

Bodenschonende Holzernte in geschädigten Eschenbeständen auf Nassstandorten

Erkenntnisse und Empfehlungen aus Fallstudien
in Mecklenburg-Vorpommern



Impressum

Herausgeber:

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz
Mecklenburg-Vorpommern (LU)
Paulshöher Weg 1, 19061 Schwerin
Telefon 0385 588-0; Fax 0385 588-6024
www.lu.mv-regierung.de; E-Mail: presse@lu.mv-regierung.de

Projektleitung: Dr. Peter Röhe, LU, Referat 240 (Waldbau)
Projektpartner:



Bei der Durchführung der Untersuchungen wirkten besonders das Forstamt Schuenhagen (Leiter: Andreas Baumgart) sowie die Forstämter Abtshagen/Rügen (Leiter: Dr. Thomas Gottlob), Billenhagen (Leiter: Dr. Bernhard von Finckenstein), Friedrichsmoor (Leiter: Christian Lange) und Nossentiner Heide (Leiter: Thomas Kelterborn) mit. Als Ansprechpartner für Forsttechnik und forsttechnische Verfahrensfragen stand Dr. Hans-Ulrich Dietz vom KWF zur Verfügung.

Bearbeitung: Jörg Sündermann, Landesforst MV, Betriebsteil Forstplanung, Versuchswesen, Informationssysteme; Fachgebiet Forstliches Versuchswesen

Autoren: Jörg Sündermann, Jörg Schröder, Peter Röhe

Bildnachweis: Jörg Sündermann, Ministerportrait (Quelle: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Till_Backhaus_6193525.jpg; Fotograf: Bobo11; Lizenz: CC-by-sa 3.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de>)

Druck: ODR GmbH, Ostsee Druck Rostock – www.odr-rostock.de

Schwerin, August 2013

Hinweis: Diese Broschüre ist im Rahmen des Verbundvorhabens „Forst- und holzwirtschaftliche Strategien zum Umgang mit dem neuartigen Eschentriebsterben in Mecklenburg-Vorpommern“ von der Landesforstverwaltung Mecklenburg-Vorpommern erarbeitet worden. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) als Projektträger gefördert (FKZ: 22007410, 22010910, 22011010). Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Die Broschüre wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz herausgegeben. Sie darf nicht zur Wahlwerbung verwendet werden.

Vorwort

Der Pilz *Chalara fraxinea* bedroht heute europaweit die Existenz der Gemeinen Esche. Jungpflanzen sterben nach der Pilzinfektion rasch ab. Bei älteren Bäumen vollzieht sich dieser Prozess meist über einen längeren Zeitraum und geht einher mit einer Verlichtung und Verbuschung der Krone sowie dem Auftreten von Rindennekrosen. Bei deutlich verminderter Vitalität kommt es innerhalb kurzer Zeit zur Holzentwertung durch den Befall weiterer Pilze.



In Mecklenburg-Vorpommern wurden erste Erscheinungen des Eschentriebsterbens im Jahr 2002 festgestellt. Heute sind zwei Drittel der im Land auf einer Fläche von rund 16.000 ha vorkommenden Eschenbestände in Folge des Pilzbefalls geschädigt. Ein Ende der Erkrankung ist derzeit nicht absehbar.

Als Reaktion auf das Schadgeschehen wurde im Jahr 2011 das interdisziplinäre Verbundvorhaben mit dem Titel „Forst- und holzwirtschaftliche Strategien zum Umgang mit dem neuartigen Eschentriebsterben in Mecklenburg-Vorpommern“ gestartet. Mit dem Projekt werden drei Ziele verfolgt:

- Erarbeitung von Empfehlungen für eine bodenschonende Holzernte in geschädigten Beständen
- Anlage von Demonstrationsflächen zur Wiederaufforstung von Schadflächen
- Erprobung einer neuen Holzverarbeitungs-Technologie (Scrimber Technologie) zur Herstellung von innovativen Holzwerkstoffen aus Eschenholz

In der vorliegenden Broschüre werden die auf Grundlage von Fallstudien erworbenen Ergebnisse für eine bodenschonende Holzernte in geschädigten Eschenbeständen dargestellt und bewertet. Da die Esche ganz überwiegend auf Nassstandorten vorkommt, stellt eine wirtschaftlich tragfähige und umweltverträgliche Werbung des Holzes hohe Anforderungen an Technik und Organisation. Die Fallstudien belegen, dass die Forsttechnik diesen Anforderungen erfreulicherweise zunehmend besser gerecht werden kann. Auch wenn die praktizierten Ernteverfahren wegen der besonderen Rahmenbedingungen verständlicherweise höhere Kosten verursachen als die auf unvernässten Böden, spricht vieles dafür, dass mit Einsatz innovativer Spezialtechnik Nassstandorte aus ihrem bisherigen Schattendasein als forstliche Grenzertragsstandorte heraustreten können. Eine solche Entwicklung wäre angesichts des nachweisbar hohen Potentials vieler Nassstandorte für die Holzproduktion und die zunehmende Nachfrage nach dem Rohstoff Holz wünschenswert und notwendig.

Dr. Till Backhaus
Minister für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz
Mecklenburg-Vorpommern

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Holzernteverfahren – Grundlagen und Methodik der Darstellung	4
2.1	Verfahrensgrundlagen	4
2.2	Darstellung der Holzernteverfahren an Funktiogrammen (n. ERLER und WEISS 2003)	6
2.3	Bewertung der technischen Befahrbarkeit (n. GRÜLL 2011)	7
2.4	Kalkulationsgrundlagen der Holzernteverfahren	7
3	Holzernteverfahren und Fallstudien	8
3.1	Holzernteverfahren im Überblick	8
3.2	Fallstudie: Abtshagener Laubholzverfahren	9
3.3	Fallstudie: Vollmechanisiertes Verfahren mit Zufällung	13
3.4	Fallstudie: Vollmechanisiertes Raupenverfahren	17
3.5	Fallstudie: Verfahren Mittelstreckenseilkran	21
3.6	Fallstudie: Verfahren Kurzstreckenseilkran	25
3.7	Fallstudie: Verfahren Kleinforwarder	29
3.8	Fallstudie: Verfahren Kleinraupe	33
4	Schlussbetrachtung	37
5	Literatur	39

1 Einleitung

Die vorliegende Broschüre hat zum Ziel, den vom Eschentriebsterben betroffenen Forstbetrieben geeignete Holzernteverfahren für geschädigte Bestände auf nassen Standorten vorzustellen. In diesem Kontext werden zu den Verfahren Hinweise und Bewertungen gegeben, die im Rahmen von Fallstudien unter praxisnahen Bedingungen gewonnen wurden. Die Fallstudien wurden in Eschen-Mischbeständen auf mineralischen und organischen Nassstandorten mit einem Schwerpunkt im nordöstlichen Teil des Landes durchgeführt.

Im ersten Teil der Broschüre werden Informationen über Technologien und Verfahren der Holzernte unter besonderer Berücksichtigung des Bodenschutzes gegeben. Danach folgen methodische Hinweise zur Interpretation der hier verwendeten Funktiogramme, Befahrbarkeitsklassen und Kalkulationsgrundlagen. Im anschließenden Hauptteil werden insgesamt sieben Holzernteverfahren auf der Grundlage von Fallstudien beschrieben und analysiert. Die Fallstudien berücksichtigen ein breites Spektrum unterschiedlicher Nassstandorte und Bestandesverhältnisse. Es werden für jedes Verfahren die zugehörigen Komponenten und Arbeitsprozesse sowie die erfassten Leistungsdaten und Kosten mitgeteilt. Danach folgt eine situationsbezogene Verfahrensbewertung nach einheitlichem Schema. Diese mündet in ein Fazit über das betreffende Verfahren.

2 Holzernteverfahren – Grundlagen und Methodik der Darstellung

2.1 Verfahrensgrundlagen

Die Holzernteverfahren beinhalten jeweils die Prozesskette Einschlag, Aufarbeitung und Rückung des Holzes bis zum Abfuhrplatz.

Angepasst an die spezifischen Bestandesstrukturen und Standortverhältnisse, wurden in den Fallstudien der Einschlag und die Aufarbeitung des Holzes entweder motormanuell oder vollmechanisiert mittels Harvester (Kranvollernter) ausgeführt. Auch die Kombination von motormanuellem und vollmechanisiertem Einschlag wurde in einem Verfahren praktiziert.

Zur Holzrückung kamen die Rückemittel Pferd, Forwarder (Tragschlepper) und Seilkran zum Einsatz.

Forwarder und Harvester waren entweder mit Rad- oder Raupenfahrwerk ausgestattet. Raupenfahrzeuge wurden bei der Holzernte im nordostdeutschen Tiefland bisher kaum eingesetzt.

Die Gefahr von Bodenschäden durch Forstmaschinen ist bekanntlich auf Nassstandorten besonders groß. Der Kontaktflächendruck einer Maschine entscheidet gemeinsam mit der Tragfähigkeit des Bodens über Möglichkeiten und Grenzen der Befahrung.

Bei Radmaschinen lässt sich der Bodendruck insbesondere durch Reduzierung des Eigengewichtes, Verringerung des Reifeninnendrucks, Verbreiterung der Reifen oder Erhöhung der Radanzahl vermindern. Als sehr wirkungsvoll zum Schutz des Bodens und zur Sicherung der technischen Befahrbarkeit hat sich außerdem die Ausstattung der Radmaschinen mit Bändern aus Metall, Gummi oder Kunststoff erwiesen (Abb. 1).

Raupenfahrwerke werden beidseitig über Treibräder bewegt und von mehreren Stütz- und Laufrollen getragen (Abb. 2). Die typisch hohe Aufstandsfläche von Raupenmaschinen ermöglicht eine deutliche Reduzierung des Kontaktflächendrucks. Durch die Scherwirkung der Raupenlaufwerke, besonders bei Lenkmanövern, besteht jedoch ein erhöhtes Risiko für Wurzelverletzungen, vor allem bei den Bäumen am Rand der Rückegasse.



Abb. 1: Radfahrwerk mit Bogiebändern am Forwarder John Deere 1110 E.



Abb. 2: Raupenfahrwerk am Raupenforwarder vom Typ Elliator.



Abb. 3: Mobilseilkran vom Typ Valentini V 600 als Raupenversion.



Abb. 4: Laufräder (im Vordergrund) auf einem Tragseil beim Rücken. Die Bäume werden im sogenannten Schleifrückverfahren gezogen, bei dem ein Teil des Stammes über den Boden schleift.

Bei der Seilkranrückung wird das Holz ohne Befahrung der Bestandesfläche an einen festen Weg oder Platz geseilt. Diese Form der Holzzückung kommt im ebenen Gelände vorrangig auf sehr nassen und damit nicht mehr befahrbaren Böden in Betracht. Es wurden Mobilseilkranne im Drei-Seil-System eingesetzt (Abb. 3). Der Seilkran befindet sich entweder auf einem Trägerfahrzeug aufgebaut oder ist an einem solchen angebaut. Wie alle Seilkranne weisen auch die hier eingesetzten Anlagen die Hauptkomponenten Tragwerk, Mast, Winden und Laufwagen auf (Abb. 4). Ein zusätzliches Rückholseil (Drei-Seil-System) macht die Holzzückung im ebenen Gelände erst möglich.

2.2 Darstellung der Holzernteverfahren an Funktiogrammen (n. ERLER und WEISS 2003)

Ein Funktiogramm ist eine Form der graphischen Darstellung, die es dem Betrachter ermöglicht, die wichtigsten Arbeitsschritte und Rahmenbedingungen des jeweiligen Holzernteverfahrens auf einen Blick zu erfassen. Es beinhaltet die zwei Hauptfunktionen (Prozesse) der Holzernte mit *Fertigen* (senkrechte Achse) und *Transportieren* (waagerechte Achse) (ERLER u. DÖG 2009). Diese Prozesse werden durch Pfeile dargestellt. Das Fertigen geschieht in drei Arbeitsschritten: Fällen des Baumes, Entasten des Vollbaumes und Einschneiden des Rohschafes in Sortimente oder Vielfachlängen. Das Transportieren (Rücken) erfolgt in zwei Arbeitsschritten: Vorrücken aus dem Bestand auf die Gasse, Rücken von der Gasse zum Lagerort 1 oder 2. Das Vorrücken kann sich auch bis zum Lagerort 1 (Maschinenweg, für LKW-Befahrung nicht geeignet) erstrecken (v. a. bei Seilkran, Raupenforwarder). Eine weitere Rückemaschine übernimmt dann das Endrücken bis zum Lagerort 2, dem Abfuhrplatz. Bilder (Piktogramme) symbolisieren die im Holzernteverfahren verwendeten Arbeitsmittel wie zum Beispiel Harvester und Forwarder. Sie sind dort in das Funktiogramm eingefügt, wo ihr Arbeitsort ist. Rahmenbedingungen eines Holzernteverfahrens wie Stärkeklasse (BHD), Baumartengruppe (Laub- und Nadelbaum) und Gassenabstand vervollständigen das Funktiogramm.

