatzspektrum

Grundsätzlich erfolgt die Entnahme mit dem Kambiflex.

Dies bietet waldbauliche Vorteile, da der so behandelte Baum langsam abstirbt und vorerst im Stützgefüge verbleibt. Der Kronenraum wird sukzessive frei und kann durch die Nachbarbäume genutzt werden. Es kommt nicht

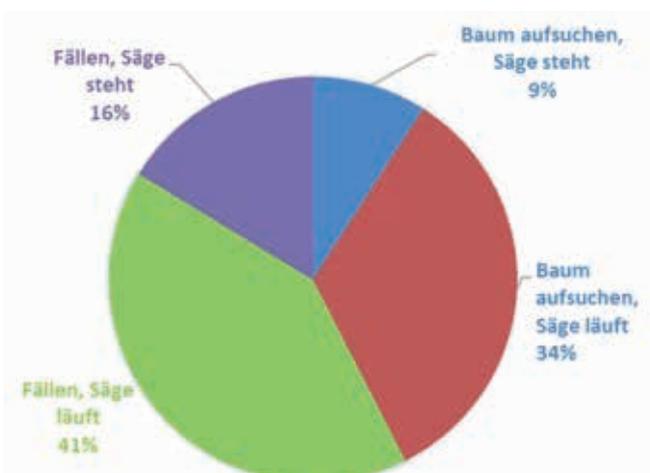


Abb. 1: Prozentuale Verteilung der Ablaufabschnitte mit Laufzeiten der Pflegesäge



Durchtrennen einer gefällten Birke inmitten starker Brombeerranken

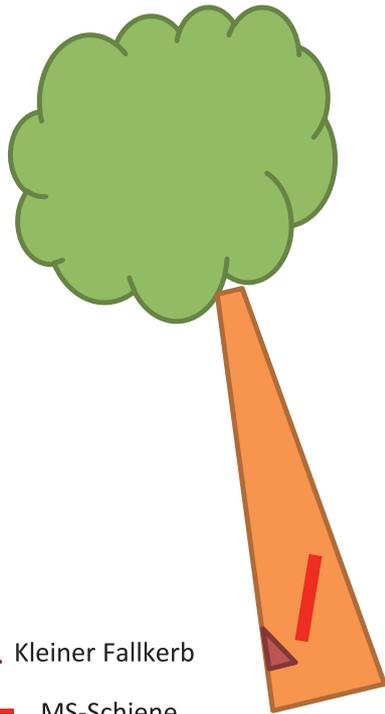


Abb. 3: Skizze diagonalen Stechschnitt und praktische Durchführung (Skizze: Klaus Oesterling, Fotos Gerding)

zu übermäßigem Lichteinfall, der die natürliche Astreinigung behindert oder die Ausbildung von Wasserreißern ermöglicht.

Rinde und Bast werden auf einer Mindestbreite von ca. 20 cm rund um den Baum mit dem Ziehmesser des Kambiflex entfernt (in Hohlkehlen o.ä. kann zusätzlich ein Reißhaken nötig sein).

Anschließend wird das Kambium in einer Breite von mind. 5 cm rund um den Baum mit der Drahtbürste beseitigt.

Im Vergleich zur motormanuellen Entnahme sind neben den waldbaulichen Aspekten folgende Vorteile für den Ausführenden wirksam:

- keine Schadstoffbelastung
 - keine Lärmbelastung
 - keine Vibrationsbelastung
 - geringere Verletzungsgefahr und damit geringere Anforderungen an PSA (Schutzbrille, Sicherheitsschuhe und normale Arbeitskleidung ausreichend)
 - kein „Getrieben werden“ durch laufende MS/ Stress
 - geringes Werkzeuggewicht
- Vorteile in der Arbeitsorganisation:
- keine gefährliche Arbeit, daher Alleinarbeit grundsätzlich möglich
 - Nachteile in der Arbeitsorganisation:
 - Einsatz jahreszeitlich auf die Hauptvegetationszeit beschränkt

Einsatzgrenzen

- Stärkere/ hohe Bäume > 14 cm BHD/ > 14m Höhe, die nach dem Absterben zu einer wesentlichen Gefahrenquelle bei Folgearbeiten werden.
- Bäume in einfacher Baumlänge zu aus Verkehrssicherungsgründen sensiblen Bereichen (Waldwege/ Straßen, Jagdeinrichtungen, fremde Grundstücke, Hochbehälter, Erholungseinrichtungen etc.)
- Bäume, die nicht wie gewünscht sukzessive in sich zusammenbrechen, sondern sich als Vollbaum nach Absterben der Wurzel an Nachbarbäume anlehnen (für Hessen bei der Baumart Aspe nachgewiesen)

- Bäume, insbesondere Nadelhölzer, die i. d. R. Brutraum für Forstschädlinge darstellen

MS (Akku)

Einsatzspektrum

Wenn der Kambiflex-Einsatz fachlich nicht zielführend ist, kommt mit entsprechenden waldbaulichen Nachteilen nur die Entnahme mit der Motorsäge in Frage.

Weiterhin ist es bei in der Bestandesentwicklung heterogenen Beständen möglich, dass sich Teile bereits im Auslesestadium (Astreinigung auf der angestrebten Höhe → Z-Baum-Auswahl mit anschließender Förderung durch Freistellung) befinden oder Mischbaumarten in diesem Entwicklungsstadium sind. Auch hier werden die Entnahmen mit der Motorsäge geführt.

Neben den bekannten Fäll- und Schnitttechniken (hüfthoher Schrägschnitt, V-Schnitt und Einknicken) wird bei stark vorhängenden Bäumen die Technik des diagonalen Stechschnitts vorgestellt. Dieser bietet im Vergleich zu anderen Methoden (z. B. Dreieckschnitt) erhebliche Sicherheitsvorteile.

[Exkurs diagonalen Stechschnitt: Dünne vorhängende Bäume (besonders wenn sie sich nicht unmittelbar anlehnen können) sind optimal mit dem diagonalen Stechschnitt zu fällen. Dabei kann die Breite des Fällschnitts durch das Anwinkeln der Schiene variiert werden, um auch bei geringen Dimensionen Bruchleiste und Halteband ausformen zu können. Die Fällung erfolgt in Hüfthöhe. Das Halteband wird mit ausgestrecktem Arm durchtrennt.]

Unter den in der Jungbestandspflege üblichen Einsatzbedingungen (weitestgehend Kambiflex-Einsatz) wird hier bei Holzstärken von 15 (Hartlaubholz) bis max. 20 cm (Weichlaubholz) BHD die Eignung von Akkusägen als Alternative zu Zweitaktmotorsägen vorgestellt.

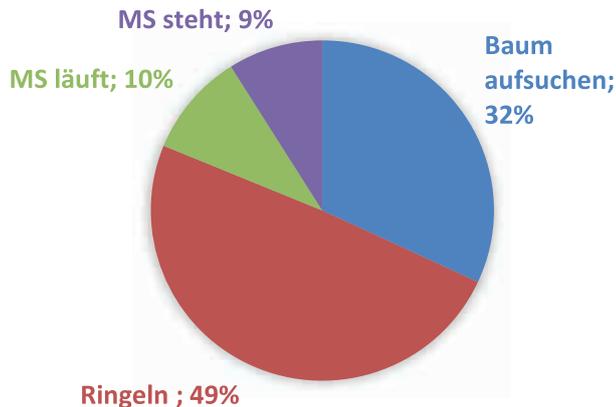


Abb. 4: Verteilung der Ablaufabschnitte bezogen auf die reine Arbeitszeit



Abb. 5: Absetzen des zu entnehmenden Baumes mit der Akkumotorsäge

Erfahrungen mit der Akkumotorsäge

Aufgrund des waldbaulichen Konzeptes und des priorisierten Einsatzes des Kambiflex sind die Motorsägenlaufzeiten in der Regel sehr gering. Im Rahmen einer orientierenden Zeitstudie in einem 12- bis 27jährigen Bu/BAh-Jungbestand, Bonität 0,0, wurden 104 Bäume geringelt und nur acht Bäume mit der Akkumotorsäge gefällt und vollständig zu Boden gebracht. Der BHD der mit der Motorsäge gefällten Bäume lag zwischen 11 und 16 cm, wobei eine Buche mit 16 cm BHD als Einsatzgrenze der Akkumotorsäge angesehen werden kann.

Deutlich wird der hohe Anteil des Ablaufabschnittes „Baum aufsuchen“. Hier wird der Auswahlprozess durch die ausführende Fachkraft deutlich, die über hohes waldbauliches Verständnis verfügen muss. Vorteil der Akkumotorsäge: Eine benzingetriebene Motorsäge hätte 10% Vollastzeit und 9% Leerlaufzeit gehabt. Die Akkumotorsäge dagegen produziert nur Lärm und Vibration beim Schneiden. Während manueller Tätigkeiten (Herunterziehen des Baumes, Wegräumen von Ästen usw.) ist sie automatisch aus.

Vorteile der Akkutechnik im Vergleich zur konventionellen MS:

- keine Schadstoffbelastung
- geringere Lärmbelastungsphasen
- geringere Vibrationsbelastungsphasen
- kein „Getrieben werden“ durch laufende MS/ Stress
- verbesserte Kommunikationsmöglichkeiten

Arbeitsvorbereitung

- Einweisung vor Ort durch Auftraggeber mit Analyse der bestandesspezifischen Gefährdungen. Konkreter Arbeitsauftrag mit Angabe der gewünschten Zielbestockung auf die hingewirkt werden soll.
- Verkehrssicherungsmaßnahmen
- Erforderlichenfalls Lade-, Lager- und Transportmöglichkeiten für Akkugeräte festlegen.

Betriebsmittel

Jungwuchspflege:

Akkupflegesäge mit rückentragbarem Akku inkl. Betriebsstoffe, PSA für Motorsägearbeiten (Schnittschutzhose, -hose, Helm mit Gehör- und Gesichtsschutz plus Schutzbrille, Handschuhe und Oberbekleidung in Signalfarben)

Jungbestandspflege:

MS-Entnahme

- Leichte MS (Akku)
- Kombi- bzw. Ölkanister mit Kombischlüssel
- Fällheber
- PSA für Motorsägearbeiten (Schnittschutzhose, -hose, Helm mit Gehör- und Gesichtsschutz plus Schutzbrille, Handschuhe und Oberbekleidung in Signalfarben)

Ringeln

- Kambiflex
- Reißhaken
- PSA (Schutzbrille), Arbeitskleidung (Sicherheitsschuhe, Handschuhe)

Evtl. Astungssäge bei zusätzlicher Wertastung.

Zeitbedarf, Kosten

Je nach Ausgangslage variieren Zeitbedarf und somit die Arbeitsproduktivität stark. Einflussfaktoren sind:

- Eingriffsintensität insgesamt (Entnahmen pro ha).
- Gelände und Hindernisse wie Brombeere, Blocküberlagerung etc. welche die Begehrbarkeit einschränken.

Speziell Jungbestandspflege

- Verteilung der Eingriffe auf MS bzw. Ringeln in der Jungbestandspflege.
- Bestandesspezifische Faktoren wie Qualität der Bestandeglieder, Mischungsformen, Vorkommen von Raritäten, Wuchsdynamik von Mischbaumarten im Vergleich zur Hauptbaumart.
- Zusatzarbeiten wie Wertastung.
- Entnahmedurchmesser bei MS-Entnahme.
- Bestandesschluss bei MS-Entnahme.

Zeitbedarf und Kosten

	Jungwuchspflege	Jungbestandespflege
Zeitbedarf	15 Std./ha	10 - 15 Std./ha
Lohnkosten (31,50 €/h)	472,50 €/ha	315,00 - 472,50 €/ha
Gerätekosten	37,50 €/ha	15,00 - 22,50 €/ha
Gesamtkosten	510,00 €/ha	330,00 - 495,00 €/ha

	Jungwuchspflege	Jungbestandespflege
Gerätekosten	2,50 €/h	1,50 €/h

Beurteilung der Verfahren

1. Waldschutz

Im Rahmen der hier vorgestellten Verfahren sind keine zusätzlichen Risiken für die Waldbestände bekannt. Voraussetzung ist, dass durch das Ringeln keine Brutbäume für zur Massenvermehrung fähige Forstschädlinge geschaffen werden. Daher sollte sich das Ringeln auf Laubhölzer beschränken.

Das ausführende Personal muss für die Aufgabe gut qualifiziert sein, um waldbauliche Fehlentscheidungen zu vermeiden.

2. Arbeitsschutz

Die vorgestellten Verfahren sind aus ergonomischer Sicht, aber auch unter Betrachtung der Unfallgefahren positiv zu beurteilen.

Die wichtigsten Vorteile sind:

- geringere Schadstoffbelastung
- geringere Lärmbelastung
- geringere Vibrationsbelastung
- geringere Verletzungsgefahr beim Ringeln und damit geringere Anforderungen an PSA (Schutzbrille, Sicherheitsschuhe und normale Arbeitskleidung ausreichend)
- kein „Getrieben werden“ durch laufende MS/ Stress
- geringes Werkzeuggewicht
- Ringeln ist keine gefährliche Arbeit, daher Alleinarbeit grundsätzlich möglich

3. Umweltverträglichkeit

In Bezug auf die Umweltverträglichkeit ist besonders die Substitution des Sonderkraftstoffs durch elektrischen Strom zu nennen.

Dieser kann, wenn gewünscht, auch als „grüner Strom“ bezogen werden. Weiterhin sind die Gefahren durch unbeabsichtigt freierwerdende Betriebsstoffe auf diese Weise reduziert.

Die Bestandespfleglichkeit ist bei fachgerechter Arbeitsausführung hoch. Wegen der Reduktion der Fällungen durch Ringeln ist die Gefahr von Fällschäden reduziert.

Durch das Ringeln, statt einer motormanuellen Entnahme, ist auch der Kraftstoff- bzw. Energieverbrauch geringer als bei rein motormanueller Vorgehensweise.

4. Prozessorientierung

Ohne geeignete Pflegemaßnahmen im Jungbestand lassen sich häufig keine aus forstwirtschaftlicher Sicht zufriedenstellenden Bestände erziehen. Mischungserhalt, Verbesserung der Holzqualität, Bewahrung seltener Baumarten und Förderung der Bestandesstabilität sind trotz biologischer Automatismen häufig keine Selbstläufer.

Insbesondere bei Kunstverjüngungen sind bis zu den genannten Prozessschritten der Jungwaldpflege schon erhebliche Investitionen zu verzeichnen. Um diese Werte zu erhalten und im Idealfall zu steigern, sind Pflegemaßnahmen i. d. R. notwendig.

Um hier mit überschaubar finanziellen und zeitlichem Mitteleinsatz erfolgreich zu sein, sind

die beschriebenen Verfahren nachweislich geeignet.

5. Wirtschaftlichkeit

Durch moderne waldbauliche Ansätze, kombiniert mit geeigneten Arbeitsverfahren und modernem Gerät, kann der Jungbestand effektiv gepflegt werden. Wertschöpfung und menschengerechte Arbeitsbedingungen bestimmen die Verfahren. Innerhalb des Landesbetriebs HessenForst ist es so gelungen, Pflegerückstände abzubauen und die große Aufgabe immenser Pflegeflächen, resultierend aus Kalamitäten wie den Windwurfereignissen der 80er und 90er Jahre, gut, auch im Sinne der Ausführenden, zu bewältigen.

Zusammenfassende Beurteilung

Überall, wo natürliche Abläufe nicht dem späteren Bestandes- bzw. Betriebsziel entsprechen, sind steuernde Eingriffe unumgänglich. Mit dem hier beschriebenen Vorgehen werden geeignete Varianten der Steuerung anschaulich dargestellt.

Ein wesentlicher Fokus liegt auf der Ergonomie der Verfahren. Hierdurch soll, nicht zuletzt wegen einer stetig steigenden Lebensarbeitszeit, den Ausführenden die Arbeit so leicht und sicher wie möglich werden.

Technische Daten**AKKUMOTORSÄGE:**

Husqvarna 535i XP
36 V, Gewicht 2,6 kg ohne Akku, empfohlene Schienlängen 25 bis 35 cm

Stihl MSA 220
36 V, Gewicht 3,1 kg ohne Akku, verfügbare Schnittlängen 35 bis 40 cm

AKKUPFLEGESÄGE

Husqvarna 530i PX
rückentragbarer Akku erhältlich
36 V, Gewicht 3,1 kg ohne Akku, empfohlene Schnittlängen 25 bis 30 cm

Stihl HTA 150
rückentragbarer Akku erhältlich
36 V, Gewicht 4,7 kg ohne Akku, Schnittlänge 30 cm

Kambiflex
Kombination von Ziehmesser und Bürste zum Abziehen der Rinde und Abbürsten von Bast und Kambium
0,8 kg, Bürste erneuerbar, ergonomische Griffe

HessenForst (FBZ Weilburg)

Ansprechpartner: Annalena Gaßmann, Ralf Eiffler, Thomas Leutebrand mit Auszubildenden, Martin Hennemuth, Kai Hoffmann, Michael Praski

Exkursionsbild 2.4

Bestand	REI (18) Dichtung
Standort	betont frisch, frisch
Boden	schluffiger Lehm über tonigem Sand, tief- bis sehr tiefgründig
Bestockungsziel	WEZ 10: Ei mit BU, HBU

2.5 Sicherheit und Schnittleistung diverser Werkzeuge am Freischneider

Seit mehr als 5 Jahren erleben wir in Deutschland eine Welle von Waldschäden durch Borkenkäfer, Dürre und Stürme. Große Freiflächen sind entstanden, aber auch viele Naturverjüngungen und Voranbauten mussten vorzeitig freigestellt werden. Mit dem Rückzug der Herbizide bleibt für viele Forstbetriebe nur eine mechanische Eingriffsvariante zur Sicherung und Förderung der gewünschten Verjüngungsbaumarten.

Es ist also zu erwarten, dass Kulturpflege und Jungbestandserziehung in absehbarer Zeit weiter in den Fokus rücken. Diese Arbeiten können zeitaufwendig mit einfachen Handwerkzeugen, aber auch leichter und schneller mit Freischneidern bzw. Motorsensen bewältigt werden. Der Forsttechnikmarkt hält dazu eine Vielzahl unterschiedlicher Arbeitsgeräte und passende Anbauwerkzeuge bereit. Der Kaufentscheidung sollte stets eine gewissenhafte Recherche vorangehen, damit die Arbeitsmittel den eignen Anfor-



Die Neigung von Freischneider-Werkzeugen, auf dem Waldboden liegende Gegenstände, wie Glas oder Gestein, aufzunehmen und umherzuschleudern, wurde beim Staatsbetrieb Sachsenforst in einer Praxiserprobung erhoben und bewertet. Den Sicherheitsaspekten wurde die Schnittleistung der verschiedenen Werkzeuge gegenübergestellt. (Bild: Falk Germann, Sachsenforst)

derungen genügen und zudem die Kriterien der Arbeitssicherheit und Ergonomie erfüllen.

Eine gute Möglichkeit für eine solche Recherche sind die herstellerunabhängigen Prüf- und Testergebnisse des KWF. **Beim Staatsbetrieb Sachsenforst fanden darüber hinaus umfangreiche Praxiserprobungen und Sicherheitsuntersuchungen mit verschiedenen Werkzeugen am Freischneider statt. Den Sicherheitsaspekten wurde die Schnittleistung der verschiedenen Werkzeuge gegenübergestellt.** Fünf gebräuchliche Anbauwerkzeuge wurden dabei näher untersucht.

Sachsenforst präsentiert an diesem Punkt die Ergebnisse einer umfangreichen Untersuchung zur Neigung der Schneidwerkzeuge, am Waldboden liegende Gegenstände (z. B. Gestein, Glas, Splitt, Erde) aufzunehmen und umherzuschleudern. Diesen sogenannten

Wurfkörperprüfungen wurden die Schnittleistungen der Werkzeuge gegenübergestellt und bewertet. Alles dreht sich um die Frage: **Wie sicher sind Schneidwerkzeuge für die Motorsense oder den Freischneider für den Bediener und sein Umfeld (die Kollegen) und welche Schnittleistung ist unter verschiedenen Vegetationsbedingungen zu erwarten?**

Drei der fünf getesteten Werkzeuge möchten wir mit Ihnen im Rahmen einer regelmäßig stattfindenden **Live-Präsentation** diskutieren. Machen Sie sich selbst ein Bild davon, wie gut sich damit Brombeere, Gras oder Gehölze bekämpfen lassen. [Bitte denken Sie daran, **Gehörschutz** zu tragen!]

Weiterhin zeigen wir Ihnen den Versuchsaufbau unserer Sicherheitstests sowie das Spektrum der getesteten Werkzeuge und erläutern Ihnen unsere wichtigsten Ergebnisse. In einer Video-Dau-

erschleife sehen Sie spannende Momente aus unseren „Wurfkörperprüfungen“ in Zeitlupe und bekommen so einen Eindruck davon, wie gefährlich oder ungefährlich verschiedene Werkzeuge sein können.

Staatsbetrieb Sachsenforst
Ansprechpartner: Steffen Eckel;
 Falk Germann

Exkursionsbild 2.5	
Bestand	FI (16) Dickung
Standort	frisch, betont frisch
Boden	schluffiger Lehm über lehmigem Sand, tief- bis sehr tiefgründig
Bestockungsziel	WEZ 25: BU mit FI, TA

3. Holzernte

3.1 Umsetzung der Richtlinie zu Nährstoffnachhaltigkeit in Rheinland-Pfalz

Der Erhalt des Standortpotenzials ist eine grundlegende Bedingung für die Sicherung einer standortsangepassten Versorgung auch künftiger Waldgenerationen mit Nährstoffen. Ziel einer nährstoffnachhaltigen Bewirtschaftung ist, dass die Bodenvorräte an verfügbaren Nährstoffen nicht substantiell abnehmen. Bei jeder Erntemaßnahme werden dem Ökosystem Nährstoffe entzogen. Diese Entzüge hängen sowohl vom Standort, der Baumart, aber auch von der Nutzungsvariante ab. Bei einer Übernutzung setzt der „Streunutzungseffekt“ ein, neben essentiellen Nährstoffen nehmen langfristig der Kohlenstoffvorrat und die Artenvielfalt der Zersetzer im Boden ab. Die

zunehmende Mangelernährung führt zu Ertragseinbußen.

Die Grenzen zwischen einer nachhaltigen Ausnutzung des jeweiligen Standortpotenzials und einer Übernutzung sind aber meist nur sehr schwer erkennbar. Zur Beratung der Forstpraxis wurde ein rechnergestütztes Entscheidungsunterstützungssystem (DSS)-Nährstoffbilanzen (<https://fawf.wald-rlp.de/de/veroeffentlichungen/mitteilungen-aus-der-fawf/>) von der FAWF entwickelt. Dieses System beurteilt die Vulnerabilität (= Verletzlichkeit des Waldökosystems gegenüber der Nicht-Einhaltung der Nährstoffnachhaltigkeit). Liegt keine detaillierte Standortkartierung vor, erfolgt übergangsweise eine Ein-

ordnung der Ergebnisse in eine von drei Empfindlichkeitsstufen (Tabelle 1).

Die Einstufung erfolgt mit Hilfe von ökosystemaren Ionen-Bilanzen, Schätzungen der Bodenvorräte von Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium und weitere Indikatoren einerseits und einer umfangreichen Nährelementanalyse in den Baumkompartimenten Derbholz, Nichtderbholz, Rinde, (Nadeln) andererseits. Die Einstufungen auf der Waldortebene und die daraus resultierenden Zielvorgaben für die mögliche Nutzungsintensität (Nährstoffverbleib), sind für alle Waldbesitzarten über digitale Karten zugänglich. Auch wird ein Hinweis zur Kalkungsstrategie

Tab. 1: Stufen und DSS-erfasste Flächen (84 % der Waldfläche) in Rheinland-Pfalz

Stufe	Vulnerabilität	ha	Stufe	Empfindlichkeit	ha
1	sehr gering	10.894			
2	gering	19.551	a	eher gering	85.973
3	mittel	140.742	b	eher mittel	229.297
4	hoch	82.421	c	eher hoch	72.995
5	sehr hoch	67.258			
Summe		320.867			388.265

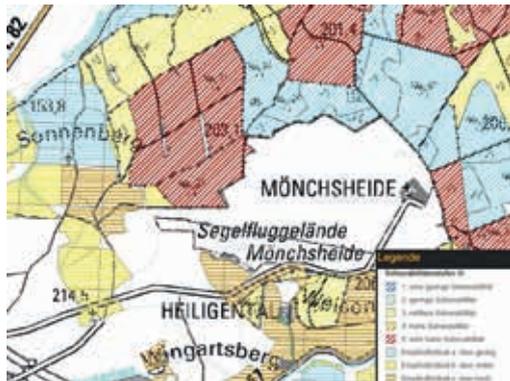


Abb. 1: Waldortsbezogene Karte mit Einstufung in Vulnerabilitäts- und Empfindlichkeitsstufen

(Notwendigkeit, Turnus und Material) unter Berücksichtigung des aktuellen Protoneneintrages gegeben. Die Umsetzungen der Zielvorgaben sind für den Staatswald verbindlich in der Richtlinie Nährstoffnachhaltigkeit (Gültige Fassung vom 01.02.2019) festgelegt.

Verfahrensbeschreibung

Am Exkursionspunkt mit der Annahme der Systembeurteilung „Vulnerabilität 5 sehr hoch“ werden die Zielvorgaben an einer durchgeführten Durchforstung in einem Bu-Lä-Mischbestand gezeigt und diskutiert. Diese Vulnerabilitätsstufe bedeutet, dass

bereits bei einer konventionellen Derbholznutzung über die Umtriebszeit die Bilanzen defizitär sind und die Substrate geringe Nährstoffvorräte im Boden aufweisen (z. B. „arme Sande des Buntsandsteins“ Substratreihe in RLP).

Zielvereinbarungen

Bei Vulnerabilitätsstufe 5 sind die Ziele „sehr hoch gesteckt“.

- **Reisigarmierung auf der Gasse (gilt für alle Stufen)** Nicht gestattet (Ausnahme z. B. Nassgallen oder Armierung von Gasseneinfahrten) - stattdessen bodenschonende Technik gemäß AGB-Forst RLP.

- **Reisigkonzentration am Gasenrand (gilt für alle Stufen)** Nicht gestattet, Reisighaufen werden nach Abschluss der Holzbringung innerhalb der Kranreichweite des eingesetzten Rückzuges zurückverteilt.
- **Vollbaumnutzung (gilt für die Stufen ≥ 3 und b, c)** Nicht zulässig. Hinweis: Generell auch bei FSC-Zertifizierung nicht zulässig.
- **Seilgebundene Verfahren im nicht befahrbaren Gelände, „Borkenkäferhiebe“ mit Hack- und Schnitzelerzeugung aus der grünen Derbholzkronen (gilt für die Stufen ≥ 3 und b, c)** wenn arbeitssicherheitstechnisch möglich, Teilentastung in der Grünastzone des gezopften Vollbaums (Reisigverbleib: Ndh mind. 50 % Lbh mind. 80 %); sofern die Arbeitssicherheit kein Zopfen erlaubt, verbleibt der Vollbaum im Bestand (Ausnahme Fi u. Lä).
- **Vorrücken und Zufällen beim Harvesterinsatz (gilt für Stufe ≥ 4 und b, c)** Bäume aus den Zwischenfeldern werden vorgezündet und gezopft. Zufällen ist nur zulässig zum Schutz von etabliertem Nachwuchs.
- **Mind.-Ø für die Nutzung [cm m.R.] für Zopf und BHD** Nadelhölzer: Zopf 7 (gilt für alle Stufen) Laubbölzer: Zopf 12, BHD 20 cm (gilt für die Stufe 5)

Arbeitsvorbereitung

- Auswahl und Markierung der Z-Bäume (32 Stück/ha),
- Markieren des ausscheidenden Bestandes (insges. 212 Stück/ha), dabei werden die Laubbäume unter der BHD-Grenze < 20 cm gesondert markiert (120 Stück/ha). Gleichzeitige Erfassung mittels elektronischer Kluppe.

Betriebsmittel

- Forstspeziesschlepper mit Seilwinde und Kran
- Persönliche Schutzausrüstung

Kosten

Da das Ø Stückvolumen der Erntebäume bei der Berücksichtigung der Nährstoffnachhaltigkeit

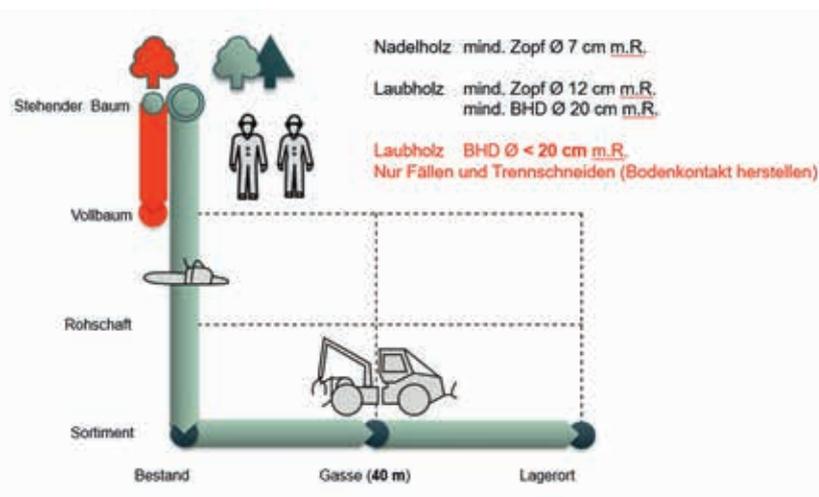




Abb. 2: Schon beim Auszeichnen wird die Einhaltung der Zielvorgaben vorbereitet.



Bei Einhaltung der Zielvorgaben verbleiben dem Bestand nach der Holzernte mehr Nährstoffe als bei einer konventionellen Derbh Holznutzung

steigt, sinken die Aufarbeitungs- und Rückekosten – auch wenn die Kosten für Fällung/ Bodenkontaktschnitte der Laubbäume unter der BHD-Grenze bei den Erntekosten mit einkalkuliert werden.

Beurteilung des Verfahrens

1. Risiken, Waldschutzfragen

Keine Waldschutzprobleme, da die Nutzungseinschränkung (BHD- und ZopfØ cm) nur bei Laubhölzern gilt.

2. Durchführung der Erfolgskontrolle

- Einhaltung des Mind.-Zopf-Ø und der Mind.-BHD-Grenze
- Durchführung der Trennschnitte (Bodenkontakt)
- Reisigverteilung.

3. Arbeitsschutz (Ergonomie, Arbeitssicherheit):

- Infolge der Erhöhung der Mechanisierung (Harvester) sinkt die Unfallgefährdung – dennoch ist die Zielerreichung möglich.
- Unfallgefahr wird durch die Laubhölzer (BHD < 20 cm), die lediglich umgeschnitten werden, erhöht.

Tab. 2: Arbeitsproduktivität, Kosten

[ausscheidender Bestand 44 Nadelbäume, 168 Laubbäume (davon 120 BHD < 20 cm)]

		MIT Berücksichtigung der Nährstoffnachhaltigkeit	OHNE Berücksichtigung der Nährstoffnachhaltigkeit	Differenz% ohne/mit
Erntemenge	Fm/ha	52	69	25
Ø Stückvolumen	Fm/Baum	0,57	0,33	
Ø Ernte BHD	cm	25,7	19,5	
Arbeitsproduktivität				
motormanuelles Fällen/ Aufarbeiten	Fm/Std.	4,00	2,65	
motormanuelles Fällen/ Trennschnitte (120 Bäume < BHD 20cm)	Stck/Std.	10		
Rücken mit Forstspezialschlepper	Fm/MAS	6,5	4,6	
Kosten				
motormanuelles Fällen/ Aufarbeiten/Erntemenge	€/Fm	9,62	14,52	2
MS-Geld (Laufzeit 46%)	€/Fm	1,34	2,02	
motormanuelles Fällen/ Trennschnitte umgerechnet auf die Erntemenge	€/Fm	5,19		
Rücken mit Forstspezialschlepper/ Erntemenge	€/Fm	19,22	27,17	29
Gesamtkosten	€/Fm	35,38	43,71	19

Kostensätze	Lohn/LNK/ MS-Geld	Lohn inkl. LNK	Maschine	Umsetzen
	€/Stck	€/Std.	€/MAS	€/MAS
motormanuelles Fällen/ Aufarbeiten		38,48		
Rücken mit Forstspezialschlepper (Unternehmersatz)		40,95	80,00	4,01
Motorsägenentschädigung			11,64	
motormanuelles Fällen/ Trennschnitte (Kostensatz RLP)	2,25			

4. Umweltverträglichkeit

- Die Reisigverteilung (Nährstoffverbleib) über die Hiebsfläche wird durch Entastung und Zopfen am Fällort am besten ge-

währleistet.

- Durch den zusätzlichen BHD- u. Zopf gesteuerten Nutzungsverzicht im Laubholz verbleiben dem Bestand, gegenüber einer

Tab.3: Vorräte, Entzüge und Verbleib am Exkursionspunkt

	ober-/unterird. Biomassekompartimente (m.R.) Laub-/Nadelholz, Summe	TM-Masse [t/ha]	N [kg/ha]	P [kg/ha]	K [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]	Volumen [m.R./ha]	
Vorrat vor der Durchforstung	oberirdisch	Ndh	55	121	9	45	75	13	116 Vfm
		Lbh	183	377	22	319	284	48	247 Vfm
		Summe	238	498	31	364	359	61	363 Vfm
	unterirdisch	Hu+Boden		2943	904	209	200	54	
		Wurzeln	39	132	9	59	104	16	
		Summe		3075	913	268	304	70	
Derbholzentzug durch Durchforstung	konventionelle Durchforstung	Ndh	12	16	1	6	11	2	25 Efm
		Lbh	29	45	2	44	40	7	44 Efm
	Durchforstung nach Zielvorgabe	Lbh	17	26	1	26	23	4	27 Efm
		Summe	41	61	3	50	51	9	69 Efm
	konventionelle Durchforstung	Summe	29	42	2	32	34	6	52 Efm
Verbleib durch Einhaltung der Zielvorgaben	Derbholz (NH)	Lbh	12	19	1	18	17	3	17 Efm
		Ndh	2	14	1	5	7	1	
	Reisig	Lbh	6	26	2	17	14	2	
		Summe	8	40	3	22	21	3	
		Derbholz (NH) + Reisig	Summe	20	59	4	40	38	6

konventionellen Derbholznutzung weitere Nährelementmengen (Tabelle 3).

5. Prozessorientierung

- Es handelt sich um ein motormanuelles Ernteverfahren mit den üblichen Schnittstellen zur Holzbringung.

6. Wirtschaftlichkeit

- Das eingesetzte motormanuelle Verfahren kann durch den Einsatz von Harvester und Forwarder finanziell optimiert werden. Durch die Nutzungseinschränkung verbleibt schwaches Derbholz (NH-Holzanteil) im Bestand (Tabelle 4). Dies sind Bäume mit niedrigem Stückvolumen und geringen erntekostenfreien Erlösen (2 - 5 €/Fm). Die Kosten für eine einmalige Kompensation (Nährstoffe P, K, Ca und Mg plus Ausbringung) bei der Nutzung dieses Derbholzes m. R. liegen bei ca. 60 €/ha. Eine einmalige Kaliumrückführung auf Grund der Mobilität im Boden dieses Nährstoffes macht keinen Sinn, sondern muss in kleinen Dosen erfolgen.
- Durch den Nutzungsverzicht

auf Laubbäume BHD < 20 cm gehen 25 % der Erntemenge verloren. Dies bewirkt einen Anstieg des Erntestückvolumens, dadurch sinken die Rückkosten um 29 % bei der Einhaltung der Zielvorgabe Nährstoffnachhaltigkeit. Die Holzerntekosten sind, im Exkursionsbestand, bei beiden Verfahren gleich, da die Kosten für das Fällen und die erforderlichen Trennschnitte auf die Erntemenge umgelegt werden. Insgesamt sind die Kosten bei der Berücksichtigung der Vulnerabilitätszielvorgabe aber um 19 % geringer.

Zusammenfassende Beurteilung

Das Ziel „systemerforderlicher hoher Nährstoffverbleib“, der sich aus der waldortsbezogenen Vulnerabilitätsvorgabe ergibt, steht im Vordergrund und das diskutierte Arbeitsverfahren führt zu einem optimalen Ergebnis.

Mit dem Entscheidungsunterstützungssystem (DSS)-Nährstoffbilanzen steht für Rheinland-Pfalz ein praxisgerechtes Beratungssystem zur Verfügung, durch dessen Anwendung eine Anpassung der Nutzung an das Standortpotenzial erfolgen und in Verbindung mit

einer naturnahen, störungsarmen Waldbewirtschaftung die Nährstoffnachhaltigkeit gewährleistet werden kann.

Darüber hinaus wird mit dem DSS eine Beurteilung erstellt, ob und durch welche standortsangepasste Bodenschutzkalkung (Menge/Turnus) das Waldökosystem zusätzlich stabilisiert werden kann.

Landesforsten Rheinland-Pfalz (Zentralstelle der Forstverwaltung Neustadt, Abteilung 5 Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Trippstadt FAWF)

Ansprechpartner: FAR Julius Schuck

Bestand	ELA (61) schwaches Baumholz bis Stangenholz mit BU, FI
Standort	mäßig frisch, frisch
Boden	lehmiger Sand über schluffigem Sand, mittel- bis tiefgründig
Bestockungsziel	WEZ 28: BU mit LAE

Besuchen Sie die Schadholtarena!

Schadholtarena - was für ein Begriff!

In dieser Arena geht es nicht zu wie in den Amphitheatern der römischen Antike, es gibt keinen Kampf Mann gegen Mann oder Mensch gegen Tier - aber es gibt jede Menge Försterinnen und Förster, die sich Gedanken gemacht haben, wie sie mit dem Schadholt bzw. mit den Auswirkungen absterbender Bäume auf die Waldarbeit umgehen können.

Seit etlichen Jahren erleben wir in zahlreichen Waldgebieten Deutschlands eine enorme Zunahme der Totholzanteile in unseren Waldbeständen. Deren Ursachen sind vielfältig - häufig lassen sie sich auf Effekte des Klimawandels, wie beispielsweise ausgeprägte Dürreperioden, zurückführen. Weiterhin findet eine bewusste Anreicherung von Totholz aus naturschutzfachlichen Gründen statt.

Die Gefahrenlage für Menschen im Wald - insbesondere für die Waldarbeiterinnen und Waldarbeiter - hat seitdem ein neues Niveau erreicht: auf großer Fläche ist zunehmend mit herabstürzenden Ästen und Kronenteilen oder

umstürzenden Bäumen zu rechnen.

Diese Situation finden Sie auf der Exkursionsroute innerhalb des Waldbildes der Schadholtarena vor. Hierbei handelt es sich um einen Buchen-Mischbestand an einem leicht geneigten Hang, in welchem vom gesunden Baum bis hin zum stehenden Totholt alle Abstufungen zu sehen sind - das ideale Walgebiet, um Probleme und Lösungen rund um das Thema Schadholt zu besprechen.

Der Staatbetrieb Sachsenforst, ForstBW (Forstliches Bildungszentrum Königsbrunn, Sicherheitscoaching ForstBW), die Sicherheitstrainer der Landesforsten Rheinland-Pfalz und die FVA (Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg) präsentieren Ihnen geeignete Lösungen zum Umgang mit totholtreichen Beständen in der Forstpraxis.

Die Präsentationen reichen von der Erkennung diverser Baum Schäden über deren Bewertung und Behandlung in einer Gefährdungsbeurteilung über die Ableitung konkreter (Schutz-) Maß-

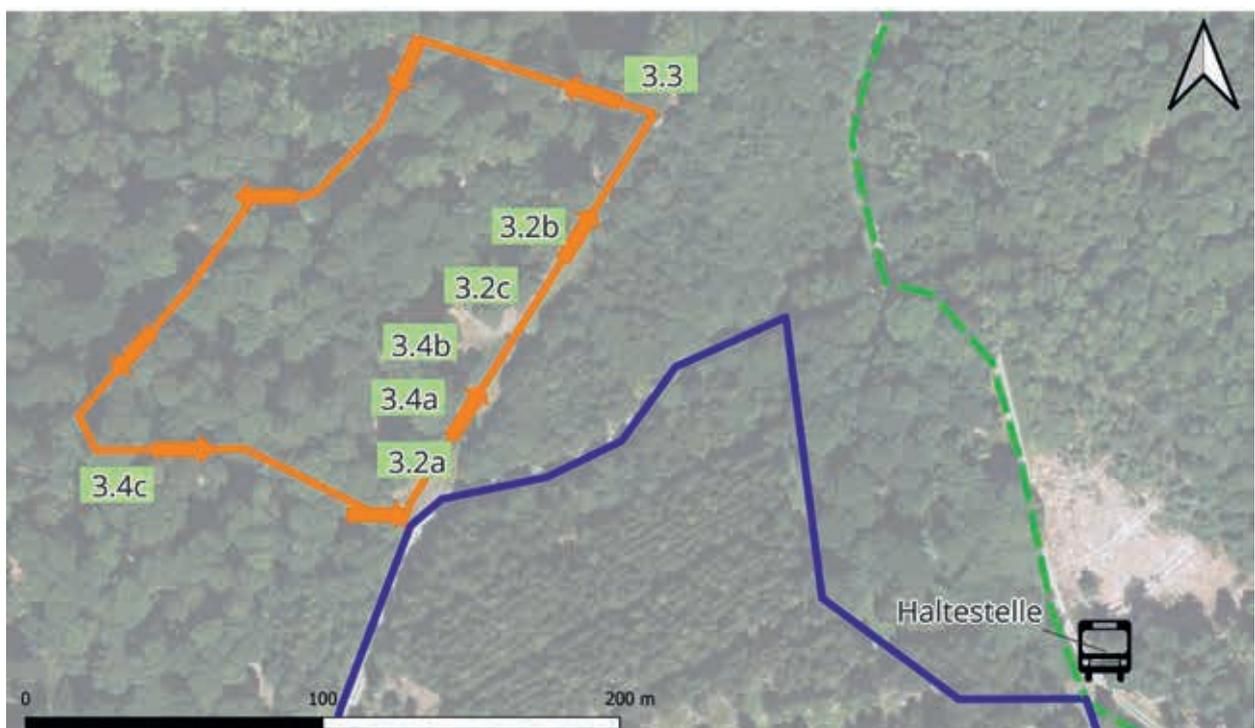
nahmen bis hin zur Vorstellung angepasster Arbeitstechniken. Im Mittelpunkt stehen dabei stets die Arbeitssicherheit und die Sensibilisierung aller im Wald arbeitenden Personen für das Thema.

Nutzen Sie die Gelegenheit, um mit zahlreichen Experten Ihre Erfahrungen auszutauschen, Fragen zu stellen und konkrete Probleme sowie passende Lösungsansätze zu diskutieren.

Bitte bringen Sie für den Rundgang durch die Schadholtarena einen Helm und festes Schuhwerk sowie ausreichend Zeit mit!

Ihr Team der Schadholtarena.

Exkursionsbild Schadholtarena	
Bestand	Ei (167) - BU (154) mittleres bis starkes Baumholz
Standort	frisch, betont frisch
Boden	schluffiger Lehm über sandigem Lehm, tief- bis sehr tiefgründig
Bestockungsziel	WEZ 10: Ei mit BU, HBU



Exkursionsroute Schadholtarena

SCHADHOLZARENA:

3.2 a Forstbetriebsarbeiten in totholzreichen Beständen: Gefährdungsbeurteilung und Ableitung von Maßnahmen

Hinweis: an diesem Punkt bekommen Sie von Sachsenforst einen Einstieg in die thematischen Schwerpunkte der Schadholzarena vermittelt. Eine Gefährdungsbeurteilung ist nicht nur Basis für jeden Arbeitsauftrag, sondern bildet auch die Grundlage für die nachfolgenden Präsentationen. Von hier aus können Sie sich beim Rundgang durch die Schadholzarena gezielt über geeignete Maßnahmen, Verfahren und Technologien in totholzreichen Beständen informieren.

In vielen Waldgebieten Deutschlands ist in den vergangenen Jahren eine signifikante Zunahme der Totholzanteile zu verzeichnen. Die Gründe für diese Entwicklung sind vielfältig und reichen von Witterungsextremen, Insekten- und Pilzbefall bis hin zu einer gezielten Totholzanzreicherung aus naturschutzfachlichen Erwägungen heraus. In der Folge lässt sich festhalten, dass sich die Gefahrenlage in den Waldbeständen deutlich erhöht hat. Das betrifft nicht nur die Holzernte, sondern auch zahlreiche weitere Forstbetriebsarbeiten.

Nicht nur für das Forstpersonal, sondern z. B. auch für Dienstleister/innen, Jäger/innen, oder ehrenamtliche Hilfskräfte, birgt der erhöhte Totholzanteil ein gesteigertes Risiko. Auf großer Fläche ist mit herabstürzenden Ästen und Kronenteilen oder umstürzenden Bäumen zu rechnen, die Begehrbarkeit von Waldbeständen wird schwieriger und auch die Häufigkeit von durch Totholz blockierten Wegen nimmt zu. Stehendes Totholz oder Totholzanteile brechen oft spontan, unkontrollierbar und in der Regel geräuschlos!

Die durch herabfallende Baumteile freiwerdende Energie übersteigt in den meisten Fällen die Schutzwirkung persönlicher Schutzausrüstung (PSA). Unfälle

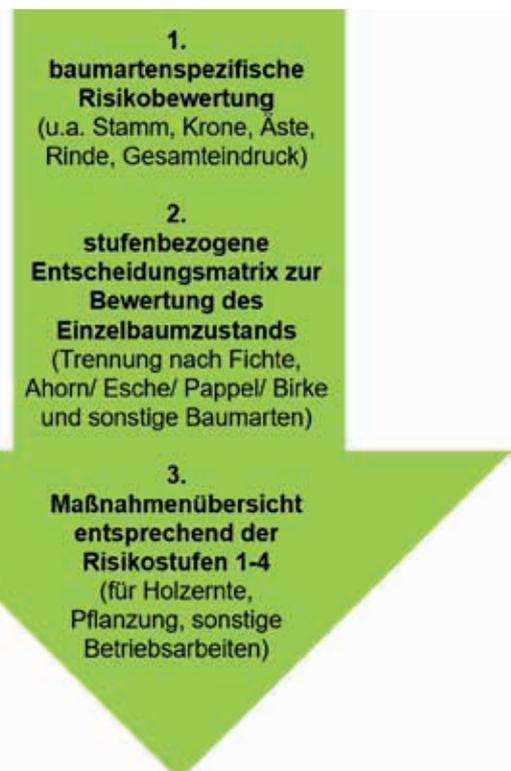


Dürre und fortschreitende Borkenkäferschäden führen zu einem absterbenden Fichtenbestand. Das Risiko für herabfallendes Totholz oder umstürzende Bäume wächst in den ersten Jahren stetig an. (Foto: Sachsenforst)

mit Totholz führen somit i. d. R. zu schwersten Verletzungen oder können sogar tödlich enden. Diese Szenarien erfordern von allen Personen, welche die Arbeiten im Wald planen, organisieren und durchführen, eine aktive Auseinandersetzung mit dem Thema sowie **ein besonderes Augenmerk bei der Beurteilung der vom jeweiligen Bestand ausgehenden Gefahren.**

Entsprechend arbeitsschutzrechtlicher Regelungen obliegt dem Arbeitgeber die Pflicht, seine Mitarbeiter zu schützen, Arbeitsplätze sicher zu gestalten und das verbleibende Risiko so gering wie möglich zu halten. Vor diesem Hintergrund hat Sachsenforst auf Grundlage des allgemeinen Gefährdungsszenarios einen Entscheidungs- und Managementprozess zum risikoarmen Arbeiten in totholzreichen Beständen entwickelt. Kernelement ist eine **baumarten- und bestandesbezogene Risikomatrix.**

Als Einstieg in die Schadholzarena beleuchtet Sachsenforst zunächst die wesentlichen Grundlagen bei forstlichen Arbeiten in



totholzangereicherten Beständen. Dem Besucher wird ein betriebliches Entscheidungsinstrument für den risikobasierten Umgang mit Totholz vorgestellt, welches der erhöhten Gefährdung Rechnung tragen soll. Das prioritäre Ziel ist es, sicheres Arbeiten aller im Wald Beschäftigten zu ermöglichen, das Risiko auf ein vertretbares Maß zu begrenzen und schlussendlich adäquate Maßnahmen zu ergreifen.

Die konkrete Anwendung dieses Instruments wird an einem Beispielbestand der Schadholzarena demonstriert und gemeinsam mit dem Besucher eine Gefährdungsbeurteilung entwickelt.

Zur Veranschaulichung weiterer in Deutschland relevanter Bestandessituationen (andere Baumarten und Schadstufen) stehen weitere Beispiele in Form von Anschauungstafeln am Stand zur Verfügung.

[Die fachlichen Kriterien zur Risikobeurteilung spiegeln den aktuellen Stand in Sachsen wider und bedürfen einer stetigen Validierung, Fortschreibung und kontinuierlichen Schulung aller am Prozess beteiligten Personen.]

Staatsbetrieb Sachsenforst
Ansprechpartner: Bernd Flechsig; Tobias Eibenstein

SCHADHOLZARENA:

3.2 b Personen-Notsignal-Anlagen (PNA) zur Absicherung von gefährlichen Waldarbeiten oder allein im Wald arbeitenden Personen

Zunächst zwei kleine Gedanken-spielchen...

Nr. 1: Wer sitzt nicht alles stundenlang bei eisiger Kälte zur **Sauenjagd** auf einem Hochsitz? Nach mehr oder weniger Jagderfolg „baumt“ man über die Leiter von der jagdlichen Einrichtung ab. Mit den zwischenzeitlich halb gefrorenen Fingern möchte man sich ordentlich festhalten, denn die Sprossen sind auch gefährlich glatt - und zack, man rutscht und entgeht im letzten Moment gerade so dem Absturz mit einem beherzten Griff zur Leiter! Ganz unbekannt ist diese Situation wohl keinem Jäger.

Was wäre, wenn die Hand die rettende Sprosse nicht ergriffen hätte und es zum Absturzunfall gekommen wäre? Hätte zu Hause oder im Kreis der Kollegen jemand gewusst, wo genau und auf welchen Sitz man in dieser Nacht zur Jagd gegangen ist? Wäre man vor dem Erfrieren gefunden worden? Bei solchen Situationen ist es nicht unmöglich, dass für einen selbst das große Halali geblasen wird und das Leben vor der Leiter sein Ende findet...

Nr. 2: Eine Revierleiterin stapft beim **Auszeichnen** für die anstehende Holzernte allein durch einen schönen Mischbestand und erfreut sich an dieser anspruchsvollen Aufgabe sowie an der Ruhe im Wald, die bei dem sonst so stressigen Arbeitsalltag einen Ausgleich bietet. Plötzlich löst sich unvermittelt und fast geräuschlos aus der Krone einer Buche ein Ast, trifft die Revierleiterin auf dem Kopf und sie fällt bewusstlos zu Boden. Nur durch Zufall wird sie kurz danach von einem Forstwirtschaftsmeister entdeckt, der ihr Erste Hilfe leisten kann.

So glimpflich und mit *happy end* gehen derartige Geschichten nicht immer aus! Nur selten sind die Kollegen ausreichend darüber informiert, wer gerade allein im Wald arbeitet und wann die Person verspricht, zurück zu sein...

Die **Alleinarbeit im Wald** ist allgegenwärtig und betrifft zahlreiche Personen: Revierleiter, Forstwirtschaftsmeister, Forsteinrichter, Mitarbeiter im Versuchswesen, Ranger, Holzvermesser und viele weitere Personengruppen - die Liste ist lang.

Hinzu kommt, dass die Alleinarbeit nicht nur per se - aufgrund der unvollständigen Rettungskette - als risikoreich einzustufen ist. Die Waldarbeit ist zunehmend mit einem erhöhten Unfallrisiko behaftet. Nicht nur die zusätzliche Gefährdung durch hohe Totholzanteile in den Waldbeständen, auch die zunehmend vorzufindenden Sichtbehinderungen bei blickdichter Verjüngung im Unterstand, verlangen ein besonderes Augenmerk bei der Absicherung der Rettungskette.

Aus diesem und weiteren wichtigen Gründen hat sich der Staatsbetrieb Sachsenforst dem Thema **„Absicherung der Alleinarbeit“** gewidmet und entsprechende technische Hilfsmittel erprobt. Das Ziel ist es, möglichst früh von einem Unfall oder einem medizinischen Notfall zu erfahren, um Hilfe organisieren zu können. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn Personen allein im Wald arbeiten und keine Kolleginnen/Kollegen aus dem näheren Umfeld zu Hilfe eilen können.

Es gibt also viele Gründe, die für sogenannte **Personen-Not-**



Ernstfall-Übung eines Waldarbeiter-Unfalls. Forstwirt Mike Stemmler (liegend) wird durch seine Kollegen von einer auf ihn gefallenen Buche befreit. (Foto: Eberhard Mädler, Sachsenforst)

signal-Anlagen (PNA) sprechen. Neben manuellen Notrufen durch die verunfallte Person selbst, ermöglichen diese Geräte auch automatische Alarmer, die in bestimmten Situationen ausgelöst werden. Auf diese Weise soll der

Zeitraum bis zum Eintreffen der Hilfe am Unfallort minimiert werden. Je nach Gerät werden zur Übermittlung des Alarms die verschiedenen Mobilfunknetze (auch kombiniert) genutzt oder es kann zusätzlich auf ein Satellitennetz-

werk zurückgegriffen werden, sodass auch Lösungen für die sogenannten „Funklöcher“ möglich sind.

Sachsenforst präsentiert verschiedene technische Varianten von Personen-Notsignal-Anlagen und gibt einen Überblick über die möglichen Anwendungsbereiche und Einsatzmöglichkeiten von PNA. Sind Sie als Arbeitgeber oder Anwender auf der Fläche an einer technischen Lösung zur Absicherung der Rettungskette interessiert? – dann lassen Sie sich am Punkt 3.2b in der Schadholzarena von uns beraten!

Staatsbetrieb Sachsenforst
Ansprechpartner: Felicitas Raddeck; Falk Barsch

SCHADHOLZARENA:

3.2 c Schutzmöglichkeiten bei Forstbetriebsarbeiten im Zusammenhang mit Totholz

Die Arbeit in totholzreichen Waldbeständen erfordert eine Gefährdungsbeurteilung und sich daraus ergebende konkrete Maßnahmen zum Schutz der im Wald arbeitenden Personen. Abhängig vom Grad der Schädigung des Bestandes fallen die Schutzmaßnahmen entsprechend mehr oder weniger aufwendig bzw. restriktiv aus. Sie reichen von angepasster persönlicher Schutzausrüstung (PSA) bis hin zu einem konkreten Verbot der Arbeit in einem Waldbestand mit massiver Schädigung und erkennbaren Zerfallsprozessen. Dazwischen gibt es zudem zahlreiche Abstufungen des Schädigungsgrades, denen ebenfalls mit geeigneten Maßnahmen und Technologien begegnet werden kann.

Sachsenforst zeigt auf, welche persönlichen oder technischen Schutzmaßnahmen unter welchen Bedingungen zum Einsatz kommen können und welche Waldarbeiten sich damit absichern lassen.

Eine der bekanntesten und einfachsten Schutzmöglichkeiten ist standardmäßiger Bestandteil der persönlichen Schutzausrüstung (PSA) eines jeden Waldarbeiters: der Schutzhelm (oft in Kombination mit Gehörschutz und Funkausrüstung). Dieser wird bereits getragen, wenn kein erhöhtes Risiko durch Totholzanteile besteht. **Welche Schutzwirkung bieten Helme und welche Innovationen gibt es auf diesem Gebiet?**

Bei einem leicht erhöhten Risiko für herabfallende Äste (z. B. einzelne abgestorbene Äste in der vom Boden aus nicht sichtbaren Oberkrone) kann ein **Schutzpanzer für die Kopf-Nacken-Rücken-Partie** ein geeignetes Mittel sein und zusätzlichen Schutz bieten. Sachsenforst präsentiert die Möglichkeiten und Grenzen derartiger Schutzpanzer am Beispiel des „VinZent“ von Hersteller BaSt-Ing. Die Vorteile und Einschränkungen während der Arbeit sowie die Belastbarkeit dieses Systems wer-



Einsatz des Kopf-Nacken-Rücken-Schutzpanzers VinZent bei der Holzernte (Foto: BaSt-Ing)

den Ihnen ebenso nähergebracht wie der ideale Einsatzbereich des Produkts. Sie haben die Möglichkeit zum direkten Erfahrungsaustausch und zur Diskussion mit Waldarbeitern, die im Holzeinschlag den VinZent benutzen.

Eine häufig anzutreffende Maßnahme im Falle stärker geschädigter Waldbestände mit bereits fortgeschrittenen Zersetzungsprozessen ist der Verzicht auf das Betreten dieser Flächen und stattdessen der Einsatz von Forstmaschinen. **Doch welche Schutzwirkung kann man von der Kabine eines Harvesters oder eines Forstraktors erwarten?** Schützen alle Kabinen gleich gut und was würde passieren, wenn tatsächlich ein Baum auf die Kabine stürzt?

Welches konkrete Schutzmittel unter welchen Ausgangsbedingungen geeignet ist, muss immer

auf Basis einer individuellen Gefährdungsbeurteilung ermittelt werden. Einzelne Schutzmaßnahmen sollten niemals den Eindruck absoluter Sicherheit vermitteln. Risiken bei der Waldarbeit können minimiert, aber nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Gut geschulte und geübte, mit passenden Arbeits- und Schutzmitteln ausgestattete Waldarbeiter und ein ständiges Auge auf die sich stetig verändernden Bedingungen in den Waldbeständen, sind ein guter Ansatz für die Vermeidung von Unfällen.

Wir freuen uns, diese Fragen

mit Ihnen gemeinsam am Exkursionspunkt 3.2c zu besprechen und Ihnen Anregungen für eine sichere Waldarbeit in totholzreichen Beständen zu geben!

Staatsbetrieb Sachsenforst

Ansprechpartner: Ulrich Frenzel;
Felix Heubaum

SCHADHOLZARENA:

3.3 Einsatz funkferngesteuerter Fällkeile im Schadholz

Abgesicherte Fälltechnik mit Fällzirkel und Fällfahne

Bei motormanuellen Fällarbeiten ereignen sich regelmäßig im Bereich um den zu fällenden Baum besonders schwere und folgenreiche Unfälle. Wie das Unfallgeschehen zeigt, ist der Motorsägenführer vor allem beim Keilen und beim Abkippen des Baumes gefährdet, durch Baumteile getroffen und verletzt zu werden. Die wirksamen Präventionsmaßnahmen zur Unfallvermeidung sind neben dem technischen Schutz der Bedienperson, wie es beim Harvester der Fall ist, ein generelles erschütterungsarmes Arbeiten sowie das Verlassen des Gefahrenbereichs, bevor der Baum in Bewegung kommt nach dem Motto „Weg vom Baum“.

Neben der Vollmechanisierung und dem bekannten Verfahren der seilwindenunterstützten Fällung, wird dieses Präventionsziel durch den Einsatz sogenannter funkferngesteuerter Fällkeile (FFK) möglich. Einem sach- und fachgerechten Einsatz muss eine Unterweisung des Betriebspersonals vorausgehen.

Für den sachgemäßen Einsatz im Schadholz ist eine noch umfassendere Unterweisung zwingend notwendig!!!

Bekannte Technik??? - Die funkferngesteuerten Fällkeile

Ein Überblick

Als Grundlage für den folgenden Überblick dienen die Bedienungsanleitungen der Hersteller und die Prüfberichte des KWF. Der Blick liegt hierbei auf Daten, welche die Ergonomie, die Schnittführung und die Arbeitssicherheit betreffen.

Pflege und Wartung

Das Reinigen und Schmieren der funkferngesteuerten Fällhilfen hat die höchste Priorität. Nur hierdurch kann ich die Leistung meiner Fällhilfe dauerhaft gewährleisten.

Die Tests mit ungeschmierten und verunreinigten Fällhilfen haben einen Hubkraftverlust von 23 % ergeben.

- Reinigung mit trockenen Tüchern, eventuell Druckluft
- Schmierung über Schmiernippel mit Hochleistungsfett (biologisch)

- Schmierung aller drehenden und gleitenden Teile mittels Sprühfett

Arbeitsschutz: Das Tragen von Handschuhen, eventuell einer Schutzbrille und das vorherige Entfernen des Akkus vor Wartungsarbeiten ist vorgeschrieben.

Der fachgerechte Arbeitsablauf für den Einsatz von funkferngesteuerten Fällhilfen

Arbeitshilfe zu technischen Fällkeilen

Der Arbeitsablauf beginnt immer mit einer detaillierten Baumansprache und einer situativen Gefährdungsbeurteilung, über diese wird die Methode der Fällung bestimmt. Technische Fällkeile ermöglichen im mittelstarken und starken Holz ein ergonomisches Zufallbringen des Baumes. Durch den gleichmäßigen Keilvortrieb erfolgt das „InsÜbergewichtBringen“ des zu fällenden Baumes nahezu erschütterungsfrei. In der Folge wird die Gefahr durch herabfallende Kronenteile oder Totäste reduziert.

Modell	Gewicht /Abmessung	Hubkraft / Hubhöhe / Keilwinkel	Reichweite der Funkfernbedienung (Herstellerangaben)	Einsetztiefe (Kontaktfläche) im Schnabelschnitt/ Stammwalze / Gesamttiefe bei vollem Hub
Mechanischer Fällkeil Funk Titan 80 	Gewicht ohne Akku 8,8kg Abmessungen (L x B x H) 620 x 120 x 180 mm	Hubkraft 25to (Hersteller) Hubhöhe 80 mm Keilwinkel 20°	Reichweite ca. 80 Meter	Markierung auf Federstahlplatte zwischen den Zahnreihen Einsetztiefe (Kontaktfläche) 10cm Gesamttiefe 20cm
Fernbedienbares hydraulisches Akkufällsystem AP3 	Systemgewichte 10,4 kg , ohne Akku (AP3, FK10TK, Standartschlauch 1,5 m) 12,0 kg , ohne Akku (AP3, FK10T, Standartschlauch 1,5 m) 15,2 kg , ohne Akku (AP3, FK20T, Standartschlauch 1,5 m) Abmessungen Fällkopf FK10TK (L x B x H) 404 x 80 x 83 mm Fällkopf FK10T (L x B x H) 514 x 95 x 123 mm Fällkopf FK20T (L x B x H) 574 x 105 x 123 mm	Hubkraft (Hersteller) FK10TK 20 to FK10T 22 to FK20T 45 to Hubhöhe FK10TK 45mm FK10T 62mm FK20T 62mm Keilwinkel Fällkopf FK10TK - 22° Fällkopf FK10T - 20,5° Fällkopf FK20T - 23°	Reichweite der Funkfernbedienung (Hindernisfrei) 100 m	Die Fällköpfe müssen mindestens bis über die Dritte Haftaugenreihe ins Holz eingesteckt werden (zum Redaktionsschluss lagen nicht alle Daten vor)
Fernbedienbarer Fällkeil TR300 	Gewicht ohne Akku 9,2kg Gesamtabmessungen in Ausgangsstellung (L x B x H) 798 x 137 x 151 mm	Hubkraft 25 to (Herstellerangabe) Hubhöhe 60 mm Keilwinkel 18°	Reichweite der Funkfernbedienung (Hindernisfrei) 40 m	Alle Schweißpunkte auf dem Federblech müssen im Holz sein Einsetztiefe (Kontaktfläche) 9cm Gesamttiefe 20cm
Funkfernbedienbarer Fällkeil TR 240 	Gewicht (ohne Akku) 4,9 kg Gesamtabmessungen in Ausgangsstellung (L x B x H) 630 x 140 x 132 mm	Hubkraft 16 Tonnen (Herstellerangabe) Hubhöhe 45 mm Keilwinkel 17,5°	Reichweite der Funkfernbedienung (Hindernisfrei) 50 m	Alle Schweißpunkte auf dem Federblech müssen im Holz sein Einsetztiefe (Kontaktfläche) 7cm Gesamttiefe 15cm



1. Arbeitsschritt
Nach der UVV konformen Fallkerbanlage wird die Bruchleistenstärke mit dem Fällzirkel festgelegt und die Fällung mit der Sicherheitsfälltechnik ausgeführt. Bruchleiste und Bruchstufe auf mind. 1/10 des Stammdurchmessers ausformen („Abgesicherte Fälltechnik“).
Wurzelanlauf entfernen, wo der Fällkeil eingesetzt werden soll!
Sicherheitsband ausreichend stark belassen!



2. Arbeitsschritt
Der Fällschnitt wird am Ansetzpunkt des technischen Fällkeils oben und unten gleichmäßig erweitert. Schnabelschnitt exakt ausführen und dem jeweiligen Keilwinkel anpassen. Hinweis: Modelle Firma Forstreich jeweils 1,5 cm mit richtiger Einbautiefe (7 oder 9 cm).
Auf versatzfreie Schnittführung achten!
Die Federstahlplatten führen den Keil in den Fällschnitt und verankern das Werkzeug dank der Widerhaken im Baum. Keil i. d. R. nahe der Stammmitte ansetzen, möglichst weit entfernt von der Bruchleiste und exakt in die Fällrichtung positioniert.
Herstellerangaben zur Kontaktfläche beachten!



3. Arbeitsschritt
Fällkeil ansetzen und auf festen Sitz achten. Auf gesunden Holz-zustand und geraden Faserverlauf über/unter den Federstahlplatten achten. Kunststoffkeile mit leichtem Beil zur Sicherung neben den Fällkeil einbringen (Erschütterungsfreies Einsetzen).
Das Mitführen eines Spalthammers ist nicht erforderlich!



4. Arbeitsschritt
Gefahrenbereich kontrollieren und Sicherheitsband ca. 2-10 cm tiefer unterschneiden. Bei ferngesteuerten Keilen: auf der Rückweiche mindestens die Kronenprojektionsfläche verlassen.
Stehende Faser unter dem Fällkeil nicht durchtrennen!

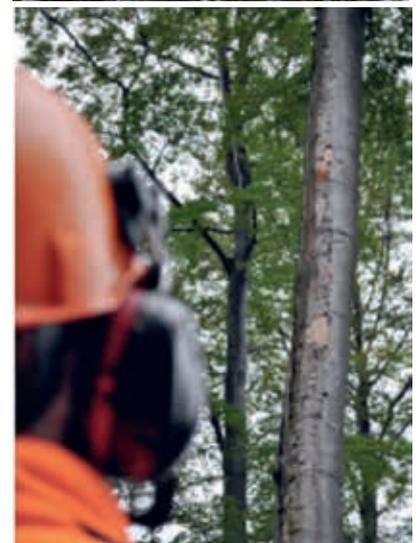


5. Arbeitsschritt
Nochmals Sicherheit herstellen! Keilvortrieb per Funk einleiten. Krone und Stamm von sicherem Standort aus beobachten.
Wenn möglich auch Sichtkontakt zum Fällkeil halten!

Funkgesteuerte Fällkeile - Einsatz im Schadholz

Für die sichere Fällung von Schadholz können ggf. funkferngesteuerte Fällkeile eingesetzt werden.

Neben den üblichen Arbeitsschritten für den Einsatz von technischen Fällkeilen gibt es bei Schadholz einige weitere Punkte zu beachten, um einen sicheren Ablauf zu gewährleisten.



- **Erweiterte Baumbeurteilung**
Bei der Gefährdungsbeurteilung des zu fällenden Baumes und der Umgebung ist insbesondere auf offensichtliche Schadmerkmale, wie z. B. Rindenabplatzungen, teilweise unbelaubte Krone, Pilzkonsolen oder verhakete Trockenäste zu achten. Diese geben erste Hinweise auf den möglichen Zustand des Baumes.
Im Zweifel immer seilunterstützt fällen!



- **Kontrollschnitt**
Seil oder Keil? Um einen Hinweis auf den Zustand des Holzes zu erhalten, wird mit der Motorsäge senkrecht am Stammfuß in Fällrichtung ein Kontrollschnitt geführt und die ausgetretenden Sägespäne werden beurteilt. **Bei übermäßig vielen braunen Spänen (= Hinweis auf Fäule!) kein Fällkeileinsatz!**



- **Fällung**
Bei einer Fällung mit dem funkferngesteuerten Fällkeil ist die Vorgehensweise die gleiche wie bei einem gesunden Baum. **Der Stock soll nach Möglichkeit etwa kniehoch angelegt werden, um den Einfluss von aus dem Wurzelwerk aufsteigender Fäulnis zu reduzieren und durch die aufrechte Haltung schneller reagieren zu können.**

Nur funkferngesteuerte Fällkeile sind zulässig!
Bei Schadholz in der fortgeschrittenen Destabilisierungsphase dürfen auch funkferngesteuerte Fällkeile nicht eingesetzt werden!

Merke: Technische Fällkeile sind kein Ersatz für eine Seilwinde!

Faktor Baum - Was muss ich wissen und beachten!!!

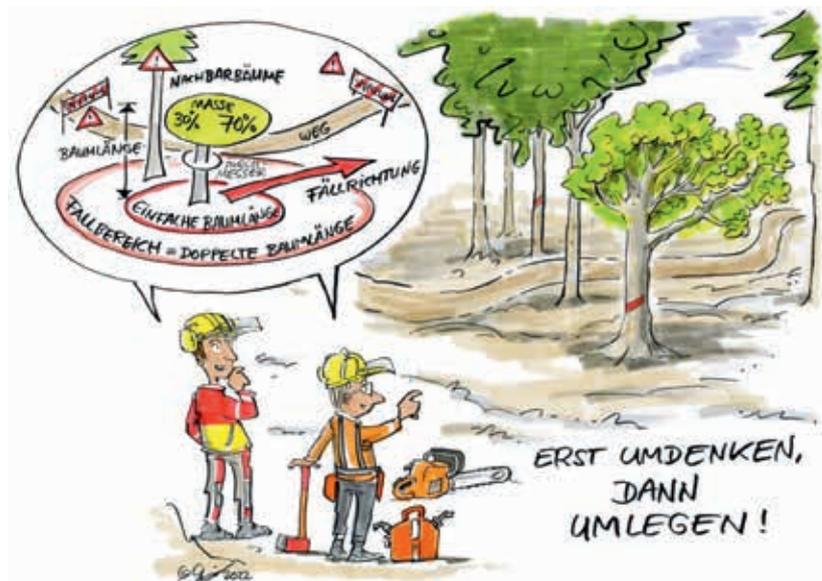
Ganzheitliche Baumannsprache
Die ganzheitliche Baumannsprache bleibt das fachgerechte Mittel zur Vorbereitung einer Fällung.

- Die Baummerkmale, die beurteilt werden müssen, sind:
- Baumhöhe (Ausmaß des Fall- bzw. Gefahrenbereiches)

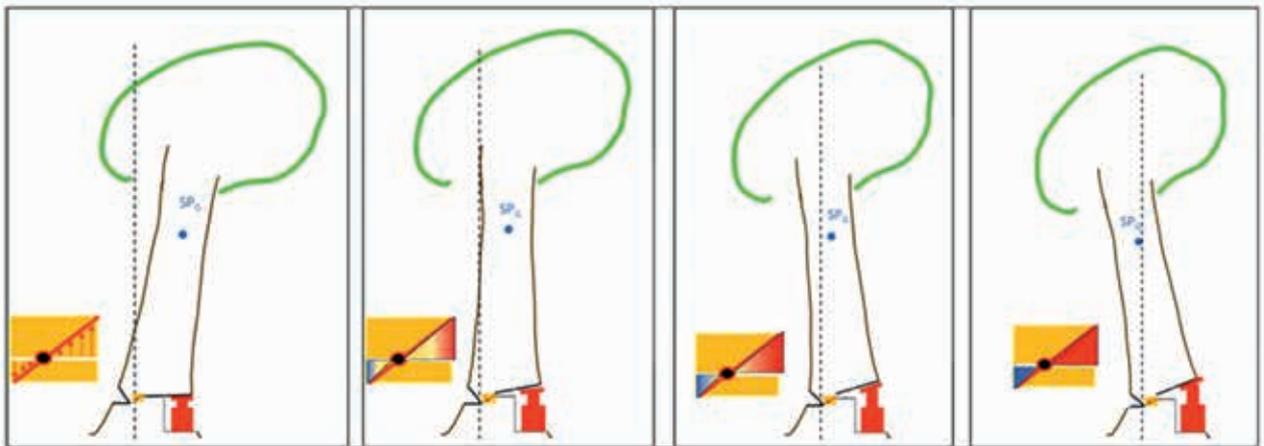


Quelle: SVLFG

- Baumkrone (Schwerpunkt und Massenverteilung)
 - Stammverlauf (Schwerpunkt)
 - Stammfuß, Schaft und Vitalität/ Gesundheitszustand (Totholz, Totäste, Faserhalt)
 - Stammdurchmesser (Masse)
 - Äste (Dürräste, gebrochene Äste, sperrige Äste)
 - Nachbarbäume und Umgebung
 - Kronenverzahnung
 - Totholzbäume
 - Merkmale des Bestandes (z.B.: Hang)
 - Witterung und Jahreszeit
- Die Baumannsprache schafft Klarheit zu Fragen wie:
- Wohin kann/soll der Baum gefällt werden?
 - Mit welchen Gefährdungen ist dabei auch für das Umfeld zu rechnen?
 - Wie ist der Baum zu fällen (Technik, Arbeitsmethode)?
 - Was ist mit den vorhandenen Arbeitsmitteln technisch möglich?
 - Ist der Baum mit den vorhandenen Arbeitsmitteln sicher zu fällen?
 - Sind weitere Arbeitsmittel erforderlich?



Quelle: SVLFG



Beurteilung der Beanspruchung der Bruchleiste (Quelle: Franz 2020)

Verhalten von Bäumen während der Fällung

Mark-Fabian Franz hat sich in einer Bachelorarbeit zum Thema „Erforderliche Hubkräfte bei der Baumfällung unter Verwendung technischer Fällhilfen“ eingehend mit Einsatz von technischen Fällhilfen befasst und ist dabei insbesondere auf das Verhalten von Bäumen während der Fällung bzw. die den Fällvorgang beeinflussenden Faktoren eingegangen. Hier hat er besonderes Augenmerk auf den Rückhang, die Stärke der Bruchleiste sowie den Baumdurchmesser gelegt, mit dem Ziel einen Kalkulator für die benötigte Hubkraft beim Einsatz technischer Fällhilfen zu entwickeln. Daraus ist die „Hilfstabelle nach Franz 2020“ für die Nutzung technischer Fällhilfen entstanden.

Die Holzfaser

Die Holzfasern sind in der Lage, Biege-, Druck- und Zugspannungen aufzunehmen. Hierbei kann grundsätzlich gesagt werden, dass die Zugfestigkeit doppelt so hoch wie die Druckfestigkeit ist. Die Druckfestigkeit der Holzfasern liegt je nach Baumart zwischen 1,5kN/cm² und 2,8kN/cm² bei grünem Holz. Trockenes, gesundes Holz weist doppelt so hohe Werte auf, allerdings verringert sich die Elastizität. Die Fähigkeit, Biegespannungen aufzunehmen, ist abhängig vom Wassergehalt des Holzes, dessen Dichte und Homogenität. Grundlegend kann man

sagen, dass frisches Holz deutlich besser Biegespannungen aufnehmen kann als trockenes Holz. Dem muss besondere Beachtung beim Einsatz technischer Fällhilfen im Schadholz geschenkt werden.

Diese Erkenntnisse müssen besondere Beachtung für die Bruchleiste finden. In dieser entstehen während des Fällvorgangs auf der Vorderseite Druckspannungen und auf der Rückseite Zugspannungen. Diese sind allerdings nicht gleich hoch. Die Zugspannung ist deutlich höher als die Druckspannung. Werden die Kräfte, die auf der Zugseite wirken, höher als die Zugfestigkeit der Holzfasern, führt dies zu einem Abriss und der Baum fällt im schlimmsten Fall nicht in die gewünschte Fällrichtung.

Für die Praxis bedeutet dies, dass je höher ein Baum für die Fällung angehoben werden muss, die Bruchleiste umso stärker auf der Zugseite belastet wird. Einzelne Holzfasern beginnen zu versagen und die Belastung verteilt sich auf immer weniger Fasern. Mit steigender Hubhöhe steigen sowohl Biegespannung als auch Zugspannung auf diese. Wird die Biege- und Zugspannung auf die verbleibenden Holzfasern zu groß kommt es zum Versagen der Bruchleiste und einem unkontrollierten Fallen des Baumes.

Dimension und Rückhang

Bei der Baumbeurteilung ist dem Schwerpunkt des Baumes, so-

mit dem möglichen Rückhang, besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Der Rückhang ist der entscheidende Faktor für die benötigte Hubkraft, um den Kippunkt zu überschreiten. Passt die Einschätzung des Rückhangs nicht, muss der Baum weiter angehoben werden als vermutet. Dadurch entstehen sehr hohe Biegespannungen in der Bruchleiste.

Je größer der Rückhang, desto gefährdeter ist die Bruchleiste aufgrund des Versagens der Biegespannung während der Fällung.

Verschiedene Faktoren haben Einfluss auf die benötigte Hubkraft um einen Baum zum Fallen zu bringen. In der Bachelorarbeit von Franz wurden für Steigerung der Hubkräfte Richtwerte herausgearbeitet.

- Rückhang: pro weiteren Meter Rückhang steigt die benötigte Hubkraft um 108 kN.
- BHD: je 10cm mehr BHD wird ca. 16 kN mehr Hubkraft benötigt.
- Baummasse: je 1000 kg werden 10 kN mehr Hubkraft benötigt.
- Wassergehalt: eine Veränderung des Wassergehalts und Rohgewichts in Abhängigkeit des Baumzustandes sind kaum wahrnehmbare Einflussgrößen.
- Kronendurchmesser: mit größerer werdendem Kronendurchmesser steigt auch die benötigte Hubkraft.

Hilfsmittel zur praktischen Umsetzung



Abgesicherte Fälltechnik mit Fällzirkel und Fällfahne

Bei Fällungen ist eine höchstmögliche Genauigkeit der Bruchleiste und Bruchstufe ein Garant für ein störungsfreies Fallen von Bäumen.

Die Bruchleiste ist Druck, sowie Zugverhältnissen ausgesetzt. Nicht parallele Bruchleisten, sowie ungleichmäßige Bruchstufen führen zu einer Steigerung der Zugkraft in der Bruchleiste, was unweigerlich zum An- bzw. Aufreißen von Bäumen führt. Die Verwendung von Hilfsmittel garantiert mit wenig Aufwand eine parallele Bruchleiste und entsprechende Bruchstufe.



Nach dem Beischneiden der Wurzelanläufe und Anlage des Fallkerbs, wird der Fällzirkel auf das entsprechende Maß ableitend des BHD des zu fällenden Baumes eingestellt. Um die schräge Holzfaser auszugleichen, sollte die Bruchleiste mehr als 10 % betragen. Dabei ist eine Obergrenze von 15 % zwingend einzuhalten.



Anschließend wird die Zirkelkreide in die Fallkerbsehne eingelegt. Um die Bruchstufe ausreichend hoch anzuzeichnen, setzt die Spitze des Zirkels auf der Höhe der Fallkerbsohle an. Sodann wird ein Halbkreis angezeichnet. Sobald die Schenkel senkrecht übereinanderstehen, wird über dem Halbkreis ein senkrechter Strich ausgeführt.



Anschließend wird an der Markierung eingestochen und parallel der passenden Linie der Fällfahne in den Baum ein und durchgestochen und zunächst die Bruchleiste ausgeformt und zum Stützband (Sicherungsband) vorgeschritten. Bei dickeren Bäumen nun die Seite wechseln und wiederum Bruchleiste/Bruchstufe markieren. Anschließend Fällfahne einlegen und Bruchleiste fertig ausformen und anschließend Stützband fertig ausformen.



Erforderliches Ergebnis einer fachgerechten Fällung:

- Bruchleiste auf Anhieb parallel ausgeformt.
- Bruchleistenbreite ca. 11 % des BHD,
- Bruchstufe der Bruchleiste angepasst
- Zirkelmarkierung erkennbar

Der Fällzirkel wird seit über 10 Jahren als Hilfsmittel zum fachgerechten und sicheren Anzeichnen der Bruchleiste und Bruchstufe ab einem BHD von 25 cm bei den Landesforsten Rheinland - Pfalz eingesetzt. Dadurch wurde eine hohe Qualität der Fällungen erreicht - Verminderung von Faserbrüchen, Aufreißen bzw. Aufplatzen von Bäumen wird vermieden.

Einsatz der Franz'schen Hilfstabelle

Die Franz'sche Hilfstabelle bietet die Möglichkeit, anhand Baumhöhe, Kronendurchmesser, BHD sowie Rückhang des Baumes eine Einschätzung der benötigten Hubkräfte beim Einsatz technischer Fällhilfen zu erhalten. Die in der Tabelle genannten Werte sind, analog zur Calmbacher Tabelle, nur Richtwerte und sollten nicht ausgereizt werden. Die Tabelle bezieht sich nur auf die benötigten Hubkräfte, die Einsatzgrenzen aufgrund der benötigten Hubhöhen sind nicht berücksichtigt.

Die gesamte Tabelle, der online-Hubkraftkalkulator und die Arbeit sind unter folgendem Link erreichbar: <https://hubkraftkalkulator.kwf-online.de/>



Einsatzbereich TR240								
Erforderliche Hubkraft beim Einsatz eines Fällkeiles (to)								
Hilfstabelle nach Franz 2020								
BHD (cm)	Rückhang des Baumes (m)				Rückhang des Baumes (m)			
	Buche Baumhöhe 30m, Kronendurchmesser 10m				Fichte Baumhöhe 36m, Kronendurchmesser 6m			
	0	0,5	1,0	1,5	0	0,5	1,0	1,5
30	1,5			9				
35	2	4,5	7	10				
40	2,5	5	8	11				
45	3	6	9	12				
50	4	7	10	13	3	5	7	9
60	5,5	9	12	16	4	7	9	11
70	7	11	15	19	6	9	11	14

Quelle: Forst BW

Einsatzbereich TR300								
Erforderliche Hubkraft beim Einsatz eines Fällkeiles (to)								
Hilfstabelle nach Franz 2020								
BHD (cm)	Rückhang des Baumes (m)				Rückhang des Baumes (m)			
	Buche Baumhöhe 30m, Kronendurchmesser 10m				Fichte Baumhöhe 36m, Kronendurchmesser 6m			
	0	0,5	1,0	1,5	0	0,5	1,0	1,5
30	1,5			9				
35	2	4,5	7	10				
40	2,5	5	8	11				
45	3	6	9	12				
50	4	7	10	13	3	5	7	9
60	5,5	9	12	16	4	7	9	11
70	7	11	15	19	6	9	11	14
80	9	13	18	23	8	11	14	17
90	12	17	22	27	10	13	16	
100	15	20	26		13	16		
110	18	24			16			
120	22							

Quelle: Forst BW

Die folgenden abgebildeten Tabellen sind durch ForstBW in Annäherung an die originale Tabelle (siehe Link) erstellt worden und bilden gezielt den Einsatzbereich zweier ausgewählter Fällkeile ab.

Um die Franz'sche Tabelle ordnungsgemäß anwenden zu können, ist insbesondere die genaue Beurteilung des Rückhangs erforderlich. Dieser stellt den wichtigsten Faktor für die benötigten Hubkräfte dar. Hierzu gibt es zwei praxistaugliche und einfach anzuwendende Möglichkeiten:

• **Meterstabmethode**

Ein ausgeklappter Meterstab wird in ausreichender Entfernung senkrecht gehalten. Ziel ist die Darstellung der Abweichung zwischen Meterstab und Baum. Der Meterstab wird so weit in Richtung des Rückhangs verschoben, dass er mit der Kronenspitze auf einer Linie ist. Der Punkt, auf den das untere Ende nun zeigt, muss sich gemerkt werden. Von diesem Punkt bis zur Stammmitte gemessen ist der Rückhang des Baumes.

• **Pendelmethode**

Ein Pendel wird in ausreichender Entfernung (90° zur Fällrichtung) vom Baum an die Kronenspitze angehalten und sich der Punkt, auf den die Spitze des Pendels am Stammfuß zeigt, gemerkt. Nun kann vom Stammmittelpunkt zu diesem Punkt gemessen werden und so der Rückhang bestimmt werden.

Die beiden oben angegebenen Methoden geben nur eine grobe Abschätzung des Rückhangs wieder, da nicht auf die genaue Ausbildung der Krone oder den Wuchs des Stammes eingegangen wird. Im Zweifel über den genauen Rückhang des Baumes muss immer die seilwindenunterstützte Fällung eingesetzt werden.

Fazit

- Nahezu erschütterungsfreies Zufallbringen des Baumes
- Ergonomische Arbeitsweise durch Wegfall der Keilarbeit
- Ausreichender Sicherheitsabstand zum fallenden Baum möglich („Trennung von Mensch und Gefahr!“)

MERKE:

1. Die ganzheitliche Baumansprache im Vorfeld der Fällung ist zwingend erforderlich!
2. Eine Unterweisung der Bedienpersonen ist erforderlich!
3. Die funkferngesteuerten Fällkeile sind eine gute Ergänzung im Schadholz, dürfen aber kein Ersatz für seilwindenunterstützte Fällungen im fortgeschrittenen Stadium (Destabilisierung) sein!!!



Landesforsten Rheinland-Pfalz
Sicherheitstraining

Ansprechpartner: Frank Feiten; André Bonertz; Kevin Fuchs

SCHADHOLZARENA:

3.4 Techniken und Verfahren für die sichere motormanuelle Fällung von geschädigten (Laub-) Bäumen

3.4 a Die Baum- und Umgebungsbeurteilung im Schadholz - Der Blick auf die Details

Im Rahmen dieses Exkursionsbildes stellen das Forstliche Bildungszentrum Königsbrunn und das Sicherheitscoaching von ForstBW die Gefahren und Herausforderungen in der motormanuellen Schadholzernte vor. An einem praktischen Beispiel wird die Komplexität der Baum- und Umgebungsbeurteilung im Schadholz dargestellt.

Ausgangssituation:

Die klimatischen Veränderungen bringen einen Anstieg des Schadholzanteils mit sich. Wesentliches Merkmal von klimageschädigten Bäumen ist das hohe Aufkommen von Totholz im Stamm- und Kronenbereich. Abgestorbene Äste und Stammteile weisen aufgrund ihrer verminderten Elastizität eine höhere Bruchgefahr der Holzstruktur auf. Hierdurch erhöht sich die Gefährdung durch herabfallende Äste und zurückschleudernde Stammteile nochmals deutlich (Abb. 1).

Gefährdung durch herabfallende Äste und zurückschleudernde Stammteile in der motormanuellen Ernte von Schadholz

Die Gefährdung durch herabfallende Äste und zurückschleudernde Stammteile wurde bereits in den Jahren 2008-2010 umfangreich untersucht (Gerding & Reiter, FTI 7+8/2010). Hierfür wurden 2413 gesunde Laubbäume gefällt und die zurückschleudernden Äste und Baumteile systematisch erfasst. Demzufolge besteht in einer winterlichen Einschlagsperiode (ca. 500 Fällungen) bei 40 Bäumen für den Forstwirt die Gefahr, durch zurückgeschleuderte Äste und Baumteile verletzt zu werden. Erwartungsgemäß besteht die größte Gefährdung im Bereich einer Entfernung von 3 m um den Stock des gefällten Baumes (Abb. 2). Aber auch im Sektor „über 3 bis 6 m“ ist die Wahrscheinlichkeit noch sehr hoch, von einem Ast- oder Baumteil getroffen zu werden. Erst ab einer Entfernung

von über 9 m kommt es zu einer signifikanten Abnahme der Trefferwahrscheinlichkeit.

„Bei den Aufnahmen flogen keine Äste/Baumteile weiter als 15,5 m zurück“ (Gerding & Reiter, FTI 7+8/2010/S. 20)

Tabelle 1: Gefahr durch herabfallende Äste und zurückschleudernde Baumteile

zurückgeworfene Äste	7,5%
hängengebliebene Äste	20%

Tabelle 2: Wahrscheinlichkeit, von einem Ast getroffen zu werden

Radius	< 3 m	3 bis 6 m	6 bis 9 m	> 9 m
%	61,7	21,1	3,8	1,0

Bereits geringe Astgewichte von ca. 1 kg können aus einer Fallhöhe von 25 m zu lebensbedrohlichen Verletzungen, wie einem Schädel-Hirn-Trauma oder einer Fraktur der

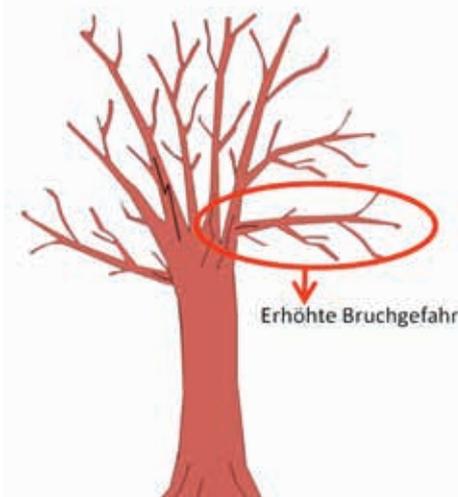


Abb. 1: Erhöhte Bruchgefahr an klimageschädigten Bäumen (Bildquelle: Lippert, FTI 6/2020)

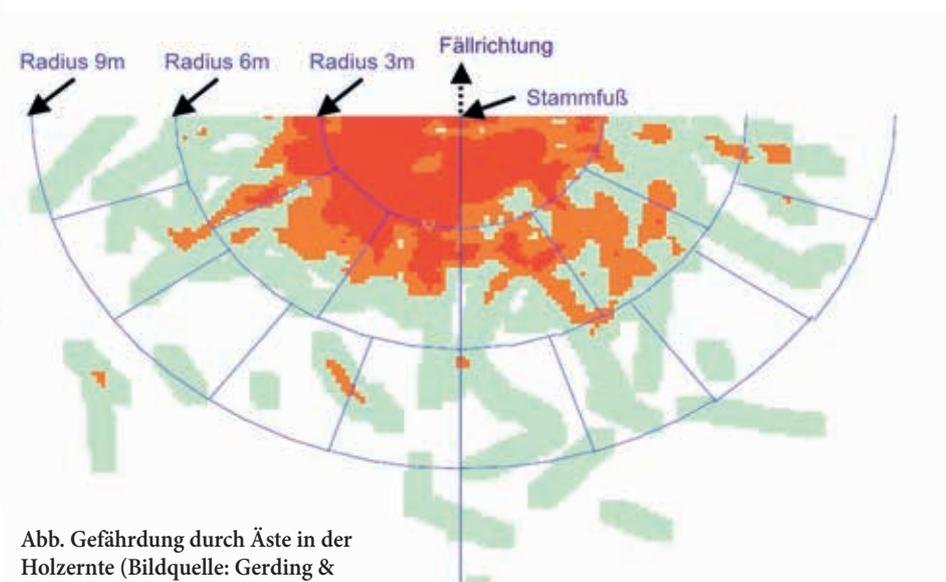


Abb. Gefährdung durch Äste in der Holzernte (Bildquelle: Gerding & Reiter, FTI 7+8/2010)

Halswirbelsäule führen. Solche Verletzungen treten üblicherweise bei schweren Verkehrsunfällen auf und werden als Rasanztrauma bezeichnet. Bei einer solchen Krafteinwirkung zeigt der Forsthelm nur eine geringe Schutzwirkung. Die Gefahr von abgestorbenen Ästen und Stammteilen getroffen zu werden ist in der Ernte von Schadholz allgegenwärtig. Durch Erschütterungen und Schwingungen im Baum kann es zu Abbrüchen von Ast- oder Stammteilen kommen. Aus diesem Grund müssen Schwingungen und Erschütterungen während des zwangsläufigen Aufenthalts in Stammnähe bei der motormanuellen Ernte von Schadholz vermieden werden.