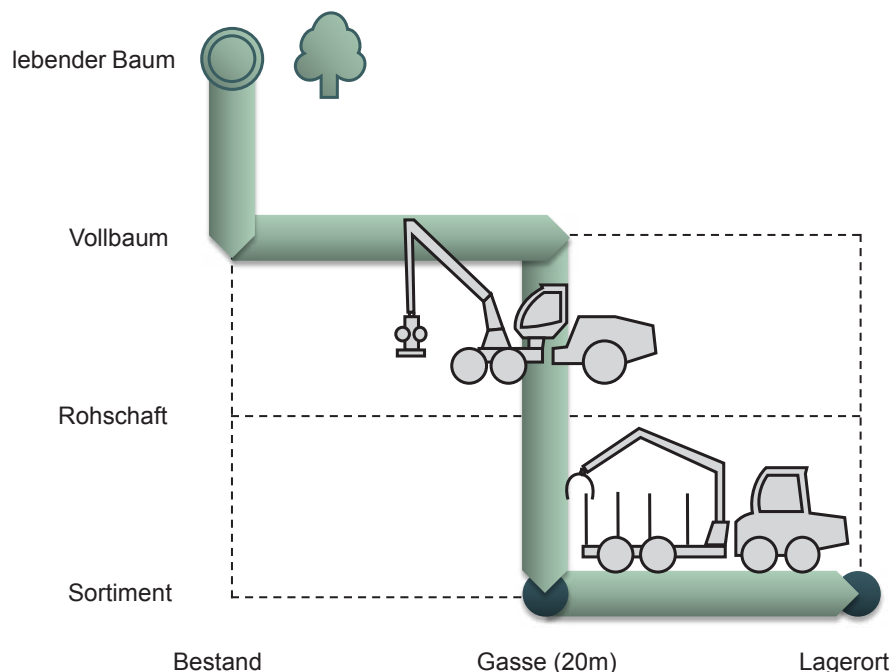


Abb. 5: Beispielhaftes Funktiogramm für ein Holzernteverfahren „Harvester + Forwarder“.

Beispielgebend ist das in Abbildung 5 dargestellte Funktiogramm folgendermaßen zu interpretieren: Im Gassenabstand von 20 Meter werden mittels Harvester die zur Entnahme vorgesehenen Bäume gefällt und aus dem Bestand zur Gasse vorgerückt, dort entastet und abschließend sortengerecht eingeschnitten. Mit einem nachfolgenden Forwarder wird das an der Gasse liegende Holz aufgenommen und zum Lagerort (Abfuhrweg) gerückt. Die im Funktiogramm oben dargestellten Symbole kennzeichnen die relevante Stärkeklasse und Baumartengruppe. In diesem Fall wird mit der zweiringigen Baumscheibe (●) und dem stilisierten Laubbaum (🌳) eine Erntemaßnahme im mittelstarken Laubholz dargestellt (Entnahme von Bäumen mit BHD bis 35 cm). Eine Baumscheibe mit drei Ringen symbolisiert die Entnahme von Bäumen mit BHD bis 50 cm.

2.3 Bewertung der technischen Befahrbarkeit (n. GRÜLL 2011)

Die im Folgenden zur Charakterisierung der natürlichen Tragfähigkeit der Böden verwendeten technischen Befahrbarkeitsklassen nach GRÜLL (2011) * basieren auf den Bodenfeuchtestufen nach dem ostdeutschen Verfahren der Standortskartierung. In Tabelle 1 wird die Zuordnung der fünf technischen Befahrbarkeitsklassen (T-Klassen) zu den jeweils mittleren Feuchtestufen der Stamm-Standortsformengruppen abgebildet. Die technische Befahrbarkeit eines Waldbodens kann somit unmittelbar aus Informationen einer aktuellen forstlichen Standortskarte abgeleitet werden.

Tab. 1: Klassifizierung der technischen Befahrbarkeit forstlicher Standorte in Ostdeutschland anhand von Bodenfeuchtestufen.

Technische Befahrbarkeitsklassen (T-Klassen)				
Kriterium	Parameter	Feuchtestufe	Bewertung	Bezeichnung
Erhaltung der technischen Befahrbarkeit bzw. Funktionsfähigkeit des permanenten Feinerschließungssystems	Feuchtestufe der Standortgruppe	sumpfig	nicht befahrbar	T5
		nass	kaum befahrbar	T4
		feucht	stark eingeschränkt befahrbar	T3
		frisch	eingeschränkt befahrbar	T2
		mäßig frisch trocken	uneingeschränkt befahrbar	T1
keine Einstufung möglich				T0

*In Anlehnung an: Staatsbetrieb Sachsenforst (2006). Holzerntetechnologien. Richtlinie zur Anwendung im Staatswald des Freistaates Sachsen.

2.4 Kalkulationsgrundlagen der Holzernteverfahren

Als Kalkulationsgrundlage wurden Bestandeskenndaten, Zeitstudien und Leistungsparameter sowie Lohn- und Maschinenkosten herangezogen. Durch die Anwendung eines standardisierten Kalkulationsschemas wird ein überbetrieblicher Kostenvergleich der untersuchten Holzernteverfahren angestrebt. Die im Rahmen der Fallstudien ermittelten Maschinenkosten wurden auf der Grundlage aktueller Kostensätze nach KWF Merkblatt Nr. 17/2013 errechnet. Anschaffungskosten sind ohne Mehrwertsteuer in die Berechnung eingegangen. Beim Einsatz älterer Maschinen sind die Anschaffungskosten zum Zeitpunkt der KWF-Prüfung ohne Inflationsbereinigung zugrunde gelegt worden. Bei den Holzernteverfahren beziehen sich die Bestandeskenndaten in den Tabellen „Leistung und Kosten“ auf den ausscheidenden Bestand. Für die Kalkulation der Lohnkosten im motormanuellen Holzeinschlag sind folgende Eingangsgrößen nach KWF (2012) verwendet worden: Lohnkosten 13,50 €/Stunde, Lohnnebenkosten 125 % und Motorsägen-Entschädigung 7,65 €/MAS (Laufzeit 46 %). Diese Eingangsgrößen sind kalkulatorische Durchschnittswerte, welche vom KWF auch für vergleichbare Verfahrensschemata zugrunde gelegt wurden.

Die Darstellung der untersuchten Holzernteverfahren erfolgt einheitlich anhand folgender Merkmale: Untersuchungsbestand (Forstadresse), Bestockung, Standort, waldbauliche Maßnahme, Verfahrensbeschreibung, technische Daten, Arbeitsvorbereitung und Witterung zum Zeitpunkt des Einsatzes sowie Leistung und Kosten. Auf dieser Grundlage schließt sich jeweils eine knappe Verfahrensbeurteilung nach den Kriterien Arbeitssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit an. In Form eines Fazits werden die wichtigsten Erkenntnisse aus der Fallstudie zusammengefasst.

3 Holzernteverfahren und Fallstudien

3.1 Holzernteverfahren im Überblick

Die im Rahmen des Projektes untersuchten Verfahren sind in Tabelle 2 im Überblick dargestellt.

Tab. 2: Vorrangige Einsatzbereiche und Beschreibung der im Projekt untersuchten Holzernteverfahren

(DF = Durchforstung; EN = Endnutzung; T... = Technische Befahrbarkeitsklasse).

Holzernteverfahren (Bezeichnung)	Vorrangiger Einsatzbereich	Verfahrensbeschreibung (Kurzfassung)
Abtshagener Laubholzverfahren	40-60 m Gassenabstand; DF; Kurzholzsortimente; Standort: eingeschränkt u. stark eingeschränkt befahrbare Böden (T2,T3)	motormanuelles Fällen und Aufarbeiten; Vorrücken mit Pferd; Rücken durch Forwarder mit Bändern
Vollmechanisiertes Verfahren mit Zufällung	40 m Gassenabstand; DF und EN; Kurzholz- und Stammholzsortimente; Standort: eingeschränkt u. stark eingeschränkt befahrbare Böden (T2,T3)	motormanuelles Zufällen im Zwischenbereich; mechanisiertes Fällen und Aufarbeiten im Kranbereich mit Harvester; Rücken durch Forwarder mit Bändern
Vollmechanisiertes Raupenverfahren	20-30 m Gassenabstand; DF und EN; Kurzholz- und Stammholzsortimente; Rückeentfernung Raupenforwarder bis 200 m; Standort: stark eingeschränkt befahrbare bis kaum befahrbare Böden (T3, T4)	Fällen und Aufarbeiten mit Raupenharvester; Vorrücken mit Raupenforwarder; Rücken durch Forwarder mit Bändern
Verfahren Mittelstreckenseilkran	40 m Trassenabstand; DF und EN; Rückeentfernung Seilkran bis 600 m; Kurzholz- und Stammholzsortimente; Standort: kaum bis nicht befahrbare Böden (T4, T5)	motormanuelles Fällen; Vorrücken mit Seilkran; Aufarbeiten mit Harvester; Rücken durch Forwarder
Verfahren Kurzstreckenseilkran	30-40 m Trassenabstand; DF; Kurzholz- und schwächere Stammholzsortimente; Rückeentfernung Seilkran bis 150 m; Standort: kaum bis nicht befahrbare Böden (T4, T5)	motormanuelles Fällen; Vorrücken mit Seilkran; Aufarbeiten mit Harvester; Rücken durch Forwarder
Verfahren Kleinforwarder	20 m Gassenabstand; DF; Kurzholzsortimente; Rückeentfernung Kleinforwarder bis 200 m; Standort: eingeschränkt befahrbare bis kaum befahrbare Böden (T2 bis T4)	Fällen und Aufarbeiten durch Harvester mit Bändern; Vorrücken durch Kleinforwarder mit Bändern; Rücken durch Forwarder mit Bändern
Verfahren Kleinraupe	20 m Gassenabstand oder flächige Befahrung; DF; Kurzholz- und schwächere Stammholzsortimente; Rückeentfernung Kleinraupe bis 100 m; Standort: eingeschränkt befahrbare bis kaum befahrbare Böden (T2 bis T4)	motormanuelles Fällen und Zopfen; Vorrücken mit Kleinraupe; motormanuelles Aufarbeiten; Rücken durch Forwarder

3.2 Fallstudie: Abtshagener Laubholzverfahren



Abb. 6: Vorrücken der motormanuell eingeschlagenen Kurzholzsortimente in den Kranbereich des Forwarders.

Untersuchungsbestand:

Forstamt Abtshagen-Rügen, Revier Sievertshagen, Abteilung 4141a3.

Bestockung:

66-jähriger Mischbestand aus Esche (50 %) und Buche (30 %) auf 1,95 ha; geschlossen bis gedrängt bestockt (B° 1,1); geringes Baumholz; mittlerer Bestandesdurchmesser: Esche = 34 cm, Buche = 23 cm; kein Feinaufschluss vorhanden.

Standort:

Tab. 3: Beschreibung des Standortes.

Wuchsgebiet	Ostholsteinisch-Westmecklenburger Jungmoränenland
Wuchsbezirk	Richtenberger Flachmoräne; Kennzeichen: langsame Entwässerbarkeit des Bodens durch flaches Relief und Geschiebelehm
Jahresniederschlag	630-656 mm
Natürliche Waldgesellschaft	Rasenschmielen-Lungenkraut-Eschen-Buchen-Wald
Boden	Mineralischer Nassstandort; Feuchtestufe: Feucht; Nährkraftstufe: Reich; (NR2 n. SEA 95) auf 70 % Wechselfrischer Standort; Feuchtestufe: Wechselfrisch; Nährkraftstufe: Reich; (WR2 n. SEA 95) auf 30 %
Technische Befahrbarkeitsklasse	stark eingeschränkt befahrbar (T3)

Waldbauliche Maßnahme:

Entnahme absterbender Eschen mit einem Nutzungsprozent von 35 % bei Schonung des Buchen-Unterstandes.

Verfahrensbeschreibung (Abb. 7):

Der Einschlag erfolgt motormanuell durch zwei Forstwirte. Dabei werden im Abstand von ca. 40 m Rückegassen angelegt. Die Schonung des verbleibenden Bestandes hat Vorrang vor der Einhaltung der Schlagordnung. Das Aufarbeiten in Kurzholzsortimente schließt die motormanuelle Arbeit ab.

Mit der Pferderückung wird das in der Zwischenzone befindliche Kurzholz in den Kranbereich des Forwarders hinein vorgerückt. Dies kann weitgehend unabhängig von der Witterung geschehen. Bei unerschlossenen Beständen wird rund ein Drittel der gesamten Holzmenge durch das Pferd gerückt, in erschlossenen Beständen ist es rund die Hälfte. Abschließend transportiert der Forwarder das vorgerückte Holz zum Abfuhrweg. Je nach Witterung und Verfügbarkeit der Technik kann nicht nur zeitlich nacheinander, sondern bei räumlicher Trennung der angesprochenen beiden Arbeitsvorgänge auch zeitgleich gerückt werden.

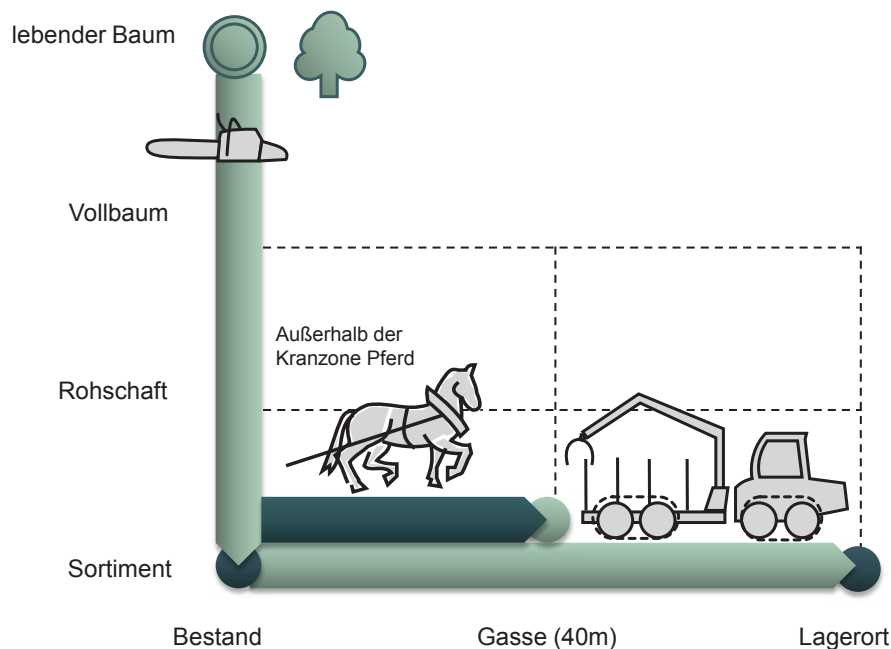


Abb. 7: Funktionsdiagramm zum „Abtshagener Laubholzverfahren“.

Technische Daten:

Rückepferd: Die Landesforst Mecklenburg-Vorpommern setzt Rheinisch-Westfälische Kaltblüter ein (Gewicht rund 800 kg; Stockmaß mindestens 1,58 m). Durchschnittlich werden 0,2 bis 0,3 Fm je Pferdezug gerückt. Kurzfristig können schwerere Lasten gezogen werden. Beim Pferdezug sind das Gewicht und die Bodenreibung entscheidend für die Leistung, weniger die Länge und der Durchmesser der Last. Der Kontaktflächendruck der Pferdehufe ist höher als bei den meisten Rückemaschinen. Mit der Pferderückung wird jedoch nur etwa ein Sechstel der durch eine Radmaschine auf Rückegassen befahrenen Fläche beansprucht (WYSS 1999).

Forwarder: Typ TBM 81/10; Acht-Rad-Maschine mit 600 mm-Bereifung. Auf den Bogieachsen befinden sich Stahl-Gummibänder (Abb. 8). Da der Forwarder mit den Bändern keine Schäden auf Forstwegen hinterlässt, kann er auf eigener Achse kurze Strecken umsetzen.



Abb. 8: Forwarder mit 710 mm breiten Stahl-Gummibändern bei der Rückung von Eschen-Industrieholz. Die vier Bänder wiegen zusammen 5,2 t.

Arbeitsvorbereitung und Witterung:

Die Arbeitsvorbereitung beinhaltet: Kennzeichnen des ausscheidenden Bestandes; Festlegung der Rückegassen und Polterplätze; Arbeitsauftrag mit u. a. Festlegung auszuformender Sortimente und Sicherheitsbelehrung zum Holzeinschlag in totholzreichen Beständen.

Zum Zeitpunkt der Rückung Ende September 2011 herrschte zunächst trockenes Wetter. Im Verlauf der Arbeiten traten Regenschauer auf, die zu einer Durchfeuchtung des Oberbodens führten. Der Unterboden wies infolge der extrem hohen Niederschläge von Ende Juli 2011 deutliche Feuchte auf.

Leistung und Kosten:

Tab. 4: Übersicht der Leistungs- und Kostenwerte.

Ausscheidender Bestand		BHD [cm]	30
BHD: 16-46 cm (0,29-2,11 Fm/Baum)		Fm (gesamt)	213
Anteile: Esche 75 %, Buche 21 %, Hainbuche 2 %, Eiche 2 %		Fm/ha	109
65 % Industrieholz (3 m lang), 8 Sortimente			
Ø Rückeentfernung Pferd: 11 m			
Ø Rückeentfernung Forwarder: 150 m			
Leistung	Fällen und Aufarbeiten (1 Mann)	Fm/Stunde	2,0
	Pferderückung	Fm/Stunde	4,4
	Forwarder	Fm/MAS	7,1
Kosten	Fällen und Aufarbeiten	€/Fm	16,95
	Pferderückung	€/Fm	8,96
	Forwarder	€/Fm	13,60
	Gesamtkosten	€/Fm	39,51
Kostensätze			
Forstwirt: 33,89 €/Stunde (Lohn, Lohnnebenkosten, Motorsägenentschädigung)			
Forstwirt + Rückepferd: 39,41 €/Stunde (Forstwirt 32,63€/Stunde, Rückepferd 3,52 €/Stunde, Umsetzen 3,26 €/Stunde)			
Forwarder: 96,57 €/MAS (Maschinenarbeitsstunde)			

Verfahrensbeurteilung:

Arbeitssicherheit

Die motormanuelle Holzernte stellt in erkrankten Eschenbeständen insbesondere wegen herabfallender Dürträge sowie möglicher Kronen- oder Schaftbrüche ein hohes Gefährdungspotential dar und ist deshalb nur in Beständen mit geringem Schädigungsgrad vertretbar. Der Pferdeführer ist ungeschützt der Witterung ausgesetzt und muss ein hohes Laufpensum in hindernisreichem Gelände absolvieren.

Wirtschaftlichkeit

Der Einsatz von zwei Rückepferden (2 x 25 Fm/Tag) beim Vorrücken entspricht in etwa der Tagesleistung eines Forwarders in Durchforstungsbeständen mit großer Sortimentsvielfalt. Der Pferdeinsatz bewirkt eine Vorkonzentrierung des aufgearbeiteten Holzes. Die dennoch niedrige Leistung des Forwarders bei der Endrückung resultiert vor allem aus der Vielfalt zu rückender Sortimente (8) und deren getrennter Polterung bei wenig Platz. Auch musste zur Bodenschonung teilweise auf eine vollständige Beladung der Forwarders verzichtet werden. Bei Ausformung einer gegenüber dem Fallbeispiel geringeren Anzahl an Sortimenten, einer konsequenten Sortentrennung in Verbindung mit dem Vorrücken und Aushaltung von Industrieholz mit einer Länge von 5 m (statt 3 m Länge) ließen sich die insgesamt relativ hohen Erntekosten spürbar senken.

Umweltverträglichkeit

Das Verfahren kann unter den Rahmenbedingungen des Fallbeispiels als pfleglich für den Bestand und in Verbindung mit trockener Witterung auch als schonend für den Boden beurteilt werden. Durch den erweiterten Rückegassenabstand von 40 m im Vergleich zum Regelabstand von 20 m wird erheblich weniger Bestandesfläche befahren. Gleichzeitig erhöht sich allerdings die Befahrungsintensität auf der Gasse, so dass der Forwarder trotz Zusatzausrüstung mit Bändern auf den hier stark eingeschränkt befahrbaren Böden (Befahrbarkeitsklasse T3) unter feuchten Witterungsbedingungen auch tiefere Fahrspuren verursacht. Bodenschäden in Verbindung mit dem Vorrücken des Holzes durch das Pferd sind auch bei ungünstiger Witterung unbedeutend.

Fazit:

Das **Abtshagener Laubholzverfahren** (motormanueller Einschlag + Pferd + Forwarder mit Bändern) ist unter den spezifischen Einsatzbedingungen relativ kostenintensiv. Das Verfahren besetzt jedoch eine Nische bei der Durchforstung strukturreicher Laubmischbestände. Es ist in solchen Bestockungen insbesondere auf eingeschränkt befahrbaren Böden (Befahrbarkeitsklasse T2) und verbunden mit längeren Trockenphasen auch auf stark eingeschränkt befahrbaren Böden (Befahrbarkeitsklasse T3) bodenschonend einsetzbar. Bei Nässe kann es durch das häufige Befahren der Gassen mit dem Forwarder schnell zu tieferen Fahrspuren kommen, so insbesondere auf stark eingeschränkt befahrbaren Böden. Das Verfahren ist mit einem mittleren Organisationsaufwand verbunden.

3.3 Fallstudie: Vollmechanisiertes Verfahren mit Zufällung



Abb. 9: Rücken der Kurzholzsortimente durch einen Forwarder mit Metallbändern auf mineralischen Nassstandorten. Kronen- und sonstiges Restholz in den Fahrspuren soll unvertretbare Eintiefungen verhindern.

Untersuchungsbestand:

Forstamt Schuenhagen, Revier Lendershagen, Abteilung 3284 a4.

Bestockung:

61-jähriger Mischbestand aus Esche (60 %) und Roterle (40 %) auf 1,09 ha; geschlossen bis locker bestockt (B° 0,8); geringes Baumholz; mittlerer Bestandesdurchmesser: Esche = 31 cm, Roterle = 32 cm.

Standort:

Tab. 5: Beschreibung des Standortes.

Wuchsgebiet	Ostholsteinisch-Westmecklenburger Jungmoränenland
Wuchsbezirk	Richtenberger Flachmoräne; Kennzeichen: langsame Entwässerbarkeit des Bodens durch flaches Relief und Geschiebelehm
Niederschlag	630-656 mm
Natürliche Waldgesellschaft	Iris-Sumpfpippau-Erlen-Eschen-Wald
Boden	Mineralischer Nassstandort; Feuchtstufe: Nass; Nährkraftstufe: Reich; (NR1 n. SEA 95)
Technische Befahrbarkeitsklasse	kaum befahrbar (T4)

Waldbauliche Maßnahme:

Entnahme von 80 % des Eschenoberstandes aufgrund des Eschentriebsterbens, Belassen einer Restbestockung aus wenig geschädigten Eschen und Roterlen, Wiederaufforstung der Schadfläche mit Roterle und Flatterulme.

Verfahrensbeschreibung (Abb. 10):

Das hier betrachtete Verfahren ist mit dem *Königsbronner Harvesterverfahren* vergleichbar. Im Gassenabstand von 40 m fällt ein mit Metallbändern ausgerüsteter Harvester die in seinem Kranbereich ausscheidenden Eschen und arbeitet diese auf. Hiebsreste werden gezielt zur Erhöhung der Tragfähigkeit des Bodens auf der Gasse abgelegt. Danach erfolgt die motormanuelle Zufällung aller für den Harvester nicht mehr erreichbaren Bäume. Dies geschieht im Zwei-Mann-Verfahren und räumlich getrennt vom Betrieb des Harvesters. Die Bäume werden vorwiegend im rechten Winkel zur Gasse gefällt. Im Einzelfall werden Wurzelanläufe und Starkäste motormanuell beigeschnitten. Im Rahmen der hier beschriebenen Fallstudie betrug die motormanuell eingeschlagene Hiebsumme 38 % des Gesamteinschlages.

In einem zweiten Arbeitsgang werden die zugefällten Eschen mit dem Harvesteraggregat am Zopf gegriffen, über die Gasse gezogen und dann vom Stock her aufgearbeitet. Ein mit Bändern ausgestatteter Forwarder transportiert abschließend das Holz zum Polterplatz.