Hierzu wurde 2020 eine detaillierte Untersuchung zum Schwingungsverhalten von Baumkronen bei der Anwendung unterschiedlicher Fällhilfen durch das KWF durchgeführt (Lippert / FTI 6/2020). Besonders die Hammerkeilmethode verursacht durch Schlagimpulse immense Erschütterungen im Baum (Abb. 3). Hierdurch können sich abgestorbene Äste oder Stammteile lösen und lebensbedrohliche Verletzungen verursachen. Die Varianten seilunterstützte Fällung und mechanischer Keil mit Schlagschrauber verursachten vergleichsweise geringe Erschütterungen im Baum. Die reine Sägearbeit mit der Mo-

torsäge führt zu keinen nennenswerten Schwingungen.

Aufgrund der besonderen Gefährdungen durch geschädigte Bäume kommt der Baum- und Umgebungsbeurteilung eine herausragende Rolle in der motormanuellen Ernte von Schadholz zuteil. Auf Grundlage dieser Erkenntnisse müssen geeignete Maßnahmen ergriffen werden.

Die Baum- und Umgebungsbeurteilung in der motormanuellen Ernte von Schadholz

Jeder Baum muss als Unikat betrachtet werden. Für seine sichere motormanuelle Fällung ist die jeweilige Baum- und Umgebungsbeurteilung das zentrale Element. Hierbei sind die situative Gefährdungsbeurteilung und die Ableitung geeigneter Maßnahmen die Grundvoraussetzungen für einen sicheren und zielgerichteten Arbeitsprozess. Die Baumansprache wird in der Ernte von „gesunden“ Bäumen seit Jahrzehnten routiniert durchgeführt. Die zunehmenden Waldschäden verursachen allerdings immer komplexere Situationen in der Holzernte (Abb. 4). Diese stellen noch höhere Ansprüche an das Fachpersonal. Diese Herausforderungen bringen neue Blickwinkel in die Baum- und Umgebungsbeurteilung und damit in die motormanuelle Holzernte. Folgende Punkte müssen vor Be-



Abb. 4: Die große Herausforderung: Buche mit zur Hälfte abgestorbener Krone (Bildquelle: Lippert, FTI 6/2020)

ginn der eigentlichen Fällarbeiten behandelt werden:

- Festlegung der Fällrichtung
- Auswahl der Arbeitstechnik
- Auswahl des Rückweichplatzes

Baummerkmale in der Baum- und Umgebungsbeurteilung im Schadholz

Neben klassischen Baummerkmalen müssen bei der Ernte von Schadholz noch weiterführende Kriterien berücksichtigt werden. Nachfolgend werden diese Kriterien und Gefährdungen aufgelistet und Maßnahmen für eine sichere Fällung abgeleitet.

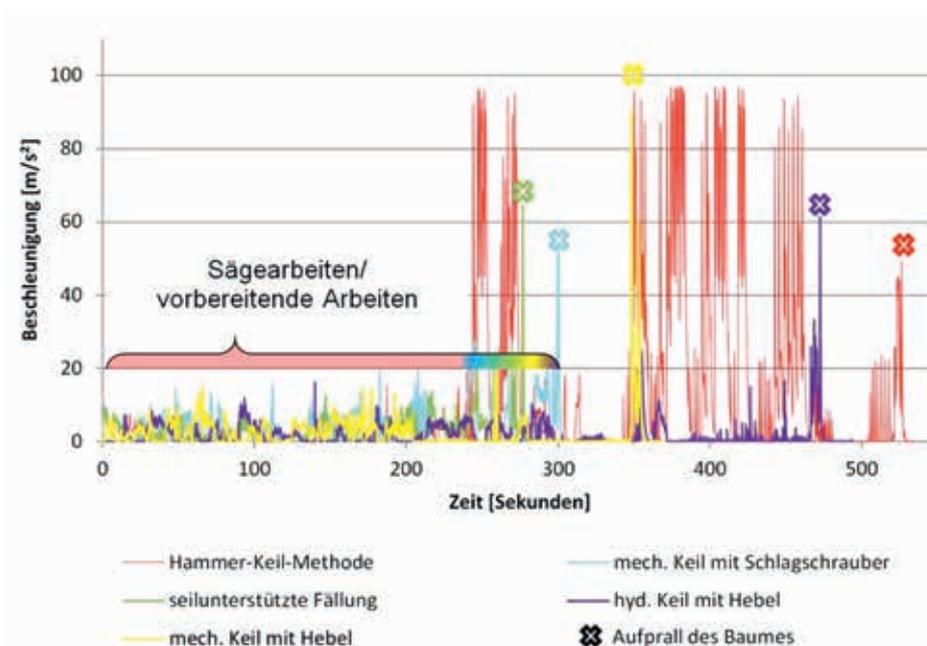


Abb. 3: Beschleunigungsimpulse unterschiedlicher Fällhilfen (Bildquelle: Lippert, FTI 6/2020)

1. Umgebung

Umgebungsmerkmal	Gefährdungen	Maßnahmen
Weitere geschädigte Erntebäume im Bestand	getroffen werden von Ast und Stammteilen	<ul style="list-style-type: none"> • Lokalisierung der geschädigten Bäume bspw. mit Geoinformationssystemen • Farbmarkierung der geschädigten Bäume • Übergabe der Informationen über den Arbeitsauftrag und Einweisung auf der Fläche • Gezielte räumliche Bearbeitung der geschädigten Bäume
In Nachbarbäumen ist Totholz vorhanden	abbrechen des Totholzes, getroffen werden von Ast und Stammteilen	<ul style="list-style-type: none"> • sicheren Rückweichplatz außerhalb der Kronenprojektionsflächen der Nachbarbäume festlegen • Baumberührungen während der Fällung vermeiden • Kontrolle des Kronenraumes nach der Fällung
Kronenbewegungen durch Windlast	getroffen werden von Ast und Stammteilen	<ul style="list-style-type: none"> • Fällarbeiten einstellen
Keine freie Fällschneise vorhanden	getroffen werden von Ast und Stammteilen	<ul style="list-style-type: none"> • technische Entnahmen zur Herstellung von Fällschneisen
Falsche Einschätzung der Situation	<ul style="list-style-type: none"> • Überschätzung der eigenen Fähigkeiten und Kenntnisse • nicht zielgerichteter Arbeitsprozess 	<ul style="list-style-type: none"> • zwei-Personen-Verfahren (4-Augen-Prinzip) • Baum stehen lassen
Technische Ausstattung nicht ausreichend	<ul style="list-style-type: none"> • falsche Anwendung von Arbeitsmitteln • Überlastung von Arbeitsmitteln 	<ul style="list-style-type: none"> • fehlende Arbeitsmittel beschaffen • Baum stehen lassen

2. Baumkrone

Baummerkmal	Gefährdungen	Maßnahmen
fest verwachsenes Totholz	abbrechen des Totholzes, getroffen werden von Ast- und Stammteilen	<ul style="list-style-type: none"> • keine Erschütterungen im Baum erzeugen • Fällvorgang vom sicheren Rückweichplatz in Gang setzen • seilunterstützte Fällung • fernbedienbarer Fällkeil
lose Ast- oder Kronenteile	herabfallen des Totholzes, getroffen werden von Ast- und Stammteilen	<ul style="list-style-type: none"> • herabziehen des Ast- oder Stammteiles • Einsatz von Wurfbeutel und Seilwinde
Kronenverzahnung mit Nachbarbäumen vorhanden	getroffen werden von Ast- und Stammteilen	<ul style="list-style-type: none"> • sicheren Rückweichplatz außerhalb der Kronenprojektionsfläche festlegen • seilunterstützte Fällung • Fällvorgang vom sicheren Rückweichplatz in Gang setzen

3. Stammverlauf

Baummerkmal	Gefährdungen	Maßnahmen
geringe Schädigungen der Holzfasern im Stammverlauf sind zu erkennen	getroffen werden von Ast- und Stammteilen	<ul style="list-style-type: none"> • keine Erschütterungen im Baum erzeugen • seilunterstützte Fällung • fernbedienbarer Fällkeil • Fällvorgang vom sicheren Rückweichplatz in Gang setzen
Ermittlung des Stammverlaufs: „Der geradestehende Baum“ Ausgeglichener Schwerpunkt (+- 1m)	Aufenthalt innerhalb der Kronenprojektionsfläche, getroffen werden von Ast- und Stammteilen	<ul style="list-style-type: none"> • genaue Ermittlung des Schwerpunktes mit Hilfsmittel bspw. Senklot • keine Erschütterungen im Baum erzeugen • fernbedienbarer Fällkeil • negativ durchtrennte Stützleiste • Fällvorgang vom sicheren Rückweichplatz in Gang setzen
Ermittlung des Stammverlaufs: „Der Rückhänger“ Rückhang des Schwerpunktes (> 1m)	Aufenthalt innerhalb der Kronenprojektionsfläche, getroffen werden von Ast- und Stammteilen	<ul style="list-style-type: none"> • genaue Ermittlung des Schwerpunktes mit Hilfsmittel bspw. Senklot • keine Erschütterungen im Baum erzeugen • seilunterstützte Fällung • negativ durchtrenntes Halteband • Fällvorgang vom sicheren Rückweichplatz in Gang setzen

Ermittlung des Stammverlaufs: „Der Vorhänger“ Vorhang des Schwerpunktes (> 1m)	Aufenthalt innerhalb der Kronenprojektionsfläche, getroffen werden von Ast- und Stammteilen	<ul style="list-style-type: none"> • genaue Ermittlung des Schwerpunktes mit Hilfsmittel bspw. Senklot • keine Erschütterungen im Baum erzeugen • seilunterstützte Fällung • Rückzugsleiste belassen und kontrolliert abreißen • Fällvorgang vom sicheren Rückweichplatz in Gang setzen
--	---	--

4. Stammfuß

Baummerkmale	Gefährdungen	Maßnahmen
Geringe Schädigung der Holzfasern vorhanden	<ul style="list-style-type: none"> • geringere Wirkung der Bruchleiste • abbrechen von Stammteilen 	<ul style="list-style-type: none"> • senkrechter Prüfschnitt fallkerbseitig zur Überprüfung des Gesundheitszustandes • Wurzelanläufe belassen • Verlegung der Schnitte auf ca. 1 m Höhe. • Position der Bruchleiste durch intakte Holzfasern wählen • Bruchleistenbreite verstärken bspw. 15 - 20% • fernbedienbarer Fällkeil • seilunterstützte Fällung

Drei Grundsätze für die sichere motormanuelle Ernte von Schadholz:

- Der Blick auf die Besonderheiten des jeweiligen Baums durch eine **detaillierte Baum- und Umgebungsbeurteilung!**
- Es werden **keine Erschütterungen** im Baum erzeugt!
- Durch fernbedienbare Fällhilfen sind wir **„weg vom Baum“!**

ForstBW AÖR / Forstliches Bildungszentrum Königsbronn & Sicherheitscoaching

Ansprechpartner: Martin Schraitle (Fachlehrer), Markus Kopp, Frank Laub, Martin Stange, Jörg Maurer, Matthias Klein (Sicherheitscoachs); Marcus Mönius (FWM)

SCHADHOLZARENA:

3.4 b Baumpilze und Holzersetzung an der Buche

Die Dürrejahre 2018 und 2019 und trockene Folgejahre führten zu gravierenden Schäden auch bei Buchen, die lange Zeit als an den Klimawandel angepasste Baumart galten. Absterbende Kronen, nicht ausreichend belaubte Äste, abgeplatze Rinde und Käferbefall häufen sich.

Absterbende und tote Kronen stellen ein hohes Risiko für die Arbeitssicherheit bei der Holzernnte und für die Verkehrssicherungspflicht dar. Für die Praxis ist es wichtig zu wissen, bis zu welchem Schädigungsgrad Eingriffe noch vertretbar bzw. in welcher Weise noch durchführbar sind. Daraus

ergibt sich die Frage, ab wann Krankheitsprozesse, die aus der Vitalitätsschwächung von Bäumen resultieren, irreversibel geworden sind.

Die Ursachen dieser Dürreschäden und wie ihnen zu begegnen ist werden an der FVA erforscht. Welche Faktoren sind schadensauslösend und welche treten erst nach Schädigung auf? Welche Rolle spielen biotische (z. B. Pilze) oder abiotische (z. B. Wassermangel) Faktoren? Welche Bedingungen begünstigen Dürreschäden und in welchen Beständen bzw. auf welchen Standorten sind Schäden zu erwarten?

Am Exkursionspunkt werden die wichtigsten und häufigsten Pilze der Buche vorgestellt. Einzelne Holzfäuletypen werden angesprochen und Befallssymptome durch Pilzerkrankungen direkt am Objekt gezeigt.

FVA - Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt BW, Freiburg
Ansprechpartner: Dr. Jörg Grüner, Sabine Remmele

SCHADHOLZARENA:

3.4 c Seilunterstützte Fällung von Schadholz - Mit Leichtigkeit, hoch hinaus

Im Rahmen dieses Exkursionsbildes stellen das Forstliche Bildungszentrum Königsbronn und das Sicherheitscoaching von ForstBW die Anwendung der Königsbronner Anschlagtechnik (KAT) in der seilunterstützten Ernte von Schadholz vor. An einem praktischen Beispiel wird der erschütterungsfreie Einbau des KAT mit Tauwerkschäkel demonstriert.

Ausgangssituation

Die motormanuelle Ernte von geschädigten Bäumen erfordert zunehmend den Einsatz der Seilwinde als Fällhilfe. Rück- und Vorhänger sollen hierdurch erschütterungsfrei aus sicherer Distanz zu Fall gebracht werden. Die Königsbronner Anschlagtechnik hat sich hierbei in der seilunterstützten Holzernte etabliert.

Verfahren

Wesentliche Merkmale für eine sichere Fällarbeit mit der Seilwinde sind:

- detaillierte Baum- und Umgebungsbeurteilung
- sorgfältige Beurteilung der erforderlichen Zugkräfte (Hilfsmittel: Calmbacher Tabelle)
- eine ausreichende Anbindehöhe des Zugseiles am Baum
- geeignete Ausrüstung, insbesondere die korrekte Abstimmung der Systemkomponenten (Seile, Anschlagmittel, Umlenkrollen und Befestigungsmittel) auf die Zugkraft der Seilwinde
- spezielle Fälltechniken, bei denen gewährleistet wird, dass der Baum erst dann mittels Seilwinde in Bewegung gesetzt wird, wenn alle Personen den Rückweichplatz erreicht haben.
- gute Teamarbeit zwischen Forstwirt und Maschinenführer (Sprechfunk und klare Kommunikation)

Königsbronner Anschlagtechnik im Schadholz

Einsatzbereiche:

- geschädigte Rückhänger mit einem Rückhang > 1 m
- geschädigte Vorhänger mit einem Vorhang > 1 m
- Umreißen von Bäumen mit stark geschädigter Holzstruktur

Mit der Königsbronner Anschlagtechnik kann das Zugseil sicher, schnell und einfach am Baum befestigt werden. Die Arbeitstechnik erhöht die Arbeitssicherheit und reduziert Zeitbedarf und Kosten! Zum Einsatz kommt ein Seilstropp aus ummantelter Dyneema-Faser.

Grundsätzlicher Ablauf der Königsbronner Anschlagtechnik:

- Das Anschlagseil wird um den Stammfuß ausgelegt und mittels Schäkel zu einer Schlinge verbunden. Der zweite Schäkel stellt die Verbindung zum Windenseil her.
- Mit der Anschlagkralle wird das Seil entgegen der Fällrichtung in der gewünschten Höhe fixiert (Abb. 5).
- Mit dem Einziehen des Windenseiles schließt sich die Seilschlinge.

Merke: Kontrolle des korrekten Seilverlaufes! Der Umlenkwinkel des Seiles am Schäkel muss kleiner 15° sein.

Auch Bäume mit grober Borke oder tief angesetzten Ästen können sicher, schnell und einfach angeschlagen werden. Hierzu wird ein Seilende mit Schäkel in der gewünschten Anschlaghöhe über einen Ast gelegt. Mit dem Haken der Anschlagkralle wird das Anschlagseil dann schrittweise um den Stamm gezogen. Ist der Baum umkreist, kann am Boden die Schlaufe geschlossen und das



Abb. 5: KAT mit einer Anschlaghöhe von 5 – 6 m (Bildquelle: FBZ Königsbronn)

Anschlagseil mit der Seilwinde verbunden werden.

Die Anschlagkralle ist erforderlich, damit das Seil am Baum fixiert werden kann. Die spezielle Ausformung gewährleistet den freien Lauf des Seiles, wenn die Schlinge zugezogen wird. Die Ausrüstung hat ein geringes Gewicht und wird kompakt in einem Transportsack mitgeführt. Dies ist vor allem in schwierigem Gelände und bei behinderndem Bewuchs von Vorteil.

Die „klassische“ - KAT-Ausrüstung für eine Anschlaghöhe von 5 - 6 m:

- Seilstropp (FPA-geprüft) aus ummantelter Dyneema-Faser mit zwei Schlaufen, Länge 12 m, Seiltyp Stratos Winch (17 mm)
- 2 Metallschäkel (Nutzlast 8 t, Einzelgewicht: 2,2 kg)
- KAT-Anschlagkralle
- Teleskopstange, Länge 2 - 5 m
- Transportsack

Der Tauwerkschäkel - wiegt nur 1/5

Im vergangenen Jahr wurde die Königsbronner Anschlagtechnik optimiert. Mithilfe eines Tauwerkschäkels aus der Kunstfaser Novoleen konnte der Metallschäkel zur Verbindung des Dyneema-Seils



Abb. 6: Im direkten Vergleich: Tauwerk- schäkel (400 g) und Metallschäkel (2,2 kg) (Bildquelle: FBZ Königsbronn)



Abb. 7: Der montierte Tauwerkshäkel (Bildquelle: FBZ Königsbronn)

ersetzt werden (Abb. 6). Das geringe Systemgewicht ermöglicht ohne große Kraftanstrengungen eine noch höhere Anschlaghöhe von bis zu 8 m. Dies führt zu einer Steigerung der Sicherheit, da die benötigte Zugkraft der Seilwinde verringert wird. Gleichzeitig wurde die Gefahr, dass der schwere Metallschäkel sich aus großer Höhe löst und auf eine Person herabfällt, beseitigt. Mithilfe einer Verlängerung kann die original KAT-Teleskopstange um 2 Meter verlängert werden. Das Anschlagen von tiefbeasteten Bäumen ist weiterhin ohne Probleme möglich. Hierfür wird der Tauwerkshäkel mithilfe der Schubstange über den gewünschten Ast gelegt und anschließend mittels Fixierkralle zu Boden gezogen. Selbst dünne Äste bspw. Wasserreiser können nun durch den leichten Tauwerkshäkel als Anschlagpunkt genutzt werden.

Die „Tauwerkshäkel“ - KAT-Ausrüstung für eine Anschlaghöhe von 7 - 8 m:

- Seilstropp (FPA-geprüft) aus ummantelter Dyneema-Faser mit zwei Schlaufen, Länge 12 m, Seiltyp Stratos Winch (17 mm)
- 1 Metallschäkel (Nutzlast 8 t, Gewicht 2,2 kg)
- 1 Tauwerkshäkel (Nutzlast 8 t, Gewicht 400 g)
- KAT-Anschlagkralle
- Teleskopstange mit Verlängerung, Länge 2 - 7 m
- Transportsack

Umreißen von Bäumen mit stark geschädigter Holzstruktur

Die Sicherheitskralle (Abb. 8) kommt bei Bäumen zum Einsatz, bei denen aufgrund der zersetzten Holzfasern (i. d. R. durch Pilzbefall) keine sichere Fälltechnik mehr angewendet werden kann. Hierzu wird die Sicherheitskralle auf die KAT-Stange aufgesetzt und danach samt Dyneemaseil am Baum sowie mit dem Standdorn am Boden fixiert. Vom Rückweichplatz aus wird das Windenseil straffgezogen. Wenn es gefahrlos möglich ist, wird die Stange abgenommen, ansonsten samt Baum mit der Winde ohne Sägeschnitte umgezogen.

Fälltechnik für geschädigte Rückhänger > 1 m

Bei der Fällarbeit von Schadholz tritt eine erhebliche Gefährdung durch herabfallende Äste und zurückschleudernde Stammteile auf. Schon leichte Erschütterungen reichen aus, damit diese abbrechen und weit verstreut zu Boden fallen. Bei der seilunterstützten Fällung wird deshalb eine spezielle Fälltechnik empfohlen. Ziel dieser Fälltechnik ist es sicherzustellen, dass der Baum erst dann mittels Seilwinde in Bewegung gesetzt wird, wenn alle Personen auf dem Rückweichplatz angekommen sind.



Abb. 8: aufgestellte Teleskopstange mit Sicherheitskralle (Bildquelle: FBZ Königsbronn)

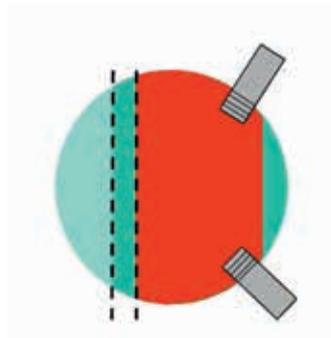
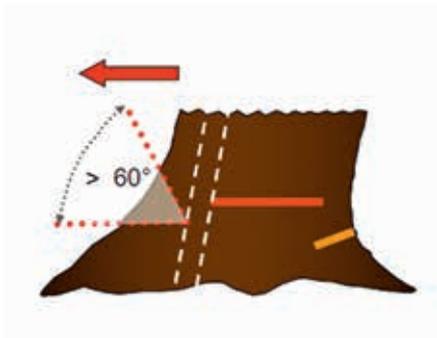


Abb. 9: Fälltechnik und Stockbild einer Rückhänger-Fällung mit untersägten Halteband (Bildquelle: FBZ Königsbronn)

Folgendes Vorgehen wird empfohlen:

- Wenn das Zugseil angelegt wird, ist die Kronenprojektionsfläche zu verlassen.
- Nach Anlage des Fallkerbes wird Sicherheit hergestellt.
- Der Fällschnitt wird als Stechschnitt ausgeführt. Dabei wird ein großzügig bemessenes Halteband (mind. 10% des Stockdurchmessers) belassen.
- Sicherungskeile werden per Hand gesetzt
- Das Halteband wird 15 - 20 cm negativ unterhalb des Fällschnittes durchtrennt (Abb. 9).

Die infolge der versetzten Schnittebenen noch verbundenen Holzfasern halten den Baum in der ursprünglichen Position fest. Anschließend sucht die Fällmannschaft den sicheren Rückweichplatz auf.

Nach erneuter Prüfung des Fallbereiches erteilt die Person, die die Motorsäge führt, das Kommando, um den Baum mittels Seilwinde zu Fall zu bringen.

Fälltechnik für geschädigte Vorhänger > 1 m

Eine Besonderheit stellt die seilunterstützte Fällung eines vorhängenden, geschädigten Baumes dar.

Klassischerweise werden vorhängende Bäume mittels Halteband gefällt. Hierbei kommt es zwangsläufig zu einem Aufenthalt innerhalb der Kronenprojektionsfläche des vorhängenden Baumes, der durch den Vorhang schlagartig in Bewegung gesetzt wird, hierdurch entstehen Erschüt-



Abb. 10: Vorhänger-Fällung mit Rückzugsleiste (Bildquelle: FBZ Königsbronn)

terungen im Baum. Um dies zu verhindern, wird der Baum mittels Seilwinde und der Rückzugsleisten-Fälltechnik gefällt (Abb. 10). Ziel dieser Fälltechnik ist es sicherzustellen, dass der Baum erst dann mittels Seilwinde in Bewegung gesetzt wird, wenn alle Personen auf dem Rückweichplatz angekommen sind.

Folgendes Vorgehen wird empfohlen

- Wenn das Zugseil angelegt wird, ist die Kronenprojektionsfläche zu verlassen.
- Gesundheitszustand der Holzfasern an der Position der Rückzugsleiste überprüfen und markieren
- Nach Anlage des Fallkerbes wird Sicherheit hergestellt.
- Der Fällschnitt wird als Stechschnitt ausgeführt. Dabei wird ein möglichst langes Halteband ausgeformt.
- Das Halteband wird ca. 15-20 cm unterhalb des Fällschnittes bis zur Markierung (Handbereite, ca. 10 cm) durchtrennt

- Vorsicht! Ausgestreckte Arme! Seitlich stehen!

Die verbliebene Rückzugsleiste hält den vorhängenden Baum in der ursprünglichen Position fest. Anschließend sucht die Fällmannschaft den sicheren Rückweichplatz auf.

Nach erneuter Prüfung des Gefahrenbereiches erteilt die Person, die die Motorsäge führt, das Kommando, um die Rückzugsleiste kontrolliert abzureißen und den Baum mittels Seilwinde zu Fall zu bringen.

ForstBW AÖR / Forstliches Bildungszentrum Königsbronn & Sicherheitscoaching

Ansprechpartner: Markus Wick, Andreas Peschke, Samuel Bareis (FWM); Ulrich Bareiß, Gerhard Ziegler, Oliver Rapp (Sicherheitscoaches)

3.6 Rindenschlitzen - motormanuelle Entrindung mit Motorsägenanbaugerät

Verfahrensbeschreibung

Nicht immer kann Fichtenholz in der Borkenkäferschwärmerperiode direkt aus dem Wald abgefahren werden. Dann muss es aber zumindest für Borkenkäfer unschädlich gemacht werden. Die streifenweise motormanuelle Entrindung - häufig auch als Streifen, Schlitzen oder Schälén bezeichnet - ist eine Methode der insektizidfreien Borkenkäferbekämpfung. Dazu gibt es für kleinere Holz mengen Anbaugeräte für Motorsägen. Das sogenannte Schälgerät wird anstelle der Führungsschiene an die Motorsäge montiert. Umbauarbeiten an der Kettensäge sind nicht notwendig, sofern die neuere Ausführung des Schälgeräts mit Kettenantrieb zum Einsatz kommt. Die Motorsäge treibt dann über eine Antriebskette die mit hobelmesserartigen Klingen bestückte Welle an, wodurch die Rinde in einem fräsenden Vorgang abgetragen wird. Auf Basis dieser altbewährten Technik wurden die Geräte in den letzten Jahren weiterentwickelt: federführend waren dabei Forstleute aus dem Nationalpark Bayerischer Wald. Sie haben eine spezielle Messerform entwickelt, welche die Rinde nicht komplett schält, sondern nur in Form von

Längsstreifen entfernt. Dabei handelt es sich also nicht um eine Entrindung im klassischen Sinn, man spricht in der Regel vom „Streifen“ oder „Schlitzen“ der Bäume. Die streifenweise Entrindung wird durch Austausch der vier standardmäßig verbauten Messer gegen solche mit veränderter Geometrie erreicht; das Grundgerät bleibt dabei unverändert. Wie auch bei der manuellen Entrindung mit einem Schälén müssen die Stämme vor dem Schlitzen mit dem Anbaugerät mit einer Motorsäge aufgearbeitet und entastet werden. Allerdings muss der Entastungsschnitt nicht derart sauber unter der Rinde angebracht werden, wie es für eine reibungslose Handtrindung notwendig wäre. Durch die fräsende Arbeitsweise der Geräte ist es auch möglich, einzelne kleinere Aststummel mit dem Entrindungsgerät zu entfernen. Da die Vorsatzgeräte das Eigengewicht der Motorsäge signifikant erhöhen (um etwa 2,5 kg), ist es empfehlenswert, die Stämme während des Entrindungsvorganges häufig zu drehen, um ein Aufliegen des Gerätes auf dem Stamm zu ermöglichen und somit nicht das gesamte Gerätegewicht bei der Arbeit tragen zu müssen.

Operationaler Arbeitsauftrag

Entrindung von vorbereiteten Fixlängen mittels Motorsägenanbaugerät mit Streifenmesser.

Arbeitsvorbereitung

Für die Entrindung mittels Schälgerät müssen die zu bearbeitenden Stämme entastet werden. Je nach Dimension empfiehlt es sich die Stämme in Fixlängen abzulängen, um sie für eine vollständige Bearbeitung mit dem Schälgerät manuell drehen zu können. In schwierigen Geländesituationen (z. B. in steilen Schutzwaldlagen) kann es sinnvoll sein z. B. durch Windwurf geworfene Bäume am Wurzelstock zu belassen und keine Ablängschnitte vorzunehmen. Bei der Entrindung kann dann eine Kombination aus motormanuellem Rindenschlitzen an der Stammoberseite und manueller Entrindung an der Stammunterseite angewendet werden.

Betriebsmittel Eder Schälgerät mit Kettenantrieb und Streifenmessern

- Antriebsmaschinen:
- Husqvarna 560 XPG
- Stihl MSA 300



Abb. 1: Eder Schälgerät mit Kettenantrieb und Streifenmessern im Einsatz an Husqvarna 560 XPG (Foto: T. Hase, LWF)



Abb. 2: Eder Schälgerät mit Kettenantrieb und Streifenmessern an Stihl MSA300 (Foto: T. Hase, LWF)

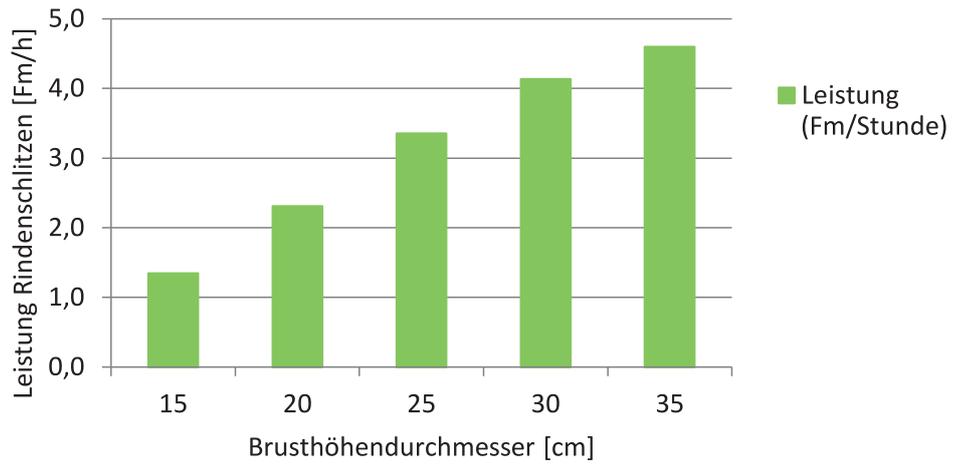
Zeitbedarf

- Je nach Durchmesser der bearbeiteten Bäume/Stämme zwischen 0,7 und 5,8 Fm/h
- Mittelwert: 3,2 Fm/h
- Die Zeiten beziehen sich ausschließlich auf das Rindenschlitzen ohne vorausgegangene Fällung und Aufarbeitung

Kosten

- Je nach Bundesland kann das Verfahren als „Bekämpfung rindenbrütender Insekten“ förderfähig sein
- Kalkuliert mit Kostensätzen des KWF

Grafik 1 Produktivität Rindenschlitzen



Beurteilung des Verfahrens

1. Erfolgskontrolle

Eine Erfolgskontrolle der Arbeitsgüte des Verfahrens ist optisch möglich. Wichtige Punkte sind dabei:

- Vollständige Bearbeitung der kompletten Mantelfläche aller Stämme (inkl. Unterseite)
- Schlitzen muss tief genug erfolgen, das heißt, die Rinde muss streifenweise bis auf den Holzkörper durchgeschlitzt sein.

2. Waldschutz

- Die Waldschutzwirksamkeit des Verfahrens nimmt ab, je später im Entwicklungszyklus des Borkenkäfers der Einsatz erfolgt:
- präventiv: sehr wirksam
- kurativ: wirksam; mit zunehmendem Entwicklungsstadium vom Ei zu Larven / Puppen geringfügig abnehmend, somit anwendbar bei weißen Stadien
- Voraussetzung für eine gute Waldschutzwirksamkeit ist eine fachgerechte und sorgfältige Ausführung des Arbeitsverfahrens.

3. Arbeitsschutz

- Vollständige PSA für den Motorsägeneinsatz, bestehend aus Helmkombination mit Gesicht- und Gehörschutz, Schnitenschutzhose, Schnitenschutzstiefel und Handschuhe
- Gefahrenbereich (10 m) vor und hinter dem arbeitenden Gerät. In diesem Bereich können Rinden- und Holzteile so-

Grafik 2 Kosten Rindenschlitzen

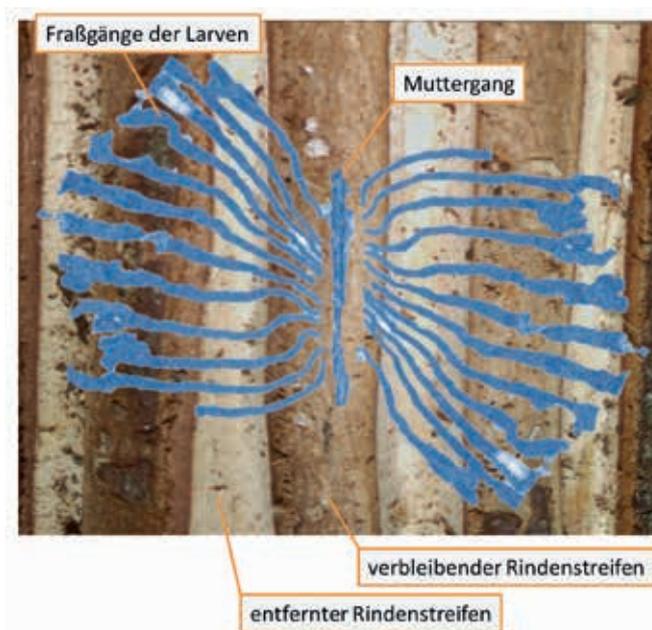
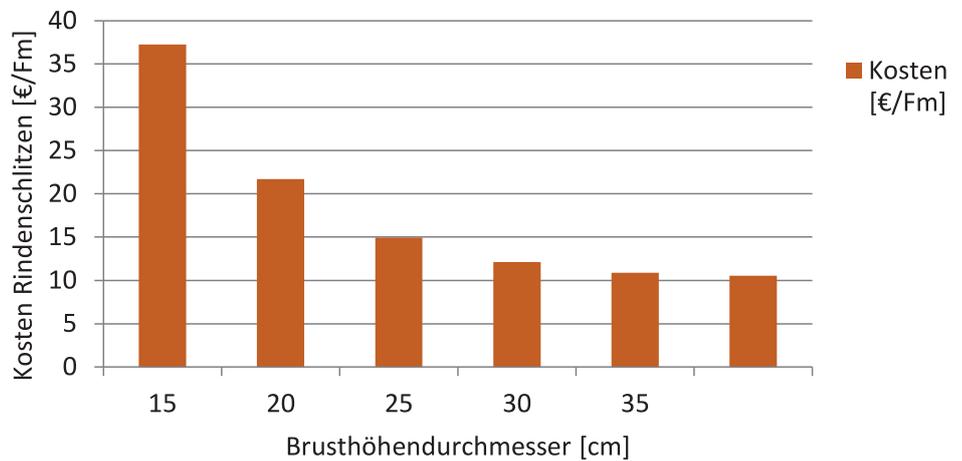


Abb. 3: Schematische Darstellung eines klassischen Fraßbildes des Buchdruckers an einem geschlitzten Stamm. Die Larvengänge verlaufen nahezu senkrecht zur Stammachse und werden durch das Schlitzen unterbrochen. (Foto: A. Hohenadl, LWF)

wie evtl. brechende Messer weggeschleudert werden.

4. Umweltverträglichkeit

- Synonym zu Standard-Motorsägeneinsatz
- Verwendung von Bio-Sägekettenöl und Sonderkraftstoff (Alkylatbenzin)
- Durch die streifenweise Entrindung wird bei Verbleib des Stammholzes auf der Fläche nicht allen an die Baumrinde gebundenen Organismen der

Lebensraum vollständig entzogen. Die Schaffung von Mikrostrukturen erleichtert bei Liegenlassen des Holzes als Totholz auch die Waldverjüngung.

5. Optimaler Einsatzbereich

- bei kleinflächigem und/oder zerstreut anfallendem Fichtenstammholz bzw. Borkenkäferschadholz
- in schwer zugänglichen oder nicht bringbaren Lagen, z. B.

Hanglagen oder vernässten Standorten

- Vorteile für Waldbau und Naturschutz: Borkenkäfer ist waldschutzwirksam bekämpft und das Holz kann, falls erwünscht, im Anschluss als liegendes Totholz verbleiben.

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft LWF - Bayerische Staatsforsten AÖR
Ansprechpartner: Andreas Hohenadl, LWF

3.7 Debarking Heads in der Praxis: Nährstoffe - Waldschutz - Logistik

Beim vorgestellten Verfahren handelt es sich um ein klassisches vollmechanisiertes Holzernteverfahren, das um einen Arbeitsschritt erweitert wird: Die Entrindung der Stämme durch den Harvester über ein für diese Aufgabe angepasstes Aggregat (siehe Funktiogramm). Dies hat folgende Vorteile:

- Die in der Rinde gebundenen Nährstoffe bleiben im Bestand und können die Resilienz der Waldbestände im Klimawandel verbessern.
- Rindenbrütenden Insekten (Buchdrucker, Kupferstecher, Tannenborkenkäfer) wird der Brutraum entzogen.
- In Kalamitätslagen entstehen zeitliche und räumliche Spielräume bei der Holzlogistik und der Vermarktung des Holzes.
- Ohne Rinde können pro Fuhre etwa 10% mehr Holzvolumen gerückt sowie später mit LKW zum Werk transportiert werden.
- Holz trocknet ohne Rinde schneller als mit Rinde: Die Pilzbesiedelung wird minimiert und durch die Gewichtsreduktion werden Mehrmengen beim Holztransport möglich.
- Bei Sortimenten mit energetischer Nutzung fallen 50% weniger Asche an. Die Verbrennung läuft dadurch vollständig, und

die Feinstaubemissionen sind geringer.

Verfahrensbeschreibung

Nach der Fällung wird der Baum ein- oder mehrmals in voller Länge durch das Aggregat gezogen. Durch die spezielle Bauform der Entrindungswalzen mit ihren schräg angebauten Stegen rotiert der gesamte Stamm um die eigene Längsachse. Dadurch erfolgt neben der Entastung auch die Entrindung. Das entrindete Holz kann anschließend wie nicht entrindetes Holz gerückt und gepoltet werden. Da die fehlende Rinde zu einer Senkung der Oberflächenreibung führt, sollten entrindete Stämme für den sicheren Transport zum Werk mindestens eine Woche liegen bleiben und an den Oberflächen trocken sein.

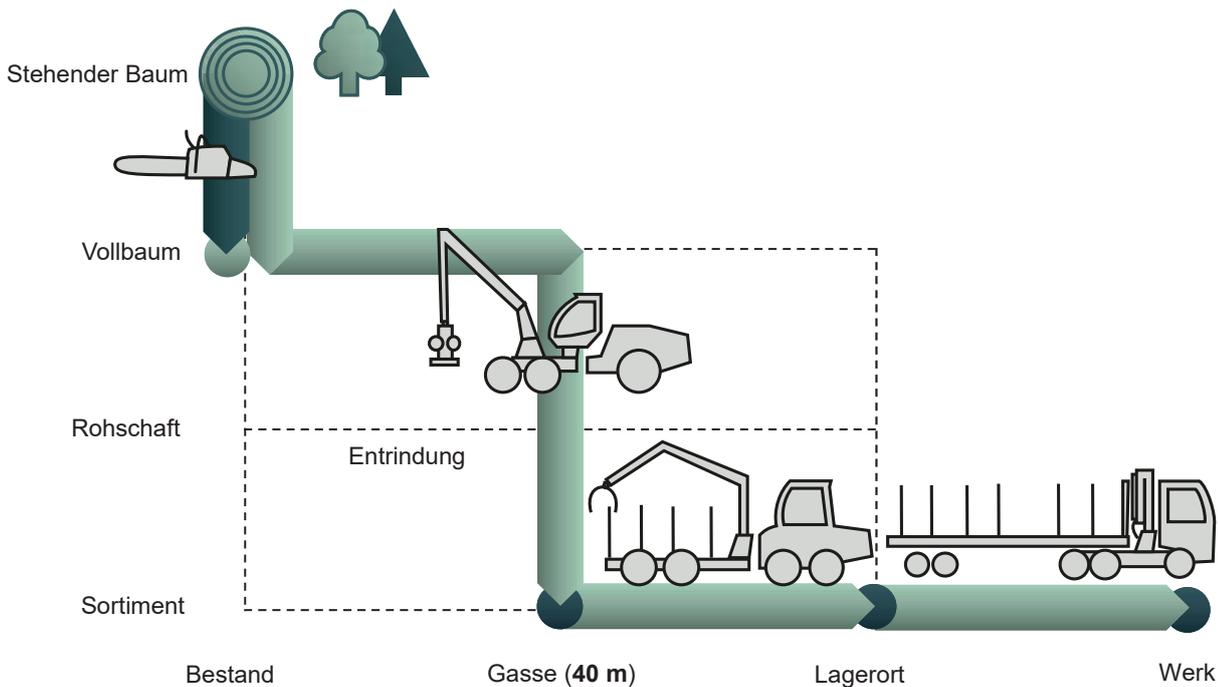
Wenn der Stamm schon bei der ersten Bewegung durch das Aggregat abgelängt wird, können auch Sortimente in Rinde ausgehalten werden. Je nach Zielsetzung können also verschiedene Baumarten entrindet oder nicht entrindet werden oder nur käferbefallene Stämme, gesunde nicht. Auch innerhalb eines Stammes ist es möglich, z. B. ein Erdstammstück in Rinde auszuhalten und die folgenden Längen zu entrinden.



Abb. 1: Debarking Head beim Entrinden einer Tanne in Frankreich

Arbeitsvorbereitung

Die Arbeitsvorbereitungen für das eigentliche Verfahren entsprechen denen einer regulären vollmechanisierten Holzernte. Großen Einfluss auf die Entrindungsqualität haben die Einstellungen des Harvesters, insbesondere die Walzendrücke. Deshalb sind diese Einstellungen besonders sorgsam vorzunehmen. Eine pauschale Aussage über die Höhe des Walzendrucks ist nicht möglich. Generell werden die Drücke jedoch stark reduziert, verglichen



mit einem normalen Harvester-Aggregat. Die Hersteller können zur Hilfe für den Anfang Erfahrungswerte für Eucalyptus oder Pinus radiata liefern. Vor jedem Einsatz muss also abhängig von Aggregat, Baumart, Durchmesser der Bäume, Witterungsbedingungen und Saftfluss die Maschine eingestellt werden.

Betriebsmittel

John Deere 1470 G; H270 Aggregat mit Entrindungswalzen

Zeitbedarf

Die Aufarbeitung des Stammes mit der zusätzlichen Entrindung durch das Harvesteraggregat dauert rund ein Drittel länger als die konventionelle Aufarbeitung mit einem Harvester. Eine genaue Prozentzahl ist schwierig anzugeben, denn viele Faktoren, die bereits Zeitbedarf und Arbeitsproduktivität bei einer regulären Aufarbeitung mit einem Harvester beeinflussen, wirken sich auch hier aus, beispielsweise die Vertrautheit des Fahrers mit der Maschine und dem Verfahren, die Geländeverhältnisse, die Tageszeit und Witterung, der Durchmesser/die Dimensionen der Bäume sowie ihre Formigkeit und Astigkeit. Besonders erwähnenswert sind folgende Einflussfaktoren:

- **Jahreszeit:** In den Versuchen hat sich herausgestellt, dass sich zur Saftzeit ein Entrindungsprozent von bis zu 100% (im Mittel 85%) für die Baumarten Fichte, Tanne und Kiefer erreichen lässt. Außerhalb der Vegetationszeit ließ sich die Rinde deutlich schlechter vom Stamm entfernen. Hier wurde eine Entrindung von nur rund 60-70% erreicht und gleichzeitig wurden höhere Beschädigungen des Holzkörpers verursacht. Bei Käferholz wurde in den Versuchen eine Entrindung von 80% erreicht.

Aber selbst bei 60% Entrindung außerhalb der Vegetationszeit kann eine Entrindung als Waldschutzmaßnahme interessant sein. Denn die bei den mehrmaligen Hin- und Retourfahrten des Aggregats flächig entstehenden Walzen drücke wirken mechanisch auf die Larven in den noch verbliebenen Rindenteilen ein und beeinträchtigen diese in ihrer Weiterentwicklung.

- **Formigkeit des Holzes:** Die Formigkeit hat großen Einfluss auf die Arbeitsproduktivität und die Entrindungsqualität. Bei starken Krümmungen werden Stammbereiche vor und nach der Krümmung nicht oder nur

schlecht von den Entastungsmessern erreicht.

- **Baumart:** Durch das Abschieben langer Rindenstreifen kann es vorkommen, dass sich Rindenstücke zwischen Stamm und Messrad schieben und somit die Längenmessung behindern. Die Messanlage verliert dann die Information, an welchem Teil des Stammes das Aggregat steht und welche Strecke seit dem letzten Nullschnitt zurückgelegt wurde. Dies kommt bei Kiefer, Buche und Eiche in der Saftzeit kaum vor, bei Fichten, Douglasien und Lärchen gelegentlich. Der Fahrer muss in diesem Fall den Stamm mit dem Aggregat neu greifen und einen neuen Nullschnitt setzen, damit die Messung von vorne beginnen kann. Zwar ist das Problem einfach zu lösen, dennoch kostet es Zeit und erhöht geringfügig den Kraftstoffverbrauch und den X-Holz-Anteil.

Kosten

Resultierend aus dem variierenden Zeitbedarf sind auch die Kosten nicht pauschal anzugeben. Die Ergebnisse aus den Untersuchungen beziffern bei der Entrindung mit entrindendem Harvesteraggregat die Kosten auf etwa 3,00

Tabelle 1: Ergebnisse aus den Versuchen in Frankreich und Deutschland

Land, Bezirk und Jahr	Harvester und Aggregat	Baumart	Ausscheiden-der Bestand	Zeitlicher Mehraufwand	Grad der Entrindung	Kommentar
Deutschland, Rheinland-Pfalz, 2019	Komatsu 931 XC mit Aggregat S132	Fichte	BHD 35 cm, 0,7 fm o.R./ Baum	30%	> 95%	Sommerversuch, 3 Überfahrten
Frankreich, Department Vogesen, 2022	Ponsse Ergo mit Aggregat H7	Tanne	BHD 22,3 cm, 0,42 fm o.R./ Baum	27%	87-100%	Sommerversuch, 3 Überfahrten
Frankreich, Department Vogesen, 2021	Ponsse Ergo mit Aggregat H7	Fichte	BHD 30,8 cm 0,85 fm o.R./ Baum	32%	72%	Winterversuch, 5 Überfahrten
Frankreich, Department Doubs, 2022	John Deere 1270G mit Aggregat H415D	Tanne	BHD 24,1 cm, 0,5 fm o.R./ Baum	40%	96%	Sommerversuch, 5 Überfahrten
Frankreich, Department Doubs, 2021	John Deere 1270G mit Aggregat H415D	Fichte	BHD 20,3 cm 0,25 fm o.R./ Baum	46%	60%	Winterversuch, 7 Überfahrten, bei Minustemperaturen

Erläuterung: Bei allen Versuchen wurden Teile von Durchforstungsflächen mit und ohne Entrindung bearbeitet. Der zeitliche Mehraufwand bezieht sich auf die Zeit, die mehr benötigt wird, wenn entrindet wird im Vergleich zur Aufarbeitung ohne Entrindung.

bis 6,00 €/Fm. Die Mehrkosten und notwendigen Mehraufwendungen ergeben sich u. a. aus den Umrüstkosten der Harvesteraggregate, der verfahrensbedingten geringeren Produktivität pro Maschinenarbeitsstunde gegenüber konventionellem Harvestereinsatz sowie dem damit einhergehenden höheren Kraftstoffverbrauch. Gegenübergestellt werden kann, dass die Entrindung von Holz zur Borkenkäferbekämpfung in Deutschland in der Regel über die Waldförderprogramme der Bundesländer finanziell ausgeglichen wird.

Beispielhaft sind in der nachfolgenden Tabelle zeitliche Mehraufwände und Grade der Entrindung aus verschiedenen Versuchen in Deutschland und Frankreich mit Aggregaten verschiedener Hersteller aufgeführt.

Die Ergebnisse sind insofern vergleichbar, dass der Holzeinschlag bei allen Versuchen abwechselnd in gleichförmigen Durchforstungsbeständen mit und ohne Entrindung durchgeführt wurde.

Beurteilung des Verfahrens

1. Erfolgskontrolle

Regelmäßige Kontrolle der Umsetzung der Zielvereinbarung, insbesondere: Sortimentsaushaltung, getrennte Ablage an der Rückegasse, vollständiges Rücken, Polterkontrolle

2. Waldschutz

- Bei den bisherigen Einsätzen wurden am Boden keine Schäden abweichend von Maßnahmen mit konventionellen Aggregaten festgestellt. Die Schäden am verbleibenden Bestand können bedingt durch die Manipulation des ganzen Stammes ansteigen, bleiben aber in einem durchaus akzeptablen Rahmen, zumal die betroffenen Stämme bei der nächsten Durchforstung entnommen werden können. Dennoch ist zu beachten, dass der Stamm in seiner ganzen Länge mehrfach durch das Aggregat gelassen wird. Der Platzbedarf ist somit größer als beim Einsatz konventioneller Aggregate, bei denen der Stamm unmittelbar nach dem Fällschnitt

in Sortimente geschnitten wird.

- Durch die Entrindung der Stämme nimmt ihre Oberflächenreibung ab. Dies muss bei der Rückung und für die Ladungssicherung beim Holztransport beachtet werden. Die Trocknung des Holzes kann ohne Rinde bis zu 45 % schneller erfolgen als mit Rinde.
- Durch den Einsatz von entrindenden Harvesterköpfen werden hohe Anteile der Rinde vom Stamm entfernt. Verbleibende Rindenanteile trocknen zudem schneller aus. Rindenbrütenden Insekten wird somit der Brutraum entzogen, die Weiterentwicklung und der damit einhergehende Ausflug der Insekten werden gehemmt.
- In Zeiten von erhöhtem Absatzdruck auf dem Holzmarkt, beispielsweise nach Windwurf oder Insektenkalamitäten, sind eine Insektizid-Behandlung oder andere Maßnahmen des Waldschutzes bei entrindetem Holz hinfällig. Der Wegfall des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln ermöglicht es, Vorgaben und Restriktionen einzuhalten, die für bestimmten

Waldflächen gelten. Zudem können für die Schutzmittel und deren Ausbringung Kosten eingespart und Fördermittel in Anspruch genommen werden.

3. Arbeitsschutz

- im Wesentlichen den Vorgaben und Verhältnissen eines regulären Holzernteverfahrens mit Harvester entsprechend
- höhere Beanspruchung des Harvesterfahrers (aufwändigerer Aufarbeitungsprozess, erhöhte Aufmerksamkeit zum Schutz des verbleibenden Bestandes und der Verjüngung erforderlich, zusätzliche zu erlernende Bedienfunktion)

4. Umweltverträglichkeit

- Verringerung des Nährstoffausstrages bei der Holzernte durch Belassen der Rinde im Bestand
- eventuell Erhöhung des Schadensrisikos im verbleibenden Bestand, da der Baum mehrmals in voller Länge im Bestand manipuliert wird; möglicherweise erhöhte Schäden an der Verjüngung
- Befahrungsschäden entsprechen denen des konventionellen Harvestereinsatzes
- verfahrensbedingte Erhöhung des Kraftstoffverbrauchs je Festmeter (bei den Versuchen in Frankreich mit John Deere): 11-13 % mehr pro Stunde, ca. 26 €/Tag Mehrkosten beim Holzeinschlag). Bezogen auf die gesamte Holzernte wird der Mehrverbrauch des Harvesters relativiert durch geringere Volumina und Massen bei Rücken und Transport des entrindeten Holzes.

5. Prozessorientierung

- entspricht den Vorgaben und Verhältnissen eines regulären Holzernteverfahrens mit Harvester

6. Wirtschaftlichkeit

- Mehrere Vorteile wie die erhöhte Nährstoffnachhaltigkeit und die Spielräume bei Kalamitätslagen sind stark von der jeweiligen Ausgangslage abhängig und kaum monetär zu beziffern.

Daher ist eine abschließende wirtschaftliche Beurteilung des Verfahrens schwierig.

- Entrindungskosten beim Einsatz von Debarking Heads liegen weit unter denen manueller Entrindung oder des Einsatzes von mobilen Entrindungsmaschinen.
- Das Verfahren erfordert keine zusätzliche Organisation von Arbeitsschritten bei der Ernte, Lagerung und Logistik von Holz

durch den Auftraggeber, was insgesamt Zeit und Aufwand einsparen kann.

Fakultät Wald und Forstwirtschaft der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT) [1]; Französische Staatsforsten (ONF) [2]; Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V. (KWF)

Ansprechpartner: Stefan Wittkopf [1], Erwin Ulrich [2]

TECHNIK

JOHN DEERE 1470 G

Gewicht	Betriebsgewicht 6WD: ab 24.720 kg
Motor	Leistung 200 kW / 272 PS bei 2.000 U/min
Kran	John Deere 7117 Parallelkran aus Hubarm und Wipparm, kurzer Kransäule und 1-stufigem Teleskop

H270 II AGGREGAT MIT ENTRINDUNGSWALZEN

Gewicht ohne Rotator	ab 1.310 kg
Länge der Entastungseinheit	1.585 mm
Breite mit geschlossenem Aggregat	1.075 mm
Max. Fäll-/Ablängdurchmesser	650 mm
Kettengeschwindigkeit	40 m/s
Max. Vorschubgeschwindigkeit	6 m/s
Max. Vorschubkraft	31,1 kN
Entastungsmesser	4 bewegliche, 1 schwimmend gelagertes und 1 feststehendes Messer
Mess- und Steuersystem	Timbermatic H16
Zusatzausrüstung	entrindende Vollstahl-Vorschubwalzen von MenSe



3.8 Einsatzspektrum Rückepferde

Möglichkeiten und Grenzen für einen effizienten, pfleglichen und zeitgemäßen Einsatz von Rückepferden in der teilmechanisierten Holzernte

In der teilmechanisierten (Erst-) Durchforstung verbleibt bei einer Feinerschließung mit 40 m Rückegassenabständen ein nicht kranerreichbarer Mittelblock, der motormanuell bearbeitet werden muss. Die schwachen bis mittelstarken Bäume werden mit einem seilgebundenen Verfahren gefällt und dickkörtig zur Gasse vorgerückt. Das Vorrücken mit Seil kann mithilfe verschiedener Arbeitsmittel durchgeführt werden. Gegenüber der konventionellen Möglichkeit eines Seilschleppereinsatzes bietet eine funkferngesteuerte Vorrückeraupe mit Seilwinde den Vorteil einer hohen Zugkraft bei einem vergleichsweise geringen Bodendruck. Darüber hinaus kann das Vorrücken von Vollbäumen mit geringem Stückvolumen ein Betätigungsfeld für den Einsatz von Rückepferden in der professionellen Waldarbeit darstellen. Das Pferd kann sich im Gegensatz zu einer Rückemaschine abseits der Feinerschließung im Bestand bewegen, da hierbei keine irreversiblen Auswirkungen durch Verdichtung des Waldbodens zu erwarten sind.

Untersuchung

In einer Untersuchung der FVA Baden-Württemberg, in die zwei Abschlussarbeiten an der Professur für Forstliche Verfahrenstechnik der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg eingebunden waren, wurden die beiden Varianten „Vorrücken mit Pferd“ und „Vorrücken mit Vorrückeraupe“ hinsichtlich ihrer Produktivität und ihrer Pfleglichkeit für den verbleibenden Bestand untersucht und bewertet. Unterschiede zwischen den Arbeitssystemen wurden herausgearbeitet und beurteilt. Zudem wurden die Auswirkungen auf die nachgelagerte maschinelle Aufarbeitung erfasst und bewertet. Die vorliegende Beschreibung basiert auf den Erkenntnissen aus dieser

Untersuchung mit entsprechenden Ausarbeitungen sowie einer Masterarbeit [2] und einer Bachelorarbeit [1].

Rahmenbedingungen

Die Untersuchungsflächen wiesen folgende Merkmale auf:

- im Durchschnitt 20-jährige Fichten-Stangenhölzer mit Anteilen von Laubholz und anderen Nadelholzarten
- partiell vorgepflegte Flächen mit 1.300 bis 3.100 Bäumen/ha
- befahrungsempfindliche Lehmböden
- Bestände eben oder mit geringem Gefälle und gut zugänglich (wenig Brombeere, keine Blocküberlagerung)

Bei der Untersuchung des Verfahrens wurden bereits vor der Bearbeitung des Mittelblocks mit dem Vollernter die Kranzone durchforstet und die Feinerschließung ergänzt. Dementsprechend konnten Mensch und Pferd sich gut im Bestand orientieren und bewegen. In den dichter bestockten und nadelholzreicheren Bestandesteilen mussten allerdings auch ausgeprägte Totastbereiche durchquert werden.

Verfahrensbeschreibung

- Der Entnahmebaum wird motormanuell mit Fallkerb und negativer Bruchstufe vorbereitet und entgegen der Vorrückrichtung angelehnt.
- Anschließend wird das Rückepferd in Laufrichtung vor dem vorbereiteten Baum positioniert, sodass die pferdeführende Person eine Chokerkette am Stammfuß befestigen kann.
- Auf Zuruf erfolgt das Abziehen des Baumes vom Stock und der Vollbaum wird, sofern Stückvolumen und Astigkeit die Zugkraft des Pferdes nicht überschreiten, zur Rückegasse vorgerückt. Andernfalls besteht die Möglichkeit, sperrige Äste

motormanuell zu entfernen oder den Vollbaum einzuteilen, um ihn in mehreren Durchgängen vorzurücken.

- Auf der Rückegasse wird die Last abgehängt und das Pferd für den nächsten Vorrückevorgang gewendet.
- Zwischenzeitlich wird der nächste Baum im Mittelblock zur Fällung vorbereitet. Je nach Stückvolumen und Verortung der Bäume entlang der Vorrückelinie können auch mehrere Vollbäume gemeinsam vorgerückt werden.

Auswirkungen des Vorrückens auf die maschinelle Aufarbeitung

Die Arbeitsweisen der beiden Vorrückemittel Pferd und Vorrückeraupe unterscheiden sich u. a. in der Bündelung und der Art der Ablage der Vollbäume im Bereich der Rückegasse. Für einen umfassenderen Vergleich der Verfahren wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit [1] geprüft, inwiefern sich die Unterschiede in der „Vorrückqualität“ auf den nächsten Arbeitsschritt der maschinellen Aufarbeitung der Vollbäume auswirken.



Abb. 1: Anbinden der Last
(Foto: FVA Baden-Württemberg)

Arbeitsauftrag

- Einführung und Erkenntnisse zum Arbeitsverfahren
- Praxisdemo pflegliches Vorrücken von Vollbäumen mit Rückepferd

Arbeitsvorbereitung

- Überprüfung und Ergänzung der Feinerschließung
- Markierung von Z-Bäumen und ausscheidendem Bestand
- Festlegung der Sorten und Einschätzung der anfallenden Massen
- Abwägung, ob ein oder zwei Durchgänge mit dem Vollernter erforderlich sind
- *Ein Durchgang*: Beginn mit Vorrücken aus Mittelblock und nachgelagerte maschinelle Bearbeitung der Kranzone sowie Aufarbeitung der Vollbäume aus Mittelblock; die vorhergehende Anlage der Feinerschließung ist für den Einsatz von Rückepferden nicht immer erforderlich
- *Zwei Durchgänge* (wie im vorliegenden Beispiel): Beginn mit maschineller Anlage/Ergänzung der Rückegassen und Bearbeitung der Kranzone, anschließend Vorrücken der Vollbäume aus Mittelblock mit nachgelagerter maschineller Aufarbeitung
- Örtliche Einweisung der Forstwirtinnen und Forstwirte und Pferdeführerinnen und Pferdeführer durch die Revierleitung zusätzlich zum schriftlichen Arbeitsauftrag
- Sicherstellung der Rettungskette durch Anwesenheit von mind. 3 Personen am Arbeitsort, d. h. zum Beispiel Einsatz von 2 Arbeitsteams auf benachbarten Flächen

Betriebsmittel

- Je Team Ausrüstung für (Schwach-)Holzernte: leichte Motorsäge mit kurzer Schiene, Fällheber, Werkzeuggürtel mit Hebehaken, Rollmaßband und Kluppe
- Persönliche Schutzausrüstung (PSA) für Forstwirtinnen und Forstwirte und Pferdeführerinnen und Pferdeführer

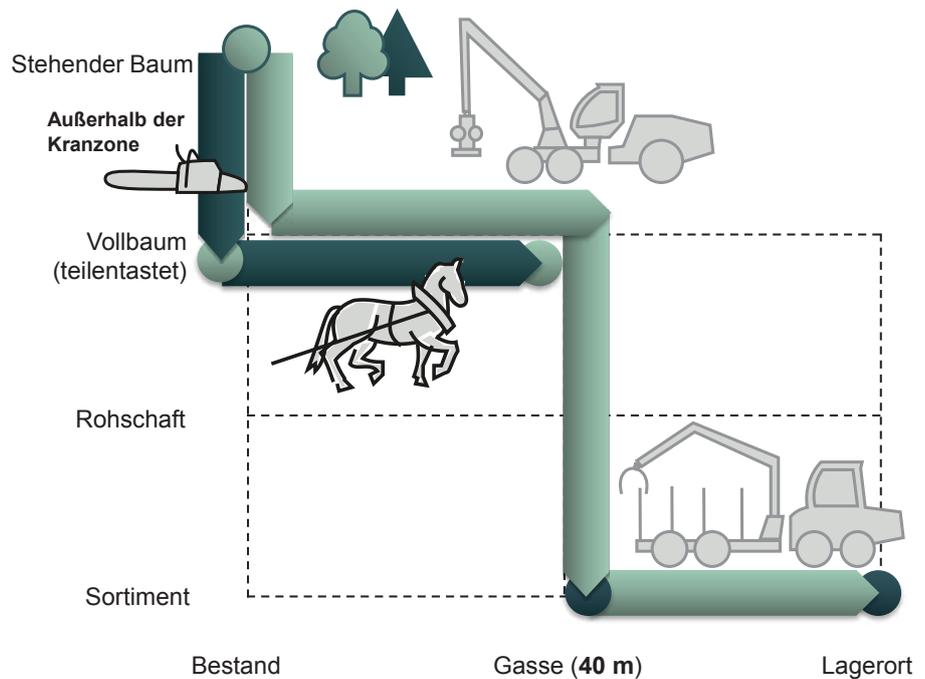


Abb. 2: Funktionsdiagramm (Grafik: M. Grill, 2021)

- Je Team 1 bis 2 Rückepferde mit Ausrüstung: Pferdegeschirr mit Rücken- und Bauchgurt, Stranghalter, Schweifriemen, Zaumzeug, Ortscheit, Zugstränge, Zügel, Rücke-/Chokerketten

Arbeitsproduktivität

Vorrücken aus dem Mittelblock

Wie aus Abb. 3 hervorgeht, lag das mittlere Stückvolumen der 64% einzeln mit Pferd vorgerückten Vollbäume bei 0,11 Fm o. R. In 16% der Fälle wurden

mehrere Vollbäume oder Baumteile mit noch geringerem Stückvolumen von durchschnittlich 0,05 Fm o. R. gemeinsam vorgerückt. Insgesamt 15% der Vollbäume wurden zugefällt. Hierbei handelte es sich beispielsweise um Weichlaubholz oder großkronige Buchen mit vergleichsweise höherem Stückvolumen von durchschnittlich 0,18 Fm o. R. In einzelnen Fällen wurden die Vollbäume aufgrund ihres Stückvolumens von im Mittel 0,3 Fm o. R. oder

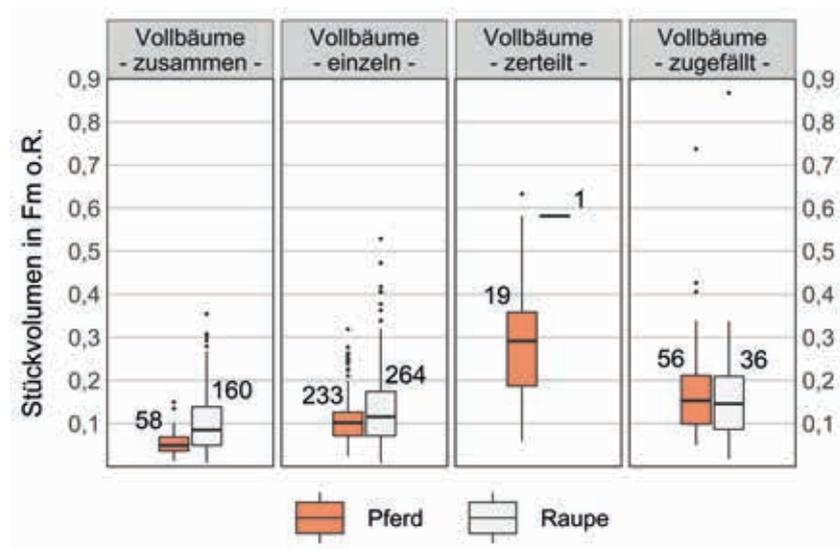


Abb. 3: Stückvolumen der vorgerückten und zugefallenen Bäume bei Pferd und Vorrückeraupe (Grafik: M. Huber, 2021)

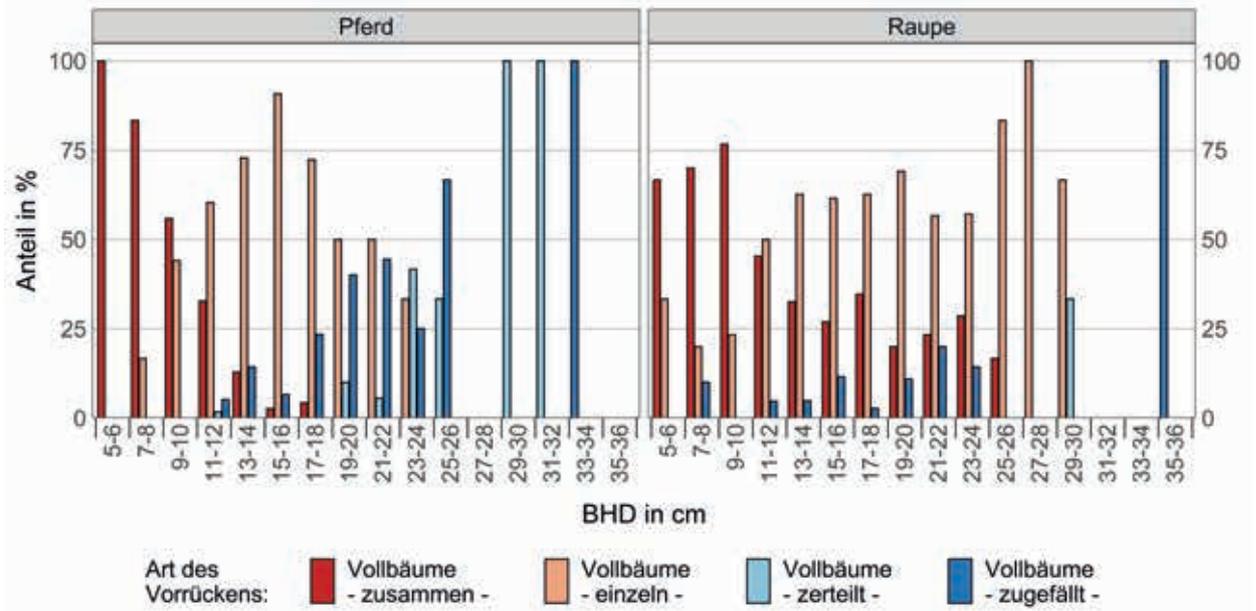


Abb. 4: Einsatzspektrum nach Art des Vorrückens mit Zufällen in BHD-Klassen für Pferd und Vorrückeraupe (Grafik: M. Huber, 2021)

Astigkeit zunächst eingeteilt und dann einzeln vorgerückt.

Folgende Unterschiede zwischen den Vorrückesystemen konnten festgestellt werden:

Vorrücken: Das Pferd rückte 69% der Vollbäume einzeln oder zerteilt vor und nur 16% der Bäume gebündelt, die Vorrückeraupe rückte 57% der Vollbäume einzeln vor und in 35% der Fälle zwei oder mehr Vollbäume gemeinsam.

Zufällen: Auf den Untersuchungsflächen des Pferdes wurden 15% der Bäume zugefällt im Vergleich zu 8% bei der Raupe. Da es sich hierbei in vielen Fällen um stärkere Bäume handelte, kann dies als Hinweis auf die begrenzte Zugkraft des Pferdes gewertet werden.

Abb. 4 veranschaulicht anhand der prozentualen Verteilung der verschiedenen Vorrückesystemen nach BHD-Klassen das Spektrum der Einsatzmöglichkeiten für Pferd und Vorrückeraupe.

Mit zunehmendem BHD nahm beim Rückepferd das gebündelte Vorrücken mehrerer Bäume ab, während das Vorrücken einzelner Bäume zunahm und die höchsten Anteile in einem BHD-Bereich von 11 bis 22 cm aufwies. Ab einem BHD von 25 cm wurden die Bäume im Rahmen der Untersuchung entweder zerteilt vom Pferd vorgerückt oder zugefällt.

Da die Vorrückeraupe in ihrer Zugkraft weniger begrenzt ist, fand das Vorrücken gebündelter und einzelner Vollbäume auch in höheren BHD-Klassen statt. Sowohl für das Pferd wie auch für die Vorrückeraupe visualisiert die Grafik die Vorgehensweise unter den beschriebenen Versuchsbedingungen, welche unter anderen Rahmenbedingungen hiervon abweichen kann.

Die unterschiedliche Vorgehensweise beim Vorrücken mit Pferd und Vorrückeraupe hat Auswirkungen auf die Vorrückeleistung:

- Während beim Vorrücken einzelner Vollbäume mit Pferd und Vorrückeraupe mittlere Leistungen von 1,88 bzw. 3,34 Fm o.R./Stunde Gesamtarbeitszeit (GAZ) erzielt wurden, lag die Leistung für zusammen vorgerückte Vollbäume bei 1,66 bzw. 3,42 Fm o.R./Stunde GAZ
- Bei zerteilt vorgerückten Bäumen konnte mit dem Pferd eine mittlere Leistung von 1,34 Fm o.R./Stunde GAZ erzielt werden und bei der Vorrückeraupe von 3,32 Fm o.R./Stunde GAZ
- Die mittlere Leistung für Zufällen lag bei dem Arbeitssystem Pferd bei 1,93 Fm o.R./Stunde GAZ und bei der Raupe bei 5,75 Fm o.R./Stunde GAZ
- Die durchschnittliche Gesamt-

leistung betrug 1,61 Fm o.R./Stunde GAZ bei dem Pferd und 3,29 Fm o.R./Stunde GAZ bei der Vorrückeraupe.

Um bei der Berechnung durchschnittlicher Vorrückeleistungen der Arbeitssysteme Verzerrungen durch den unterschiedlichen Zeitbedarf bei der Fällung und Vorbereitung der Bäume zu vermeiden, wurden diesbezügliche Differenzen weitgehend rechnerisch angeglichen.

In Tab. 1 sind Durchschnittswerte für Arbeitsproduktivität und Kosten für das Vorrücken mit Pferd und Vorrückeraupe dargestellt. Den insgesamt geringen Stückvolumen entsprechend liegt die Produktivität für beide Systeme in einem erwartbar niedrigen Bereich.

Einfluss des Vorrückens auf die maschinelle Aufarbeitung

Im Rahmen einer Bachelorarbeit [1] wurde untersucht, inwiefern die Arbeitsweise des Vorrückesystems einen Einfluss auf die anschließende maschinelle Aufarbeitung der Vollbäume hat. Die Lage der Vollbäume nach dem Vorrücken mit Pferd und Vorrückeraupe wurde in der Untersuchung anhand verschiedener Kriterien unterschieden und in „Vorrückequitäten“ eingeteilt. Die Kriterien traten einzeln oder in Kombi-

nation auf. Neben der Anzahl der beieinanderliegenden Vollbäume wurden Hindernisse (H) wie angrenzende Bäume oder Stubben erfasst. Eine für den Vollernter gerade noch erreichbare Ablage von Vollbäumen in größerer Distanz zum Gassenrand wurde mit Entfernung (E) dokumentiert. Lag mehrere Vollbäume aufgrund des gemeinsamen Vorrückens mit ihren Stirnflächen bündig aufeinander, wurde ein B vergeben. Die prozentualen Anteile der verschiedenen Vorrückequivalenten nach Vorrückesystem sind in Abb. 5 dargestellt. In den Arbeitsblöcken des Pferdes wurden insgesamt 65% der Vollbäume einzeln abgelegt, und davon in knapp 9% der Fälle mit Hindernis und/oder mit Entfernung zur Rückegasse.

Auch in den Arbeitsblöcken der Vorrückeraupe wurden mit 52% gut die Hälfte der Vollbäume einzeln und davon in 14% der Fälle mit Hindernis abgelegt. Bei den vorkonzentriert an der Rückegasse liegenden Vollbäumen zeigte sich die unterschiedliche Zugkraft von Pferd und Vorrückeraupe bei der Anzahl der Bäume, die beim Pferd nicht über drei hinausging. Eine an den Stirnflächen der Vollbäume bündige Ablage zeigte sich systembedingt häufiger bei der Vorrückeraupe.

Auswirkungen auf die Produktivität der maschinellen Aufarbeitung lassen sich aus Abb. 6 entnehmen. Ausgehend von einer Datengrundlage, die um Zeiten für Umsetzen, Vollernterfällungen sowie von Pferd und Vorrückeraupe gemeinsam bearbeiteten Rückegassen bereinigt wurde, konnten für den Vollernter mittlere Aufarbeitungszeiten nach Vorrückesystem ermittelt werden. Dabei fielen die Positionierungszeiten beim Pferd mit durchschnittlich 8,3 Sekunden je Baum etwas höher aus als bei der Vorrückeraupe mit 7,4 Sekunden je Baum. Dies könnte auf die überwiegend entzerzte Ablage der Vollbäume zurückzuführen sein, die ein häufigeres Positionieren des Vollernters erforderte. Das Manipulieren wiederum lag mit durchschnittlich 1,1 Sekunden je Baum beim

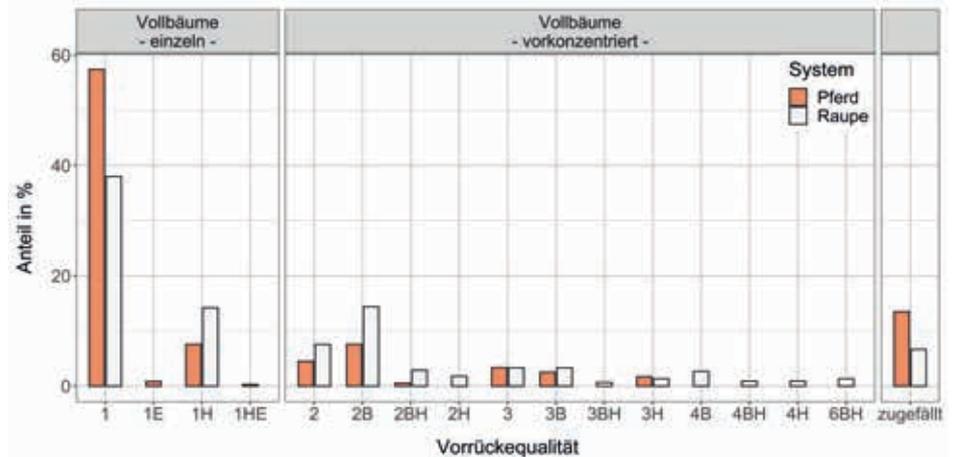


Abb. 5: Vorrückequivalenten nach Anzahl der beieinanderliegenden Bäume und Art der Ablage (B = bündige Ablage, E = Entfernung, H = Hindernis) mit Zufällen nach Vorrückesystem (Grafik: M. Risle-Jung, 2021)

Pferd unter den Werten der Vorrückeraupe mit 2,3 Sekunden je Baum. Allgemein mussten die vom Pferd vorgerückten Bäume seltener manipuliert werden. Allerdings erwies sich die Manipulation von zufälligen Bäumen und Laubbäumen als aufwendig. Bei der Vorrückeraupe erforderte die bündige Ablage mehrerer Vollbäume regelmäßig Manipulationsarbeit. Die Aufarbeitungszeit lag beim Pferd mit 27 Sekunden je Baum im Mittel etwas unter dem Wert von 30,4 Sekunden je Baum bei der Vorrückeraupe.

Unklar ist, inwiefern dieser Unterschied auf das etwas schwächere Stückvolumen der Bäume in den Arbeitsfeldern des Pferdes zurückzuführen ist. Auch der Einfluss von Hindernissen und entfernt zum Gassenrand abgelegten Vollbäumen zog einen erhöhten Zeitbedarf nach sich. Unter Berücksichtigung von Allgemeinen Zeiten (AZ) in Höhe von 15 Prozent lag die Gesamtarbeitszeit (GAZ) für die maschinelle Aufarbeitung der vom Vorrückesystem Pferd vorgerückten und zufälligen Vollbäume bei 41,8 Sekunden je Baum. Bei der Vorrückeraupe betrug die GAZ 46 Sekunden je Baum. Damit ergibt sich in der Aufarbeitungszeit je Baum eine Differenz von neun Prozent zu Gunsten des Vorrückesystems Pferd.

Da sich die vom Vollernter erfassten Aufarbeitungsvolumen nicht exakt den Vorrückesystemen

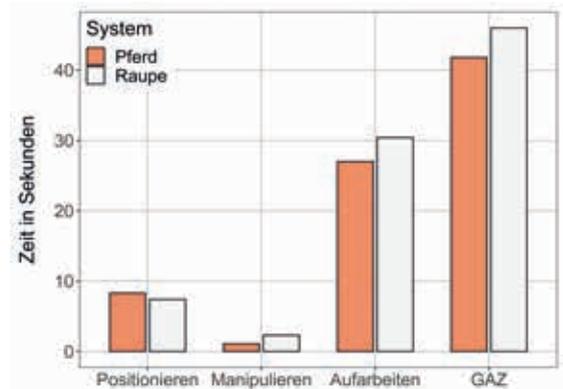


Abb. 6: Mittlere Zeiten der Arbeitsablaufabschnitte der Vollernteraufarbeitung für Positionieren, Manipulieren, Aufarbeiten und Gesamtarbeitszeit je Baum nach Vorrückesystem (Grafik: M. Risle-Jung, 2021)

zuordnen ließen, ist eine Auswertung der Arbeitsleistung des Vollernters nur auf Ebene der Stückzahl möglich. Dementsprechend lässt sich die Produktivität des Vollernters nicht in einer Festmeterleistung ausdrücken. Es ist davon auszugehen, dass sich Einzelbaumvolumen und Eingriffsstärke bei der Durchforstung individuell auf die Vorrückequivalenten bei Pferd und Vorrückeraupe auswirken, und damit auf die Aufarbeitungsleistung des Vollernters.

Kosten

Die Berechnung der Arbeitskosten erfolgt für das Vorrücken mit der Vorrückeraupe im Anhalt an den Tarifvertrag zur Regelung der Arbeitsbedingungen von Beschäftigten in forstwirtschaftlichen Verwaltungen, Einrichtungen und

Betrieben der Länder (TV-L-Forst). Es wird mit einem gerundeten repräsentativen Zeitlohn kalkuliert.

Die Kosten für die Vorrückeraupe wurden in Anlehnung an das KWF Kalkulationsschema ermittelt. Die Kostensätze für das Vorrücken mit dem Pferd wurden im Rahmen der Untersuchung anhand von individuell ermittelten festen und variablen Kosten hergeleitet und bemessen sich an einem Arbeitsumfang des Pferdes von ungefähr 700 Einsatzstunden im Jahr. Alle weiteren Kostensätze wie Motorsägenentschädigung, Umsetzen etc. entsprechen den Vorgaben des KWF von 2021.

Beurteilung des Verfahrens

1. Erfolgskontrolle

- Untersuchung der Pflughaltung der Hiebsmaßnahme am verbleibenden Bestand und an der Naturverjüngung.
- Hiebsabnahme durch die zuständige Revierleitung.

2. Waldschutz

- Eine zeitnahe Abfuhr der Nadelholzsortimente verringert Waldschutzrisiken.
- Die maschinelle Aufarbeitung der Krone ermöglicht Aushaltung von Industrieholzsortimenten mit geringem Zopfdurchmesser. Die Restgipfel werden vom Vollernter entastet, sodass das Forstschutzrisiko minimiert ist.
- Gipfel können entweder zur Armierung der Rückegassen genutzt oder als Hackrohholz aus dem Bestand gebracht werden.

3. Arbeitsschutz

- Ein zentrales Augenmerk bei der vorliegenden Untersuchung lag auf einem im Sinne des Tierwohls vertretbaren Einsatzbereich für das Rückepferd. Dementsprechend bietet sich das Vorrücken von Vollbäumen bei frühen Durchforstungen mit geringen Stückvolumen an. Im Rahmen der Untersuchung konnte das mittlere Stückvolumen von 0,12 Fm in der Regel problemlos und ohne erkenn-

Tabelle 1: Arbeitsproduktivität und Kosten 2021

Verfahren		System Pferd	System Raupe
Ausscheidender Bestand (vorgerückte und zugefällte Bäume)	Efm o.R./Baum	0,12	0,13
	BHD cm m.R.	15,2	15,7
Durchschnittliche Vorrückentfernung	Entfernung in m	15,3	15,7
Arbeitsproduktivität			
Motormanuelle Arbeiten und Vorrücken (vorgerückte und zugefällte Bäume) (GAZ)	Fm/Std.	1,61	3,29
Anteil AZ an GAZ	%	30	20
Kosten			
Motormanuelle Arbeiten	€/Fm	19,54	9,59
MS-Geld (Laufzeit 46%)	€/Fm	2,60	1,27
Vorrücken	€/Fm	40,07	25,14
Gesamtkosten	€/Fm	62,21	36,00
Kostensätze			
	Arbeitsmittel in €/PAS bzw. €/MAS	Lohn + LNK €/Std.	Umsetzen in €/PAS bzw. €/MAS
Motormanuelle Arbeiten		31,50	
Vorrücken mit Pferd	19,00	42,00	3,60
Vorrücken mit Raupe	43,00	36,00	3,60

Motorsäge		
Gesamtlaufstunde	9,1 €/Std.	KWF-Vorgabe
MS-Geld pauschaliert 46% je Arbeitsstunde Holzernte	4,19 €/Std.	

bare Anstrengung durch das Pferd vorgerückt werden. Es war kein untätiger Wechsel des Arbeitstiers erforderlich, da zum einen keine Arbeit an der Leistungsgrenze stattfand und zum anderen der Arbeitsablauf regelmäßige Unterbrechungen und damit Erholpausen für das Pferd ermöglichte. Problematische Bäume konnten entweder zugefällt oder für das Vorrücken geteilt werden.

- Das langjährige Expertenwissen beim Pferderücken der Pferdewirtschaftsmeisterin Christel Erz und die in dieser Arbeitsstudie gemachten Beobachtungen geben hinlängliche Hinweise auf den Einsatzbereich für das Vorrücken durch geschulte Rückepferde in der

Nadel- und Laubholzdurchforstung. Danach ist das Vorrücken von Vollbäumen bis zu einem BHD von etwa 20 cm in der Regel problemlos möglich. Eine obere Grenze für die Dauerbelastung dürfte bei durchschnittlich 25 cm BHD erreicht sein. Einzelne stärkere Bäume können durch Sortenschnitte in Abschnitten vorgerückt werden. Das gleiche gilt für besonders sperrige, starkastige Bäume. Im Einzelnen ist dies von den individuellen Voraussetzungen der eingesetzten Rückepferde und einer engen Zusammenarbeit mit der pferdeführenden Person abhängig.

- Beim Vorrücken mit Pferd ist kein händischer Seilauszug erforderlich.

4. Umweltverträglichkeit

- Hohe Bestandesspfleglichkeit bei allen Arbeiten: Die Bestandesschäden wurden im Rahmen der Untersuchung in mehreren Durchgängen mit einem Stichprobenverfahren für den Arbeitsschritt des Vorrückens sowie das Gesamtverfahren erhoben. Das Vorrücken mit dem Pferd ergab ein sehr geringes Schadprozent von 0,4 % bei einem Entnahmeprozentsatz von 9,7 %.
- Auch beim Vorrücken mit der Vorrückeraupe entstanden nur 1 % Schäden bei einem Entnahmeprozentsatz von 9,1 %. Einschließlich der Schäden, die auf die Arbeiten des Vollernters und des Rückens zurückzuführen sind, ergaben sich auf den Untersuchungsflächen des Pferdes Bestandesschäden in einer immer noch sehr geringen Größenordnung von 1,8 % und auf den Flächen der Vorrückeraupe ebenfalls geringe 2,0%. Ein Unterschied besteht zwischen den untersuchten Verfahren hinsichtlich der An-

zahl der technischen Entnahmen beim Vorrücken: Während in den Untersuchungsflächen des Pferdes zusätzlich zu den Entnahmebäumen 11 weitere Bäume (3,1%) gefällt wurden, um Schäden beim Vorrücken zu vermeiden, bezifferte sich der Anteil der technischen Entnahmen bei der Vorrückeraupe auf 48 Bäume (10,6%).

- Hinsichtlich der Bodenpfleglichkeit müssen im Vergleich von Rückepferd und Vorrückeraupe verschiedene Aspekte berücksichtigt und abgewogen werden:
- Keine irreversible Bodenverdichtung durch Rückepferd zu erwarten
- Beschädigung der organischen Auflage des Oberbodens durch Schleifspuren beim seilgebundenen Vorrücken von Vollbäumen möglich
- Befahrung und gegebenenfalls Fahrspuren durch Kettenfahrzeug der Vorrückeraupe im Bereich der Rückegasse
- Ausreichende Tragfähigkeit des Untergrunds als wichtige Vor-

aussetzung für den Pferdeinsatz

- Auch wenn noch keine vollständige Ökobilanzierung erfolgt ist, ist es dennoch wichtig darauf hinzuweisen, dass die eingesetzte Vorrückeraupe nur mit fossilem Treibstoff funktioniert, während dieses bei Rückepferden entfällt.

5. Prozessorientierung

Es handelt sich um ein gelöstes Verfahren. Eine ausreichende zeitliche Entzerrung von Vorrücken und anschließender maschineller Aufarbeitung ist sinnvoll, um die arbeitenden Menschen und Tiere nicht unter Druck zu setzen.

6. Einsatzbereich

Sowohl bei ausschließlicher Betrachtung des Vorrückens als auch bei Miteinbeziehung der anschließenden maschinellen Aufarbeitung der Vollbäume mit dem Vollernter stellt sich der Einsatz der Vorrückeraupe trotz höherer Stundensätze als wirtschaftlicher gegenüber dem Pferdeinsatz dar. Bei diesem Kostenvergleich han-



Wicki Forst Raupe 50.6B [3] (Foto: FVA Baden-Württemberg)

Technische Daten

Maße: Länge: 3.100 mm, Breite 1.700 mm
Gewicht: 2.600 kg
Motor: Lombardini Dieselmotor 50 PS
Fahrtrieb: Hydraulisch stufenlos 0-5 km/h
Fahrwerk: Gummiraupenfahrwerk, 400 mm breit, Bodendruck 0,16 kg/cm²
Bedienung: Alle Funktionen funkgesteuert, Funk Hetronic
Seilwinde: Adler EHY6, 6 Tonnen Zugkraft, eigene Ölversorgung
Seilaufnahme: 12 mm, 150 m
Heckschild: Hydraulisch doppelwirkend, Einzugsrolle höhenverstellbar



Schwarzwälder Kaltblut „Lee“ mit Ausrüstung (Foto: FVA Baden-Württemberg)

Lee: 9 Jahre, 740 kg
 Finn: 7 Jahre, 660 kg

- gut ausgebildetes Arbeitspferd mit entsprechender Kondition (mind. 5 Jahre alt)
- gut ausgebildete/r Fahrer/in
- gut verpasstes Arbeitspferdegeschirr komplett
- Ortscheit, 75-80 cm breit, mit verkürzbarer Rückekette

delt es sich jedoch nur um die Teilarbeitsfläche des Mittelblocks. Die übrige Fläche wird unabhängig vom Vorrückeverfahren mit dem Vollernter bearbeitet, was bei einer Gesamtbetrachtung der Kosten je Erntefestmeter die aufwändige und damit kostenintensive Bewirtschaftung des Mittelblocks wieder relativiert. Die Definition eines effizienten, pfleglichen und zeitgemäßen Einsatzspektrums für den Einsatz von Rückepferden in der teilmechanisierten Holzernte kann die Akzeptanz des Rückepferdes in der professionellen Waldarbeit erhöhen. Vor dem Hintergrund der vorgefundenen Rahmenbedingungen während der Untersuchung können aber auch Grenzen der Leistungsfähigkeit von Rückepferden allgemein und

gegenüber anderen Bringungssystemen, wie z. B. der Vorrückeraupe aufgezeigt werden.

Literaturhinweise

[1] Danzeisen, Marvin (2020): Der Einfluss des Vorrückens mit Raupe oder Pferd auf die vollmechanisierte Aufarbeitung. Bachelorarbeit an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Fakultät für Umwelt und natürliche Ressourcen. Unveröffentlicht.

[2] Wibbelt, Lena (2020): Mittelblockbewirtschaftung in Erstdurchforstungen - Vergleichende Arbeitszeitstudie von Rückepferd und Forstraupe. Masterarbeit an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Fakultät für Umwelt und natürliche Ressourcen. Unveröffentlicht.

[3] Wicki Forst AG (2019): Datenblatt 50.6 B Wicki Forst Raupe. www.wickiforst.ch/forstraupe/ (Zugriff am 4.12.2019).