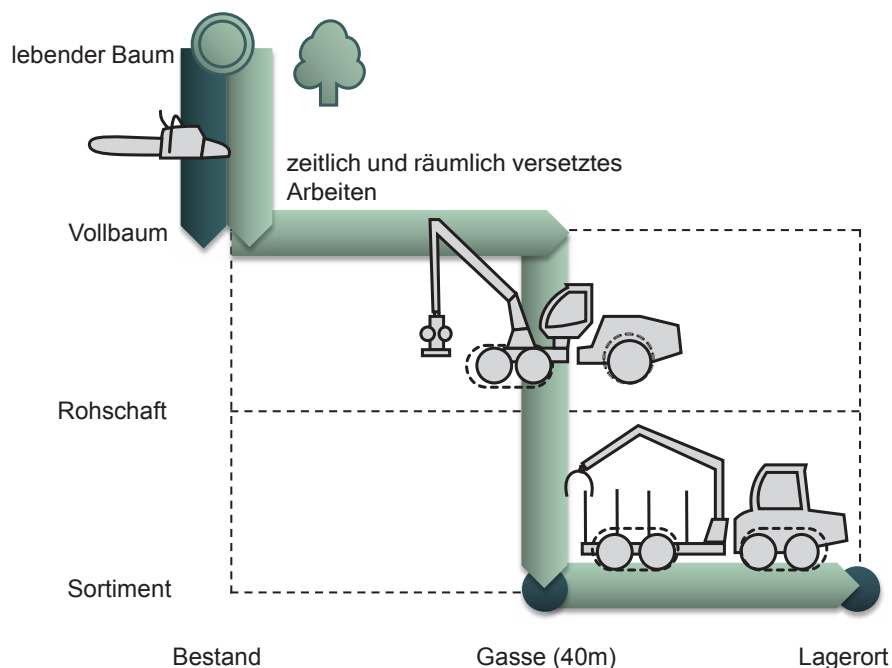


Abb. 10: Funktionsdiagramm zum „Vollmechanisierten Verfahren mit Zufällung“.

Technische Daten:

Harvester: John Deere 1270E; 20 t-Klasse (ohne Bänder); Sechs-Rad-Maschine mit 710 mm breiter Bereifung. An der Bereifung sind 1000 mm breite, mit Platten und Stahlspikes bewehrte Metallbänder angebracht, welche auf weichen Böden eingesetzt werden.

Forwarder: John Deere 1110E; 17 t Leergewicht (ohne Bänder); Acht-Rad-Maschine mit 710 mm breiter Bereifung, ausgestattet mit gleichen Metallbändern wie der Harvester (Abb. 11).



Abb. 11: Harvester mit 1000 mm breiten Metallbändern.

Arbeitsvorbereitung und Witterung:

Die Arbeitsvorbereitung beinhaltet: Kennzeichnen aller augenscheinlich noch relativ gesunden Eschen zum Verbleib im Bestand (Positivauslese nach dem Merkmal „Gesundheit“); Festlegung der Rückegassen und Polterplätze; Arbeitsauftrag mit u. a. Festlegung auszuformender Sortimente und Sicherheitsbelehrung zum Holzeinschlag in totholzreichen Beständen.

Zum Zeitpunkt des Holzeinschlages Ende Oktober 2011 herrschte trockenes Wetter. Die Rückung erfolgte Ende November nach vorangehend 28 Tagen ohne Niederschläge. Ober- und Unterboden waren allerdings aufgrund der extrem hohen Niederschläge von Ende Juli 2011 noch feucht.

Leistung und Kosten:

Tab. 6: Übersicht der Leistungs- und Kostenwerte.

Ausscheidender Bestand BHD: 17-44 cm Anteile: Esche 99 %, Roterle 1 % 77 % Industrieholz, 5 Sortimente Ø Rückeentfernung: 80 m		BHD [cm]	31
		Fm (gesamt)	350
		Fm/ha	340
Leistung	Fällen (1 Mann)	Fm/Stunde	5,0
	Harvester	Fm/MAS	17,6
	Forwarder	Fm/MAS	9,3
Kosten	Fällen	€/Fm	6,78
	Harvester	€/Fm	10,14
	Forwarder	€/Fm	12,22
	Gesamtkosten	€/Fm	29,14
Kostensätze Forstwirt: 33,89 €/Stunde (Lohn, Lohnnebenkosten, Motorsägenentschädigung) Harvester: 178,43 €/MAS Forwarder: 113,64 €/MAS			

Verfahrensbeurteilung:

Arbeitssicherheit

Da es sich um ein Verfahren handelt, bei dem die Zufällung (zeitlich/räumlich) gelöst vom Einsatz des Harvesters erfolgt, geht vom „Zusammenspiel“ beider Arbeiten keine Gefährdung aus. Geschädigte Eschen mit viel Totholz stellen allerdings beim motormanuellen Holzeinschlag ein erhöhtes Gefahrenrisiko dar. Spezielle Maßnahmen wie der Einsatz eines hydraulischen Fällkeils können dieses mindern. Die im Verfahren überwiegend vollmechanisiert durchgeführte Holzernte gewährleistet eine insgesamt betrachtete hohe Arbeitssicherheit.

Wirtschaftlichkeit

Da insbesondere das Vorrücken des Holzes durch die motormanuelle Zufällung entfällt, erreicht das Verfahren trotz niedriger Rückeleistung eine hohe Produktivität. Die auffallend geringe Rückeleistung wird vor allem verursacht durch den Einbau von Restholz zur Armierung der Gasse sowie den teilweisen Verzicht auf vollständige Beladung des Forwarders zur Verhinderung von nicht mehr tolerierbaren Bodenschäden. Bei Anfall von Stammholz ist das Aushalten der Stämme und Markieren der Trennschnitte durch einen Forstwirt angebracht, da ansonsten Sortierungsverluste drohen.

Umweltverträglichkeit

Die Fallstudie zeigt, dass auf kaum befahrbaren Böden (Befahrungsklasse T4) das Verfahren schnell die Grenzen einer bodenschonenden Befahrung überschreitet. Die geringe Tragfähigkeit der vorkommenden Böden gepaart mit einer hohen Befahrungsintensität auf den Rückegassen mit schwerem Forwarder führt selbst bei trockener Witterung schnell zu tiefen Fahrspuren oder sogar Gleisbildungen. Diese lassen sich auch durch auf den Gassen abgelegtes Restholz kaum verhindern. Erst auf weniger nassen Böden (Befahrbarkeitsklassen T2 und T3) kann im Regelfall (außer bei Regen) mit dem Verfahren eine bodenschonende Ernte gewährleistet werden. Der weite Rückegassenabstand von 40 m (gegenüber üblich 20 m) ist mit Blick auf den Anteil befahrener Bestandesfläche als günstig zu bewerten.

Fazit:

Das **Vollmechanisierte Verfahren mit Zufällung** (Radharvester mit Metallbändern + motormanuelles Zufällen + Radforwarder mit Bändern) erweist sich als sehr produktiv und damit einhergehend als relativ kostengünstig. In stärker geschädigten Beständen bedingt das motormanuelle Zufällen ein erhöhtes Arbeitsrisiko. Der verfahrensbestimmende Maschineneinsatz wird auf kaum befahrbaren Böden (Befahrbarkeitsklasse T4) den Anforderungen des Bodenschutzes nicht mehr gerecht. Auf Nassstandorten der technischen Befahrbarkeitsklassen „eingeschränkt befahrbar“ (T2) und bei günstiger Witterung auch „stark eingeschränkt befahrbar“ (T3) gewährleistet das Verfahren ausreichenden Bodenschutz. Das Verfahren verursacht einen mittleren Organisationsaufwand.

3.4 Fallstudie: Vollmechanisiertes Raupenverfahren



Abb. 12: Rücken von Eschen-Industrieholz durch einen Raupenforwarder vom Typ Elliator (Prototyp) auf mineralischem Nassstandort. Die Maschine hat eine Aufstandsfläche von 15 Quadratmetern.

Untersuchungsbestand:

Forstamt Schuenhagen, Revier Lendershagen, Abteilung 3260 a0.

Bestockung:

71-jähriger Mischbestand aus Esche (76 %) und Roterle (24 %) auf 4,00 ha; licht bestockt (B° 0,5); geringes bis mittleres Baumholz mit einzelnen stärkeren Eschen; mittlerer Bestandesdurchmesser: Esche = 31 cm, Roterle = 42 cm.

Standort:

Tab. 7: Beschreibung des Standortes.

Wuchsgebiet	Ostholsteinisch-Westmecklenburger Jungmoränenland
Wuchsbezirk	Richtenberger Flachmoräne; Kennzeichen: langsame Entwässerbarkeit des Bodens durch flaches Relief und Geschiebelehm
Jahresniederschlag	630-656 mm
Natürliche Waldgesellschaft	Iris-Sumpfpippau-Erlen-Eschen-Wald
Boden	Organischer Nassstandort (Moor); Feuchtstufe: Nass; Nährkraftstufe: Kräftig; (OK3 n. SEA 95) auf 60 % Organischer Nassstandort (Moor); Feuchtstufe: Sumpfig; Nährkraftstufe: Kräftig; (OK2 n. SEA 95) auf 40 %
Technische Befahrbarkeitsklasse	kaum bis nicht befahrbar (T4, T5)

Waldbauliche Maßnahme:

Nahezu vollständige Entnahme des Eschenoberstandes aufgrund starker Schädigung durch das Triebsterben. Belassen aller noch relativ gesunden Eschen und vorkommenden Roterlen, Wiederaufforstung der Schadfläche mit Roterle.

Verfahrensbeschreibung (Abb. 13):

In einem Gassenabstand von 20 m werden alle ausscheidenden Bäume vom Raupenharvester gefällt, in Kurzholzsortimente aufgearbeitet und an der Gasse abgelegt. Nicht verwertbares Holz wird zur Erhöhung der Tragfähigkeit des Bodens auf der Gasse abgelegt. Das an der Gasse liegende Holz wird zunächst mit einem Raupenforwarder bis zum Lagerort 1 (Maschinenweg) vorgerückt. Die daran anschließende Endrückung bis zum Abfuhrweg (Lagerort 2) erfolgt durch einen mit Bändern ausgestatteten Radforwarder.

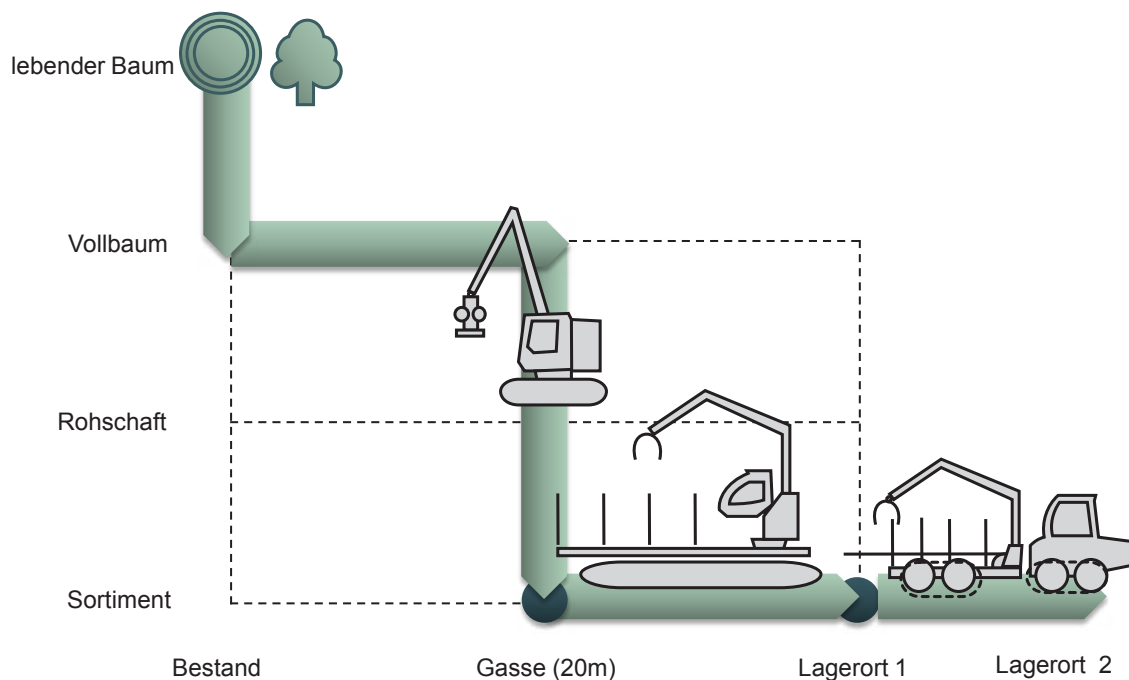


Abb. 13: Funktionsdiagramm zum „Vollmechanisierten Raupenverfahren“.

Technische Daten:

Raupenharvester: Impex-Tiger 20 auf Bagger-Grundmaschine; 15 m Kranreichweite; 24 t Eigengewicht; 55 cm Bodenfreiheit; Aggregat Lako 675; bis 70 cm Fälldurchmesser; Gassenabstand bis 30 m und Herausheben schwerer Bäume über Verjüngung möglich (Abb. 14).