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg und Rosnatour
Ansprechpartner: Frauke Brieger und Dr. Udo Hans Sauter

Exkursionsbild 3.8	
Bestand	Fichte (32-40), schwaches bis mittleres Baumholz
Standort	frisch, betont frisch
Boden	schluffiger Lehm über sandigem Lehm, tief- bis sehr tiefgründig
Bestockungsziel	WEZ 10: Ei mit BU, HBU

3.9 Forstliche Verfahren auf dem Prüfstand – Praxisversuche zum Bodenschutz bei der Waldbewirtschaftung

Methodenvorführung sowie Ergebnispräsentation (Projekte)

Im Spannungsfeld Bodenschutz
 Oft geht eine gewünschte Effizienzsteigerung bei der Waldbewirtschaftung mit einem verstärkten Maschineneinsatz und größeren Fahrzeugmassen bzw. höheren Nutzlasten einher. Diese nicht unumstrittene Tendenz ist für den Bodenschutz relevant. Allerdings verläuft der Entwicklungsfortschritt rasant, oft hinkt die Folgenabschätzung hinterher.

Vertrauen ist gut: Aber Herstellerangaben, Erfahrungswerte oder Faustzahlen reichen für eine Verfahrensbeurteilung nicht aus. Und auch definierte, aber künstlichen Laborbedingungen spiegeln die komplexe Feldsituation nur unzureichend wider. Hier bieten Praxisversuche in standörtlichen Grenzbereichen eine weitere Orientierung **für Investitionsentscheidungen.**

Wissenschaftliche Methoden zur Bewertung

Waldbesitzende müssen befähigt sein, regional und betrieblich angepasste Bodenschutzkonzepte umzusetzen. Dafür wird ein praxistaugliches Methodenset vorgestellt, welches reproduzierbare Ergebnisse liefert und eine wissenschaftliche Bewertung ermöglicht, unabhängig von den eingesetzten Maschinen. Neben einer Bemessung der Oberflächenverformung mit bildgebender Diagnostik liegt der Fokus auf möglichen Schadverdichtungen.

Ein wichtiges Kriterium ist die Spurgleisenausformung. Dafür dient eine Quantifizierung der Oberflächenverformung (Spureintiefung) mittels Nahbereichs-Photogrammetrie. Zunächst erfolgt eine hochauflösende 3D-Abbildung der Fahrspuren an einzelnen Messpunkten, wobei ein portabler Hilfsrahmen zum Einsatz kommt. Im nächsten Schritt werden **Rückegassen** bzw. Spuren von bis zu

50 Metern Länge per Quadropter gescannt. Durch die sektionsweise Auswertung in 10 cm Zeilenbreite lassen sich auch kleinstandörtliche Unterschiede der Tragfähigkeit erfassen.

Die Ergebnisinterpretation erfordert Boden-Zustandsinformationen: So werden neben *in-situ*-Messungen von Scherfestigkeit, Eindringwiderstand und Wasserinfiltration auch Trockenrohddichte sowie Kennwerte zum Wasser- bzw. Lufthaushalt des oberen Mineralbodens ermittelt. Inwieweit korrespondieren Bodenphysik und Oberflächenmessungen? Kann eine elastische Humusauf-lage nach Lasteinwirkung in ihren ursprünglichen Zustand zurückkehren?

„Malker Sand-Graugley“ im Wechsel mit „Gritteler Sand-Gleyhumusrostpodsol“ - Eingemischte Torfreste weisen auf eine frühere, nicht untypische Bodenbearbeitung bei der Moorkultivierung hin.



Abb. 1a: Bodenschurf für die feldbodenkundliche Profilsprache und Probenahme in der Rückegasse.



Abb. 1b: Portabler Messrahmen (6,00 m x 1,84 m) zur photogrammetrischen Datenaufnahme – Die Nivellierung erfolgt mittels elektronischer Totalstation

Forsttechnische Befahrbarkeit von Rückegassen

Bei der Holzernte gilt es, die Befahrbarkeit des unbefestigten Erschließungsnetzes dauerhaft zu erhalten. Dabei können technische Innovationen, beispielsweise neuartige Tragbänder, Radlastregelsysteme oder eine breitere Bereifung den Kontaktflächendruck verringern und das Einsatzspektrum auf befahrungsempfindlichen Standorten erweitern. So gelten auch 8-Rad-Forwarder aufgrund ihrer größeren Aufstandsfläche gegenüber 6-Rad-Maschinen als vorteilhafter. Dagegen stehen jedoch zumeist höhere Fahrzeuggewichte sowie Anschaffungskosten. Beim direkten Vergleich von zwei Forwardern *HSM 208 F* mit 6 bzw. 8 Rädern und „Superbreitreifen“ liegt der Fokus auf einem Vergleich von Voll- und Halblastfahrten.

Alleine in Brandenburg sind mehr als 130.000 ha Holzboden wegen ihrer geringen Bodentragfähigkeit nur eingeschränkt bis kaum befahrbar. Davon ausgehend werden jetzt auf zwei besonders sensitiven mineralischen Nassstandorten und in einer exponierten Hanglage der Lausitzer Altmoränenlandschaft normierte Befahrungsversuche durchgeführt.



Versuchseinsatz der beiden bauartähnlichen Forwarder in 6-Rad- und 8-Rad-Ausführung.

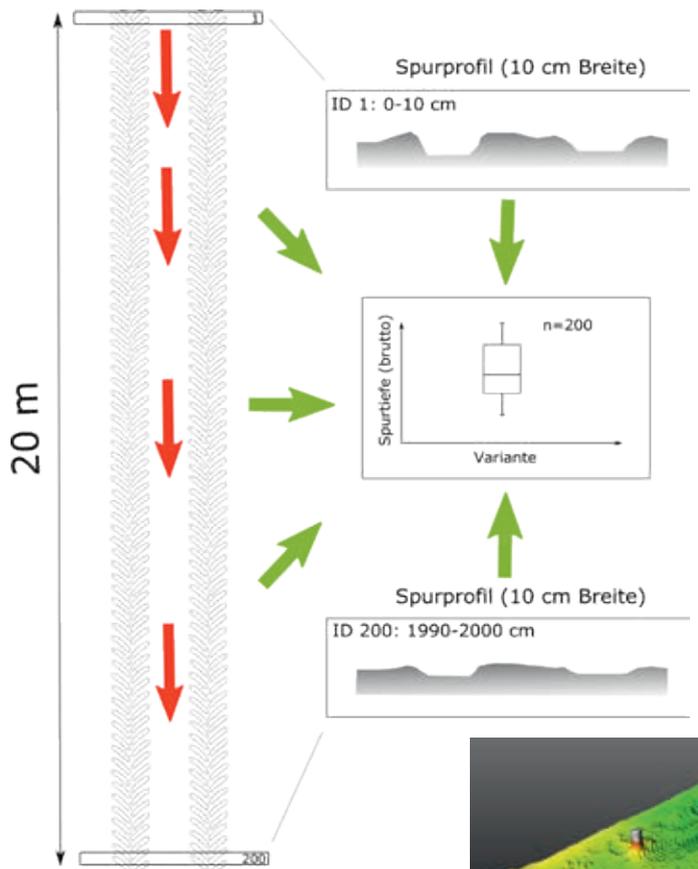


Abb. 3a: Methodenskizze zur Auswertung von Fahrspuren – detaillierte Analyse der Sektionen mit 10 cm Zeilenbreite im 3D-Modell.

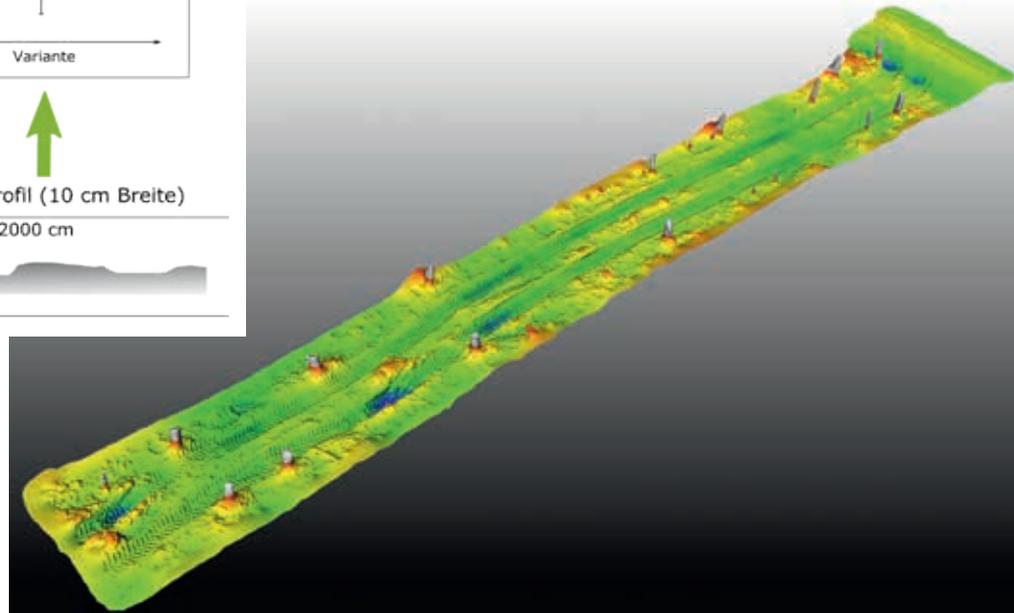


Abb. 3b: 3D-Rekonstruktion (Höhenmodell) der Fahrspuren in einer 50 Meter langen Rückegasse.



Kabellose Traktionsmessung im Hang – mit externen Beschleunigungssensoren an allen Radachsen.



führt. Ganz bewusst erfolgen die Maßnahmen unter ungünstigen Witterungsverhältnissen, also im Spätwinter und bei Bodenwassergehalten nahe Feldkapazität. Die Annahme ist: Kommt es im Grenzbereichen zu keinen Befahrungsschäden, so erscheint das Risiko auf weniger empfindlichen Substraten und bei günstiger Witterung gering.

- Auf den beiden regionaltypischen Nassstandorten weisen 8-Rad-Forwarder gegenüber 6-Rad-Maschinen derselben Tragschlepperklasse nur geringe Vorteile hinsichtlich der forsttechnischen Befahrbarkeit des Feinerschließungssystems auf. Für die Einsatzplanung entscheidend ist die aktuelle Bodenfeuchte.
- In kritischen Situationen – etwa bei einsetzendem Starkregen – wird empfohlen, den Technikeinsatz abzubrechen oder mit geringeren Nutzlasten fortzusetzen. Für die betrachteten Standorte lässt sich diese allgemeine Empfehlung nicht bestätigen. So zeigt nur der Halblastbetrieb des 6-Rad-Forwarders auf einem Nassstandort Vorteile gegenüber voller Beladung.
- In puncto Wirtschaftlichkeit, Wegeschäden im Bereich der Gasenausfahrten sowie Einsatzfähigkeit im Hang schneidet der untersuchte 8-Rad-Forwarder wider Erwarten ungünstiger ab.
- Oft wird der Halblastbetrieb wegen **höherer Einsatzkosten** abgelehnt. Tatsächlich steigern sich die Kosten bei kurzen Fahrzeiten zwischen Bestand und Polterplatz – hier 5 Minuten – um lediglich 7 % bis 10 %.

Forstliche Kleintechnik auf einem verdichtungsgefährdeten Nassstandort

Kleintechnik mit geringem Bodendruck erweitert die forstbetrieblichen Möglichkeiten, auch abseits von Rückegassen – etwa bei Walderneuerung (Direktsaat, Containerpflanzen), seilgestützter Holzernte oder Sonderaufgaben (Sicherheitsfällung, Materialtransport etc.). Nicht immer lassen sich Befahrungs- und Produktionsflä-

Tab 1: Anwendungsbeispiele – betrachtet wird ein bisher unbefahrener Bereich zwischen den Rückegassen.

Prüfglieder	Anzahl Überfahrten	Kumulierte Auflast
Forstraue ohne Anbauten	5	7,0 t
Forstraue mit Personenschutzschirm	5	8,5 t
Forstraue mit Sä-Streifenfräse-Kombination	1	> 1,4 t
Forstraue mit Stamm (0,3 fm)	10	14,0 t
Pferd mit Stamm (0,3 fm)	10	8,9 t

Kumulierte Auflast = Masse x Anzahl der Überfahrten

chen strikt trennen. Noch bestehen Wissenslücken bezüglich der ökologischen Folgen, was der allgemeinen Akzeptanz schadet.

Anhand eines typischen Nassstandortes im südlichen Brandenburg wird gezeigt, wie sich die Multifunktionsraupe *Moritz Fr50* (Pfanzelt Maschinenbau GmbH) auf den aktuellen Bodenzustand auswirkt. Prüfglieder sind: (1) Sä-Fräskombination, (2) Personenschutzschirm und (3) angehängter Stamm. Im kartierten Humusgley treten schwach tonige Sande bzw. Lehmsande vergesellschaftet mit Reinsanden auf. Die Versuche erfolgen zeitgleich im Spätwinter bei höchster Befahrungssensitivität des Bodens.

- Erwartungsgemäß treten nach Befahrung überwiegend Absenkungen der Oberfläche auf. Die einfache Überfahrt mit der Forstraue und angehängter Sä-Fräskombination führt zu einer geringen, kaum messbaren Vertiefung von Ø 5 mm.
- Die Niveauabsenkung in der Fahrspur korrespondiert mit der Überfahrtenzahl. Es wird jedoch bei keiner Variante eine mittlere Veränderung > 25 mm gemessen. Die maximale Eintiefung beträgt weniger als 60 mm.
- Nach erstmaliger Überfahrt ist keine Bodenverdichtung nachweisbar, lediglich eine Komprimierung der Humusaufgabe. Eine wiederholte Befahrung verändert die bodenphysikalischen Zustandseigenschaften des oberen Mineralbodens nur unwesentlich – das Porenge-

rüst bleibt stabil.

- Angehängte Lasten (Sä-Fräskombination bzw. Stamm) **führen** genauso wie ein Personenschutzschirm zu keinen messbaren Unterschieden gegenüber der Vergleichsvariante ohne Anbauten.

FIB Finsterwalde

Ansprechpartner: Dr. Raul Köhler, Dr. Dirk Knoche, Forstass. Christoph Ertle, Dr. Marco Harbusch



Die multifunktionale Forstraue Moritz Fr50 im Versuchseinsatz, hier bei Leerfahrt ohne Auf- und Anbauten – stellvertretend für Kleintechnik mit ähnlichem Kontaktflächendruck.

3.10 Rostocker Horizontalseilkranverfahren

(Einschlag, Aufarbeitung und Bringung von Einzelabschnitten oder Rauhbeigen (< 1t Lastgröße) auf nicht zu befahrenden, ebenen Standorten mit Kurzstreckenseilkran und funkgesteuertem Laufwagen (SLW *Flying Horse*))

Verfahrensbeschreibung

Das Verfahren umfasst den motormanuellen Einschlag, das Vorrücken/Rücken mit Kurzstreckenseilkran und ggf. ein Nachrücken mit Forwarder (Abb. 1). Es ist geeignet für die Holzernte auf nicht zu befahrenden ebenen (bis leicht geneigten) Lagen und verbindet ergonomische Vorteile für den arbeitenden Forstwirtschaftler bei der Seilarbeit mit extensiver Feinerschließung und maximierten Bodenschutz mit:

- Rückegassen-/Maschinenwegabstände: 200 - 300 m
- Seiltrassenbreiten: 1,5 - 2m
- variable Seiltrassenabstände, ggf. auch > 50 m

- zumeist schwebender Transport der Abschnitte über der Seiltrasse

Das Verfahren basiert auf einem herkömmlichen, für Hanglagen entwickelten Kurzstreckenseilkran (Forstschlepper mit Doppeltrommelwinde und modularen KSK 3 (Fa. Ritter)). Für die Arbeit in ebenen Lagen wurde ein funkgesteuerter Laufwagen (SLW *Flying Horse*) entwickelt, der hydraulisch gebremst werden kann und einen aktiven, elektrischen Seilauswurf besitzt.

Damit ist der Arbeiter vom Ausziehen des Beizugseils weitgehend ergonomisch entlastet, sodass Beizugentfernungen von > 30 m auch in großer Entfernung zum Turm ermöglicht werden. Bei Trassenlängen von 100-150 m und ggf. beidseitiger Verwendung des Endbaums sind Rückegassen- bzw. Maschinenwegabstände von 200-300 m realisierbar. Je Seiltrasse können somit Flächengrößen

von 0,5-1 ha bearbeitet werden, sodass sich die Auf-/Abbauzeiten auf relativ hohe Entnahmemassen verteilen bzw. sich auch moderate Eingriffe noch relativ kostengünstig umsetzen lassen. Durch den arretierbaren Laufwagen können individuelle Beizugwinkel realisiert werden, was eine vereinfachte Schlagordnung erlaubt und Bestandsschäden reduziert. Lastgrößen bis 1 t sind möglich (Optimalbereich 0,2-0,5 fm). Einschlag und Aufarbeitung werden mit der Motorsäge durchgeführt, wobei in schwächeren Dimensionen auch im Bankverfahren gearbeitet werden kann. Bei Aushaltung von Abschnitten oder vorkonzentrierten Rauhbeigen erfolgt der Transport über der Seiltrasse ganz ohne oder mit nur geringem Bodenkontakt, sodass auf der Seiltrasse Verwundungen der Humusschicht und der Bodenvegetation weitgehend vermieden werden. Da zudem die Trassenbreiten relativ gering gehalten werden können (< 2m), sind die Eingriffe schon bald nach Beendigung für Waldbesucher kaum noch erkennbar.

Operationaler Arbeitsauftrag

Entkoppelter motormanueller Einschlag und Aushaltung der markierten Bäume sowie Entnahme der aufgearbeiteten Abschnitte mittels Kurzstreckenseilkran durch seitlichen Beizug zur Seiltrasse und schwebendes Vorrücken zur Rückegasse/Maschinenweg/Waldfahrweg; ggf. Nachrücken durch Forwarder.

Arbeitsvorbereitung

- Auszeichnung des Bestands (möglichst positiv und negativ)
- Markierung der Seiltrassen unter Beachtung von geeigneten Endbäumen und Schlepperstandplätzen (incl. ausreichend Platz zum Ablegen des gesägten Holzes) sowie den waldbaulichen Anforderungen (z. B. engere Trassenabstände (20-30 m), wenn vorhandene Verjüngung zu schonen ist)

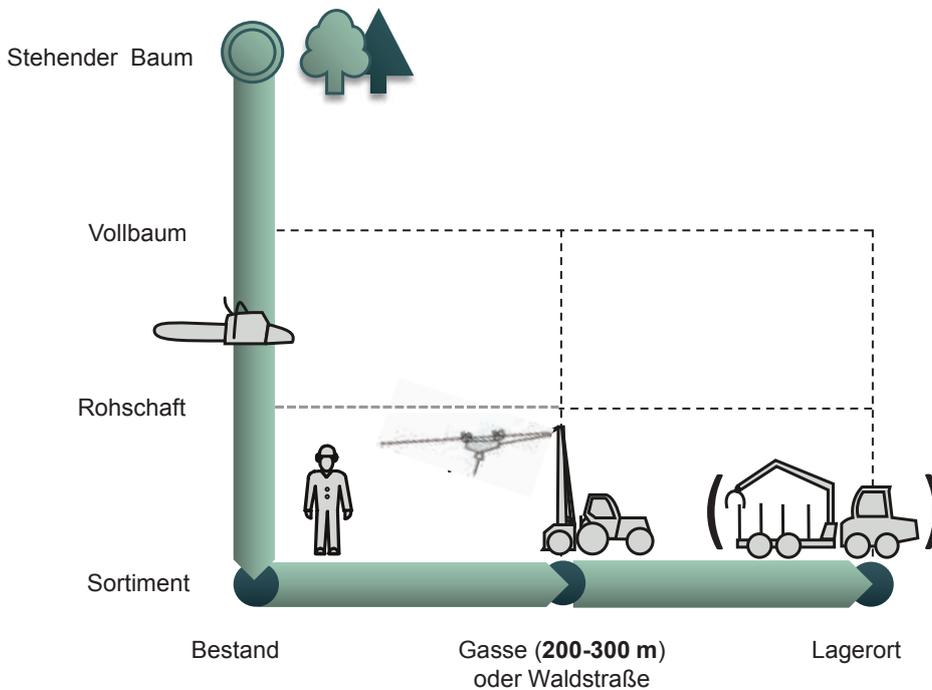


Abb. 1: Verfahrensfunktigramm: Rostocker Horizontalseilkranverfahren: motormanueller Einschlag und Sortimentsbildung, Vorrücken/Rücken mit Kurzstreckenseilkran mit Horizontal-laufwagen (ggf. Endrückung mit Forwarder). RG 200-300 m, ST 20-60 m.

- Entkoppelter Einschlag mit Motorsäge (ggf. im Bankverfahren), Stöcke möglichst tief halten, sperrige Kronen ggf. einschneiden
- Besondere Sorgfalt ist bei der geradlinigen Anlage der engen Seiltrassen erforderlich
- Bei Aushaltung von Abschnitten: variable Schlagordnung zur Minimierung von Störungen und zur Verkürzung der Laufwege (fern der Seiltrasse rechtwinklig zur Trasse, im Nahbereich ggf. spitzwinklig bis parallel zur Trasse)
- Ggf. Vorkonzentrieren schwächerer Abschnitte zu Rauhbeigen (0,2-0,5 Fm)
- Montage der Seilkrananlage incl. Abspannung (Sicherung) von Turm und Endbaum
- Übliche Absperrungen und Warnhinweise für Waldwege und Bestand, separate Absperrung im Nahbereich von Schlepper und Absenkplatz
- Vor dem Abbau der Seiltrasse ggf. Einschlag und Entnahme von beschädigten Bäumen im Nahbereich der Trasse

Betriebsmittel

- Motorsäge: Einschlag und Aushaltung; ggf. Vorlieferwerkzeuge zum Vorkonzentrieren
- Forstschlepper (mind. 50 kW) mit Kurzstreckenseilkran (Ritter KSK 3 S70) bestehend aus Doppeltrommelseilwinde und teleskopierbaren Turm (Abb. 2, Tab. 1): Seilarbeit für Beizug zur Trasse und Rückung zu Rückegasse/Maschinenweg (Waldstraße)
- Laufwagen (SLW Flying Horse; Abb. 3) mit Funksteuerung, elektrischem Seilauswurf und sich selbstaufladender Hydraulikbremse; Gewicht ca. 90 kg
- Ggf. Forwarder: Endrückung

Zeitbedarf

- Motorsäge: Abhängig von diversen Baum- und Bestandesmerkmalen, Aushaltung etc., hier ca. 1-2 Efm/h
- Seilkran mit Laufwagen SLW Flying Horse: Abhängig von Trassenlänge, Trassenabstand, Entnahmemasse und Stückvo-



Abb. 2: Kurzstreckenseilkran Ritter KSK 3 S70 und Forstschlepper mit mind. 50 kW Motorleistung als Trägerfahrzeug (Foto: Gabriel)

Tab. 1: Technische Daten des Seilkran Ritter KSK 3 S70

Turmhöhe	7000 mm
Höhe beim Transport	3200 mm
Gewicht (ohne Seile)	1900 kg
Tragseillänge / -stärke	110 m* / 12 mm
Zugseillänge /-stärke	160 m* / 10 mm
Rückholseillänge / -stärke	300 m* / 6 mm
Anhängemasse	1000 kg
Traktorleistung ab	50 kW
Anbauart am Traktor	Dreipunkt
Ritter Doppeltrommelwinde	Beliebig
Anzahl Abspannwinden	4
Steuerung	HBC Funk
Seilgeschwindigkeit	0,2-1,2 m/s
Seilöffnung	Halbautomatisch
Anzahl Bediener	1

* Seillängen bei Standardausführung



Abb. 3: Funkgesteuerter Laufwagen SLW Flying Horse (Prototyp) mit elektrischem Seilauswurf und hydraulischer Feststellbremse beim Schwebendtransport von Abschnitten

- lumen. Vorrücken/Rücken unter jeweils „mittleren“ Bedingungen: ca. 3-4 Efm/MAS (Tab. 2, Var. 3)
- Forwarder: Bei Arbeiten des Seilkran vom Waldfahrweg aus ist im Idealfall ein Rückekran/Forwarder nur zum Aufsetzen

erforderlich. Bei Arbeiten an Rückegasse/Maschinenweg ist die Endrückung v. a. von der Rückedistanz abhängig. Im Durchschnitt wird von 20-30 Efm/MAS ausgegangen. Die am Abladeplatz des Seilkran idR. anzutreffende große Holz-

Tab. 2: Zeitbedarfs- und Leistungswerte für das Vorrücken/Rücken mit KSK 3 S70 / SLW Flying Horse bei unterschiedlichen Einsatzparametern

Beispiel-variante	Trasse			Entnahme-volumen	durchschn. Lastgröße	Zeitbedarf	Leistung
	Länge	Abstand	Einzugsbereich				
	(m)	(m)	(ha)	(Efm/ha)	(Efm)	(min/Efm)	(Efm/MAS)
1	100	20	0,2	30	0,2	36	1,7
2	110	30	0,33	40	0,25	23	2,6
3	120	50	0,6	50	0,3	17	3,6
4	130	55	0,72	60	0,4	13	4,6
5	150	60	0,9	70	0,5	11	5,6

Tab. 3: Leistungs- und Kostenwerte für das Vorrücken/Rücken mit KSK 3 S70 / SLW Flying Horse bei unterschiedlichen Einsatzparametern

Beispiel-variante	Leistung	Kosten	zusätzl. Kosten für Auf-/ Abbau (2. Mann)	Gesamt Kosten
(s. Tab. 2)	(Efm/MAS)	(€/Efm)	(€/Efm)	(€/Efm)
1	1,7	58,42	13,90	72,32
2	2,6	36,75	6,32	43,07
3	3,6	27,08	2,78	29,86
4	4,6	20,92	1,94	22,86
5	5,6	17,41	1,32	18,73



Abb. 4: Optimierte Lastbildung senkt die Kosten des Seilkranes

menge sowie längere Sortimente verkürzen die Ladezeiten.

10. Kosten

Für das gesamte Verfahren entstehen Kosten von ca. 55 - 70 €/Efm.

- Einschlag: Entsprechend der EST-Geldtafel 2023 für Stammholzfixlängen (3,51-6 m), abgelenkt (ue) ab einem MD o.R. von 10 cm ergeben sich in der Kiefer (Buche) Aufarbeitungskosten (Lohn-/Lohnnebenkosten, Motorsägen-/Werkzeuggeld) von ca. 25-30 €/Efm (Fichte: + ca. 10%).
- Vorrücken/Rücken: Bei einem Investitionsbedarf von ca. 180000 € für Schlepper, Kurzstreckenseilkran und Laufwagen (Prototyp) resultiert nach KWF-Kalkulationsschema ein Kostensatz von ca. 97 €/MAS. Bei „mittleren“ Bedingungen und Leistungswerten zwischen

ca. 3 und 4 Efm/MAS ergeben sich Kostenwerte von ca. 25-35 €/Efm (Tab. 3).

- Endrücken: Falls der Absenkeplatz des Seilkranes am Waldfahrweg liegt, ist lediglich ein Aufsetzen mit Rückekran oder Forwarder erforderlich. Bei Positionierung des Seilkranes an Rückegasse/Maschinenweg schließt sich eine Endrückung mit Forwarder an. Als Mittelwert wird hier von ca. 5 €/Efm ausgegangen werden.
- Möglichkeiten der Kostenreduzierung sind u.a:
- Optimierte Lastbildung (bei Lastgrößen von 0,5 fm statt 0,3 fm sinken die Kosten um ca. 10 €/fm), Abb. 4
 - Da der Schlepper lediglich die Aufgabe hat den Seilkran zum Arbeitsort zu transportieren und dort als Kraftquelle für den Windenbetrieb dient, kann ggf. auch ein bereits abgeschrie-

bene Maschine zu reduzierten Kostensätzen eingesetzt werden.

Beurteilung des Verfahrens

1. Erfolgskontrolle

Regelmäßige Kontrollen aller Verfahrensabschnitte während der laufenden Arbeiten:

- Einschlag: vollständige Entnahme, niedrige Stubben, Aushaltung nach Vorgabe, optimierte Raubeugen, geradlinige Trassenanlage, Schadensvermeidung
- Vorrücken/Rücken: technische Kontrollen (Schlepper, Seilkran, Laufwagen), Überprüfung der Seilanlage (Montage, Abspannungen), vollständige Bringung, optimierte Lastbildung, optimierter (schadens- und störungsarmer) Beizug, Schadensvermeidung an Trassenrandbäumen (ggf. Entnahme vor Abschluss der Arbeiten), Vermeidung verstopfter Trassenausgänge (ggf. Endrücken mit Forwarder)

Finale Beurteilung der Erreichung von waldbaulicher Zielsetzung, Pflughchkeit und Wirtschaftlichkeit

2. Waldschutz

Da vorzugsweise Abschnitte ausgehalten werden, verbleibt das Kronen- und Reisigmateriale als Biomasse im Bestand. Im Nadelholz und bei anstehender Borkenkäfergefahr kann ggf. auf Vollbaumnutzung übergegangen werden. Bei dichter, zu schonender Verjüngung und bei Arbeiten während der Saftzeit empfehlen sich engere Trassenabstände (20-30 m). Auch End- und Ankerbäumen unterliegen während der Saftzeit einem höheren Risiko für Rindenschäden.

3. Arbeitsschutz und Sozialverträglichkeit

- Übliche Gefährdungspotentiale bei Motorsägenarbeit. Ergonomische und sicherheitstechnische Verbesserungen durch vereinfachte Schlagordnung sowie ggf. Bankverfahren mit erleichterter Raubeugenbildung

- Reduktion von Arbeitsschwere und Unfallrisiko (z. B. Stolperunfälle) durch automatischen Seilauswurf und arretierbarem Laufwagen (Abb.5)
- Sorgfältige Absperrmaßnahmen und Warnhinweise für Waldbesucher. Im Nahbereich des laufenden Seilkran ggf. zusätzliche Absperrungen, da sich der Seilkranbediener bei der Arbeit zwar mit Sichtkontakt, aber teilweise entfernt von Maschine und Absenkplatz aufhält. Da das Abarbeiten einer Trasse 1 bis 3 Tage benötigt, kann im Erholungswald ggf. auf großflächige Sperrungen verzichtet werden
- Lärm- und Abgasemissionen während der Maßnahme sind vergleichsweise gering, da die Maschine überwiegend im Standgas oder niedertourig arbeitet. Aufgrund der geringen Trassenbreiten und den wenig in Mitleidenschaft gezogenen Waldboden wird der Holzernteeingriff schon kurz nach dessen Abschluss von Erholungssuchenden zumeist nicht mehr wahrgenommen.

4. Umweltverträglichkeit

- Extensives Erschließungsnetz (Rückegassen-/Maschinenwegabstand 200-300 m)
- Geringe Bodenschäden (i. d. R. leichte Durchwühlungen der Humusaufgabe) beim Beizug des Holzes zur Trasse, zumeist schwebenden Transport über der Trasse (keine Bodenverdichtungen). Selbst im Vergleich zum Pferderücken erfolgt die Rückung bodenschonender, da kein Hufschlag entsteht und weniger Schlepperbewegungen erforderlich sind.
- Verbesselter Schutz sensibler Bestandesglieder oder Biotope durch änderbare Beizugrichtung mittels arretierbarem Laufwagen
- Erhaltung der Kronenbiomasse am Fällort bei Aushaltung von Abschnitten.
- Geringer Treibstoffverbrauch, reduzierte Emissionswerte und geringe Gefahr von Ölhavarien, da der Schlepper im Stand arbeitet



Abb. 5: Ergonomische Entlastung und verringerte Unfallgefahr beim Seilauszug

5. Optimaler Einsatzbereich

- Hohe waldbauliche Flexibilität bei allen Baumarten, Bestandsstrukturen und Standortssituationen
- Bei extensiven Erschließungssituationen vorzugsweise in der Ebene, wenn Lastgrößen < 1 Fm (optimal 0,2-0,5 Fm) gebildet werden können
- Aufgrund der schmal zu haltenen Trassen muss speziell für die Trassenanlage nur gering oder gar nicht in den Bestand eingegriffen werden.
- Bei deutlich eingeschränkter Bestandesübersichtlichkeit und in sich stark verjüngenden Beständen sollten die Trassenabstände reduziert werden.

6. Prozessorientierung

- Einschlag und Seilkranbringung können ganzjährig erfolgen. Eine etwaige Endrücken über Rückegassen ist auf die Zeit der Befahrbarkeit der Gassen beschränkt. In der Saftzeit ist mit Rindenschäden an End- und Ankerbäumen sowie im Trassenausgang am Absenkplatz zu rechnen.
- Aufgrund der gegenüber einem herkömmlichen Kurzstreckenseilkran größeren Reichweite (in der Ebene) und größeren seitlichen Beizug ergeben sich größere Einzugsbereiche je Trasse und damit Veränderungen der technischen Einsatzvorbereitung:

- Die Identifizierung und Markierung der Trasse und der zugehörigen End- und Ankerbäume ist anspruchsvoller und je Trasse zeitintensiver. Da aber je Flächeneinheit weniger Trassen angelegt werden müssen, ist der Vorbereitungsaufwand insgesamt eher geringer.
- Bei Mangel an geeigneten End- und Ankerbäumen (häufig auf Nassstandorten) besteht der Vorteil, die Trassenabstände zu variieren und geeignete Endbäume mit mehreren Trassen anzusteuern.
- Der bei größerem Einzugsbereich einer Trasse resultierende vermehrte Holzanfall kann ggf. nicht vollständig im Zugriff des Forwaderkrans gelagert werden. Es empfiehlt sich daher, den Seilkran jenseits des Wegs/Rückegasse zu positionieren, damit über den Weg/Rückegasse der Forwader Zugriff auf das Holz nehmen kann ohne dass der Seilkran bewegt werden muss.

7. Wirtschaftlichkeit

Seilkranverfahren sind im Vergleich zu den etablierten bodengebundenen Holzernteverfahren in aller Regel deutlich kostenintensiver. Dies trifft im Grundsatz auch für das vorgestellte Verfahren zu. Die für den neuen Laufwagen anfallenden relativ geringen Mehrkosten lassen sich insbesondere dadurch kompensieren, dass mehr Fläche bei extensiver Erschließung bewirtschaftet werden kann. Damit sinken auch die Erschließungskosten. Für kleinere Unternehmer und bäuerliche Waldbesitzer bietet die Technologie aber auch ökonomische Vorteile hinsichtlich des nur geringen erforderlichen Investitionsvolumens oder auch bezüglich einer höheren Auslastung vorhandener Schlepper.

Beurteilung des Verfahrens

Das Verfahren eignet sich vor allem für Bestände in ebenen Lagen, die zum Zweck der Pflege und Bewirtschaftung nicht befahren werden können oder sollen. Extensive

Erschließung, maximierter Bodenschutz und ergonomische Entlastungen bei der Seilarbeit verbinden sich mit hoher waldbaulichen Flexibilität. Organisatorische Voraussetzungen und Wirtschaftlichkeit ähneln den Gegebenheiten eines herkömmlichen Kurzstreckenseilkran in Hanglagen.

Hanse- und Universitätsstadt Rostock, Stadforstamt Rostock [1], Fa. Baumpflege Wurzelwerk, Kloster Wulfshagen [2], Prof. Dr. Dr. h.c. Michael Mussong, Eberswalde-Tornow [3]
Ansprechpartner Michael Mussong [3], Maik Schmidt [2], Marc Hinz [1], Stefan Schlüter [1]

Exkursionsbild 3.10 Seilkran (Rostock)	
Bestand	KI (75) schwaches Baumholz
Standort	mäßig frisch
Boden	lehmyger Sand, mittel- bis tiefgründig
Bestockungsziel	WEZ 76: KI mit DGL, BU

3.11 Datenübertragung Büro - Harvester - Forwarder - Büro

Moderne Forsttechnik kann Daten empfangen, erheben, verarbeiten und versenden. Diese Datenkommunikation stellt eines der erfolgversprechendsten Rationalisierungspotenziale im Bereich der Holzernte dar. Mit der Verfügbarkeit von verschiedensten Apps und den sich rasant entwickelnden Möglichkeiten des Smartphones ist es möglich, sich Arbeitserleichterungen auch abseits der großen Forstbetriebssysteme zu schaffen. Insbesondere in Kalamitätszeiten mit ihrer enormen Dynamik schafft schnelle, einfache Kommunikation erhebliche Vorteile. Ständige Aktualisierung der Arbeitsaufträge, sofortige Verortung neuer Schadflächen und Weiterleitung zum Dienstleister, Kommunikation zwi-

schen Harvester und Forwarder und schnelle Datenübertragung von Polterdaten und Gassenanlagen zum Auftraggeber helfen insbesondere in diesen angespannten Zeiten. Natürlich sind Komponenten aus dieser Kette auch im „regulären“ Betrieb nutzbar.

Dabei ist die Beschränkung auf einen Datenaustausch zwischen Harvester und Forwarder deutlich zu kurz gegriffen. Insbesondere die Einbeziehung des Revierleiters (ggf. auch des Maschineneinsatzleiters) schafft erhebliche Aufwandsreduzierungen. Wichtig ist, dass verschiedene Hardwarekonfigurationen (Smartphone, Harvester und Forwarder, auch verschiedener Hersteller) Daten in



Arbeitskarte mit Befallsherden



einem für alle nutzbaren Standard empfangen, verarbeiten und senden können.

Am Markt sind kostenfreie, sehr gut für diese Zwecke nutzbare Apps erhältlich. Etwas mühsamer, aber letztendlich auch mit etwas Unterstützung der Maschinenhersteller ist es möglich, eine Kommunikationskette aufzubauen. Voraussetzung ist die Ausstattung der Maschinen mit Satellitennavigation. Bei der Beschaffung sollte darauf geachtet werden, dass nicht nur GPS sondern auch GLO-NASS und GALILEO nutzbar sind.

Gegenwärtig erfolgt bei der **Südbrandenburger Inselförderung** die Kommunikation im online/offline Betrieb serverbasiert.

Somit ist der Revierleiter in der Lage, Arbeitsaufträge direkt den Maschinen zugänglich zu machen. Die Arbeitskarten für den Harvester generieren sich bspw. aus den per Smartphone verorteten Befallsherden. Eine gesonderte Einweisung des Maschinenführers entfällt. Dieser navigiert sich über die ständig aktualisierbaren

Arbeitskarten durch das Revier. Im Zuge der Aufarbeitung des Holzes werden die abgelegten Raubeugen mit Sortiments- und Mengenangaben verortet und in der Folge dem Forwarder zugestellt. Dieser ist daraufhin in der Lage, seine Fahrtätigkeiten zu optimieren.

Polterplätze können auf den Arbeitskarten ebenfalls zugewiesen und mit Informationen versehen werden. Der Abschluss eines Polters wird an den Revierleiter gemeldet. Je nach Betriebsorganisation kann in diesem Zuge auch eine fotooptische Poltermessung veranlasst werden.

Inwieweit sich die erhobenen Daten im jeweiligen Forstbetriebssystem verwenden lassen, ist vom jeweiligen System und dessen Schnittstellen abhängig. Es empfiehlt sich jedoch auf jeden Fall, ein qualitätsgesichertes Harvestermaß zu verwenden.

Insbesondere auf Kalamitätsflächen ist die Satellitennavigation hinreichend genau, um auch das Gassensystem zu dokumentieren. Hilfsweise können zusätzlich im

Technische Daten

Smartphone mit geeigneten Apps und Datenübertragungs-Möglichkeit

Harvester Komatsu 901 XC

- Komatsu Maxi fleet
- GNSS - Satellitenantenne
- Mehrpreis o. MwSt. ca. 3.500 €

Forwarder Komatsu 845 8WD

- Komatsu Maxi fleet
- GNSS - Satellitenantenne
- Mehrpreis o. MwSt. ca. 3.500 €

Gassenrandbereich einige „überhohe“ Stöcke als Begrenzung stehen gelassen werden. Neben der Funktion als Orientierungshilfe erfüllen sie auch eine solche im ökologischen Sinn.

Landesbetrieb Forst Brandenburg, Maschinenhof Doberlug-Kirchhain

Vorführung: FOI Heiko Hoppe; Michael Döbrich (Maschineneinsatzleiter); Falk Ziegenhals, Peter Maleis, Heino Friedrich, Robin Tischler (Maschinenführer)

3.13 Von der digitalen Forsteinrichtung zum präzisen Gassenaufschluss mit dem Harvester



Die Erschließung von Wirtschaftswäldern durch die systematisch angelegte Rückegassennetze ist Voraussetzung für eine, unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten, optimierte Holzernte und damit von herausragender Bedeutung für den wirtschaftlichen Erfolg von Forstbetrieben.

Die Nutzung eines digitalen Planungstools und der technischen Umsetzung als Routingwerkzeug führt zu einer besseren Wirtschaftlichkeit in Planung und Durchführung sowie einer eindeutigen Dokumentation der Befahrungen nach Zertifizierungsmaßstäben. Die Planung dieser Rückegassennetze unter Berücksichtigung von Boden, Waldbestand und die eingesetzte Forsttechnik ist besonders im Mittelgebirge sehr komplex. Die Durchführung konnte insbesondere bei schwierigen Geländebedingungen bisher nur durch fach- und ortskundiges Forstpersonal zufriedenstellend umgesetzt werden. Dies ist aber nur mit sehr langen Vorlaufzeiten, Kosten und unter Bindung professioneller Ressourcen möglich.

Verfahrensbeschreibung

Durch professionelle Nutzung digitaler Planungs- und Hochleistungs-GNSS gestützter Holzernte-

verfahren kann der betriebliche Aufwand für die Anlage von Rückegassen nun deutlich reduziert werden. Außerdem wird bei der Gassenanlage sichergestellt, dass die maximal technische Längs- und Querneigung hinsichtlich Maschinenbefahrbarkeit nicht überschritten wird.

Im Anschluss muss die digitale Planung hochgenau im erschlossenen Waldstück umgesetzt werden. Hierfür wird ein Harvester benötigt, der digitale Gassenlinien im Zentimeterbereich auffinden und befahren kann. Des Weiteren müssen im gleichen Zuge die Befahrungen sowie die Holzernte für die folgende Prozesskette erfasst und digital übermittelt werden.

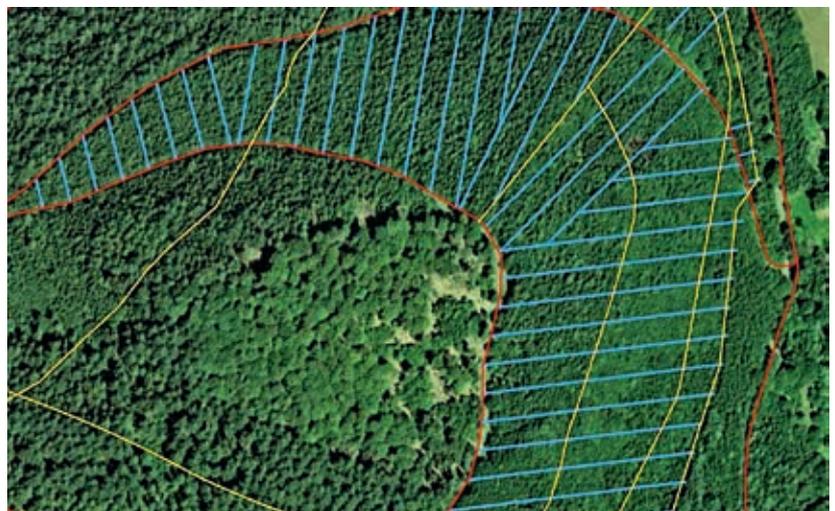
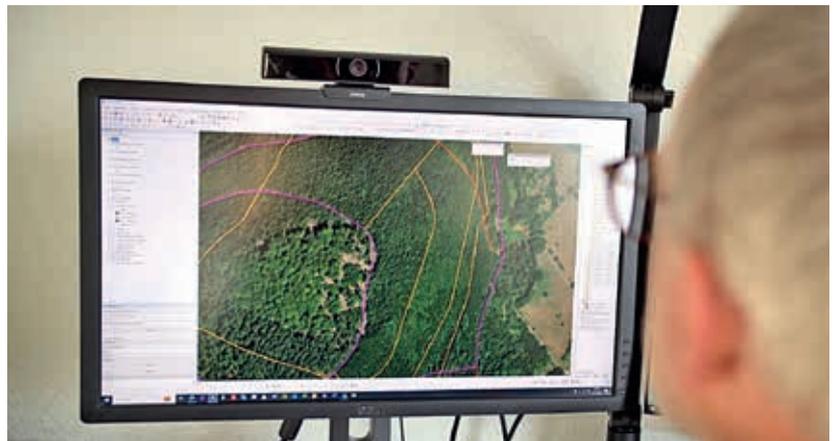
Arbeitsauftrag

Im Zuge der Vorführung werden die nötigen Schritte zur Erstellung der digitalen Forsteinrichtung erläutert und die Umsetzung im Bestand mit einem Komatsu Harvester vorgestellt.

Arbeitsvorbereitung

Für die Arbeitsvorbereitung werden folgende Daten benötigt:

- Informationen über die zu erschließenden Flächen
- Wegenetze
- Ausschlussflächen (z. B. Gatter, Biotope)
- Mögliche Datenformate: .shp, .tif, .pdf
- Gewünschter Rückegassenabstand und Rückegassenbreite





Betriebsmittel

1. Hochleistungsrechner mit passender Software für die Erstellung der digitalen Forsteinrichtung
2. Komatsu Harvester mit den Optionen MaxiFleet, MaxiVision, Precision und SmartCrane, um das digitale Kartenmaterial perfekt im Bestand umsetzen zu können.

Zeitbedarf

Ist abhängig von der Komplexität des Geländes sowie des zu bearbeitenden Bestandes und kann somit nicht pauschal beziffert werden.

Kosten

1. Ingenieurleistung digitale Forsteinrichtung ca. 150-200 €/ha
2. Harvestereinsatz ca. 230 €/h (Harvestermodell 901XC Baujahr 2024 in der passenden Ausstattung, berechnet nach aktuellem KWF Kalkulations-Schema)

Beurteilung des Verfahrens

Hinsichtlich Waldschutz und Umweltverträglichkeit werden durch das Verfahren neue Möglichkeiten eröffnet. Zum einen können zu schützende Gebiete klar definiert und für die Maschinenführer visualisiert werden. Zum anderen sind zu fahrende Routen und anfallende Holzmengen detailliert in den Systemen ersichtlich, sodass kritische Zonen hinsichtlich Befahrungsmöglichkeiten erkennbar sind und Leerfahrten vermieden

werden. Die damit einhergehende Schonung von Ressourcen ist selbsterklärend.

Beim Arbeitsschutz in der Erschließung von Jungbeständen werden neue Maßstäbe erreicht. Die normalerweise notwendige Markierung der Rückegassen entfällt, was vor allem bei Beständen mit Pflegerückstand besonders herausfordernd war.

Optimal kann das Verfahren in Beständen ohne vorhandenes Rückegassennetz implementiert werden. Eventuell schon vorhandene Gassen sind natürlich auch integrierbar.

Dadurch, dass das komplette Verfahren digital umgesetzt wird,

kann es perfekt in den Gesamtprozess integriert werden.

Center Forst GmbH [1], Komatsu Forest GmbH [2]

Ansprechpartner: Adrian Busch [1]; Manuel Schreck [2]

Exkursionsbild 3.13	
Bestand	KI (65) schwaches Baumholz mit FI
Standort	mäßig frisch
Boden	schluffiger Sand über lehmigem Sand, mittelgründig
Bestockungsziel	WEZ 76: KI mit DGL, BU



4. Sonderthemen

4.1 Forstlicher Innovationsstandort Thüringen

4.1 a INTELLIWAY - Intelligente Wege -Condition Monitoring und Predictive Maintenance für Forstwege

Zu wissen, in welchem Zustand sich Waldwege aktuell befinden, ob Waldwege (LKW-) befahrbar sind und welche Wegeunterhaltungsmaßnahmen ggf. eingeleitet werden müssen, ist für alle an der Waldbewirtschaftung und Holznutzung beteiligte Akteure von großer Bedeutung. (Abb. 1).

Für die systematische, bundesweit vergleichbare, Erfassung und Beschreibung des Zustandes von Wegen wurde eine einheitliche Klassifizierung anhand verschiedener Schadparameter von Wegen entwickelt und angewendet. Die Methoden zur automatisierten

oder auch nur visuellen Erfassung und Informationsverarbeitung des Wegezustandes sind bundesländerübergreifend anwendbar und vereinheitlichen die verschiedenen bestehenden Verfahren. (Tab. 1).

Im Rahmen des Projektes wurde eine sensorbasierte Lanze (Abb. 2) und eine App (Abb. 3) entwickelt. Damit automatische und manuelle erfasste Informationen über den Wegezustand bilden die Grundlage für die Überwachung des forstlichen Wegenetzes. Dabei unterstützen die Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) und maschinellen Lernens die Daten-

auswertung und die bedarfsgesteuerte intelligente betriebliche Instandhaltungsplanung forstlicher Wege. Dadurch wird eine erhebliche Verlängerung der Zeitintervalle zwischen kostenintensiven Instandsetzungsmaßnahmen erreicht.

Die Optimierung von GNSS-Positionsdaten, sogenannte Map-Matching-Algorithmen, sorgen auch bei schlechten GPS-Signalen für saubere Zuordnung der erfassten Daten zum richtigen Wegeabschnitt.

Die Daten über den Wegezustand kombiniert mit den NAV-LOG-Waldwegedaten erlauben die Erstellung eines digitalen Zwilings des forstlichen Wegenetzes. Über einen offenen Datenstandard können Wegezustandsinformationen zwischen unterschiedlichen Akteuren einfach ausgetauscht werden. Darüber hinaus können mit KI-Methoden aus den Daten Prognosen zu der zu erwartenden Waldwegzustandsentwicklung abgeleitet werden, sodass der Bedarf an den notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen frühzeitig abgeschätzt werden kann. Im Vorhersagemodell werden neben dem Wegezustand die Informationen zu Wegebelastung, Polterdaten, Klimafaktoren, historische Wegeinventurdaten und weiteren Einflussfaktoren berücksichtigt.

Im Web-basierten Portal kommen alle Informationen über die Wege zusammen. In Technologie-Katalogen wurden den Wegezustandsklassen notwendige Wegeunterhaltungsmaßnahmen und in Frage kommende Wegebau-Technologien inkl. Kostensätze zugeordnet. Je nach Wegezustand können passende Wegeunterhal-



Abb.1a und b: Unterschiedliche Waldwegzustände in Thüringen (aufgenommen im September, 2023).

Tabelle 1: KWF-Zustandsklassifizierung für LKW-befahrbare Forstwege - Bezugsgröße 100 m

Merkmal	Zustandsklasse			
	1	2	3	4
	Intakter Weg	Weg mit Schäden, die weitgehend auf die Deckschicht begrenzt sind	Weg mit Schäden, die in die Tragschicht hineingehen	Stark deformierter Weg
Entmischung	Zulässig	Zulässig	Zulässig	Zulässig
Verflachung	Max. 49 % (auf max. 49 m von 100 m)	Zulässig	Zulässig	Zulässig
Deformation der Deckschicht, Schlaglöcher	Nicht zulässig	Max. 1/3 der Abschnittslänge	Mehr als 1/3 der Abschnittslänge ggf. mit Beschädigungen der Tragschicht	Zulässig
Tiefgründige Deformation des Oberbaus	Nicht zulässig	Max. 15 % der Abschnittslänge	Zulässig	Zulässig
Auflöseerscheinungen, Brüche im Oberbau	Nicht zulässig	Nicht zulässig	Nicht zulässig	Zulässig



Abb. 2a und b: An einem Fahrzeug montierte sensorbasierte Lanze



Abb. 3a und b: Digitaler Zwilling Waldwegenetz für die Kommunikation und den Informationsaustausch zwischen verschiedenen Anwendern des Zustandsmonitorings

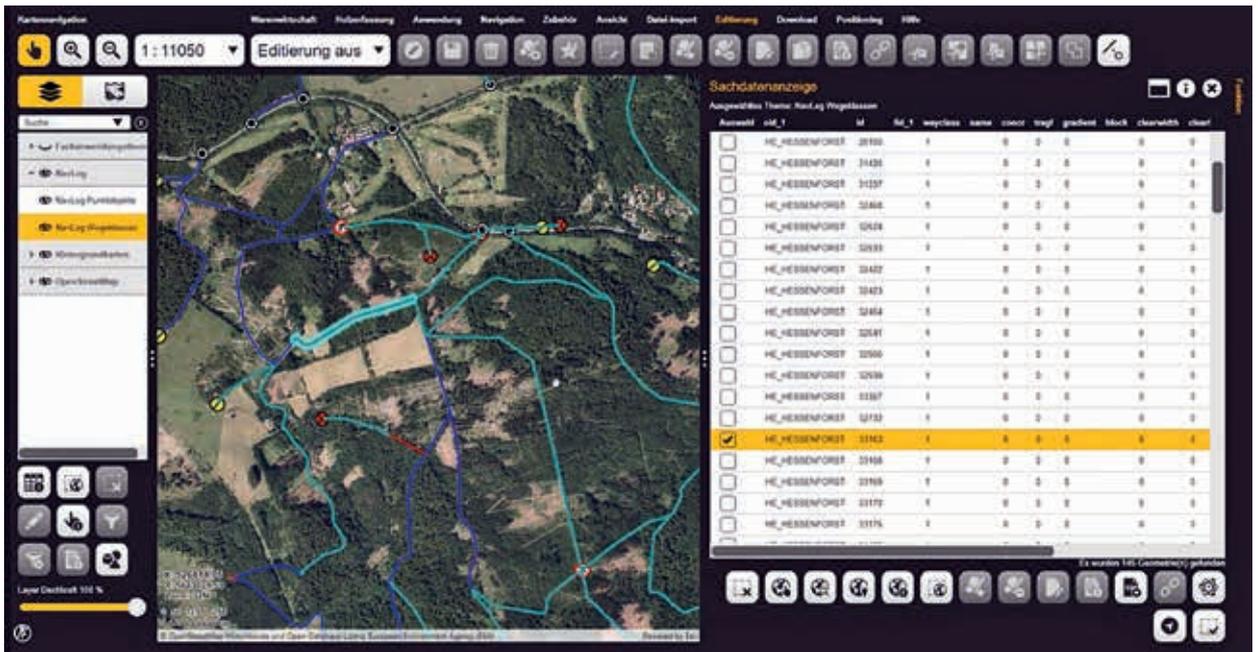


Abb. 4: WIS 2.0 Stammdaten und Datenerfassung



Abb. 5. Ökosystembasierte innovative Walderschließung

tungstechnologien ausgewählt und kalkuliert werden (Abb. 4).

Einzelne Komponenten des Projektes wurden zu einem Gesamtsystem des intelligenten digitalen Zwillings der Forstwege zusammengeführt. Momentan erfolgt die Erprobung in mehreren Bundesländern.

Die Kosten des gesamten Systems hängen vom Umfang der eingesetzten Module und Intensität der Informationserfassung ab. Im Rahmen des Projektes konnte nachgewiesen werden, dass durch den Einsatz des Systems und vorausschauende Wegeunterhaltung im erheblichen Maße die Wegebaukosten im Forstbetrieb reduziert werden können.

THÜRINGENFORST
Wir machen den Wald. Für Sie!

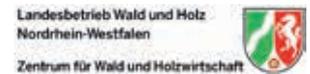
ThüringenForst AÖR, Forstliches Forschungs- und Kompetenzzentrum Gotha
Ansprechpartner: Ivan Sopushynskyy; Sergej Chmara

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Leuchtturm-Verbundprojekt



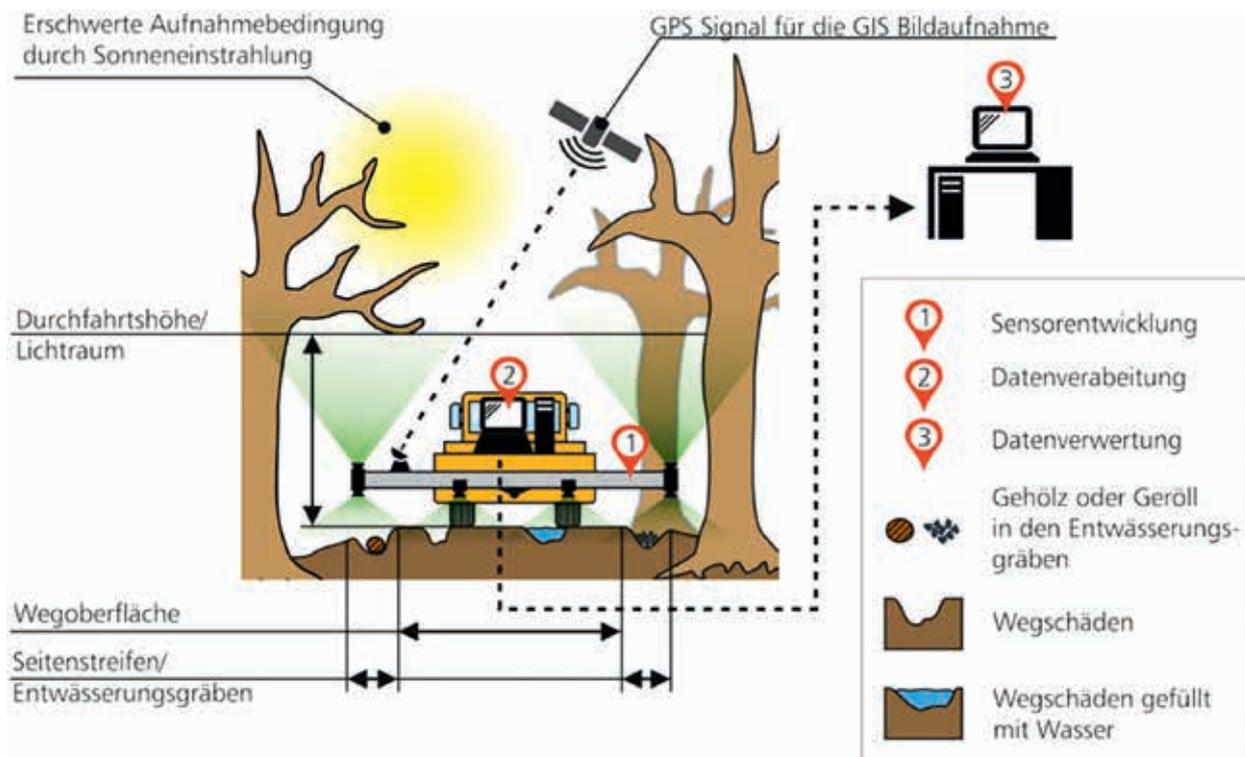
4.1 b CONTURA

Dass Forschung praxisnah und anwenderorientiert sein kann, zeigen die Technische Universität Ilmenau und die Fachhochschule Erfurt in ihrem gemeinsamen Forschungsprojekt CONTURA. Von der Fachagentur Nachwachsende

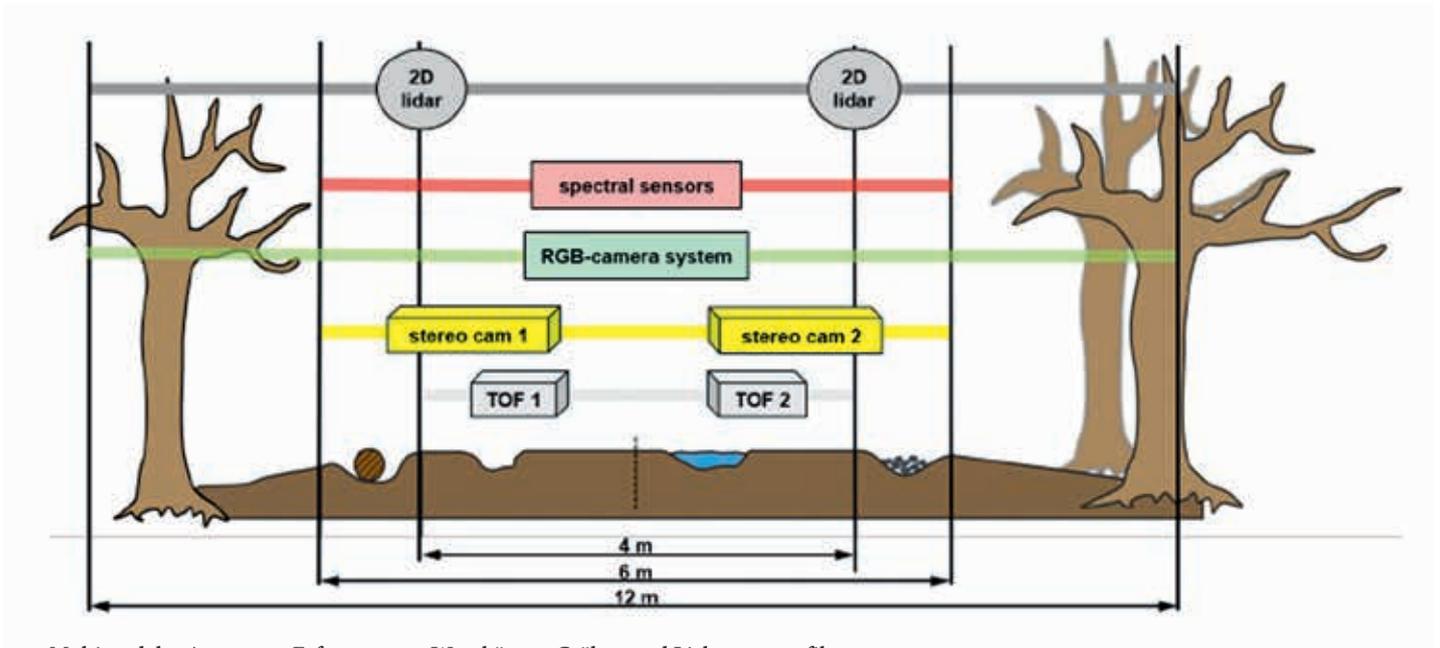
Rohstoffe (FNR) gefördert, beschäftigt sich das Projekt mit der Entwicklung eines Systems zur automatisierten Zustandserfassung von Waldwegen.

Das präzise Monitoring des Weges auch im Hinblick auf vor-

ausschauende Pflege zur Kosten- und Ressourcenersparnis ist Aufgabe des Projektes CONTURA. Mit fünf Praxispartnern, größtenteils aus Thüringen, sollen mit kostengünstiger Sensorik Waldwege detailliert vermessen werden.



Technisches Prinzip des Demonstrators im Projekt CONTURA



Multimodaler Ansatz zur Erfassung von Wegekörper, Gräben und Lichtraumprofil



Trägerfahrzeug mit Messensorik bei Testfahrten auf einem LKW-Weg in Ilmenau

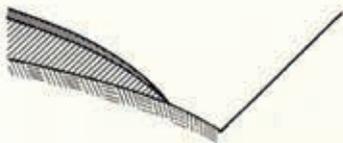
Detailansicht der am Heck des Trägerfahrzeuges angebrachten Kameras und Sensoren zur Zustandserfassung

Scannen bisherige Systeme ausschließlich die Fahrbahn, erfolgt in CONTURA eine ganzheitliche Vermessung von Wegekörper, Lichtraumprofil und Gräben. Im Laufe der Weiterentwicklung dieses Systems können so Zusammenhänge zwischen den einzelnen Messbereichen erkannt werden. Der Schlüssel zum Erfolg ist eine multimodale Herangehensweise. Verschiedene Kameras und Sensoren liefern unterschiedliche Daten, die im Nachgang miteinander verschnitten werden, um wichtige Merkmale in ihrer Ausprägung allumfassend zu extrahieren.

Herausforderungen sind dabei die kontinuierliche Georeferenzierung der vermessenen Strecken in vielseitigen Geländestrukturen wie dem Thüringer Wald, aber auch die Erkennung und Einordnung von Schadmerkmalen durch die KI sowie die Abstimmung der einzelnen Sensoren und Kameras aufeinander. Aktuell sind die Grundlagenforschungen weitestgehend abgeschlossen. Ein Pick-Up als Demonstrator wurde mit einem Trägersystem ausgestattet, auf dem die verschiedenen Kameras, Sensoren, Systeme und Beleuchtungen montiert wurden. Die Kalibrierung dieser Hardware und anschließende erste Praxistests auf dem Gelände der TU sind bereits abgeschlossen.

Ziel des Projektes ist der Aufbau des Systems zu einem funktionsfähigen Prototyp, der den Waldweg ganzheitlich vermisst

Spitzgraben
„pointed ditch“ (eng.)

Definition
<p>Als eine Form des Grabens fungiert der Spitzgraben zur Wasseraufnahme und -leitung. Diese Form besitzt keine Sohle im eigentlichen Sinne, da der Graben spitz zuläuft.</p> <p>Die Tiefe des Grabens ergibt sich aus der Schnittstelle der bergseitigen Neigung des Planums sowie dem Böschungswinkel. Das Längsgefälle sollte 1 % dabei nicht unter/- und 9 % nicht überschreiten. ⁵⁹</p>

<p>Abbildung 4: Spitzgraben ⁶⁰</p>

Auszug aus dem im Projekt entstandenen Glossar für Wegebau-begriffe

und einen digitalen Zwilling erstellt, von dem aus dann automatisiert Aussagen über Wegezustände getroffen werden. Dem nachgelagert können dann anhand der Technikauswahl und von benötigten Materialmengen Kostenkalkulationen in einem Tool durchgeführt werden. Die Projektfertigstellung ist Ende September 2024 geplant. Zahlreiche Landesforstbetriebe haben bereits Interesse an der Nutzung des CONTURA-Systems bekundet.

Im Rahmen des Projektes CONTURA ist außerdem ein Glossar zu Fachbegriffen des forstlichen Wegebbaus entstanden. In

Zusammenarbeit mit dem Arbeitsausschuss Walderschließung des Kuratoriums für Waldarbeit und Forsttechnik e.V. wird es auf der KWF-Tagung 2024 erstmalig präsentiert.

Ansprechpartner: Raik Illmann, Prof. Erik Findeisen

Projektpartner:



Projektträger: FNR und BMEL

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

4.1 c ForestSatCert

Die Positionsbestimmung im Wald ist unpräzise oder zeitaufwändig, häufig beides. Für den Anwender im Wald ist es meistens nicht möglich die Präzision des gewählten Gerätes bzw. der gewählten Methode zu überprüfen.

Das Projekt ForestSatCert soll diesem Problem abhelfen. Auf exakt eingemessenen Testfeldern werden die Geräte, Verfahren und Methoden unter Echtbedingungen auf ihre Präzision überprüft.

Hierfür werden die Geräte auf den Prüffeldern wie im Echtbetrieb verwendet. Je nach Einsatzzweck sind die Prüfbedingungen unterschiedlich:

- Statisch oder in Bewegung
- Montiert auf einem Fahrzeug, in der Hand, im Rucksack, auf dem Messstab, etc.
- Auf der Forststraße, im Bestand, auf der Freifläche, etc.
- Lange Messdauer/kurze Messdauer

Die Geräte dokumentieren während des Einsatzes entweder permanent oder an den Messpunkten ihre Position. Je nach Ausmaß der Abweichung von den Testfeldern, -linien und -punkten werden die Geräte in Genauigkeitsklassen eingeteilt. Die Hersteller erhalten dann ein von der Genauigkeitsklasse abhängiges Zertifikat und dürfen ein Gütesiegel auf den Geräten anbringen. Die Liste der geprüften Geräte wird im Internet veröffentlicht.

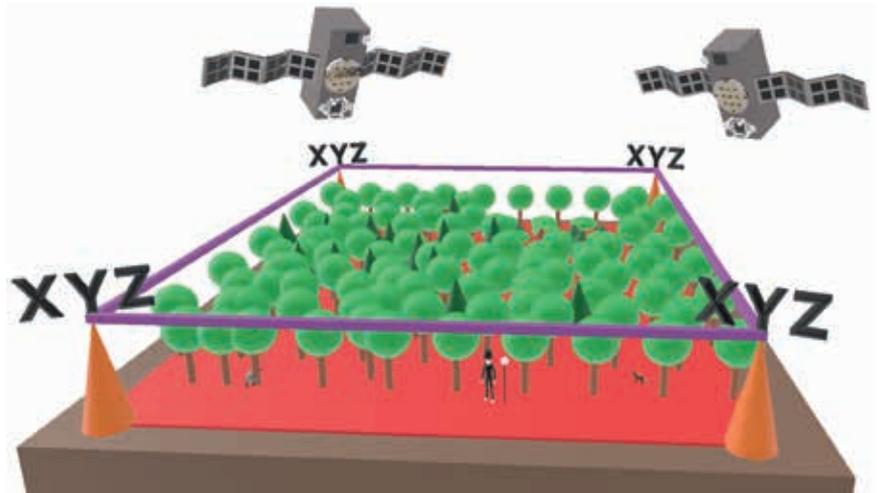


Abb. 1: GNSS-Testfeld im Wald


THÜRINGENFORST
 Wir machen den Wald. Für Sie!

ThüringenForst AöR, Forstliches Forschungs- und Kompetenzzentrum Gotha
Ansprechpartner: Ivan Sopyhynskyy; Sergej Chmara

Verbundprojekt von:


TECHNISCHE UNIVERSITÄT ILMENAU


eEntwicklung.net

VERMESSUNGSSTELLE TORSTEN BECK
VERMESSUNGSBÜRO GUNTER LENCER
 Gotha | Thüringen

CHARTA FÜR HOLZ 2.0 KLIMA WERTE RESSOURCEN



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Abb. 2: QR-Code scannen und auf die ForestSatCert-Seite zugreifen, um weitergehende Informationen zu erhalten und auf dem Laufenden zu bleiben. Alternativ geben Sie <https://kwf2020.kwf-online.de/portfolio/forestsatcert/> in Ihren Webbrowser ein.

4.2 Digitalisierung der Feinerschließung - Projekt Gasse 2.0-3.0

Praktische Lösungsansätze zur Digitalisierung von Gassensystemen

Die Projekte beinhalten die Digitalisierung von Feinerschließungen sowie die algorithmenbasierte Analyse und Bewertung vorhandener Feinerschließung als Beitrag zur strategischen, operativen und ressourcenschonenden betrieblichen Planung.

Eine grundlegende Voraussetzung für alle im Wald stattfindenden Arbeiten ist ein den standörtlichen Verhältnissen und den technologischen Anforderungen angepasstes dauerhaftes Erschließungsnetz.

Mit dem Projekt Gassenaufschluss 2.0 entstand in den Jahren 2017 bis 2019 ein Planungstool für eine auf Geodaten basierende, digitale Erschließungsplanung. Dabei handelt es sich um ein gemeinsames Projekt des Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF) mit dem Landesforstbetrieb Sachsen-Anhalt (LFB). Die Anwendung des Planungstools ermöglicht in Verbindung mit Technik der Firma Topcon heute eine Umsetzungsgenauigkeit von bis zu 20 cm im Gelände.

Dieses Planungstool wurde im Forstbetrieb Oberharz des LFB hinsichtlich seiner Praxistauglichkeit geprüft und für die Erschließungsplanung von bisher nicht mit einer Feinerschließung versehenen Beständen eingesetzt. Der Revierleitung wurden dabei auf der Grundlage mathematischer Optimierungs- und Bewertungsalgorithmen erstellte Entscheidungsvorschläge für mögliche Rückegassenführungen zur Verfügung gestellt, die sich an den Geländeverhältnissen sowie betriebswirtschaftlichen und naturschutzfachlichen Anforderungen orientiert haben.

Der überwiegende Teil der Waldbestände ist allerdings bereits mit einem Netz aus Rückegassen und Rückewegen er-

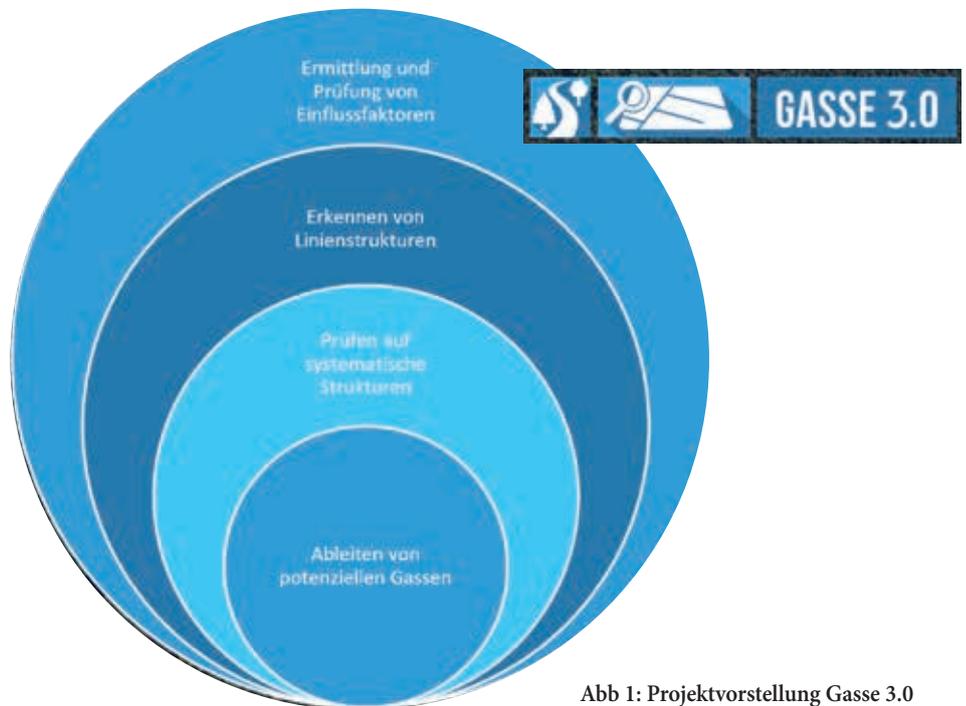


Abb 1: Projektvorstellung Gasse 3.0

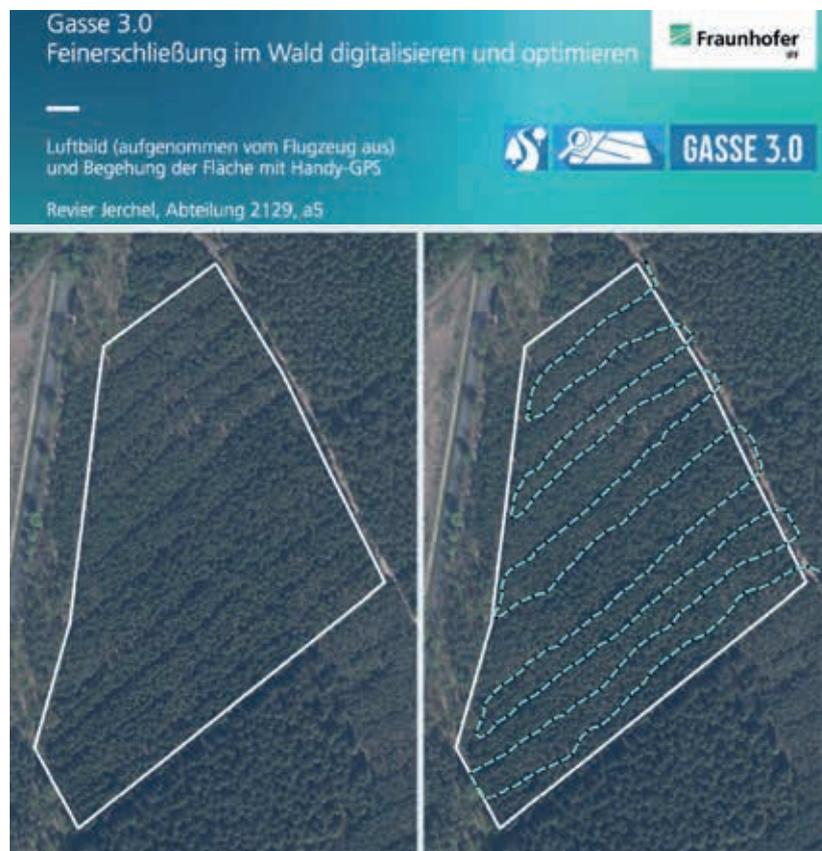


Abb 2: Feinerschließung im Wald digitalisieren, Beispielfläche aus Luftbild mit Handy-GPS-Track (Bildquelle: LVerGeo Sachsen-Anhalt)

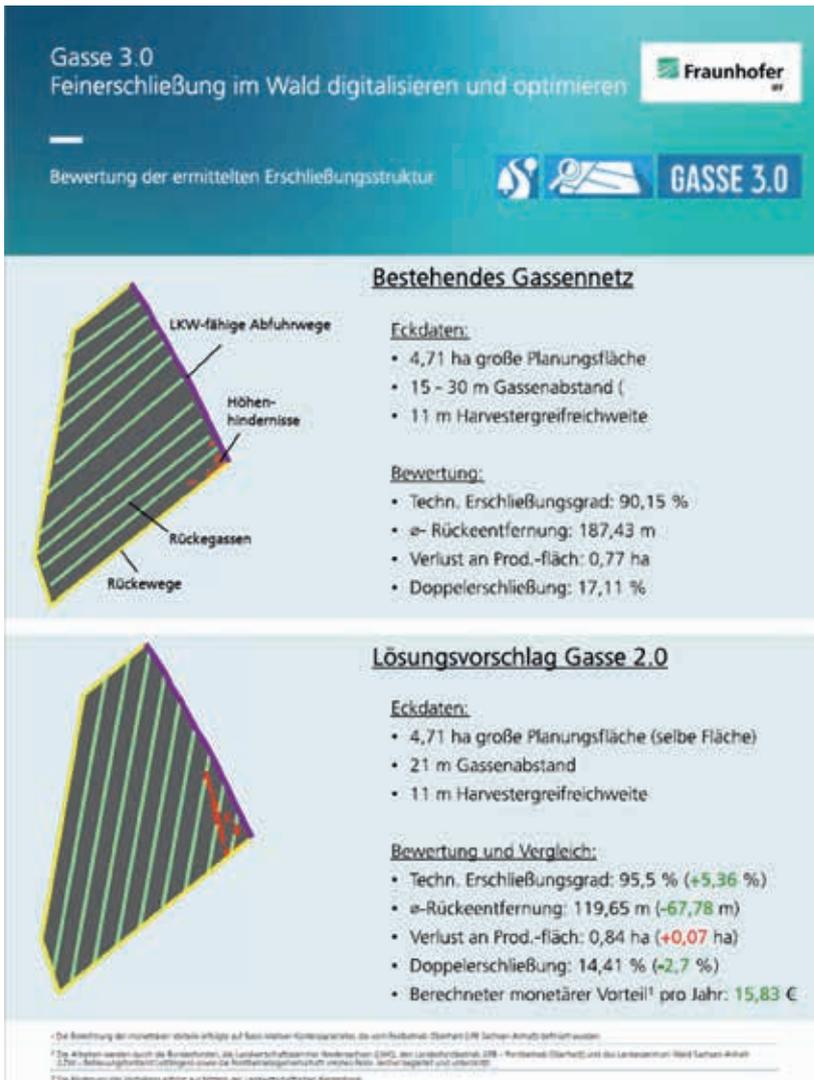


Abb 3: Beispielfläche mit bestehendem Gassennetz und Lösungsvorschlag mit Gasse 2.0

geschlossen. In den letzten Jahren war aber durch Schadereignisse wie großflächigen Befall mit Borkenkäfern oder Stürme festzustellen, dass diese vorhandenen Erschließungsnetze nach der Bäumung des Schadholzes oftmals nicht mehr auffindbar waren und für alle Folgearbeiten neue Fahrlinien angelegt werden mussten.

Auch im Rahmen der Zertifizierung ist für den Waldbesitzer ein Nachweis erforderlich, dass bei allen im Wald stattfindenden Arbeiten ausschließlich das vorhandene Gassennetz genutzt und davon nicht abgewichen wird.

Daraus ergab sich die Notwendigkeit, in einem Folgeprojekt eine Möglichkeit zu entwickeln, mit der diese vorhandenen Feinerschließungs-

systeme auf der Grundlage digitaler Basisdaten, wie z.B. digitaler Geländemodelle, Orthofotos oder Lidar-Daten, erkannt, digitalisiert und dauerhaft dokumentiert werden können.

Projektpartner

Das Problem der Digitalisierung und dauerhaften Dokumentation der vorhandenen Feinerschließungsnetze betrifft prinzipiell alle Forstbetriebe, unabhängig von den Eigentumsverhältnissen.

Im Projekt Gasse 3.0 haben sich Projektpartner mit den unterschiedlichsten Betriebsgrößen und den verschiedensten Anforderungen an die Digitalisierung der Erschließungsnetze zusammengefunden.

Neben dem Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF), das für die Erarbeitung der technischen Lösung und Umsetzung verantwortlich ist, sind aus der forstlichen Praxis das Landeszentrum Wald Sachsen-Anhalt (LZW), die Forstbetriebsgemeinschaft „Hohes Feld“ Jerchel, der Landesforstbetrieb Sachsen-Anhalt (LFB), die Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK) und die Bundesforstbetriebe Westbrandenburg und Nördliches Sachsen-Anhalt (BIMA) beteiligt.

Ziele und Inhalte

Das Ziel des Projektes Gasse 3.0 ist, ein Verfahren zu entwickeln, das aus vorhandenen, leicht zugänglichen digitalen Basisdaten, wie z.B. digitalen Geländemodellen, Orthophotos oder Lidar-Daten, Linienstrukturen erkennt und Gassensysteme unter Einsatz einer KI verifiziert.

Damit soll eine weitgehend automatisierte Digitalisierung und Dokumentation bestehender Gassensysteme erfolgen. Kritische Flächen werden durch Zusatzinformationen aus terrestrischen Aufnahmen geprüft und ggf. angepasst.

Das Projekt umfasst nachstehende Arbeitsschwerpunkte

- Digitalisierung und Verifizierung bestehender Gassensysteme
- Bestehende Gassennetze sollen möglichst automatisiert bewertet werden zur
 - ▶ Vorbereitung von Erntemaßnahmen
 - ▶ Einzelflächenbetrachtung im Vergleich zu gruppierten Flächen
 - ▶ Langfristige strategische Anpassung und Optimierung des Erschließungsnetzes
- Erschließungsplanung
 - Grob- und Feinaufschluss
 - Weitergabe der Ergebnisse an mobile End-Systeme
- Quantitativer Vergleich der Ergebnisse aus der Digitalisierung der vorhandenen Feinerschließung mit einer



Abb 4: Verfahrensbeschreibung

angepassten Erschließungsplanung zur Entscheidungsfindung und Kommunikation mit Eigentümer/-innen

- Ökonomische und ökologische Kennwerte wie Gassendichte, Verlust an Produktionsfläche, Rückentfernung, Befahrungintensität
- Darstellungsmethode zur Argumentation möglicher forstlicher Arbeitsprozesse in Verbindung mit flurstücks- und eigentumsgenauer Betrachtung
- Flächenbezogene Ermittlung von monetären Ausfällen
- Darstellungsmatrix für verbundene, gruppierte Flächen (unterschiedlicher Eigentumsverhältnisse)
- Operative Unterstützung für Forstunternehmen
 - Bereitstellung des digitalen Gassenverlaufs an ausführende Forstunternehmer zum flächen- und hiebsbezogenen Planungsfall
- Dokumentation der digitalen Gassensysteme für die weiteren betrieblichen Arbeitsprozesse und zur regelkonformen Darstellung für Zertifizierungssysteme
- Ergebnisorientierte Unterstützung für weitere innerbetriebliche Anwendungen

Auf dem Exkursionspunkt werden an einem Beispielsbestand das Planungstool Gasse 2.0 und die sich mit dem Projekt Gasse 3.0 eröffnenden Möglichkeiten zur Digitalisierung und dauerhaften Dokumentation der vorhandenen Feinerschließungssysteme vorgestellt.

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF) [1]; Landeszentrum Wald Sachsen-Anhalt (LZW) [2]; Landesforstbetrieb Sachsen-Anhalt (LFB) [3]

Ansprechpartner: Dr. Ina Ehrhardt [1]; Luise Eichhorn [2]; Tom Hartung [3]

Projektbeteiligte

- Landeszentrum Wald Sachsen-Anhalt, Betreuungsforstamt Letzlingen
 - Forstbetriebsgemeinschaft „Hohes Feld“ Jerchel
 - Landesforstbetrieb Sachsen-Anhalt, Forstbetrieb Oberharz
 - Landwirtschaftskammer Niedersachsen
 - Bundesforst der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben, Forstbetriebe Westbrandenburg und Nördliches Sachsen-Anhalt
 - Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung
- Gefördert durch**
- Landwirtschaftliche Rentenbank
 - Bearbeitungszeitraum: 2022-2025

Exkursionsbild 4.2	
Bestand	FI (14) Dickung
Standort	feucht, betont frisch
Boden	schluffiger Lehm über lehmigem Sand, tief- bis sehr tiefgründig
Bestockungsziel	WEZ 25: BU mit FI, TA

Exkursionspunkt

4.3 Passive Exoskelette bei forstbetrieblichen Arbeiten

Passive Exoskelette sind außen am Körper getragene Vorrichtungen zur Unterstützung/Entlastung spezifischer Muskelgruppen.

Die Wahl des eingesetzten Exoskelettes sollte anhand der schwerpunktmäßig zu entlastenden Körperregion, des angewandten Arbeitsverfahrens und unter Beachtung des Arbeitsschutzes getroffen werden (Abb. 1).

Zur körperlichen Entlastung wird das Exoskelett angelegt und muss anschließend an die Körperproportionen angepasst werden, damit die Entlastungswirkung optimal genutzt werden kann.

PAEXO Shoulder

Die Höhe der Schulterentlastung wird über die Anzahl der genutzten Gummizüge und die Länge des Hebelarmes eingestellt. Je nach Anwendungsfall kann das Armgewicht samt Werkzeuggewicht ausgeglichen werden (oder nur Anteile davon). Das Exoskelett muss zum Ändern der Entlastungsstärke abgelegt werden.

PAEXO Back

Die Unterstützung kann jederzeit für die linke und rechte Seite getrennt ein- und ausgeschaltet werden. Da die Kraftübertragung vom Rücken über zwei Drehgelenke an der Hüfte auf die Oberschenkel erfolgt, kann somit ein ungestörtes Hinknien ermöglicht werden. Über zwei Drehknöpfe, links und rechts am Hüftgurt, kann zudem der Winkel eingestellt werden, ab dem die Entlastung wirken soll.

BackX

Die Unterstützung kann jederzeit für die linke und rechte Seite getrennt ein- und ausgeschaltet werden. Die Entlastung erfolgt erst beim Nachvornlehnen, gegen eine gepolsterte Platte auf Brusthöhe, die über zwei Druckluft-Kolben an der Hüfte die Kraft auf die Oberschenkel überträgt. An den Kolben kann der Winkel eingestellt werden, ab dem die Entlastung wirken soll. Knien und Setzen sind jederzeit möglich.

Arbeitsauftrag

Im Rahmen des Exkursionspunktes sollen die Erkenntnisse zum Einsatz passiver Exoskelette bei der Reichhöhenastung, bei der Hohlspatenpflanzung und beim Harzer Pflanzverfahren sowie dem motormanuellen Holzeinschlag hinsichtlich ihres möglichen Beitrags zur Entlastung von Forstwirten vorgestellt werden. Darüber hinaus können unterschiedliche Exoskelette von den Besuchern anprobiert und getestet werden und es besteht die Möglichkeit, über weitere Anwendungsmöglichkeiten bei forstlichen Tätigkeiten zu diskutieren.

Betriebsmittel

- PAEXO Shoulder - 2,0 kg
- PAEXO Back - 4,5 kg
- BackX - 3,2 kg

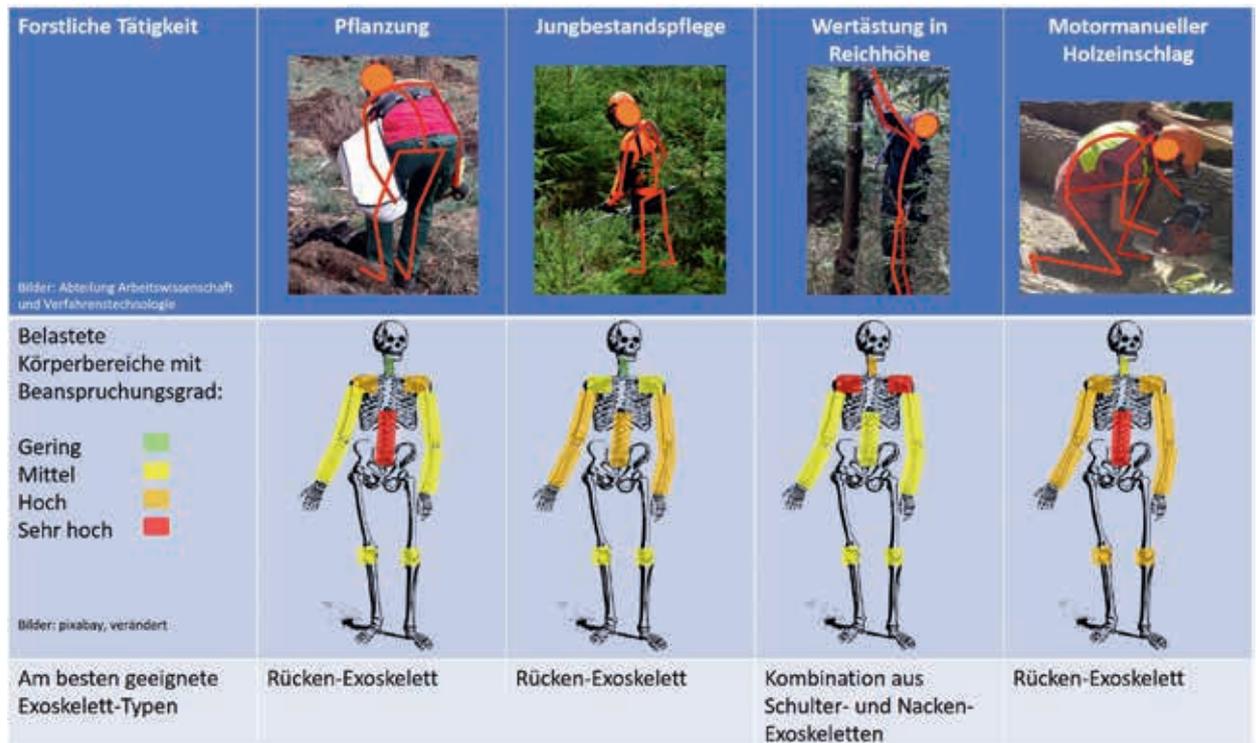


Abb. 1: Angaben zu belasteten Körperregionen je forstbetrieblicher Tätigkeit und geeignete Exoskelett-Typen



Abb. 2: Passives Exoskelett „PAEXO Shoulder“ zur Schulterentlastung (Bild: AWISS)



Abb. 3: Passives Exoskelett „PAEXO Back“ zur Rückenentlastung (Bild: AWISS)



Abb. 4: Passives Exoskelett „BackX“ zur Rückenentlastung (Bild: AWISS)

Beurteilung des Verfahrens

1. Erfolgskontrolle

Es ergeben sich keine Änderungen für die Erfolgskontrolle eines Verfahrens durch die Verwendung eines passiven Exoskelettes.

2. Waldschutz

Es ergeben sich keine Änderungen für die Waldschutzbeurteilung eines Verfahrens durch die Verwendung eines passiven Exoskelettes.