Raupenforwarder: EMB Baumaschine Typ Elliator mit 10 m Kranreichweite; 23-30 t Leergewicht; 1.000 mm Kettenbreite (gekröpfte Bodenplatten); 7,5 m Raupenlaufwerk; 74 cm Bodenfreiheit; 15 Fm Ladekapazität. Die Überführung von 3 bis 4 m breiten Gräben ist ohne weitere technische Unterstützung möglich. Der Austausch der Ketten wird bei 2.000 MAS empfohlen (Abb. 12).

Radforwarder: Typ TBM 81/10; Acht-Rad-Maschine mit 600 mm-Bereifung; 18,5 t Leergewicht. Auf den Bogieachsen befinden sich vier Stahl-Gummibänder.



Abb. 14: Raupenharvester mit 600 mm breiten Raupenkette. Die Einstegplatten sorgen für eine gute Traktion.

Arbeitsvorbereitung und Witterung:

Die Arbeitsvorbereitung beinhaltet: Kennzeichnen aller augenscheinlich noch relativ gesunden Eschen zum Verbleib im Bestand (Positivauslese nach dem Merkmal „Gesundheit“); Festlegung der Rückegassen und Polterplätze; Arbeitsauftrag mit u. a. Festlegung auszuformender Sortimente und Sicherheitsbelehrung zum Holzeinschlag in totholzreichen Beständen.

Witterung: Zum Zeitpunkt des maschinellen Einschlags und der Rückung Anfang Februar 2012 herrschte zunächst starker Barfrost, der den Moorboden bis in eine Tiefe von 10 bis 20 cm durchfrieren ließ. Darunter stand ab 30 bis 40 cm unter Flur freies Grundwasser an. Während des Arbeitseinsatzes setzte Tauwetter verbunden mit Regenschauern ein.

Leistung und Kosten:

Tab. 8: Übersicht der Leistungs- und Kostenwerte.

Ausscheidender Bestand BHD: 18-46 cm Anteile: Esche 100 % 78 % Industrieholz (3 m lang), 2 Sortimente Ø Vorrückeentfernung: 100 m Ø Rückeentfernung: 1.000 m		BHD [cm]	31
		Fm (gesamt)	380
		Fm/ha	95
Leistung	Raupenharvester	Fm/Stunde	10,6
	Raupenforwarder	Fm/MAS	18,6
	Radforwarder	Fm/MAS	7,5
Kosten	Raupenharvester	€/Fm	17,08
	Raupenforwarder	€/Fm	10,48
	Radforwarder	€/Fm	12,88
	Gesamtkosten	€/Fm	40,44
Kostensätze Raupenharvester: 181,02 €/MAS Raupenforwarder: 195,00 €/MAS Forwarder: 96,57 €/MAS			

Verfahrensbeurteilung:

Arbeitssicherheit

Durch die vollmechanisierte Arbeitskette handelt es sich um ein Verfahren, das eine hohe Arbeitssicherheit gewährleistet.

Wirtschaftlichkeit

Im Rahmen der Fallstudie konnte die erwartete hohe Produktivität des vollmechanisierten Verfahrens insbesondere wegen der großen Entfernung von durchschnittlich 1.000 m bei der Endrückung nicht erreicht werden. Auch könnte durch die Holzausformung eine bessere Wirtschaftlichkeit erzielt werden, indem durch Aushaltung größerer Sortimentslängen von z. B. 5 bis 6 m die Ladekapazität des Raupenforwarders besser ausgenutzt wird (eine Beladung mit jeweils 3 m langen Sortimenten hintereinander ist nicht möglich). Die Spezialketten des Raupenforwarders sind insbesondere gegenüber Punktbeanspruchung (Stubben) im beladenen Zustand empfindlich und im Ersatz teuer. Dies erhöht den Kostensatz merklich.

Umweltverträglichkeit

Unter den Bedingungen des zunächst oberflächlich gefrorenen Bodens zeigten sich auf den als „kaum befahrbar“ und „nicht befahrbar“ klassifizierten Böden (Befahrbarkeitsklassen T4 u. T5) beim Einsatz der beiden Raupenfahrzeuge nur geringe Spuren. Mit einsetzendem Tauwetter veränderte sich allerdings das Bild grundlegend, indem bereits der mit 600 mm breiten Ketten ausgestattete Raupenharvester tiefe Fahrspuren verursachte. Diese wurden durch den nachfolgenden Raupenforwarder, trotz seiner sehr großen Aufstandsfläche, noch verstärkt.

Die Kranauslage des Harvesters von 15 m (Langkran) gegenüber üblich 10 m ermöglicht eine Erweiterung des Rückegassenabstandes von 20 m auf 30 m und damit eine Verringerung der Befahrungsfläche.

Fazit:

Das **Vollmechanisierte Raupenverfahren** (Raupenharvester + Raupenforwarder + Radforwarder mit Bändern) konnte unter den spezifischen standörtlichen Einsatzbedingungen nicht vollständig befriedigen. Auf Böden der Befahrungsklasse „nicht befahrbar“ (T5) ist die bodengebundene Holzernte auch mit Raupenfahrzeugen nur im Ausnahmefall möglich, so bei tief gefrorenem Boden. Demgegenüber zeichnet sich ab, dass auf Böden der Befahrungsklasse „kaum befahrbar“ (T4) der Einsatz von Raupenfahrzeugen aus Sicht des Bodenschutzes vertretbar ist, wenn diese über besonders große Aufstandsflächen verfügen (Beispiel: Raupenforwarder Typ Elliator) und darüber hinaus der Einsatz bei Trockenheit stattfindet. Auf „stark eingeschränkt befahrbaren“ Böden (Befahrbarkeitsklasse T3) wird das Befahrungsrisiko bei Einsatz von Raupenfahrzeugen als sehr gering eingeschätzt. Da das Verfahren ein hohes Maß an Arbeitssicherheit gewährleistet, können auch stark geschädigte Bestände geerntet werden. Das Verfahren verursacht einen mittleren Organisationaufwand.

3.5 Fallstudie: Verfahren Mittelstreckenseilkran



Abb. 15: Mittelstreckenseilkran Valentini V600 als Raupenversion und ein Harvester am Absenkplatz im gekoppelten Arbeitsverfahren. Es entstehen keine Zwischenpolter am Seilkran und kaum Wartezeiten für den Harvester, da die Leistungen der Maschinen sich weitgehend entsprechen.

Untersuchungsbestand:

Forstamt Schuenhagen, Revier Karnin, Abteilungen 3456 a1 und 3452 a0.

Bestockung:

76-jähriger Mischbestand aus Esche (80 %) und Roterle (20 %) auf 6,02 ha; locker bis licht bestockt (B° 0,6); geringes Baumholz; mittlerer Bestandesdurchmesser: Esche = 31 cm, Roterle = 32 cm.

82-jähriger Eschenreinbestand auf 1,44 ha; geschlossen bestockt (B° 1,0); geringes Baumholz; mittlerer Bestandesdurchmesser: Esche = 25 cm.

Standort:

Tab. 9: Beschreibung des Standortes.

Wuchsgebiet	Ostholsteinisch-Westmecklenburger Jungmoränenland
Wuchsbezirk	Richtenberger Flachmoräne; Kennzeichen: langsame Entwässerbarkeit des Bodens durch flaches Relief und Geschiebelehm
Jahresniederschlag	630-656 mm
Natürliche Waldgesellschaft	Iris-Sumpfpippau-Erlen-Eschen-Wald
Boden	Mineralischer Nassstandort; Feuchtestufe: Nass; Nährkraftstufe: Reich; (NR1 n. SEA 95)
Technische Befahrbarkeitsklasse	kaum befahrbar (T4)

Waldbauliche Maßnahme:

Nahezu vollständige Entnahme der durch das Triebsterben geschädigten Eschen, Belassen einzelner Gruppen mit relativ gesunden Eschen, Wiederaufforstung der Schadfläche mit Roterle.

Verfahrensbeschreibung (Abb. 16):

Die Abfuhrrichtung, der Erschließungszustand (Zuwegung) sowie das Vorhandensein von stabilen Baumstützen bestimmen Planung und Anlage der Seiltrassen mit den Komponenten Trägerfahrzeug, Metallstütze, Sattelbaum, Endbaum, Abspannbäume und Abspannseile. Nach dem Aufhieb der Seiltrassen muss der den Holzeinschlag stark behindernde Unterstand (Hasel u. a.) beseitigt werden.

Die Bäume werden motormanuell fischgrätenartig zur Seiltrasse gefällt, teilweise entastet und gezopft. Danach wird der Seilkran am Lagerort 1 aufgestellt. Es folgen die Trag- und Rückholseilmontage mit Einbau des Laufwagens sowie das Aufstellen einer Metallstütze (Abb. 17). Die Arbeiten zur Vorrückung der Vollbäume bzw. Rohschäfte mit dem Seilkran werden von zwei Arbeitskräften im Bestand, den Anschlägern, und einem Maschinenführer an der Seilkrananlage ausgeführt. Am Absenkplatz wird das Holz durch einen Harvester aufgearbeitet und schließlich mittels Forwarder endgerückt.

Während des Umsetzens der Seillinie zu einer nachfolgenden Seiltrasse werden Harvester und Forwarder in Ausweichflächen eingesetzt.

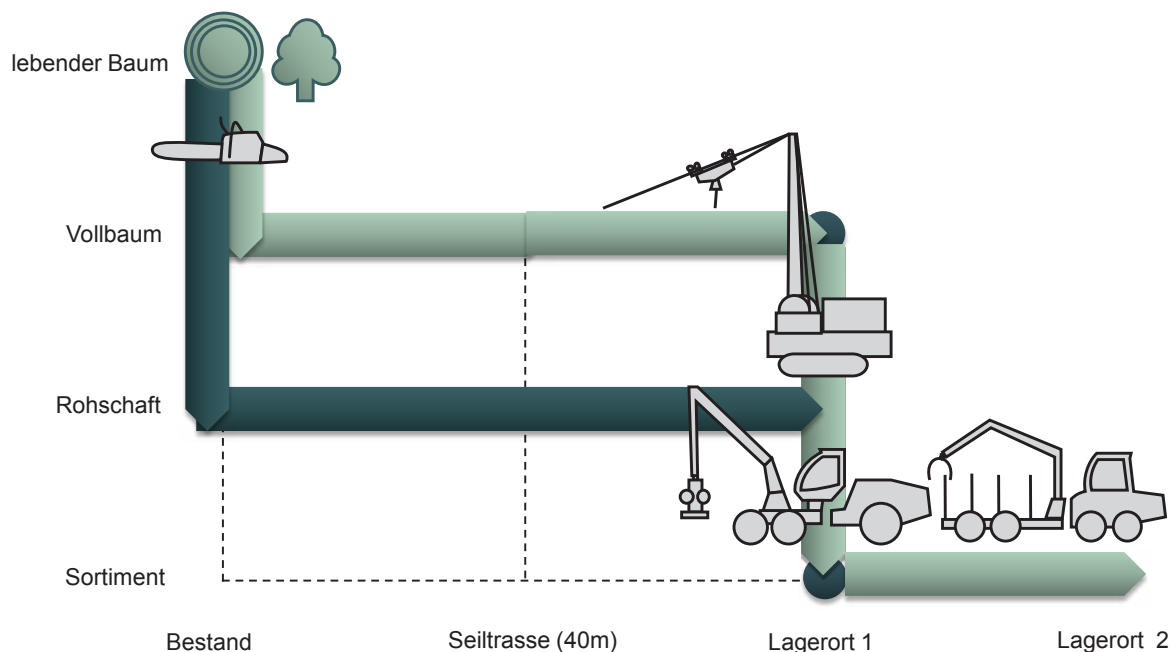


Abb. 16: Funktiogramm zum „Verfahren Mittelstreckenseilkran“.

Technische Daten:

Seilkran: Valentini V600 M3 als Raupenversion im Dreiseilverfahren; über 600 m Tragseilkapazität; bis 5,4 t Zugkraft; bis 12,5 m hoher Teleskopturm; 18 t Gesamtgewicht; Raupe funkgesteuert bis max. 5 km/h Geschwindigkeit; Laufwagen: Bergwald 4000 SMU; 650 kg Eigengewicht; bis 5 t Nutzlast; Funksteuerung mit Zielautomatik.

Technische Einschätzung des Seilkrans: Der V600 M3 mit zugehörigen Komponenten ist aufgrund der Seilkapazität, der Tragseilhöhe, der Tragseilspannung und der Zugkraft als leistungsstark einzuschätzen und kann an vielfältige Hiebsbedingungen angepasst werden.