3. Arbeitsschutz

Die vorgestellten passiven Exoskelette können durch eine Kombination aus rigider Stützstruktur und flexiblen Gummizügen einzelne Bewegungen und Haltepositionen des Menschen unterstützen und somit Belastungen reduzieren.

Gefahren für die Anwender bestehen in ungewolltem Hängenbleiben an ortsfesten oder beweglichen Objekten, gestörten Reflexbewegungen beispielsweise

beim Stolpern oder Stürzen sowie Einflüssen des Exoskelettes auf die Funktionalität persönlicher Schutzausrüstung.

4. Umweltverträglichkeit

Es ergeben sich keine Änderungen für die Umweltverträglichkeit eines Verfahrens durch die Verwendung eines passiven Exoskelettes.

5. Optimaler Einsatzbereich

Passive Exoskelette sollten nicht in dichter Vegetation eingesetzt werden oder bei Verfahren mit hohem Risiko für schwere Unfälle, da die Gefahr des ungewollten Hängenbleibens und gestörter Reflexbewegungen besteht.

6. Prozessorientierung

Es ergeben sich keine Änderungen für die Prozessorientierung eines Verfahrens durch die Verwendung eines passiven Exoskelettes.

Gesellschaft für forstliche Arbeitswissenschaft e.V. (GEFA) [1]; Abteilung Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnologie, Universität Göttingen [2]

Ansprechpartner: Arne Sengpiel [1], Marius Kopetzky [2], Dr. Henrik Brokmeier [2], Prof. Dr. Dirk Jaeger [2]

4.5 Holzernte- sowie Wegebauverfahren unter Einbezug der Wasserrückhaltung

Lineare Strukturen wie Arbeitsgassen und Waldwege verstärken abflussbildende Prozesse aus Waldgebieten. Die Folge sind gesteigerte Abflussbildung, zusätzlich entstehendes Hangabzugswasser durch Wegeeinschnitte sowie die Bündelung und Beschleunigung von Wasserzuflüssen durch lange Wegeseitengräben. Verstärkt werden diese Prozesse durch Witterungsextreme (z. B. Dürre, Starkregen). Fehlende Bestockung führt zu einem weiteren Anstieg entwässernder Effekte. Trotz des geringen Flächenanteils von Waldwegen und Arbeitsgassen stellen Wissenschaftler einen signifikanten Effekt auf den Wasserhaushalt fest. Insbesondere in Fällen von Wetterextremen kann eine starke Beeinflussung festgestellt werden. Rückhaltung und gezielte Lenkung von Niederschlagswasser werden daher als Anpassungsmaßnahmen wichtiger.

Für technische sowie organisatorische Maßnahmen bieten sich Waldwege und Arbeitsgassen als Ort der gezielten Lenkung und Rückhaltung an. In der Prozesskette Holzernte konzentrieren sich diese Maßnahmen auf den Bodenschutz sowie die Erhaltung der technischen Befahrbarkeit von Arbeitsgassen. Erweiterbar sind

diese unter anderem in Form der Hinzunahme digitaler Hilfsmittel, die beispielhaft örtliche Informationen zur Befahrbarkeit von Waldbeständen auf die Maschine spiegeln. Für Wegeunterhaltung sowie -instandsetzung können ebenfalls zahlreiche Maßnahmen genannt werden; Die Prüfung der Durchlassinfrastruktur sowie die Erweiterung von Retentionsräumen sind nur ein paar Beispiele.

Ziele des Exkursionsbildes

Im Exkursionsbild wird der Status Quo exemplarischer Maßnahmen unter gezielter Betrachtung der Wasserrückhaltung im Wald in statischen Bildern (Maschinen und Moderation) vorgeführt. Dabei werden in Bezug auf das Feinerschließungssystem aus den Kategorien Bestandesvorbereitung, Technik, Organisation und Durchführung schrittweise die Möglichkeiten aufgezeigt und hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Wasserrückhaltung bewertet.

Für den Waldwegebau werden Maßnahmen zur Vorbeugung von entwässernden Effekten von Erschließungslinien und zur Förderung von Wasserrückhalt in unmittelbarer Nähe zum Waldweg gezeigt.

Vor Ort sollen Chancen und Risiken verschiedener digitaler und

technisch sowie organisatorischer Maßnahmen vorgestellt werden. In einem Parcours werden unterschiedliche Anforderungen an die Arbeitsplanung, -vorbereitung, -organisation und -durchführung vorgestellt, in deren Folge die damit verbundenen unterschiedlichen Arbeitsverfahren mit jeweils speziellem Anbaubehör gemeinsam vor dem Hintergrund der Wasserrückhaltung diskutiert.

Maßnahmen bezogen auf das Feinerschließungssystem

Digitale Planung der Feinerschließung unter Berücksichtigung vorhandener Zwangspunkte

Nach betriebsinternen Anweisungen des Landesbetriebes Hessen-Forst sind alle zur Bewirtschaftung vorgesehenen Waldorte durch ein systematisches, bestandes- und abteilungsübergreifendes Feinerschließungssystem zu strukturieren. Hinsichtlich der Neuanlage, Erweiterung und Einhaltung von Arbeitsgassen ergeben sich bzgl. des Gassenabstandes Entscheidungsspielräume im Rahmen der betrieblichen Vorgaben. Diese an den lokalen Gegebenheiten auszurichtende Optimierungsaufgabe erlaubt unterschiedliche Arbeitsgassenabstände, die sich an der bodenökologischen Befahrungsempfindlichkeit, den ökonomischen und technischen Kriterien und an der bereits vorhandenen Erschließung orientieren. Hierbei muss beispielsweise das bestehende Feinerschließungssystem überprüft und auf positive sowie negative Kardinalpunkte eingegangen werden. Die Markierung des Gassenverlaufs selbst zeigt ebenfalls den hohen Aufwand dieser komplexen Tätigkeit. Digitale Instrumente können hierbei Hilfsmittel sein. Als Planungsinstrument wird ein System der Firma Wood.In.Vision vorgestellt. Zur Durchführung steht ein Forstraupenmulcher (Fa. FMH Mujo)



Abb. 1. Luftbild zur Neuanlage von Arbeitsgassen, Forstamt Hess. Lichtenau

zur Verfügung. Umfangreiche Erfahrungen aus Einsätzen im Winterhalbjahr 2023/2024 dienen als Diskussionsgrundlage für Kosten, Leistungen und Wirkungen.

Technische Ausrüstungsoptionen in der Holzernte

Verwendung von technischen Hilfsmitteln wie der Einsatz unterschiedlicher Bogie-Bänder, das getrennte Rücken, die Traktionshilfsseilwinde dienen als Gesprächsgrundlage neben der Erhaltung der dauerhaften Befahrbarkeit der Arbeitsgassen und Waldwege, aber auch der Wasserführung und Vermeidung von Spurbildungen in den Waldbeständen. Fa. Martin Werner unterstützt diesen Punkt mit Anschauungsmaterial. Die Abteilung Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnologie der Universität Göttingen hat in einem Befahrungsversuch auf der Ebene die Wirkung des Traktionshilfsseilwindeneinsatzes wissenschaftlich betrachtet und stellt die Informationen als Posterpräsentation zur Verfügung. In diesem Zusammenhang mit technischen Hilfsmitteln wird auszugsweise auf aktuelle Abrechnungsgrundlagen bzgl. Zuschläge in der aktuellen Rahmenvereinbarung eingegangen.

Digitaler Datenaustausch bei Harvester und Forwarder

Im Zuge der Planung von Holzernemaßnahme ist eine Beauftragung durch die örtlich zuständige Stelle ein wesentlicher organisatorischer sowie arbeitsschutzrechtlicher Aspekt. Analoge Arbeitsaufträge sind momentan Standard und weisen zahlreiche Nachteile auf. Des Weiteren erschweren sie die Nachweispflicht der erbrachten Leistungen und dienen nicht zur Produktionssteuerung. Analoge Karten werden zumeist als Anhang im Arbeitsauftrag verwendet. Sie beinhalten wenig nutzbare Geoinformationen. Hierdurch werden beispielhaft Gassen befahren, die entweder zu einem späteren Zeitpunkt genutzt werden sollten oder eine Befahrung gänzlich ausschließen. Die Folge kann eine verstärkte Gleisbildung,

entsprechende Erosion sowie Entwässerung des Waldortes sein. Inwieweit ein digitaler Austausch von Auftrags- und Harvesterproduktionsdaten einen Beitrag zur Wasserrückhaltung leisten kann, soll an diesem Punkt diskutiert werden. Fa. Lukas Hecker sowie Fa. ForestX stehen hier zur Verfügung, um die jeweiligen Optionen vorzustellen und gemeinsam mit HessenForst Technik auf die bisherigen Erfahrungen zurückzublicken.

Maßnahmen des Waldwegebaus

Beispielhaft werden verschiedene Formen der Rückhaltung in Form einer Posterpräsentation gezeigt. Hierbei wird auf die Projektierung dieser Maßnahmen im Rahmen des Klimaplans Hessen verwiesen. Insbesondere dem Ersatz von bestehenden Durchlässen sowie der Verlegung neuer Durchlässe wird ein Schwerpunkt eingeräumt. Hierbei wird auf folgende Punkte eingegangen:

- Standortwahl je nach Relief, Wassereinzug, Gründigkeit des Bodens, Niederschlag und Exposition in Abhängigkeit der umliegenden Waldbestände
- Überprüfung vorhandener Durchlässe in Quantität und Qualität (je nach Standort unterschiedliche Abstände und Nennweiten)
- Wahl des Durchlassrohres

- Lage des Durchlasses in Relation zur Wegeachse beachten sowie weitere Verlegehinweise Vor Ort gezeigt werden unterschiedliche Durchlassrohre in verschiedener Ausführung.

Am Exkursionspunkt wird eine kleine Versickerungsmulde mit unmittelbarem Anschluss an den Forstwirtschaftsweg hergestellt. Beispielhaft wird ein mit entsprechenden Anbaugeräten ausgerüsteter Mobilbagger an der Mulde platziert. Von der Standortwahl über rechtliche Belange bis hin zur technischen Ausgestaltung von Mulden wird auf wesentliche Schwerpunkte eingegangen. Eine Bewertung anhand von entstehenden Kosten im Realbetrieb wird ebenfalls Teil der Präsentation sein.

Betriebliche Abwägung erforderlich

Klimatische Veränderungen, betriebliche Rahmenbedingungen und der Umgang vor Ort mit Themen Wasser und Boden sind wesentliche Treiber, die künftig einer noch engeren Abstimmung bedürfen. Die Nutzung vorhandener Mittel zur Begegnung dieser Themen sind vorhanden, erprobt und teilweise optimierbar. Mittel, die im Exkursionsbild aufgezeigt werden, dienen vor allem betrieblichen Zwecken, sind jedoch gleichwertig in der Zielerreichung



Abb 3. Versickerungsmulde im FA Weilrod, angelegt 2023

im Sinne des Bodenschutzes und der Wasserrückhaltung zu sehen. In Kombination unterschiedlicher Maßnahmen (z. B. Wiederbewaldung von Blößen) sind diese in der Lage, Hochwasserspitzen zu begrenzen. Bei der Anwendung kommt es zur Reduzierung von Wasserkonzentration und Fließgeschwindigkeit. Die Folge ist eine reduzierte Erosion. Umliegende Bestände können durch eine effiziente Ausführung der aufgezeigten Maßnahmen über eine erhöhte Wassergabe in Abhängigkeit des Abflussregulationsvermögens profitieren. Nichtsdestotrotz bedarf das Thema Wasserrückhalt einer weiteren wissenschaftlichen Begleitung. Hier sind einige bundesweite Initiativen auf Ebene von Forschungsanstalten entstanden. Auch digitale Planungs- und Steuerungsinstrumente bedürfen weiterhin der betrieblichen Integration. Hierzu müssen alle Partner der Prozesskette im Sinne eines möglichst hohen Nutzungsgrades zusammenarbeiten. Abschließend ist zu sagen, dass die Wirkung und

Effektivität einzelner Bodenschutz- und Wasserrückhaltmaßnahmen häufig nicht zufriedenstellend ist. Erfahrungen zeigen, dass das Herausgreifen eines einzelnen Bodenschutzaspekts (z. B. das Vorhalten einer mobilen Traktionswinde) wenig bringt, wenn dies in anderen Arbeitsschritten nicht entsprechend eingeplant bzw. berücksichtigt wurde. Erst wenn die gesamte Prozesskette der Holzernernte die genannten Anliegen berücksichtigt, können regelmäßig gute Ergebnisse erreicht werden.

HessenForst, HessenForst Technik; Georg-August-Universität Göttingen, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie Burckhardt-Institut, Abteilung Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnologie
Ansprechpartner: Markus Müller, Marcel Lux, David Weiß, Jürgen Braun, Johannes Flikschuh (alle HessenForst, HessenForst Technik)

Entwicklungs- und Kooperationspartner:

- Fa. Martin Werner
- Fa. FMH Mujo
- Fa. Lukas Hecker
- Fa. Wood.In.Vision
- Fa. ForestX
- Georg-August-Universität Göttingen, Forstwissenschaften und Waldökologie

Exkursionsbild 4.5	
Bestand	Ei (167) - BU (154) mittleres bis starkes Baumholz
Standort	feucht, betont frisch
Boden	schluffiger Lehm über sandigem Lehm, tief- bis sehr tiefgründig
Bestockungsziel	WEZ 10: Ei mit BU, HBU

4.6 Klettersitz als Steuerungsinstrument der Wiederbewaldung

Klettersitze sind eine mögliche Ergänzung bei der jagdlichen Infrastruktur. Der Klettersitz besteht aus zwei Teilen, die jeweils mit einem Stahlkabel um den Baum montiert werden. Durch alternierendes Hoch- und Nachziehen der Teile kann so am Baum aufgestiegen werden.

Verfahrensbeschreibung

Nach Erreichung der Jagd- oder zulässigen Maximalhöhe werden der Klettersitz am Baum fixiert und das mitgeführte Material (Waffe etc.) nachgezogen. Die PSA enthält alle Notwendigkeiten, um die Nutzerin/ den Nutzer gegen Absturz zu sichern. Darüber hinaus ist die PSA so konzipiert, dass eine



Klettersitz am Baum mit aktivem Schützen

Eigenrettung sehr einfach möglich ist. (Auf dem Exkursionsbild wird zusätzlich auch der Bereich der Höhenrettung (durch Dritte) vorgestellt.)

Neben der Ausrüstung und Rettung kommt der richtigen Baumauswahl (Baumart, Anforderungen an den Baum, Standort) beim Einsatz von Klettersitzen eine zentrale Rolle zu.

Arbeitsauftrag

Auf dem Exkursionspunkt werden die einschlägige Gefährdungsbeurteilung und die Betriebsanweisung vermittelt.

Betriebsmittel

Klettersitz Summit Viper SD

- Baumstärken 20 bis 51 cm
- Belastung bis 136 kg
- Standfläche 70 x 50 cm
- Gewicht ohne Sitzteil 8 kg, zzgl. PSA gegen Absturz und Ausrüstung für die Höhenrettung

Zeitbedarf

Nach Überschreitung der Übungsschwelle werden ab Erreichen des Baumes bis zur gesicherten Jagdposition in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Baumes 5-10 Minuten kalkuliert. Die einmalige Vorbereitung des Baumes (Auswahl, Aufastung, Markierung) wird mit unter einer halben Stunde angehalten.

Kosten

Eine komplette Klettersitzausrüstung inkl. PSA und Eigenrettung liegt bei ca. 890,- €. Kosten für Werkzeug für die Baumvorbereitung und die Ausrüstung für Höhenrettung sind hier nicht enthalten.

Beurteilung des Verfahrens

1. Arbeitsschutz

Das Verfahren ist mit dem Arbeitsschutz abgestimmt. Gegenüber alternativen Verfahren (Drückjagdbock, Leiter) ist der Anwender vom ersten Meter an gegen Absturz gesichert.

2. Umweltverträglichkeit

Es gibt keine Bedenken bzgl. der Umweltverträglichkeit.

3. Optimaler Einsatzbereich

Bereiche über Verjüngung, wo ausreichende Höhe für den Jagderfolg wesentlich ist.

4. Prozessorientierung

Für den Prozess der Bewegungsjagd ist die Kategorie Klettersitz neu aufzunehmen. Sichere Mobilfunkabdeckung am Standort des Kletterbaumes ist erforderlich, Höhenrettung muss vorgehalten



Klettersitz Summit Viper SD



Der bessere Kugelfang bei zunehmender Höhe ist ein weiterer Vorteil des Klettersitzes



Sichtfelderweiterung als großes Plus des Klettersitzes

werden. Schulung der Nutzer im Vorfeld ist erforderlich.

Zusammenfassende Beurteilung des Verfahrens

Das Verfahren hat sich in der Praxis bewährt. Der Erfolg von Klettersitzen liegt nach Auswertung mehrerer Jahre bei einem Vielfachen der Zahlen von erdnahe Drückjagdeinrichtungen. Die Kosten liegen gegenüber klassischen Drückjagdböcken bei 1:3 (KS:DJB), um die höhere Effizienz bereinigt so-

gar bei 1:7. Neben den Nachteilen (Schulungsaufwand, Rindenverletzung am Baum) werden zahlreiche weitere Vorteile gesehen (besserer Kugelfang, Schussfelderweiterung, Sicherheit,...), die für den Einsatz des Klettersitzes sprechen.

Landesbetrieb Hessen -Forst, Forstamt Frankenberg-Vöhl
Ansprechpartner: Nicolai Graß; Marco Berghöfer; Max Krause; Sebastian Motschmann

Exkursionsbild 4.6	
Bestand	FI (36) Stangenholz bis schwaches Baumholz mit flächiger Verjüngung BU, FI, ERL, ESH, AH
Standort	frisch, wechselfeucht
Boden	sandiger Lehm, mittel- bis tiefgründig
Bestockungsziel	WEZ 10: Ei mit BU, HBU

4.7 Sprengtechnik in der Forstwirtschaft

4.7 a Anlage von Feuchtbiotopen mittels Sprengtechnik

Herstellen von Wasserflächen als Biotope zur Verbesserung des Gesamtlebensraums Wald

Ziel der Maßnahmen ist, offene Wasserflächen mit unterschiedlichen Tiefenzonen auf geeigneten Waldflächen anzulegen, um die Artenvielfalt in diesen Bereichen zu erhalten bzw. gezielt zu fördern.

Als Standort eignen sich feuchte Bereiche mit einer ausreichenden lehmigen, tonigen oder anderer wasserdichter Materialdeckung nach unten hin. Bei ausreichend hohem Wasserstand sind auch wasserdurchlässige Untergründe möglich.

Verfahrensbeschreibung

Die Anlage von Biotopen erfolgt in vielen Fällen mittels Erdbaumaschinen. Bei diesen Erdarbeiten muss ein Zuweg zum geplanten Biotop geschaffen werden. Dieser muss im Anschluss immer renaturiert werden. Das entnommene Material ist im Regelfall zu deponieren. Eine Ablagerung im Wald ist in den seltensten Fällen zulässig.

Bei der Herstellung von Biotopen mittels Sprengtechnik ist es möglich, alle Arbeiten ohne schwere Maschinenteknik durchzuführen. Die Sprengladungen

werden, je nach gewünschter Tiefenzone des Gewässers, in unterschiedlichen Tiefen eingebracht. Das Herstellen der hierzu erforderlichen Bohrlöcher (150 bis 250 mm Durchmesser) kann mittels handgeführter Erdbohrgeräte oder bei einer entsprechenden Befahrbarkeit der Fläche auch mittels Erdbohrmaschinen erfolgen.

Der Transport des benötigten Sprengstoffs erfolgt per PKW auf

den befahrbaren Wegen. Der Rest kann zu Fuß erfolgen.

Das durch die Sprengung ausgeworfene Erdreich wird in einem Radius von bis zu 250 m um die Sprengstelle verteilt. Ein Gefahrenbereich von 300 m ist daher während der Sprengarbeiten abzusperren.

In den Bildern ist die Fläche des Biotops vor der Sprengung zu sehen.



Abb. 1: Einmessen der Bohrlöcher



Abb. 2: Nordmeyer Bohrgerät



Abb. 3: Unimog mit Anhänger

Konkrete Maßnahme

Diese Anlage eines Feuchtbiotopes auf der Exkursionsroute wurde im Februar 2020 durchgeführt.

Arbeitsvorbereitung

Der Ort der Sprengung ist im Vorfeld unter folgenden Gesichtspunkten auszuwählen:

- Ist ausreichend Wasser und Fläche für ein Biotop vorhanden?
- Welche Lebewesen bzw. Pflanzen sollen sich im Biotop ansiedeln?
- Wie sind die Lichtverhältnisse vor Ort?
- Welche Tiefenzonen werden benötigt?
- Muss ein Zu-/Abfluss berücksichtigt werden?
- Ist der Untergrund „wasserdicht“ bzw. falls nicht, ist der Grundwasserspiegel ausreichend hoch?
- Sind Ver- oder Entsorgungsleitungen, Bauwerke oder Verkehrswege in einem Umkreis von 300 bis 500 m vorhanden?

Je nach Bundesland sind ggf. naturschutzrechtliche Genehmigungen einzuholen; bei Durchführung durch gewerbliche Sprengfirmen ist die Gewerbeaufsicht zu beteiligen.

Eine entsprechende Gefährdungsbeurteilung ist frühzeitig zu erstellen (Sprengarbeiten inkl. Vorbereitungsmaßnahmen wie Bohren usw.).

Ausrüstung

Benötigt werden Geräte zur Herstellung der Sprenglöcher. Der Bohrl Lochdurchmesser beträgt 150 bis 250 mm. Soll die Umgebung des Biotopes nicht befahren werden, ist es möglich, die Löcher mittels eines handgeführten Erdbohrgerätes herzustellen. Aktuell verwendet das THW-Ausbildungszentrum hierzu mehrere Stihl BT 360. Sollte ein Befahren der Fläche möglich sein, so können auch Erdbohrmaschinen mit Raupenfahrwerk eingesetzt werden. In diesem Fall kommt ein Nordmeyer Geotool GTB 1500 neo zum Einsatz. Der Transport zur Einsatzstelle erfolgt mittels Unimog und Anhänger.

Entlohnung

Bisher erfolgte das Sprengen der Biotope im Rahmen von Ausbildungsmaßnahmen des THW. In diesen Fällen wurden die Spreng- und Zündmittel abgerechnet, die Arbeitsstunden wurden im Rahmen von THW-internen Ausbildungsdiensten geleistet.

Die Sprengarbeiten wurden teilweise durch Mitarbeiter der Waldeigentümer vorbereitet. In diesen Fällen wurden hauptsächlich die Bohrarbeiten nach Vorgabe der Sprengberechtigten durchgeführt.

Zeitbedarf

Der Zeitbedarf richtet sich nach den Bodenverhältnissen der Sprengstelle und der Größe des Tümpels. Bei der Sprengung waren 47 Bohrlöcher erforderlich, hierzu haben 5 Personen etwa 6 Stunden benötigt. Die Zeit umfasst auch die Vorbereitungsmaßnahmen wie Einmessen und Markieren der Bohrlöcher usw. Das Volumen des zu schaffenden Biotops beträgt hierbei ca. 40 cbm. Benötigt werden etwa 25 kg Sprengstoff.

Kosten

Neben den Lohnkosten fallen Kosten für Bohrgeräte sowie Spreng- und Zündmittel an. Zu den Lohn- und Maschinenkosten liegen, auf Grund der bisherigen Durchführung im Rahmen von Lehrgängen, keine Daten vor.

Pro Bohrloch werden ein bis zwei Zünder benötigt, die Sprengstoffmenge richtet sich nach der Größe des Biotops. Grundsätzlich kann ein Zünder mit ca. 3,00 € und Sprengstoff mit etwa 5,00 €/kg gerechnet werden.

Ggf. sind Frachtkosten zur Anlieferung der Spreng- und Zündmittel hinzuzurechnen, diese liegen wegen der Gefahrgutzuschläge bei ca. 300,00 €, es ist jedoch auch ein Transport durch das Sprengpersonal möglich.

Beurteilung des Verfahrens

1. Risiken

Als Risiken zu betrachten sind zum einen der Umgang mit explosionsgefährlichen Stoffen und die vorbereitenden Tätigkeiten, zum anderen die Risiken der Sprengung an sich.

Den Risiken bei Sprengung und Vorbereitung kann durch entsprechende Arbeitsschutzmaßnahmen und umsichtigen Umgang entgegengewirkt werden.

Als Risiken bei der Sprengung sind folgende Punkte zu nennen:

- Biotop erreicht nicht die gewünschte Form/Größe.

- Boden ist entgegen der Erwartungen nicht „wasserdicht“ bzw. Wasserstand ist zu niedrig.
- Spreng- und Wurfstücke beschädigen Bäume im Umfeld der Sprengstelle.

2. Erfolgskontrolle

Ein Erfolg lässt sich im Normalfall schnell feststellen: Der neu geschaffene Tümpel füllte sich zügig mit Wasser und der Wasserstand ist stabil.

Der weitere Erfolg stellt sich zum Teil erst nach einiger Zeit ein. Hier ist zu berücksichtigen, dass sich Lebewesen und Pflanzen nicht sofort ansiedeln bzw. einen

gewissen Entwicklungszeitraum brauchen.

3. Wirtschaftlichkeit

In der Wirtschaftlichkeit ist das Sprengverfahren dem Einsatz von Baggern usw. überlegen, d. h. die Anlage von Biotopen mittels Sprengtechnik ist günstiger als der Einsatz von Erdbaumaschinen.

THW-Ausbildungszentrum Neuhausen

Ansprechpartner: Hagen Vollrath

4.7 b Fällung von Problembäumen mittels Sprengtechnik

Das Sprengen von Problembäumen stellt keinen Ersatz für den Einsatz von forsttypischen Arbeitsverfahren dar, sondern wird ausschließlich aus Gründen der Arbeitssicherheit eingesetzt.

Die Sprengtechnik ist an allen Standorten mit Baumbestand oder Einzelbäumen einsetzbar.

Ziel der Maßnahme ist, Problem-/Gefahrenbäume sicher zu Boden zu bringen. Zusätzlich kann durch Absprengen der Baumkrone die Verkehrssicherungspflicht erfüllt und ein Stammtorso als Habitatbaum erhalten werden.

Durch Sturm geworfene Bäume können unter Anwendung der Sprengtechnik ohne Lebensgefahr für die Waldarbeiter gefällt werden.

ne zu hoch ist. Aus artenschutzrechtlichen Gründen oder auf Grund von Naturschutzmaßnahmen sollen gezielt Teile eines Baumes erhalten bleiben, wobei das Abtrennen von Ästen oder Stammteilen mittels Seilklettertechnik oder Hubarbeitsbühnen nicht möglich ist.

Die Bäume werden mittels Bohrlochladung oder einer angelegten Ladung gesprengt. Die Bohrlochladung wird hierbei be-

vorzugt, da der Sprengstoffbedarf und die Lärmemissionen deutlich geringer sind als bei einer angelegten Ladung. Sollte ein Bohren im Stamm nicht möglich sein, weil dieser entweder bereits zu stark geschädigt ist oder ein sicherer Aufenthalt im Stammbereich für die Dauer der Bohrarbeiten nicht möglich sein, können angelegte Ladungen verwendet werden.

Bei den Bohrlochladungen werden handgeführte Bohrgeräte

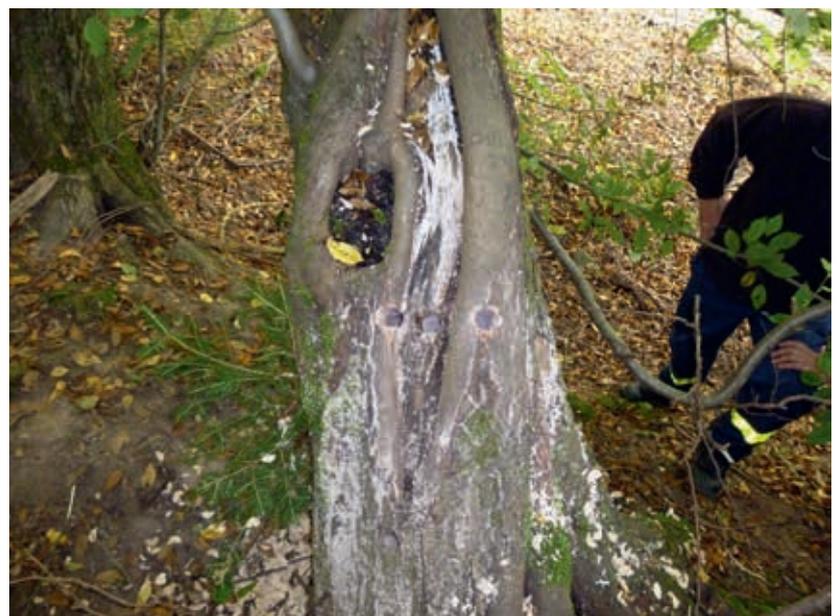


Abb. 4a: Hainbuche mit vorbereiteten Bohrlöchern

Verfahrensbeschreibung

Die Bäume werden unter arbeitschutzrelevanten Gesichtspunkten ausgewählt. Für die Sprengtechnik sprechen folgende Aspekte:

- Baum steht in Bereichen, in denen keine sichere Rückweiche vorhanden ist (Steilhang, Gewässerrand, usw.)
- Baum ist so stark vorgeschädigt, dass motor-manuelle oder maschinelle Verfahren nicht möglich sind oder die Gefährdung für Personal und Maschi-



Abb. 4b: Laden der Bohrlöcher



Abb. 4c: Abgesprengter Hainbuchenstamm

zur Herstellung der Bohrungen eingesetzt. Hier können Akku-Bohrgeräte oder benzingetriebene Bohrmaschinen genutzt werden. Der Transport des benötigten Materials inkl. der Spreng- und Zündmittel erfolgt per PKW auf den befahrbaren Wegen. Der Transport im Gelände kann auch ohne Probleme zu Fuß erfolgen.

Die vorbereiteten Bohrlöcher werden mit der errechneten Sprengstoffmenge geladen und mit Zündern versehen. Die Zündung erfolgt aus einem ausreichenden Sicherheitsabstand von im Regelfall 300 m Radius um die Sprengstelle. Üblicherweise wird eine Kabelverbindung von der Spreng- zur Zündstelle benötigt. Alternativ kann die Zündung auch per Funktechnik erfolgen.

Der große Vorteil der Sprengtechnik ist, dass zum Zeitpunkt der Zündung und somit zum Zeitpunkt, an dem der Baum in Bewegung gerät, keine Personen im Gefahrenbereich sind.

Konkrete Maßnahme

Da die Sprengungen nur außerhalb der Brut- und Setzzeiten stattfinden können, wurden diese bereits im Februar 2024 durchgeführt. Für das Exkursionsbild wurde eine Kiefer gesprengt. Während der KWF-Tagung finden somit keine Sprengungen statt.

Die Einschränkungen durch die Brut- und Setzzeiten gelten nicht bei der Durchführung dringender Verkehrssicherungsmaßnahmen!

Arbeitsvorbereitung

Die zur Sprengung vorgesehenen Bäume werden vermessen und auf einer Karte bzw. mittels GPS markiert. Die Lademengenberechnung wird durchgeführt. Hieraus ergibt sich der Bedarf an Spreng- und Zündmitteln.

Sollte es Anwohner im Gefahrenbereich der Sprengung geben, so werden diese so früh wie möglich über die geplanten Sprengungen informiert. Die Mitteilungen an weitere Stellen (z. B. Gewerbeaufsicht, Leitstellen von Polizei und Feuerwehr) erfolgen durch den verantwortlichen Sprengberechtigten.

Die Absperrung des Gefahrenbereichs wird geplant, nach Möglichkeit werden die Standorte der Absperrposten auf dem Boden oder an Bäumen markiert. Alle Absperrposten sollten Sichtkontakt haben und mit Funksprechgeräten ausgestattet sein.

Die Sprengung erfolgt, wenn der Gefahrenbereich geräumt ist.

Ausrüstung

- Handgeführte Bohrgeräte (Akkuschrauber)
- Handwerkzeuge
- Sprengausstattung

Entlohnung

Bisher erfolgte das Sprengen von Bäumen im Rahmen von Ausbildungsmaßnahmen oder Einsätzen des THW. In diesen Fällen wurden die Spreng- und Zündmittel abgerechnet, die Arbeitsstunden wurden im Rahmen von THW-in-

ternen Ausbildungsdiensten geleistet oder bei Einsätzen nach der THW-Abrechnungsrichtlinie in Rechnung gestellt.

Die Sprengarbeiten wurden teilweise durch Mitarbeiter der Waldeigentümer vorbereitet. In diesen Fällen wurden hauptsächlich die Bohrarbeiten nach Vorgabe der Sprengberechtigten durchgeführt.

Zeitbedarf

Der Zeitbedarf richtet sich nach dem Durchmesser der zu sprengenden Bäume sowie der Stammhöhe, in welcher die Sprengung erfolgen soll.

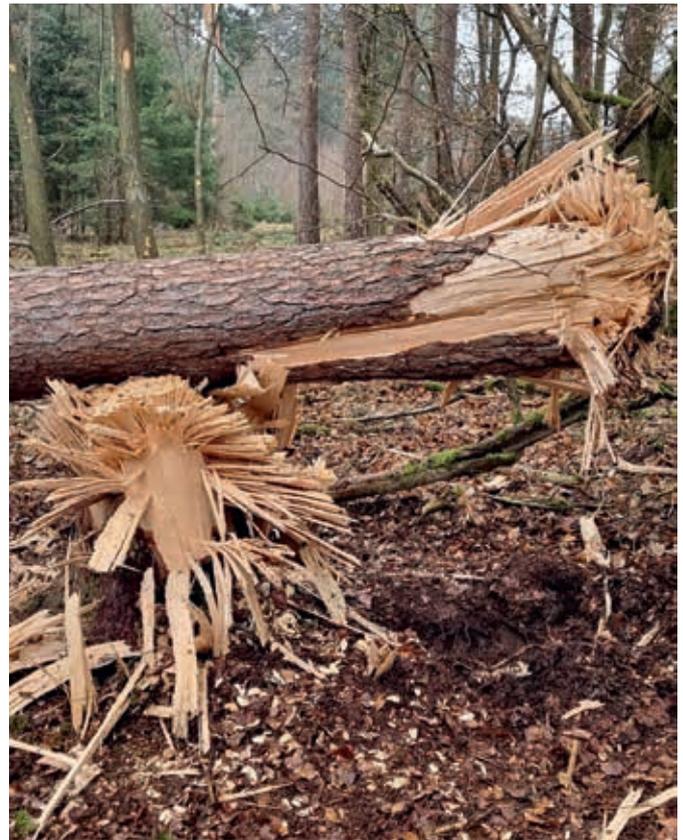
Im vorliegenden Fall war für den gesprengten Baum ca. 1 Stunde Vorbereitungszeit erforderlich. Das Bohren in der Höhe erfolgte von der Arbeitsbühne eines Teleskopladers aus. Das Bohren von einer Leiter aus wäre im Notfall auch möglich, birgt aber ein höheres Unfallrisiko.

Kosten

Neben den Lohnkosten fallen Kosten für Bohrgeräte sowie Spreng- und Zündmittel an.

Zu den Lohn- und Maschinenkosten liegen auf Grund der bisherigen Durchführung im Rahmen von Lehrgängen oder Einsätzen keine ausreichenden Daten vor. Folgende Daten sind aus dem in der Exkursion gezeigten Bild verfügbar:

- 1 MAS für den Teleskoplader, Anfahrt erfolgte per Tieflader.



Gesprengte Kiefer am Exkursionspunkt. Zur besseren Ansicht wurde extra bodennah gesprengt, normalerweise bleibt bei Baumsprengungen aus Naturschutzgründen ein möglichst hoher Stammtorso erhalten.

- 1 Arbeitsstunde für Bohr- und Ladearbeiten
- Für die Sprengung eines Baumes mit 50 cm Durchmesser werden je nach gewähltem Verfahren zwischen 0,5 und 5 kg Sprengstoff sowie ein bis sechs Zünder benötigt. Grundsätzlich kann ein Zünder mit ca. 3,00 € und Sprengstoff mit etwa 5,00 €/kg gerechnet werden.
- Die reinen Kosten für die Spreng- und Zündmittel liegen somit bei ca. 20,00 €, unabhängig vom gewählten Sprengverfahren. Ggf. sind Frachtkosten zur Anlieferung der Spreng- und Zündmittel hinzuzurechnen, diese liegen wegen der Gefahrgutzuschläge bei ca. 300,00 €, es ist jedoch auch ein Transport durch das Sprengpersonal möglich.

Beurteilung des Verfahrens

1. Risiken

Als Risiken zu betrachten sind zum einen der Umgang mit explosionsgefährlichen Stoffen und die vorbereitenden Tätigkeiten; zum anderen die Risiken der Sprengung an sich.

Den Risiken bei Sprengung und Vorbereitung kann durch entsprechende Arbeitsschutzmaßnahmen und umsichtigen Umgang entgegengewirkt werden.

Als Risiken bei der Sprengung sind folgende Punkte zu nennen:

- Stämme bewegen sich unvorhersehbar.
- Holz wird nicht vollständig durchtrennt und es sind Nacharbeiten erforderlich.
- Spreng- und Wurfstücke beschädigen Bäume im Umfeld der Sprengstelle.

2. Durchführung der Erfolgskontrolle

Ein Erfolg lässt sich auf den ersten Blick feststellen: Das abzusprengende Holz ist vom Rest des verbleibenden Stammes/Wurzeltellers getrennt.

3. Wirtschaftlichkeit

In der Wirtschaftlichkeit ist das Sprengverfahren mit dem Einsatz konventioneller Verfahren nur bedingt vergleichbar, da die Sprengtechnik eingesetzt wird, wenn die anderen Verfahren aus Arbeitsschutzgründen ausscheiden.

THW-Ausbildungszentrum Neuhäusen

Ansprechpartner: Hagen Vollrath

Praktische Vorführungen finden während der KWF-Tagung nicht statt, die benötigte Technik wird jedoch auf dem EXPO-Gelände in der Sonderschau Waldbrand ausgestellt. Dort steht auch ein THW-Ansprechpartner für Fragen zur Verfügung.

4.8 Klimaangepasste Baumartenwahl

1. Herausforderung Klimawandel: Risikovorsorge durch klimaangepasste Baumartenwahl – Entscheidungsunterstützung für Waldbesitzende in Hessen

Die Trockenheit der Jahre 2018 bis 2020 und ihre verheerenden Auswirkungen auf den Wald haben eindringlich verdeutlicht, wie wichtig es ist, bei einer anstehenden Wiederbewaldung eine vorausschauende, dem Klimawandel angepasste Baumartenwahl zu treffen.

Der Klimawandel führt zu längeren Vegetationsperioden und infolge höherer Temperaturen sowie geringerer Niederschläge zu einem erhöhten Verdunstungsanspruch der Vegetation. Dementsprechend nimmt der Trockenstress der Wälder zu und es steigt die Anfälligkeit gegenüber weiteren Stressfaktoren (z. B. Borkenkäfer). Zur Abschätzung der Wasserversorgung der Wälder wird im Forschungsansatz der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) für künftige Klimabedingungen der Kennwert der „Standortwasserbilanz“ (SWB) in der Vegetationszeit berechnet. Diese ergibt sich aus der Summe von „Klimatischer Wasserbilanz“ (Differenz zwischen Niederschlag und potenzieller Verdunstung) und der nutzbaren Feldkapazität (nFK), also dem pflanzenverfügbaren Bodenwasser (Spellmann et al. 2020, Spellmann et al. 2021, Bialozyt et al. 2021). Mit Hilfe von an der NW-FVA entwickelten Modellen wurde zunächst die in Hessen bestehende Standortkartierung zur Erfassung der notwendigen Bodeneigenschaften ergänzt und differenzierter bestimmt. Darüber hinaus wurden auch für bisher nicht kartierte Flächen mit Verfahren des „Digital Soil mapping“ Karten erstellt (Heitkamp 2020, Ahrends et al. 2023). Basierend auf dem Emissionsszenario RCP 8.5, gerechnet mit dem Globalmodell ECHAM 6 (Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg, s. Jungclaus et al. 2010,

Stevens et al. 2013), dem statistischen Regionalmodell STARS II (Orlowsky et al. 2008) und einem kombinierten Verfahren (Inverse Distance Weighting) und Höhenregressionen (Schulla u. Jasper 2007) wurde die Datengrundlage zur Berechnung der Klimatischen Wasserbilanz für den Zeitraum 2041 bis 2070 geschaffen.

Die Baumarten lassen sich anhand der Standortwasserbilanz in Gruppen unterschiedlicher Trockenstressgefährdung einteilen (Böckmann et al. 2019). Dabei bewerten die Schwellenwerte der Trockenstress-Risikostufen die Vitalität, Widerstandsfähigkeit und Produktivität der Baumarten, ohne jedoch auch bei hoher Gefährdung eine absolute Existenz- oder Verbreitungsgrenze darzustellen.

Zur Potenzialabschätzung der Baumarten wurde eine Zuordnungstabelle entwickelt, in der die Stellung der Baumarten in Mischwäldern eingeordnet wird. Je nach Erfüllung ihrer ökologischen Ansprüche an den Standort kann die Baumart führend, beigemischt, vorübergehend bei-

gemischt, begleitend oder vom Anbau ausgeschlossen sein. Begleitend sind meist natürlich ankommende Baumarten, die im Sinne der Risikovorsorge und Artenvielfalt willkommen und in ökologisch nicht zu vernachlässigenden Anteilen an der Baumartenzusammensetzung in den Waldentwicklungszielen (WEZ) vorgesehen sind. Waldentwicklungsziele beschreiben Leitbilder des angestrebten Waldaufbaus, der mehrere standörtlich und in ihrem Wuchsverhalten zueinander passende Baumarten enthält. Sie sind in Katalogen, jeweils für den Kommunal- /Privatwald und den Staatswald zusammengestellt (Döbbeler et al. 2023).

Auf der Grundlage der beschriebenen Einordnung der Baumarten wurden standörtliche Planungsbereiche für Waldentwicklungsziele abgeleitet (Buresch 2023, Hamkens 2023).

Da die Klimafolgenforschung ein sehr dynamischer Prozess ist wurden schon im Jahr 2023 Neuerungen eingepflegt. Neben kleineren Änderungen der Stand-

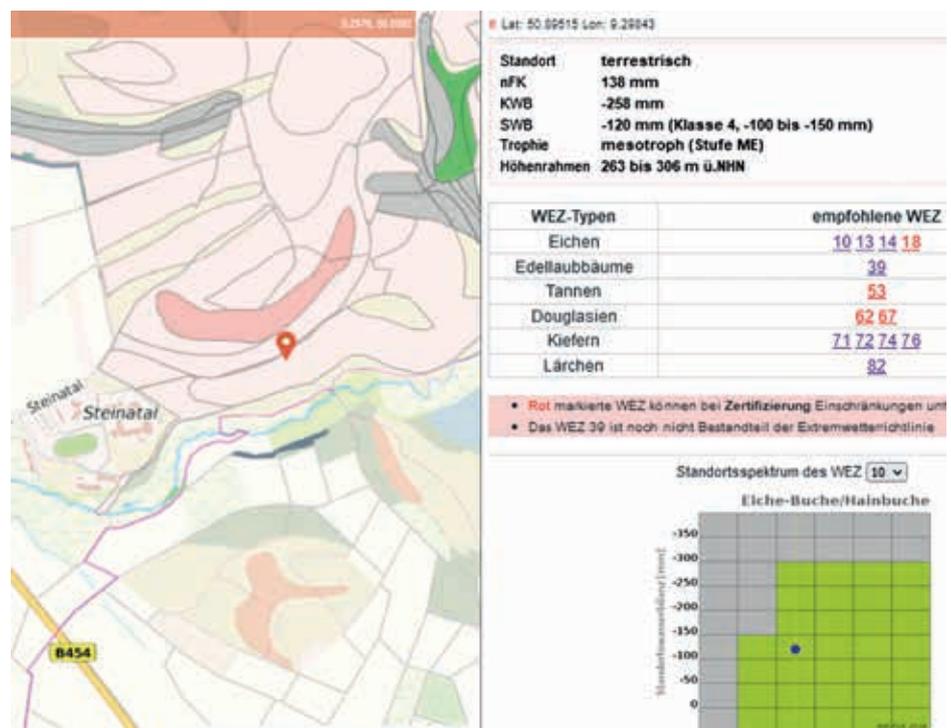


Abb. 1: Auszug aus dem Webportal: Standortkarte und Informationsfenster (Grafik: NW-FVA).

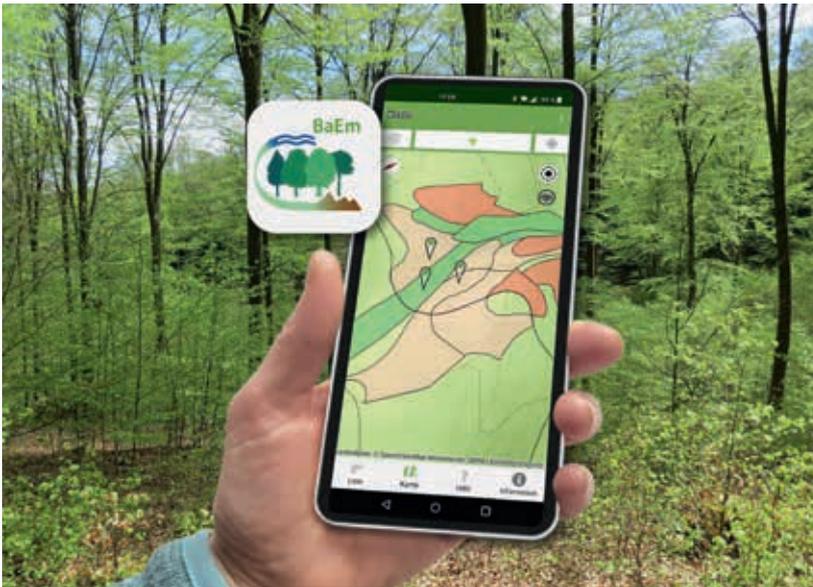


Abb. 2: Kartenausschnitt der App „BaEm“ (BaumartenEmpfehlungen) mit markierten Standorten (Foto: M. Schmidt).

ortkarte und Baumarten- bzw. WEZ-Zuordnungen wurde die bislang statische Höhengrenze für den Eichenanbau auf der Basis von Temperatursummen differenzierter gezogen. Der Katalog der Waldentwicklungsziele wurde mit dem WEZ 19 Eiche-wärmeliebend (thermophil), den Sonder-WEZ 20 R und 50 R (Buche/ Fichte mit hohem Risiko) und dem WEZ 39 Edellaubbäume-Tanne ergänzt. Das WEZ 19 wird für besonders warm-trockene Standorte empfohlen und enthält neben Trauben- und Stieleiche auch Flaum- und Zerreiche. Für die Weißtanne wurde mit Hilfe der klimatischen Wasserbilanz und einer vorsorglich modellierten nutzbaren Feldkapazität für hydromorphe Standorte aufgrund der zu erwartenden Standortsdynamik ein Grenzwert ermittelt, ab welchem die Weißtanne ausgeschlossen wird. Die Einschränkung betrifft überwiegend wechselfeuchte Standorte im südlichen Hessen.

Alternative Baumarten

Artenvielfalt zur Risikostreuung im Sinne der Erhöhung der Resilienz der Wälder gegen Störungsereignisse gilt als unumstrittenes Konzept in der waldbaulichen Planung. Scheinbar im Widerspruch dazu werden bislang nur wenige Baumarten aus anderen Ländern

und Klimabereichen für unsere heimischen Wälder empfohlen.

Insbesondere für bisher selten verwendete fremdländische Baumarten, aber auch seltene heimische Baumarten, fehlen langjährige wissenschaftliche Versuchsanbauten um eine Bewertung der Anbaufähigkeit vornehmen zu können (Döbbeler et al. 2022). Auch wenn der Ansatz der Klimanalogie über Artverbreitungsmodelle eine Anpassung von Baumarten an das hier erwartete Klima verspricht, bedeutet verantwortungsvolles Handeln, die Risiken, die ein Anbau außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes mit sich bringt, zwingend zu vermeiden (Lieven und Nagel 2023).

Um dennoch möglichst schnell die größten Wissenslücken schließen und Empfehlungen aussprechen zu können, wurden Praxisanbauten verschiedenster Baumarten auf Anbauwürdigkeit und ökologische Zuträglichkeit untersucht und ergänzend Anbauversuche mit Alternativbaumarten auf verschiedenen Standorten neu angelegt. Ausführliche Beschreibungen finden sich bei Lieven und Nagel 2022 und Lieven et al. 2023. Die ersten Ergebnisse sollen zur KWF-Tagung vorgestellt werden. Weiterhin ist es das Ziel, die aussichtsreichsten Baumarten als Begleitbaumarten in passende

Waldentwicklungsziele zu integrieren.

Doch nützt die beste Forschung nicht, wenn die Ergebnisse nicht bei den Entscheidungsträgern – den Waldbesitzenden und -bewirtschaftenden – ankommen.

Folglich wurde dem Wissenstransfer im Verbundprojekt „Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025“ eine bedeutende Rolle eingeräumt. Zentrales Element ist die einfache und kostenlose Bereitstellung klimaangepasster Baumartenempfehlungen in Form eines frei zugänglichen Webportals (Hansen 2021) und mobiler Applikationen (Abb. 1+2), begleitet von einem Lehrgangsangebot für interessierte Waldbesitzende (Abb. 3).

Webportal

(<https://www.nw-fva.de/BaEm/>)

Die Entscheidungshilfen zur klimaangepassten Baumartenwahl werden den Waldbesitzenden als einfache WEB-Applikation, als Kartendienst (WMS) und als REST-Web-Service¹ von der NW-FVA (<https://www.nw-fva.de/BaEm/>) angeboten. Als Ergänzung zum Webportal wurden jeweils eine Softwareanwendung (Applikation bzw. App) für die weit verbreiteten Betriebssysteme für mobile Geräte Android und iOS (Apple) entwickelt (Hansen 2021, Sauer 2021). Ihr Vorteil gegenüber dem Webportal ist die Positionsermittlung eines Waldbestandes über GPS. Sie ermöglicht bei Internetempfang den sofortigen Informationsabruf vor Ort, sodass eine Abschätzung der waldbaulichen Ausgangssituation direkt mit dem Standort verknüpft werden kann. Ohne Empfang wird der gewählte Standort gespeichert und kann zu einem späteren Zeitpunkt samt zugehörigen Informationen abgerufen werden. Die Positionsermittlung ist darüber hinaus besonders hilfreich bei fehlender Waldeinteilung bzw. Kartengrundlage oder bei schwieriger Grenzziehung,

¹ REST = Representational State Transfer; bezeichnet ein Programmierparadigma für verteilte Systeme, insbesondere für Webservices zum Zweck der Maschine-zu-Maschine-Kommunikation

beispielsweise im kleinparzellierten Privatwald (Döbbeler u. Hansen 2023).

Die Einstiegseite des Webportals bietet neben einer Kurzanleitung ausführliche Erläuterungen zum Hintergrund, den Katalog der Waldentwicklungsziele, Hilfestellung durch Begriffserklärungen und weitere diverse Downloads. Aktualisierungen sind dort ebenfalls zu finden. Mit Hilfe von beispielhaften Erklärvideos für ausgesuchte waldbauliche Ausgangssituationen wird die praktische Anwendung der „BaEm“ demonstriert.

Positives Feedback und stetig steigende Aufrufzahlen für das Webportal lassen auf hohes Interesse und Informationsbedarf der Waldbesitzenden schließen. Künftig ist die Weiterentwicklung der Entscheidungshilfe durch die Implementierung ergänzender Teilmodelle zur Einschätzung der Wachstumsleistung (Schmidt et al. 2023), des Sturm- und Borkenkäferisikos auf der Grundlage des Regionalen Klimaprojektionen Ensembles (=Kernensemble) geplant. Dieses umfasst sieben Klimäläufe des RCP8.5 Szenarios und repräsentiert die Bandbreite des Gesamtensembles der Klimaprojektionen des ReKliEs-DE Projektes (Regionale Klimaprojektionen Ensemble für Deutschland) (Dalelane et al. 2018, Suttmöller et al. 2021, Hamkens u. Suttmöller 2023, Bialozyt u. Böckmann 2023).

Was erwartet die Besucher der KWF-Tagung am Stand der NW-FVA?

Die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt bietet einen Überblick zum derzeitigen Stand der Forschung zum Thema Waldbau im Klimawandel. Es erwarten Sie eine allgemeine Einführung zu den aktuellen Klimaszenarien, zur Abschätzung der Wasserverfügbarkeit und zur Trockenstressgefährdung der Baumarten. Auf unserem Rundweg erhalten Sie an einem Bodenprofil Einblicke in die Bewertung des Standortes im Kontext zunehmender Trockenheit. Die Rolle des Bodens als Wasserspeicher und Reserve in Trocken-

perioden wird beleuchtet. An zwei nahegelegenen Waldbildern wird die waldbauliche Ausgangssituation bewertet und die künftige Bestandesbehandlung mit dem Ziel eines klimastabilen, risikoarmen Waldes erörtert. Wir möchten Sie mit der an der NW-FVA entwickelten digitalen Entscheidungshilfe vertraut machen und die von uns empfohlenen Waldentwicklungsziele erörtern. Teilnehmende können mit ihrem Smartphone/iPhone die Apps „Klimaangepasste Baumartenwahl“ für Android bzw. „Klimaangepasste Baumartenempfehlungen“ für iOS unter fachkundiger Anleitung testen.

Abschließend präsentieren wir geplante Erneuerungen bei der Entscheidungsunterstützung. Dies betrifft die Verwendung des Kernensembles von regionalen Klimäläufen zur Herleitung der Klimatischen Wasserbilanz. Außerdem werden Modelle zur Wachstums- und Mortalitätseinschätzung sowie zum Sturm- und Borkenkäferisiko vorgestellt.

Als weitere Komponente des Wissenstransfers wurden die ersten Erklärvideos zum Thema Baumartenwahl in Zusammenarbeit mit „ForstErklärt“ gedreht. Sie beleuchten in anschaulicher Form die Themen „Waldentwicklungsziele mit Eiche in Hessen“, „Umgang mit im Klimawandel nicht mehr standortgerechten Baumarten“ (Fichte und Buche) und „Grundlagen zur klimaangepassten Baumartenwahl“ und können vor Ort angeschaut werden.

Die Wissenschaftler*innen der NW-FVA freuen sich auf zahlreiche interessante Gespräche!

2. Die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA)

Die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt ist eine gemeinsame Forschungseinrichtung und Dienststelle der Länder Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein. Sie betreibt praxisnahe forstliche Forschung im Wald und berät Waldbesitzende, Forstbetriebe, Verwaltungen und die Politik. Zu den Kernkompetenzen der NW-FVA zählen neben der angewand-



Abb. 3: Das Lehrgangangebot für Waldbesitzende besteht seit 2022 und wird auch 2024 fortgeführt (Foto: F. Gatzke).

ten Forschung das langfristige Monitoring sowie der Wissenstransfer. Ihre Aufgaben und Produktentwicklungen orientieren sich an den Bedürfnissen der forstlichen Praxis.

Über die Homepage der NW-FVA (www.nw-fva.de) können die Webanwendungen „Waldschutz-Meldeportal“, „Herkunftsempfehlungen“, „Erntezulassungsregister“, „Baumartenempfehlungen“ sowie „neue Ertragstafeln“ genutzt werden.

Darüber hinaus können über die Homepage u. a. auch die Programme TreeGrOSS, Forest Simulator-BWinPro und der Waldplaner heruntergeladen bzw. der WebBetriebsPlaner als Webanwendung genutzt werden.

NW-FVA Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

Ansprechpartner: Heidi Döbbeler, Axel Noltensmeier, Ralf Nagel

4.9 Marteloscope als Innovative Lern- und Übungsflächen

Was sind Marteloscope?

Das Konzept „Marteloskop“ findet seinen Ursprung in Frankreich und wurde dort vor allem in Privatwäldern erprobt und angewendet. Der Begriff leitet sich von der französischen Bezeichnung für die Auszeichnung von Bäumen („martelage“) und vom Griechischen „skopein“ (schauen) ab. Somit sind Marteloscope Flächen, auf denen die Auswahl von Bäumen veranschaulicht und diskutiert werden kann. Entsprechend wurde das Instrument ursprünglich zur Simulation verschiedener waldbaulicher Behandlungen bzw. Nutzungsszenarien entwickelt.

Marteloscope sind in der Regel ein Hektar große Trainingsflächen, innerhalb derer alle Bäume inventarisiert und auf einer Karte abgebildet werden. Diese Aufnahmen umfassen nicht nur Parameter wie Baumart, Baumkoordinaten, Baumhöhe, Brusthöhendurchmesser und Kronenansatz, sondern auch ökologische Werte und Merkmale wie das Vorhandensein von Mikrohabitaten. Beispiele hierfür sind Baumhöhlen, Totäste, Risse und abgelöste Rinde, Pilzfruchtkörper oder Epiphyten. Auch wird jedem Baum ein ökonomischer Wert anhand seines Volumens, der Stammqualität und der entsprechenden lokalen Holz-

preislisten zugewiesen. Im Zusammenspiel mit einer Auswertungs- und Simulationssoftware werden Marteloscope dann für waldbauliches Trainings genutzt.

Wozu dienen sie?

Eine Kernaufgabe der Waldbewirtschaftung ist es, zu entscheiden, wo, zu welchem Zeitpunkt, welcher waldbauliche Eingriff erfolgen soll. Durch Marteloscope können nun waldbauliche Entscheidungen virtuell geübt werden und bieten sich zudem als interaktive Exkursionspunkte an. Sie erlauben auch Biodiversitätsaspekte in der Waldbewirtschaftung mit in Waldübungen zu integrieren. Marteloscope stellen somit eine Art „Waldklassenzimmer“ dar, und können als innovatives Lehr- und Lernkonzept eingesetzt werden. Dabei richten sich Marteloscope nicht nur an ein Fachpublikum, sondern werden ein immer beliebteres Schulungsinstrument auch für eine breitere Öffentlichkeit.

Unterstützung durch innovative Tablet Software

Marteloscope veranschaulichen zudem wie eine „Digitalisierung im Wald“ aussehen und von Nutzen sein kann. Der Einsatz mobiler Endgeräte und einer dafür entwi-

ckelten Software („I+ Software“) ermöglicht ein direktes Feedback zu waldbaulichen Entscheidungen und den damit verbundenen waldbaulichen, ökologischen oder auch wirtschaftlichen Auswirkungen. Vor einer virtuellen Durchforstungsübung wird die Software für den jeweiligen Trainingszweck eingerichtet. Während der Trainingseinheit können die Teilnehmer alle relevanten Informationen zum Bestand und jedem einzelnen Baum abrufen. Sie erhalten ein direktes Feedback zu den waldbaulichen Entscheidungen, die sie während der Übung getroffen haben. Auf der Grundlage transparenter Daten können somit verschiedene Bewirtschaftungsstrategien und ihre Folgen von Forstpraktikern, Entscheidungsträgern, Wissenschaftlern oder anderen interessierten Gruppen direkt vor Ort diskutiert werden. Teilnehmer können auf diese Weise vom direkten Austausch mit anderen Schulungsteilnehmern profitieren und ihre eigenen Entscheidungsfähigkeiten verbessern.

Wer wird damit angesprochen?

Marteloscope sind ein wirkungsvolles Ausbildungskonzept mit dem Potenzial, jede berufliche bzw. forstfachliche Bildungsstufe anzusprechen. Darüber hinaus eignen sich die Übungen auch für ein interessiertes, aber fachfremdes Publikum, da Marteloscope die Möglichkeit bieten, für eine kurze Weile den Platz eines Försters oder einer Försterin einzunehmen. Unter der Leitung des European Forest Institute (EFI) umfasst das „Integrate Network“ mehr als 220 praktische Demonstrationsstandorte in 26 europäischen Ländern. Diese Marteloskop-Standorte ermöglichen somit vielseitige Schulungsanwendungen und können von jeglichen Akteuren aus Naturschutzverbänden, Umweltorganisationen oder Bildungseinrichtungen bei Interesse genutzt werden.



Foto: Ted Wilson



Foto: Andreas Schuck



Foto: Andreas Schuck

Interesse?

Falls Sie neugierig geworden sind, die Software einmal in einem Marteloskop selbst auszuprobieren oder Interesse hätten, eine solche Schulungsfläche in Ihrem Wald einzurichten, können Sie gerne an unserem Standort bei der KWF-Tagung vorbeischauchen. Zudem finden sie auf der Integrate Netzwerk Webseite mehr über Marteloskope, wie man sie einrichtet und nutzt; aber auch eine Übersicht

aller Standorte in Europa (integrate-network.org/demo-sites).
Kontaktperson: Andreas Schuck (andreas.schuck@efi.int), Wissenschaftlicher Mitarbeiter, European Forest Institute

European Forest Institute EFI Bonn [1]; ANW Deutschland e.V. [2]; Wald- und Umweltplanung Leonhardt [3]

Ansprechpartner: Andreas Schuck [1]

Exkursionsbild 4.9	
Bestand	ELA (71) schwaches Baumholz mit BU (79)
Standort	feucht, betont frisch
Boden	schluffiger Lehm über lehmigem Sand, mittel- bis tiefgründig
Bestockungsziel	WEZ 28: BU mit LAE

4.10 Bodenverfestigung in Anlehnung an eine hydraulisch gebundene Tragdeckschicht im land- und forstwirtschaftlichen Wegebau

Der Regelaufbau von Forstwegen besteht aus sand-wassergebundenen Trag- und Deckschichten mit 20-40 cm Stärke und Gesteinsgrößen zwischen 10-45 mm. Das typische Uhrglasprofil dient zur raschen seitlichen Wasserabführung. Insbesondere steigende Verkehrsaufkommen durch Holzabfuhr und Erholungssuchende sowie vermehrt auftretende Starkregenereignisse als Folge des Klimawandels schwächen den Baukörper. Diese Schäden verkürzen die Instandsetzungsintervalle. Insbesondere Teilstücke mit hohem Verkehrsaufkommen und extremen Linienführungen, wie beispielsweise einer Längsneigung von mehr als 8 %, sind betroffen. Damit verbunden sind zwangs-

läufig Engpässe bei den Arbeitskapazitäten. Zusätzlich werden die Eigentümer mit steigenden Unterhaltskosten konfrontiert.

Um die Lebensdauer der Forstwege zu erhöhen, wurde im vorgestellten Exkursionsbild das vorhandene Wegematerial aus einer Mischung von Zement und dem polymerhaltige Additiv NT BASE® 4.0 der Firma co-rent AG zur Stabilisierung und Ertüchtigung der Wegstrecke angereichert und beigemischt. NT BASE® 4.0 wird zur Herstellung von Bodenverfestigungen, hydraulisch gebundenen Tragschichten sowie Kaltrecycling verwendet.

Ziel

Ziel der Maßnahme ist die Nutzungsdauer der betroffenen Forstwege zu verlängern, ohne arbeits- und kostenintensive Verbesserungen und unter Schonung von natürlichen Ressourcen. Es wird nicht angestrebt, das gesamte forstliche Wegenetz auf diese Weise zu verfestigen. Es kommen lediglich jene Wege in Betracht, bei denen die konventionellen sand-wassergebundenen Decken an ihre Belastungsgrenzen kommen.

Verfahrensablauf

Bei dem Produkt NT BASE® 4.0 handelt es sich um ein Zementadditiv. Die in einer Laborprüfung ermittelte Zementmenge wird auf

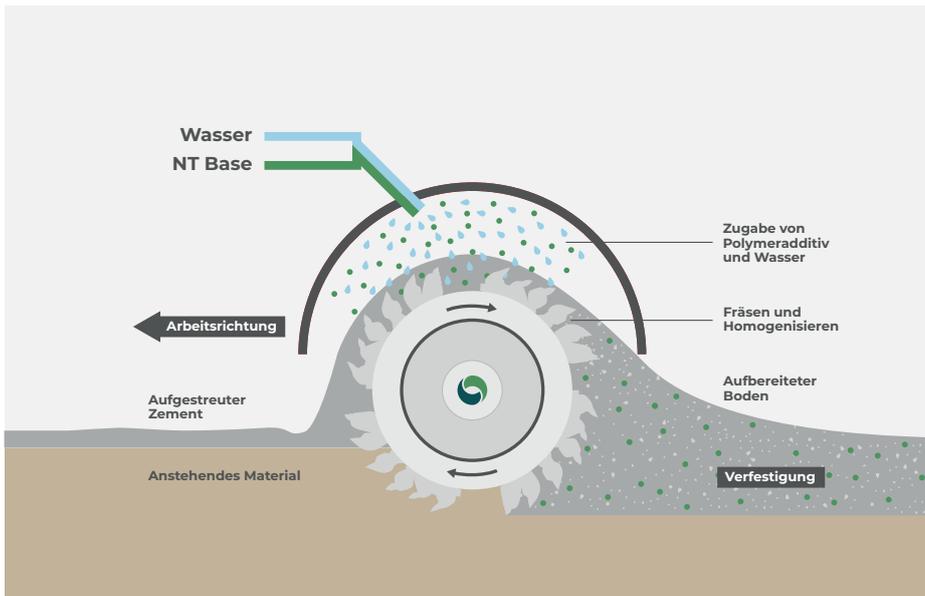


Abb 1: Darstellung des Arbeitsvorgangs (Quelle: corent AG)

den vorhandenen Weg aufgestreut (siehe Abb.1). Im nächsten Schritt durchmischt und homogenisiert eine Bodenfräse das Material bis zu einer Tiefe von 20 cm. Dabei wird kontinuierlich Wasser mit bzw. ohne Additiv in die Fräskammer eingesprüht. Das so aufbereitete Material wird im Anschluss mit einem Grader profiliert. Im letzten Arbeitsschritt der Verfestigung wird der Forstweg statisch verdichtet.

Versuchsaufbau

Die Wirksamkeit des Additivs auf der vorgestellten Teilstrecke wird seit September 2023 sowie im Rahmen der KWF-Tagung 2024 unter Beteiligung der Universität Freiburg wissenschaftlich untersucht. Dazu wurden drei zusammenhängende Teilstrecken auf der Exkursionsroute der KWF-Tagung bestimmt. Diese weisen vergleichbare Belastungsmerkmale und Linienführungen auf. Ein Drittel der Versuchsstrecke ist herkömmlich erstellt worden; ein zweites Drittel wurde mit dem hydraulischen Bindemittel Zement ausgeführt; im dritten Teil erfolgte zusätzlich die Additivierung mit NT BASE®.

Versuchsanalyse

Zusätzlich zur klassischen Bauprüfung und Eigenkontrolle mit dyna-

mischen Plattendruckversuchen werden zu Forschungszwecken mit verschiedenen Lidar-Sensoren auftretende Oberflächenveränderungen der Teilstrecken erfasst. Die durch die Sensoren generierten Daten, welche vor und nach der Befahrung im Rahmen der KWF-Tagung erfasst werden, erlauben eine vergleichende Analyse. Auftretende Veränderungen werden statistisch ausgewertet.

Maschinenpark nach Arbeitsablauf

- Streuwagen
- Wassertankwagen
- Bodenfräse
- Grader (im vorliegenden Versuch wurde eine Raupe eingesetzt)
- Verdichtungsgerät (Walze)

Kosten Wegeinstandsetzung

Der Zustand vieler Forstwege erfordert eine grundlegende Instandsetzung. Im Folgenden werden die Kosten der konventionellen Bauweise mit dem innovativen Verfahren der corent AG verglichen. Bei allen Kalkulationen wird von einer Forstweg-Standardbreite von 3,50 Metern ausgegangen. Die Kosten, insbesondere für sämtliche Materialien, können sich je nach örtlichen Gegebenheiten unterscheiden und werden hier speziell für den Exkursionspunkt

4.10 der KWF-Tagung aufgeführt.

Konventionelles Verfahren Wegeinstandsetzung [€/lfm Weg]

Freischneiden Lichtraumprofil	0,60
Graderarbeiten	1,40
Verdichtungsarbeit	0,70
Absanden mit Brechsand	1,80 - 2,50
Schotter	6,50
Gesamt	11,00 - 11,70

Innovatives Verfahren mit Additiv [€/lfm Weg]

Freischneiden Lichtraumprofil	0,60
Zementstreuwagen	0,40 - 1,40
Wassertankwagen	0,40 - 1,40
Bodenfräse	1,30
Graderarbeiten	1,40
Verdichtungsarbeit	0,70
Zement	11,70
Additiv	7,60
Schotter	6,50
Gesamt	30,60 - 32,60

Verfahrensbeurteilung

1. Wirtschaftlichkeit

Im Straßenbau wird NT BASE® bereits seit Jahren eingesetzt. Diese Methode soll nun auf die Forstwege übertragen werden. Hier stehen die Verlängerung der Lebensdauer und die Reduzierung des Instandhaltungsaufwandes im Fokus. Der Wegeversuch dient dem Vergleich zwischen Laborversuch und Praxis. Die Universität Freiburg begleitet diesen Wegeversuch auch nach Beendigung der KWF-Tagung. Es erfolgt neben der labortechnischen eine klare praxisbezogene Einschätzung des wirtschaftlichen und ökologischen Vorteils der innovativen Bauweise.

2. Umweltverträglichkeit

Als Bindemittel wird ein Hochofenzement CEM III/A 42,5 N(na) eingesetzt, der im Vergleich zum klassischen Portlandzement (CEM I) einen reduzierten Klinkeranteil hat. Dadurch entstehen bei der Produktion des Hochofenzements vergleichsweise weniger Treibhausgase. Ob dies den Einsatz von CEM III im Wald rechtfertigt und eine Akzeptanz dafür gegeben ist, gilt es zu erörtern. Aktuell arbeitet die Zementindustrie an klimaneutralen Zementen, Neuerungen sollen aufgenommen und

umgesetzt werden.

Das bei NT BASE® 4.0 als Hauptbestandteil eingesetzte Polymer wurde vom Institut für Bauphysik der Fraunhofer Gesellschaft als nicht wassergefährdend eingestuft. Mögliche Auswaschungen aus einem im Labortest mit Additiv verfestigten Prüfkörper wurden untersucht. Die Zugabe von NT BASE® hat demnach zu keiner Freisetzung von umweltgefährdenden Stoffen geführt. Zudem bindet das Additiv zuvor im Forstweg vorhandene Schadstoffe.

In einem durchgeführten Zahn-Wellens-Test nach DIN EN ISO 9888 erreichte das zu testende Produkt innerhalb von drei Tagen einen biologischen Abbaugrad von ca. 92%.

Universität Freiburg, Professur für Forstliche Verfahrenstechnik [1] in Kooperation mit Hessen-Forst-Technik [2] und der Corent AG [3]

Ansprechpartner: Dr. Hans-Ulrich Dietz [1]

Die vorgestellten Verfahren aus Sicht der PEFC-Waldzertifizierung

Die auf der KWF-Tagung präsentierten Arbeitsverfahren sind grundsätzlich mit den PEFC-Anforderungen zur nachhaltigen Waldbewirtschaftung (PEFC-Waldstandards) konform (Details siehe Tabelle). Bei einigen der vorgestellten Verfahren sind Teilbereiche nicht PEFC-konform, bzw. bedürfen einer vorangestellten Abwägungsentscheidung, Variantenprüfung und Dokumentation.

Eingesetzte externe Dienstleister sind mit einem von PEFC-Deutschland anerkannten Forstunternehmerzertifikat für den jeweiligen Geltungsbereich der Waldarbeit (Einschlag, Rückung, Pflege und Pflanzung) ausgestattet.

In dieser Konstellation muss der zertifizierte Forstbetrieb bereits bei der Auswahl der Dienstleister beachten, dass diese eine der Tätigkeit entsprechende Qualifikation und eine gültige von PEFC anerkannte Forstunternehmerzertifizierung (Liste siehe <https://pefc.de/fur-unternehmen/forstunternehmerzertifikate/>) vorweisen können. Arbeitssicherheit, präventiver Gesundheitsschutz und fachliche Qualifikation haben bei der Waldarbeit in PEFC-zertifizierten Wäldern oberste Priorität.

Gleichfalls findet die Schutzfunktion der Waldökosysteme durch die Verwendung von biologisch schnell abbaubaren Kettenölen und Hydraulikflüssigkeiten Berücksichtigung. Bei allen beschriebenen Verfahren, in die Maschinen eingebunden sind, ist diese Bio-Öl-Pflicht zu berücksichtigen.

In Anbetracht der seit 2018 aufgelaufenen ca. 500.000 ha Kalamitätsflächen in deutschen Wäldern, die zur Wiederbewaldung anstehen, stellt diese Aufgabe für die Forstbetriebe und für die Branche eine Herausforderung dar. Neben der Berücksichtigung von klimatoleranten, geeigneten und geprüften Herkünften stehen die betrieblichen Umsetzungsmöglichkeiten im Focus.

Im Themenschwerpunkt 1 „Flächenvorbereitung und Bestandesbegründung“ finden sich Praxisbeispiele, welche neue technische Möglichkeiten aufzeigen, aber auch Bereiche der Arbeitsoptimierung abbilden.

„Jungwuchs-/Jungbestandespflege“ werden im Themenschwerpunkt 2 vorgestellt und fassen die Vielfalt der vorhandenen Arbeitsgeräte und Verfahren zusammen. Augenmerk liegt hierbei

auf der ergonomischen Betrachtung der Arbeit im Bereich Waldpflege.

Die „Holzernte“ wird im Themenbereich 3 demonstriert. Hier stehen neben Verfahren zum Umgang mit totholzreichen Hauungen auch Themen der bodenschonenden Rückung und digitalen Optimierungslösungen im Holzernstprozess im Vordergrund. Alles Schaubilder, die die Bandbreite der PEFC-Waldzertifizierung in den Bereichen Ökologie, Ökonomie und Soziales widerspiegeln.

„Sonderthemen“, zusammengefasst in Punkt 4 der Exkursionsroute zeigen aktuelle Innovationen im Forstbereich.

Auch wenn der direkte Bezug zu den PEFC-Waldstandards mitunter nicht sofort herleitbar erscheint, werden hier jedoch Schaubilder gezeigt, welche Funktionsfähigkeit von Forstbetrieben erhöhen können und damit auch indirekt einen Beitrag zur Verbesserung der nachhaltigen Bewirtschaftung von PEFC-zertifizierten Waldflächen darstellen.



Nummer (Punkt)	Thema	Ergeben sich Besonderheiten/Einschränkungen aus der Perspektive einer PEFC-Zertifizierung?
1.	Flächenvorbereitung und Bestandesbegründung	
1.1	Flächen- und Bodenvorbereitung mit dem Silvafix in den Niedersächsischen Landesforsten	Nein
1.2	Gassengebundene Herstellung von Pflanzplätzen/Waldsaaten	Nein
1.3	Schneisengebundene Bodenvorarbeiten mit Kettenbagger und Fräsaggregat KEMROC EK-40F	Ja, in Abhängigkeit von Ausmaß und Tiefe des Eingriffes in den Mineralboden (PEFC-Waldstandard 5.4)
1.4	Pflanzlogistik mit dem Depotverfahren	Nein
1.5	Verjüngungstechniken mit funkfern-gesteuerter Kleinraupe	Nein
1.7	Containervielfalt und mögliche Pflanzverfahren	Nein
1.8	Mechanisierte Wiederbewaldung von Großkalamitätsflächen unter Qualitätsgesichtspunkten	Ja: Für das Verfahren ergeben sich folgende Einschränkungen: 1. Flächiges Befahren (Mulchen) auf das unbedingt notwendige Maß beschränken, 2. Eingriff in den Mineralboden nicht zulässig
2.	Jungwuchs-/Jungbestandespflege	
2.1	Die Niedersächsische Kulturpflege-technik (NKT)	Nein
2.2	Die Münchehofer Wertästungstechnik (MWT)	Nein
2.3	Wertastung und erste Positivläuterung mit Akkuschere und Spacer	Nein
2.4	-Waldbau trifft Handwerk- Das hessische Modell in der Jungwuchs- und Jungbestandespflege	Nein
2.5	Sicherheit und Schnittleistung diverser Werkzeuge am Freischneider	
3.	Holzernte	
3.1	Umsetzung der Richtlinie zu Nährstoff-nachhaltigkeit in Rheinland-Pfalz	Nicht aus der Perspektive einer PEFC-Zertifizierung, aber in Bezug zu den Inhalten des Bundesförderprogramms „Klimaangepasstes Waldmanagement“
3.2	SCHADHOLZARENA Innovationen des Arbeitsschutzes bei der Waldarbeit 3.2 a Forstbetriebsarbeiten in totholzreichen Beständen: Gefährdungsbeurteilung und Ableitung von Maßnahmen 3.2 b Personen-Notsignal-Anlagen (PNA) zur Absicherung von gefährlichen Waldarbeiten oder allein im Wald arbeitenden Personen 3.2 c Schutzmöglichkeiten bei Forstbetriebsarbeiten im Zusammenhang mit Totholz	Nein
3.3	SCHADHOLZARENA Einsatz funkferngesteuerter Fällkeile im Schadh Holz	Nein

Nummer (Punkt)	Thema	Ergeben sich Besonderheiten/Einschränkungen aus der Perspektive einer PEFC-Zertifizierung?
3.4	SCHADHOLZARENA Techniken und Verfahren für die sichere motormanuelle Fällung von geschädigten (Laub-) Bäumen. 3.4 a Die Baum- und Umgebungsbeurteilung im Schadh Holz – Der Blick auf die Details 3.4 b Baumpilze und Holzersetzung an der Buche 3.4 c Seilunterstützte Fällung von Schadh Holz – Mit Leichtigkeit, hoch hinaus	Nein
3.6	Rindenschlitzen – motormanuelle Entrindung mit Motorsägenanbaugerät	Nein
3.7	Debarking Heads in der Praxis – Nährstoffe – Waldschutz – Logistik	Nein
3.8	Einsatzspektrum Rückepferde: Möglichkeiten und Grenzen für einen effizienten, pfleglichen und zeitgemäßen Einsatz von Rückepferden in der teilmechanisierten Holzernte.	Ja: Pferderückung nur mit gültigem Forstunternehmerzertifikat (Geltungsbereich Pferderückung)
3.9	Forstliche Verfahren auf dem Prüfstand – Praxisversuche zum Bodenschutz bei der Waldbewirtschaftung	Ja: flächiges Befahren zur Holzurückung (Miniraupe auf den Arbeitsfeldern zur Rückung) nicht zulässig
3.10	Rostocker Horizontalseilkraneverfahren	Nein
3.11	Datenübertragung Büro – Harvester – Forwarder – Büro	Nein
3.13	Von der digitalen Forsteinrichtung zum präzisen Gassenaufschluss mit dem Harvester	Nein
4.	Sonderthemen	
4.1	Forstlicher Innovationsstandort Thüringen 4.1 a - Intelligente Wege - Condition Monitoring und Predictive Maintenance für Forstwege 4.1 b - CONTURA 4.1 c - ForestSatCert	Nein
4.2	Digitalisierung der Feinerschließung – Projekt Gasse 2.0-3.0	Nein
4.3	Passive Exoskelette bei forstbetrieblichen Arbeiten	Nein
4.5	Holzernte- sowie Wegebauverfahren unter Einbezug der Wasserrückhaltung	Nicht aus der Perspektive einer PEFC-Zertifizierung, aber in Bezug zu den Inhalten des Bundesförderprogramm „Klimaangepasstes Waldmanagement“
4.6	Klettersitz als Steuerungsinstrument der Wiederbewaldung	Nein
4.7	Sprengtechnik in der Forstwirtschaft	Nein
4.8	Klimaangepasste Baumartenwahl	Nein
4.9	Marteloskope als Innovative Lern- und Übungsflächen	Nein
4.10	Bodenverfestigung in Anlehnung an eine hydraulisch gebundene Tragdeckschicht im land- und forstwirtschaftlichen Wegebau	Nein

Die vorgestellten Verfahren aus Sicht des FSC-Standards



Unabhängig vom konkreten Arbeitsverfahren gelten in FSC-zertifizierten Wäldern einige über gesetzliche Anforderungen hinausgehende Anforderungen.

Beschäftigte, die vorwiegend mit der Motorsäge arbeiten, weisen entweder eine Ausbildung zum Forstwirt oder ein ECC-Zertifikat Level 3 nach (inkl. vorbereitendem Lehrgang oder dreijähriger Berufserfahrung). Als dem ECC gleichwertig kann eine Prüfung gelten, die mindestens die gleichen Prüfungsanforderungen stellt wie das ECC Level 3 und von qualifiziertem Personal abgenommen wird.

Die Anforderungen an die Qualifikation für Arbeiten mit der Motorsäge gelten nur für gewerblich Tätige und nicht für Auszubildende. Die Aufarbeitung von Brennholz lang (IL) mit der Motorsäge an der Waldstraße erfordert „entsprechende Kenntnisse im Umgang mit der Motorsäge“ (Nachweis einer Teilnahmebestätigung

an einer Motorsägenschulung, die sich inhaltlich an der DGUV-I 214-059 Modul A/B orientiert).

Für Zweitaktmotoren werden ausschließlich Sonderkraftstoffe eingesetzt (Alkylatbenzin, das die gesundheitliche Belastung durch Motorabgase mindert). Es kommen ausschließlich biologisch schnell abbaubare Öle zum Einsatz (mit Umweltzeichen „Blauer Engel“ oder „EU ecolabel“).

Beim Unternehmereinsatz sind folgende Aspekte für Forstbetriebe besonders zu beachten:

Es gibt ein Verfahren zur Qualitätssicherung im Rahmen von Vergabe, Einsatz und Kontrolle, das die Einhaltung des FSC-Standards gewährleistet; der Forstbetrieb stellt sicher, dass Regelungen der Sozialgesetzgebung und die gesetzlichen Vorgaben zum Arbeits- und Gesundheitsschutz eingehalten werden. Die im Betrieb eingesetzten Unternehmer sind gegen Haftungsrisiken (inkl. Umweltschäden) abgesichert.

Wesentliche Einschränkungen aus dem Deutschen FSC-Standard betreffen die Befahrung. Die Befahrung erfolgt ausschließlich auf dem dafür vorgesehenen Erschließungssystem, das dauerhaft angelegt ist. Rückegassen werden so schonend genutzt, dass deren Funktionsfähigkeit auf Dauer erhalten bleibt, Gleisbildung mit Folgeschäden vermieden werden und keine Verlegung oder Verbreiterung erfolgt. Vorkehrungen sind zu treffen um im Kalamitätsfall die Einhaltung der dauerhaft angelegte Feinerschließung zu gewährleisten.

Befahrung ist definiert als „das Befahren von Fahrzeugen mit Eigenantrieb und mehr als einer Achse bzw. mit Ketten“. Damit ist der Einsatz von kleinen Raupen als Fällhilfe abseits der Feinerschließung zur maschinellen Saat und Pflanzung nicht möglich.

Nummer (Punkt)	Thema	Einschränkungen FSC	Details
1.	Flächenvorbereitung und Bestandesbegründung		
1.1	Flächen- und Bodenvorbereitung mit dem Silvafox in den Niedersächsischen Landesforsten	teilweise	Nur von der Gasse aus, Freilegung Oberboden nur „streifen- oder plätzeweise“, nicht flächig
1.2	Gassengebundene Herstellung von Pflanzplätzen/Waldsaaten	keine	
1.3	Schneisengebundene Bodenvorarbeiten mit Kettenbagger und Fräsaggregat KEMROC EK-40F	teilweise	Die Bearbeitungstiefe von 50 cm kann je nach Mächtigkeit der Böden u. U. als Bodenbearbeitung eingestuft werden. „Bodenbearbeitungen greifen nicht in den Mineralboden ein“ - Freilegung des Mineralbodens ist zulässig.
1.4	Pflanzlogistik mit dem Depotverfahren	keine	Sofern Rückegasse nicht verlassen wird. Verfahren birgt das Risiko, dass auch auf Fläche gefahren wird.
1.5	Verjüngungstechniken mit funkferngesteuerter Kleinraupe	nicht zulässig	Geräte mit Raupenantrieb gelten als flächige Befahrung
1.7	Containervielfalt und mögliche Pflanzverfahren	keine	

Nummer (Punkt)	Thema	Einschränkungen FSC	Details
1.8	Mechanisierte Wiederbewaldung von Großkalamitätsflächen unter Qualitätsgesichtspunkten	nicht zulässig	flächige Befahrung mit Großmulcher, 30 cm tiefer Pflanzstreifen ist Bodenbearbeitung, Befahrung mit Pflanzmaschine
2.	Jungwuchs-/Jungbestandespflege		
2.1	Die Niedersächsische Kulturpflflegetechnik (NKT)	keine	
2.2	Die Münchehofer Wertästungstechnik (MWT)	keine	
2.3	Wertastung und erste Positivläuterung mit Akkuschere und Spacer	keine	
2.4	-Waldbau trifft Handwerk- Das hessische Modell in der Jungwuchs- und Jungbestandespflege	keine	
2.5	Sicherheit und Schnittleistung diverser Werkzeuge am Freischneider	keine	
3.	Holzernte		
3.1	Umsetzung der Richtlinie zu Nährstoffnachhaltigkeit in Rheinland-Pfalz	keine	
3.2	SCHADHOLZARENA Innovationen des Arbeitsschutzes bei der Waldarbeit 3.2 a Forstbetriebsarbeiten in totholzreichen Beständen: Gefährdungsbeurteilung und Ableitung von Maßnahmen 3.2 b Personen-Notsignal-Anlagen (PNA) zur Absicherung von gefährlichen Waldarbeiten oder allein im Wald arbeitenden Personen 3.2 c Schutzmöglichkeiten bei Forstbetriebsarbeiten im Zusammenhang mit Totholz	teilweise	Eine betriebliche Totholzstrategie strebt die Erhaltung und Anreicherung von Totholz an. Die Abwägung mit Sicherheitsanforderungen wird ebenfalls verlangt, dabei soll aber der maximale Erhalt von Totholz beachtet werden.
3.3	SCHADHOLZARENA Einsatz funkferngesteuerter Fällkeile im Schadholz	keine	
3.4	SCHADHOLZARENA Techniken und Verfahren für die sichere motormanuelle Fällung von geschädigten (Laub-) Bäumen. 3.4 a Die Baum- und Umgebungsbeurteilung im Schadholz - Der Blick auf die Details 3.4 b Baumpilze und Holzersetzung an der Buche 3.4 c Seilunterstützte Fällung von Schadholz - Mit Leichtigkeit, hoch hinaus	keine	
3.6	Rindenschlitzen - motormanuelle Entrindung mit Motorsägenanbaugerät	keine	
3.7	Debarking Heads in der Praxis - Nährstoffe - Waldschutz - Logistik	keine	
3.8	Einsatzspektrum Rückepferde: Möglichkeiten und Grenzen für einen effizienten, pfleglichen und zeitgemäßen Einsatz von Rückepferden in der teilmechanisierten Holzernte.	teilweise	Die Rückeraupe im Vergleich ist nicht zulässig (flächiges Befahren)
3.9	Forstliche Verfahren auf dem Prüfstand - Praxisversuche zum Bodenschutz bei der Waldbewirtschaftung	teilweise	Kleintechnik mit Befahrung abseits der Rückegasse ist nach FSC Standard nicht zulässig

Nummer (Punkt)	Thema	Einschränkungen FSC	Details
3.10	Rostocker Horizontalseilkranverfahren	keine	
3.11	Datenübertragung Büro - Harvester - Forwarder - Büro	keine	
3.13	Von der digitalen Forsteinrichtung zum präzisen Gassenaufschluss mit dem Harvester	teilweise	Das Tool an sich ist unkritisch, die Frage ist aber, welche Gassenabstände und Befahrungsprozente vorgegeben werden.
4.	Sonderthemen		
4.1	Forstlicher Innovationsstandort Thüringen 4.1 a - Intelligente Wege - Condition Monitoring und Predictive Maintenance für Forstwege 4.1 b - CONTURA 4.1 c - ForestSatCert	keine	
4.2	Digitalisierung der Feinerschließung - Projekt Gasse 2.0-3.0	keine	
4.3	Passive Exoskelette bei forstbetrieblichen Arbeiten	keine	
4.5	Holzernte- sowie Wegebauverfahren unter Einbezug der Wasserrückhaltung	keine	
4.6	Klettersitz als Steuerungsinstrument der Wiederbewaldung	keine	
4.7	Sprengtechnik in der Forstwirtschaft	keine	
4.8	Klimaangepasste Baumartenwahl	teilweise	Die Baumartenempfehlung unterscheidet nicht zwischen heimischen und nicht-heimischen BA
4.9	Marteloskope als Innovative Lern- und Übungsflächen	keine	
4.10	Bodenverfestigung in Anlehnung an eine hydraulisch gebundene Tragdeckschicht im land- und forstwirtschaftlichen Wegebau	teilweise	Der beigemischte Zusatzstoff ist kein Naturgesteinsmaterial. Hier ist eine Abwägung notwendig



**WIR BEDANKEN UNS BEI ALLEN BETEILIGTEN FÜR
DIE UNTERSTÜTZUNG UND GEMEINSAME DURCHFÜHRUNG
DER 18. KWF-TAGUNG!**

WIR FREUEN UNS HEUTE SCHON AUF 2028.

IMPRESSUM

Die FTI sind die Mitgliederzeitschrift des Kuratoriums für Waldarbeit und Forsttechnik (KWF) e.V. und erscheinen alle zwei Monate

Herausgeber: KWF e.V., Spremberger Str. 1, D-64823 Groß-Umstadt, mit Förderung durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages und durch die Länderministerien für Forstwirtschaft

Redaktion: V. i. S. d. P., Anngritt Böhle, Anja Henrich, Andrea Hauck, Dr. Andrea Teutenberg, Alexander Kaulen, Bernhard Hauck, Bernd Heinrich, Lars Nick, Dr. Günther Weise
Telefon (06078) 785-0, E-Mail: fti@kwf-online.de;

Verlag: KWF e.V. Forsttechnische Informationen

Satz, Herstellung: Sigrun Bönold, Maria Quentin
Die Werkstatt Medien-Produktion GmbH, Göttingen
www.werkstatt-produktion.de

Abonnement: Jahresabonnement 20,00 €
im Inland inkl. Versand und MwSt.;
Einzel-Nummer 4,00 € im Inland inkl. Versand und MwSt.;

Kündigung zum Ende eines Quartals mit vierwöchiger
Kündigungsfrist.

Gerichtsstand und Erfüllungsort ist Groß-Umstadt

Liebe FTI-LeserInnen,

über Anregungen und Kommentare zu den Themen und Beiträgen würden wir uns freuen.
Ihre Leserbriefe schicken Sie bitte an die Redaktion der FTI im KWF.
Spremlberger Str. 1, D-64823 Groß-Umstadt oder an fti@kwf-online.de

Herzlichen Dank - Ihr FTI-Redaktionsteam

Die nächsten Forsttechnischen Informationen
4/2024 erscheinen voraussichtlich
in der KW 36 (02.09. bis 06.09.)

ISSN 0427-0029
ZKZ 6050, Entgelt bezahlt,
PVSt, Deutsche Post

Deutsche Post 
PRESSEPOST