Harvester: John Deere 1270 E; 20 t-Klasse; Sechs-Rad-Maschine mit 710 mm Bereifung.

Forwarder: John Deere 1110 E; 17 t Leergewicht; Acht-Rad-Maschine mit 710 mm Bereifung.

Arbeitsvorbereitung und Witterung:

Die Arbeitsvorbereitung beinhaltet: Kennzeichnen der Hiebsfläche; Festlegen der Seilkran-Trassen und Polterplätze; Arbeitsauftrag mit u. a. Festlegung auszuformender Sortimente und Sicherheitsbelehrung zum Holzeinschlag in totholzreichen Beständen.

Witterung: Bei Holzeinschlag und Rückung ab Anfang Oktober 2012 herrschte trockenes Wetter. Der Boden war oberflächlich abgetrocknet.

Leistung und Kosten:

Tab. 10: Übersicht der Leistungs- und Kostenwerte.

Ausscheidender Bestand		BHD [cm]	30
BHD: 16-56 cm		Fm (gesamt)	1.636
Anteile: Esche 100 %		Fm/ha	219
75 % Industrieholz (3 m), 4 Sortimente			
Ø Rückentfernung Seilkran: 250 m			
Ø Forwarder: 50 m			
Leistung	Entnahme Unterstand, Fällen, zum Teil Entasten	Fm/Stunde	3,9
	Seilkran (Auf- und Abbauezeiten sind berücksichtigt)	Fm/Stunde	9,8
	Harvester	Fm/Stunde	19,8
	Forwarder	Fm/MAS	12,7
Kosten	Entnahme Unterstand, Fällen, zum Teil Entasten	€/Fm	8,69
	Seilkran	€/Fm	17,42
	Hilfsmittel Bagger + Metallstütze	€/Fm	3,78
	Harvester	€/Fm	9,01
	Forwarder	€/Fm	8,95
	Gesamtkosten	€/Fm	47,86
Kostensätze			
Forstwirt: 33,89 €/Stunde (Lohn, Lohnnebenkosten, Motorsägenentschädigung)			
Seilkran: 170,76 €/MAS			
Hilfsmittel Bagger + Metallstütze (Miete, Versicherung, Transport): 7.183,60 €			
Harvester: 178,43 €/MAS			
Forwarder: 113,64 €/MAS			



Abb. 17: Der Laufwagen passiert beim Vorrücken die von einem Trägerfahrzeug (Bagger) gehaltene Metallstütze. Diese künstliche Stütze ersetzt in geschädigten Beständen ausreichend standfeste Sattelbäume und dient der Zwischenabspannung.

Verfahrensbeurteilung:

Arbeitssicherheit

Die motormanuell durchgeführten Holzerntearbeiten sind in stärker geschädigten Eschenbeständen mit einem erhöhten Arbeitsrisiko verbunden. Technische Hilfsmittel (z. B. hydraulischer Fällkeil) können dieses vermindern. Kurzgeschnittener Schlagabraum verhindert Spannungsaufbau und -übertragung im Holz und plötzliches Brechen während des Seilens.

Die Aufarbeitung der Rohschäfte mit dem Harvester erfordert ein sehr umsichtiges Handeln, da dieses im Arbeitsbereich des Maschinenführers des Seilkrans geschieht. Durch die Verwendung selbstauslösender Funkchoker kann die Arbeitssicherheit für den Maschinenführer erhöht werden.

Wirtschaftlichkeit

Die Kosten für das Verfahren sind insgesamt hoch, unterliegen aber je nach Hiebsbedingungen einer breiten Streuung. Im Rahmen der Fallstudie erhöhten eine relativ geringe Hiebmenge je Seiltrasse sowie die wegen fehlender Sattelbäume mehrmals notwendige Aufstellung von Metallstützen die Kosten spürbar. Auch die zur Hiebsvorbereitung notwendige Beseitigung des Unterstandes aus vorwiegend Sträuchern verursacht zusätzliche Kosten.

Es wurden beim Einsatz kostensenkende Rationalisierungsmaßnahmen erkennbar. So lässt sich der Personalaufwand reduzieren, indem am Absenkplatz selbstauslösende Funkchoker eingesetzt werden. Auch müssen die Arbeitsprozesse Aufarbeitung durch den Harvester und Rückung durch den Forwarder möglichst gut aufeinander abgestimmt sein, um Stillstandzeiten (im Fallbeispiel an der relativ geringen Leistung des Forwarders ersichtlich) zu vermeiden.

Umweltverträglichkeit

Das Verfahren ist auf nassen und in der Feuchte darüber hinausgehenden Standorten (Befahrungsklassen T4 u. T5) ohne Einschränkungen bodenschonend, da keine Befahrung stattfindet. Lediglich im unmittelbaren Bereich der Seiltrasse entstehen Schleifspuren durch die gerückten Stämme, die aber keine nennenswerten Beeinträchtigungen für den Boden darstellen.

Fazit:

Das **Verfahren Mittelstreckenseilkran** (Seilkran + Harvester + Forwarder) verursacht relativ hohe Gesamtkosten. Diese schwanken jedoch stark je nach Einsatzbedingungen, wobei die zu rückende Holzmenge je Seiltrasse den größten Einfluss hat. Es ist ein weitestgehend unabhängig von der Witterung in höchstem Maße bodenschonend einsetzbares Verfahren.

Der motormanuelle Holzeinschlag bedingt in stark geschädigten Beständen ein erhöhtes Unfallrisiko. Das Verfahren ist mit einem hohen Organisationaufwand verbunden.

3.6 Fallstudie: Verfahren Kurzstreckenseilkran



Abb. 18: Seilkran vom Typ Ritter KSK 1 mit Schlepper am Lagerort 1 (Absenkplatz). Im Hintergrund liegt bereits durch einen Harvester aufgearbeitetes Kurzholz.

Untersuchungsbestand:

Forstamt Friedrichsmoor, Revier Domsühl, Abteilung 4330 a1.

Bestockung:

95-jähriger Mischbestand aus Esche (58 %) und Roterle (10 %) auf 0,4 ha; geschlossen bis locker bestockt (B° 0,8); schwaches bis mittleres Baumholz; mittlerer Bestandesdurchmesser: Esche = 43 cm, Roterle = 28 cm.

Standort:

Tab. 11: Beschreibung des Standortes.

Wuchsgebiet	Ostholsteinisch-Westmecklenburger Jungmoränenland
Wuchsbezirk	Goldberger Grund(Wellen-)moräne
Jahresniederschlag	590 mm
Natürliche Waldgesellschaft	Rasenschmielen-Lungenkraut-Eschen-Buchen-Wald
Boden	Organischer Nassstandort (Moor); Feuchtstufe: Feucht; Nährkraftstufe: Kräftig; (OK4 n. SEA 95)
Technische Befahrbarkeit	stark eingeschränkt befahrbar (T3)

Waldbauliche Maßnahme:

Vollständige Entnahme des Oberstandes aufgrund des Eschentriebsterbens, Wiederaufforstung der Schadfläche mit Roterle.

Verfahrensbeschreibung (Abb. 19):

Nachdem die Rückrichtung und der Standort des Seilkrans feststehen, kann die Seiltrasse markiert, ein stabiler Endbaum ausgewählt und die Trasse aufgehauen werden. Danach werden die Bäume im Zwei-Mann-Verfahren fischgrätenartig zur Trasse gefällt und in Vielfachlängen ausgehalten.

Der Holzrückung gehen zunächst die Aufstellung des Seilkrans und die Montage der Trag- und Rückholseile voraus. Das Holz wird im ersten Arbeitsschritt mit dem Zugseil zur Trasse beigezogen. Von dort wird es am Tragseil hängend über den Laufwagen bis zum Absenkplatz am Seilkran transportiert. Die Arbeiten werden durch zwei Forstwirte ausgeführt, von denen einer die Last befestigt, während der andere die Funkfernsteuerung des Seilkrans bedient. Das Abhängen der Last am Seilkran erfolgt durch einen selbstauslösenden Seilhaken. Das Rückholseil bringt den leeren Laufwagen auf die Hiebsfläche.

In Abhängigkeit von der Ruckeleistung wird das am Lagerort 1 zwischengepolterte Holz im Abstand von zwei bis drei Arbeitstagen mittels Harvester sortengerecht eingeschnitten und im Anschluss mit einem Forwarder zum Lagerort 2 transportiert.

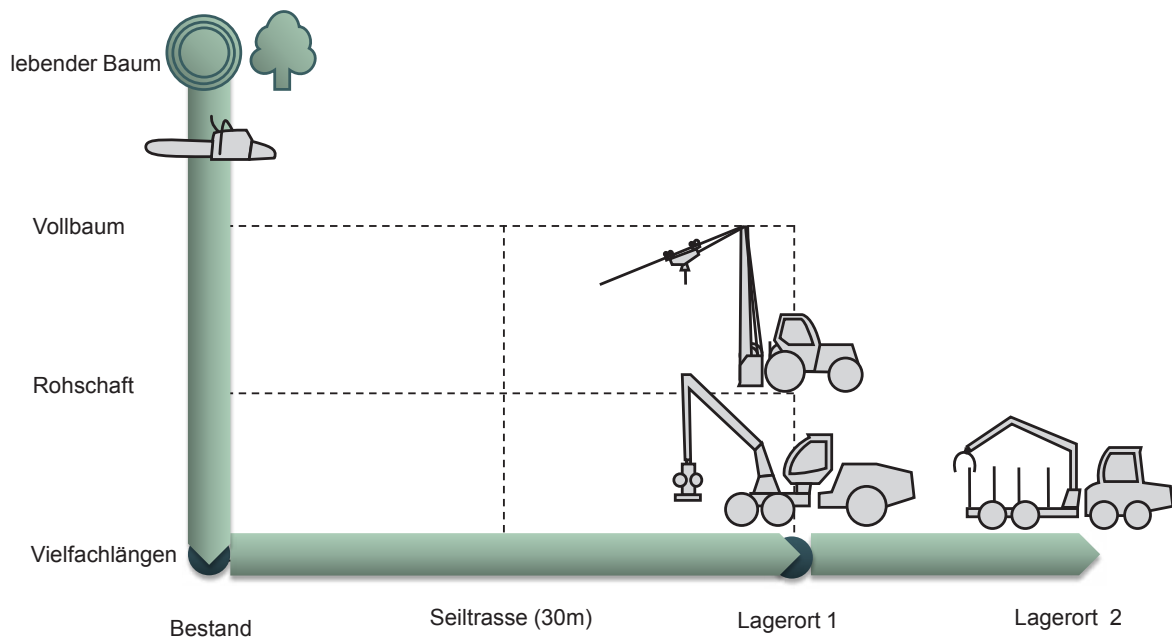


Abb. 19: Funktionsdiagramm zum „Verfahren Kurzstreckenseilkran“

Technische Daten:

Seilkran: Modell Ritter KSK 1; Kippmastseilkran mit Drei-Seil-System; aufgebaut auf Einachsanhänger für Traktorenzug; 5,6 m Turmhöhe; 1.000 kg Anhängelast; Laufwagen: Koller USKA 1,5 (Abb. 20); 1.500 kg Nutzlast; 285 kg Eigengewicht; funkferngesteuerte Trag- und Zugseilklemme.

Technische Einschätzung des Seilkrans: Der KSK 1 hat einen Einsatzschwerpunkt im schwachen Baumholz bei relativ kurzen Rückedistanzen (bis 150 m). Im mittleren bis starken Baumholz gerät das Aggregat aufgrund der vergleichsweise geringen Nutzlast an systembedingte Leistungsgrenzen.

Im Verlauf der Fallstudie wurde der Laufwagen der Firma Ritter durch den Laufwagen Koller USKA 1,5 ersetzt. Dieser Laufwagen erleichtert die Ausspülung des Zugseils und weist eine verbesserte Kraftübertragung auf. Nachteilig wirkt sich das höhere Eigengewicht aus, infolgedessen die Anhängelast reduziert ist. Der selbstauslösende Seilhaken des Modells erweist sich insbesondere bei höheren Poltern als störungsanfällig.

Harvester: John Deere Typ 1070 D Eco III (mittlere Leistungsklasse); 6-Rad-Maschine; 14,2 t Gewicht.

Forwarder: John Deere Typ 810 D Eco III; Acht-Rad-Maschine.



Abb. 20: Während des Beiseilens vom Hiebsort zur Trasse ist der Laufwagen durch die Tragseilklemme am Tragseil fixiert. Die Zugseilklemme ist dabei offen.

Arbeitsvorbereitung und Witterung:

Die Arbeitsvorbereitung beinhaltet: Kennzeichnen der Hiebsfläche; Festlegen der Seilkran-Trassen und Polterplätze; Arbeitsauftrag mit u. a. Festlegung auszuformender Sortimente und Sicherheitsbelehrung zum Holzeinschlag in totholzreichen Beständen.

Witterung: Bei Holzeinschlag und Rückung ab Ende November 2012 herrschte weitgehend trockenes Wetter. Der Boden war oberflächlich abgetrocknet.

Leistung und Kosten:

Tab. 12: Übersicht der Leistungs- und Kostenwerte.

Ausscheidender Bestand BHD: 16-63 cm Anteile: Esche 58 %, andere Laubhölzer 42 % 95 % Industrieholz (3 m), 8 Sortimente Ø Rückeentfernung Seilkran: 50 m Ø Rückeentfernung Forwarder: 350 m		BHD [cm]	38
		Fm (gesamt)	137
		Fm/ha	342
Leistung	Fällen/ Aufarbeiten (Vielfachlängen)	Fm/Stunde	5,5
	Seilkran (Auf- und Abbauzeiten sind berücksichtigt)	Fm/Stunde	4,7
	Harvester	Fm/Stunde	17,1
	Forwarder	Fm/MAS	9,1
Kosten	Fällen/ Aufarbeiten (Vielfachlängen)	€/Fm	6,16
	Seilkran	€/Fm	30,82
	Harvester	€/Fm	8,55
	Forwarder	€/Fm	10,37
	Gesamtkosten	€/Fm	55,90
Kostensätze Forstwirt: 33,89 €/Stunde (Lohn, Lohnnebenkosten, Motorsägenentschädigung) Seilkran: 144,85 €/MAS Harvester: 146,26 €/MAS Forwarder: 94,34 €/MAS			

Verfahrensbeurteilung:

Arbeitssicherheit

Die Forstwirte sind bei der motormanuellen Holzernte in stark geschädigten Eschenbeständen einem erhöhten Unfallrisiko ausgesetzt. Der Einsatz eines hydraulischen Fällkeils ersetzt die gefährliche Keilarbeit.

Wirtschaftlichkeit

Die Gesamtkosten des Verfahrens sind in der Fallstudie trotz einer großen Hiebsmenge pro Trasse und geringer Vorrückentfernung mit dem Seilkran überraschend hoch ausgefallen. Dies ist im Wesentlichen auf eine unzureichende Abstimmung zwischen dem technischen Potential der eingesetzten Seilkrananlage und der Holzstärke zurückzuführen. Sowohl die mögliche Tragseilhöhe als auch die Tragseilspannung des Aggregates erwiesen sich für das teilweise starke und schwere Holz als unterdimensioniert im Hinblick auf eine problemlose Rückung.

Da außerdem die eingeschlagenen Bäume bereits im Schlag motormanuell in Vielfachlängen eingeschnitten werden mussten, konnte das Potential des am Absenkplatz eingesetzten Harvesters nur unzureichend genutzt werden. Positive Effekte, wie kurze Auf- und Abbauzeiten des Seilkrans, wurden von den angesprochenen Defiziten überdeckt.

Umweltverträglichkeit

Das Verfahren ist sehr bodenpfleglich, da eine Befahrung des Bestandes unterbleibt. Auch die beim Rücken entstehenden Schleifspuren unter dem Tragseil sind mit Blick auf Bodenbeeinträchtigungen als unbedeutend zu bewerten.

Fazit:

Die Fallstudie zum **Verfahren Kurzstreckenseilkran** (Kurzstreckenseilkran + Harvester + Forwarder) liefert aus den zuvor genannten Gründen keine verlässlichen Hinweise zur Wirtschaftlichkeit des Verfahrens. Der Einsatz verdeutlicht aber sehr gut, wie wichtig für den wirtschaftlichen Erfolg eine gründliche Planung derartiger Ernteverfahren ist. Aus der Maßnahme ließ sich weiterhin ableiten, dass der Einsatz von Kurzstreckenseilkranen in schwachen Baumholzbeständen, die auf Böden der Befahrungsklassen „kaum befahrbar“ (T4) und „nicht befahrbar“ (T5) stocken, sowohl für selektive Entnahmen als auch für kleinflächige Hiebe (Lochhiebe) technisch gut geeignet ist. Es entstehen dabei keine relevanten Schäden am Boden. Das Verfahren ist mit einem hohen Organisationaufwand verbunden.

3.7 Fallstudie: Verfahren Kleinforwarder



Abb. 21: Vorrücken von Eschenindustrieholz durch den Kleinforwarder TERRI 34. Die Fahrspuren im Vordergrund wurden durch einen zuvor eingesetzten Harvester verursacht.

Untersuchungsbestand:

Forstamt Schuenhagen, Revier Lendershagen, Abteilung 3267 a7.

Bestockung:

67-jähriger Mischbestand aus Esche (40 %) und Erle (30 %) auf 3,03 ha; locker bestockt ($B^{\circ} 0,7$); geringes Baumholz mit einigen beigemischten älteren starken Eschen; mittlerer Bestandesdurchmesser: Esche = 29 cm, Erle = 29 cm.

Standort:

Tab. 13: Beschreibung des Standortes.

Wuchsgebiet	Ostholsteinisch-Westmecklenburger Jungmoränenland
Wuchsbezirk	Richtenberger Flachmoräne; Kennzeichen: langsame Entwässerbarkeit des Bodens durch flaches Relief und Geschiebelehm
Jahresniederschlag	630-656 mm
Natürliche Waldgesellschaft	Iris-Sumpfpippau-Erlen-Eschen-Wald
Boden	Organischer Nassstandort (Moor); Feuchtestufe: Nass; Nährkraftstufe: Reich; (OR3 n. SEA 95) auf 80 % Mineralischer Nassstandort; Feuchtestufe: Nass; Nährkraftstufe: Reich; (NR1 n. SEA 95) auf 20 %
Technische Befahrbarkeitsklasse	kaum befahrbar (T4)

Waldbauliche Maßnahme:

Nahezu vollständige Entnahme absterbender Eschen aufgrund des Eschentriebsterbens, Belassen einer Restbestockung aus Esche, Roterle und anderen Laubbaumarten, Wiederaufforstung mit Roterle auf Teilflächen.

Verfahrensbeschreibung (Abb. 22):

Im Gassenabstand von 20 m erfolgt ein maschineller Holzeinschlag. Der Prozess endet mit dem Ablegen der Kurzholzsortimente am Gassenrand. Von dort werden die Sortimente mittels Kleinforwarder bis zum Lagerort 1 am Maschinenweg vorgerückt und sortengetrennt zwischengepoltert. Abschließend rückt ein mit Stahl-Gummibändern ausgerüsteter Forwarder das Holz bis zum Lagerort 2 am Abfuhrweg.

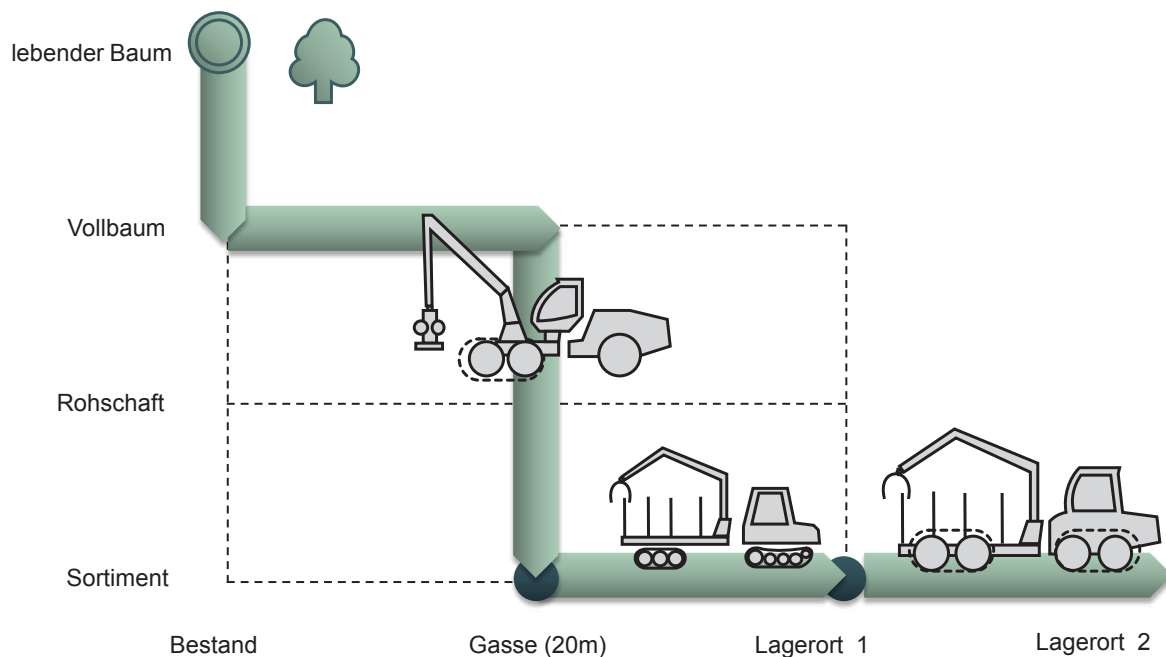


Abb. 22: Funktiogramm zum „Verfahren Kleinforwarder“.

Technische Daten:

Harvester: John Deere 1070 D Eco III; 6-Rad-Maschine; 14,2 t Eigengewicht; ausgerüstet mit zwei verhältnismäßig schmalen Metallbändern (Typ Terra XL 150) auf der vorderen Bogieachse.

Kleinforwarder: Typ TERRI 34; 6,0 m lang; 1,9 m breit; 4,5 t schwer; 60 PS Leistung; 49 cm breite Gummilaufbänder mit Metallstollen; dreirädrige Bogieachsen an der Zugmaschine und am Rückewagen; 40 cm Bodenfreiheit; Fassungsvermögen Rungenkorb: 4,5 Fm; 5,70 m Kranauslage. Der Kran hebt bei voller Auslage bis zu 450 kg und ermöglicht den Transport von 5 m langen Stämmen.

Forwarder: Typ TBM 81/10 mit Stahl-Gummibändern (gleicher Maschinentyp wie beschrieben unter *Abtshagener Laubholzerfahren*, siehe Abb. 8).



Abb. 23: Geringe Bodenbeeinträchtigung bei trockener Witterung nach zweimaliger Harvester- und siebenmaliger Kleinforwarderüberfahrung (beladen: ca. 10 t Gesamtgewicht).

Arbeitsvorbereitung und Witterung:

Die Arbeitsvorbereitung beinhaltet: Festlegung der Rückegassen und Lagerorte 1 und 2; Markieren der im Bestand noch verbleibenden Bäume; Arbeitsauftrag mit u. a. Festlegung auszuformender Sortimente und Sicherheitsbelehrung zum Holzeinschlag in totholzreichen Beständen.

Witterung: Zum Zeitpunkt der Ernte und Rückung Ende September 2012 herrschte niederschlagsfreies Wetter. Der Oberboden war abgetrocknet.

Leistung und Kosten:

Tab. 14: Übersicht der Leistungs- und Kostenwerte.

Ausscheidender Bestand BHD: 16-55 cm Anteile: Esche 100 % 87 % Industrieholz (3 m lang), 2 Sortimente Ø Rückeentfernung Kleinforwarder: 100 m Ø Rückeentfernung Forwarder: 400 m		BHD [cm]	27
		Fm (gesamt)	285
		Fm/ha	94
Leistung	Harvester	Fm/h	11,5
	Kleinforwarder	Fm/h	5,9
	Forwarder	Fm/h	9,1
Kosten	Harvester	€/Fm	12,90
	Kleinforwarder	€/Fm	11,78
	Forwarder	€/Fm	10,61
	Gesamtstückkosten	€/Fm	35,29
Kostensätze Harvester: 148,33 €/MAS Kleinforwarder: 69,50 €/MAS Radforwarder: 96,57 €/MAS			

Verfahrensbeurteilung:

Arbeitssicherheit

Das vollmechanisierte Verfahren gewährleistet auch in geschädigten Eschenbeständen ein hohes Maß an Arbeitssicherheit.

Wirtschaftlichkeit

Das Verfahren liegt hinsichtlich der Gesamtkosten im unteren Bereich der durchgeführten Fallstudien. Die geringe Leistung des zur bodenschonenden Rückung eingesetzten Kleinforwarders kann zum Teil durch den außerhalb des Bestandes zur Endrückung eingesetzten zweiten Forwarder mit höherer Leistungsfähigkeit aufgefangen werden.

Umweltverträglichkeit

Punktuell konnte in Bodensenken bzw. auf feuchten Stellen trotz Armierung mit Restholz ein Einsinken der Hinterachse des Harvesters festgestellt werden. Es ist zu erwarten, dass sich dieses bei ungünstiger Witterung verstärkt und damit nicht tolerierbare Bodenschäden auf der Gasse entstehen. Der Kleinforwarder verursacht demgegenüber auch bei mehrfacher Befahrung der Gasse kaum sichtbare Fahrspuren.

Fazit:

Das **Verfahren Kleinforwarder** (Harvester + Kleinforwarder + Forwarder) stellt unter den Rahmenbedingungen „stark eingeschränkt befahrbarer“ bis „kaum befahrbarer“ Böden (Befahrbarkeitsklassen T3 u. T4) eine kostenseitig interessante Lösung dar. Da der Kleinforwarder im Vergleich zu konventionellen Forwardern einen gewichtsbedingt viel geringeren Bodendruck verursacht, ist ein bedeutend größerer Spielraum für bodenschonendes Rücken unter nassen Bedingungen gegeben. Für den Harvestereinsatz ist zur Vermeidung von Bodenschäden insbesondere auf „kaum befahrbaren“ Böden (Befahrbarkeitsklasse T4) eine vorangehend längere Trockenphase wichtig. Als vollmechanisiertes Verfahren bietet das Verfahren ein hohes Maß an Arbeitssicherheit. Es stellt mittlere Anforderungen an den Organisationsaufwand.

Ergänzung: In nicht nach den bekannten Systemen PEFC und FSC zertifizierten Forstbetrieben wird in Verbindung mit motormanuellem Holzeinschlag der Kleinforwarder TERRI 34 auf Nassstandorten auch außerhalb fester Rückegassen eingesetzt, um wegen der geringen Kranreichweite dichter an das eingeschlagene Holz heranfahren zu können. Wenn dieses geländeangepasst geschieht, sind Bodenschäden nicht erkennbar.

Bei den Zertifizierungssystemen sollte auf fachlicher Grundlage überprüft werden, inwieweit bei nachweislich geringem Bodendruck in Abhängigkeit von der Standortsituation Befahrungshilfslinien gegenüber ausschließlich Rückegassen zu einem besseren Bodenschutz im Sinne des Bundesbodenschutzgesetzes führen können.

3.8 Fallstudie: Verfahren Kleinraupe



Abb. 24: Vorrücken von Vielfachlängen durch eine kleine Rückeraupe mit Seilwinde.

Untersuchungsbestand:

Forstamt Nossentiner Heide, Revier Jabel, Abteilung 267 a0.

Bestockung:

98-jähriger Mischbestand aus Esche (65 %) und Roterle (20 %) auf 2,80 ha; geschlossen bis locker bestockt (B° 0,8); geringes Baumholz; mittlerer Bestandesdurchmesser: Esche = 26 cm, Roterle = 29 cm.

Standort:

Tab. 15: Beschreibung des Standortes.

Wuchsgebiet	Mittelmecklenburger Jungmoränenland
Wuchsbezirk	Warener Sandhochfläche mit See-Teilarealen
Jahresniederschlag	580 mm
Natürliche Waldgesellschaft	Kohldistel-Erlen-Eschenwald
Boden	Organischer Nassstandort (Moor); Feuchtestufe: Nass ; Nährkraftstufe: Kräftig; (OK3 n. SEA 95) auf 60 % Organischer Nassstandort (Moor); Feuchtestufe: Sumpfig; Nährkraftstufe: Kräftig; (OK2 n. SEA 95) auf 20 % Mineralischer Nassstandort; Feuchtestufe: Nass; Nährkraftstufe: Kräftig; (NK1 n. SEA 95) auf 20 %
Technische Befahrbarkeitsklasse	kaum bis nicht befahrbar (T4, T5)

Waldbauliche Maßnahme:

Vollständige Entnahme der stark durch das Triebsterben geschädigten Eschen, Belassen einer Restbestockung aus Roterle und Sandbirke, Übernahme von Bergahorn-Naturverjüngung im Bereich mineralischer Nassstandorte und Wiederaufforstung der organischen Böden mit Roterle.

Verfahrensbeschreibung (Abb. 25):

Im Fallbeispiel musste ein vorhandener Unterstand aus vornehmlich Hasel und Traubenkirsche zur Vorbereitung des Einschlages überwiegend zurückgeschnitten werden. Daran anschließend wurden die geschädigten Eschen motomanuell gefällt und in Vielfachlängen ausgehalten.

Das Vorrücken des Holzes erfolgte ohne Bindung an ein systematisches Rückegassenetz mit der Kleinraupe im Zwei-Mann-Verfahren. Während des Rückens sucht der für die Lastbildung zuständige Anschläger die Stämme für die nächstfolgende Lastfahrt auf und befestigt jeweils ein Chokerseil. Nach Rückkehr der Kleinraupe in den Bestand wird ein Kunststoffseil mit Hilfe der funkferngesteuerten Seilausspulung vom Anschläger ausgezogen und an der Ladung befestigt. Das daran anschließende Vorrücken endet am Lagerort 1, wo die aufgearbeiteten Stämme motormanuell in Kurzholzsortimente eingeschnitten werden. Abschließend werden die Sortimente mittels Forwarder zum Lagerort 2 am Abfuhrweg gerückt und gepoltert.

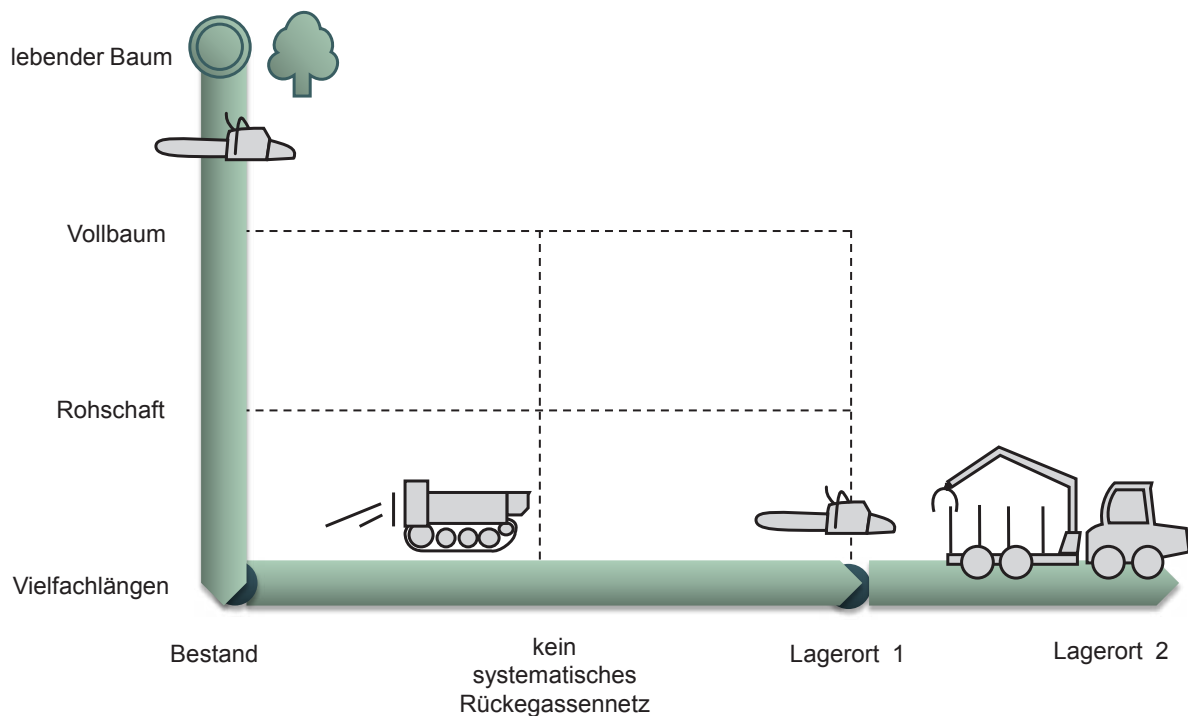


Abb. 25: Funktionsdiagramm zum „Verfahren Kleinraupe“.

Technische Daten:

Kleinraupe: Prototyp auf Basis eines Landini-Raupenschleppers (ursprüngliche Verwendung im Weinbau); 3 t Gewicht; 70 PS Leistung; 3,31 m Länge; 1,66 m Breite; 30 cm Bodenfreiheit; Seilwinde mit 4,5 t Zugleistung und Dyneema-Seil; 45 cm breite, gummierte Stahlketten mit Metallstollen. Die Maschine ist aufgrund des kurzen Raupenfahrwerks sehr wendig.

Forwarder: Timberjack 810 D; 8-Rad-Maschine.



Abb. 26: Bodenbeanspruchung infolge des flächigen Schleifrückens von rund 200 Fm Eschen- und Erlenholz mit der Kleinraupe unter normalen Witterungsbedingungen. Den Geländebedingungen folgend konzentrieren sich die Fahrten auf einen Rückeweg.

Arbeitsvorbereitung und Witterung:

Die Arbeitsvorbereitung beinhaltet: Festlegung der Lagerorte 1 und 2 sowie die zu nutzenden Rückewege zwischen Lagerorten 1 und 2, Arbeitsauftrag mit u. a. Festlegung auszuformender Sortimente und Sicherheitsbelehrung zum Holzeinschlag in totholzreichen Beständen.

Witterung: Zum Zeitpunkt der Ernte und Rückung Ende November 2012 herrschte weitgehend trockene Witterung.

Leistung und Kosten:

Tab. 16: Übersicht der Leistungs- und Kostenwerte.

Ausscheidender Bestand BHD: 16-38 cm Anteile: Esche 100 % 92 % Industrieholz (3 m lang), 2 Sortimente Ø Rückeentfernung Kleinraupe: 100 m Ø Rückeentfernung Forwarder: 100 m		BHD [cm]	26
		Fm (gesamt)	205
		Fm/ha	171
Leistung	Fällen/ Aufarbeiten (1 Mann)	Fm/h	3,0
	Kleinraupe	Fm/h	4,6
	Forwarder	Fm/MAS	11,3
Kosten	Fällen/ Aufarbeiten	€/Fm	11,30
	Kleinraupe	€/Fm	15,22
	Forwarder	€/Fm	8,35
	Gesamtkosten	€/Fm	34,86
Kostensätze Forstwirt: 33,89 €/Stunde (Lohn, Lohnnebenkosten, Motorsägenentschädigung) Kleinraupe: 70,00 €/MAS Forwarder: 94,34 €/MAS			

Verfahrensbeurteilung:

Arbeitssicherheit

Die motormanuelle Holzernte in totholzreichen Beständen bedingt ein erhöhtes Unfallrisiko. Aus Gründen der Arbeitssicherheit ist ein zeitliches Nacheinander von Holzeinschlag und Rückung dem räumlichen Nebeneinander vorzuziehen. Die dem Einschlag vorangehende Entfernung des Unterstandes vermindert die Risiken beim Einschlag der geschädigten Esche.

Wirtschaftlichkeit

Das Verfahren ist bei kleineren Hiebsmaßnahmen auf nassen Standorten wirtschaftlich einsetzbar. Eine wichtige Voraussetzung dafür sind kurze Rückeentfernungen (unter 150 m), besonders für das Vorrücken mit der Kleinraupe. Diese vermag pro Lastfahrt nur etwa 0,9 bis 1,2 Fm zu rücken. Das Verfahren ist mit einem hohen Anteil manueller Arbeit verbunden, so dass die Stückmasse ebenfalls großen Einfluss auf die Gesamtkosten hat.

Umweltverträglichkeit

Leichte Maschinen mit einer hohen Aufstandsfläche wie die hier beschriebene Kleinraupe bieten gute Voraussetzungen für ein bodenschonendes Rücken auf nassen Böden. Bei umsichtiger Handhabung der Maschine (keine abrupten Richtungsänderungen oder Wendungen) und geländeangepasster Befahrung treten auf den überwiegend „kaum befahrbaren“ Böden (Befahrbarkeitsklasse T4) keine tieferen Spuren auf. Ohne Vorgabe eines festen Rückegassennetzes wurden im Rahmen der Fallstudie nur 8 % der Bestandesfläche befahren. Die Fahrten konzentrieren sich auf einer dem Gelände angepassten Sammelgasse.

Fazit:

Das **Verfahren Kleinraupe** (motormanueller Einschlag + Kleinraupe + Forwarder) ist bei kleineren Hiebsmengen auf ausgesprochen nassen und damit kaum noch befahrbaren Böden einsetzbar. Kurze Rückeentfernungen für die Raupe und die Nutzung von Holz ab mittlerer Stärke (Stückmasse-Gesetz) sind wichtige Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Einsatz. Durch den motormanuellen Einschlag geschädigter Eschen ist das Arbeitsrisiko bei dem Verfahren erhöht. Es ist mit mittlerem Organisationsaufwand verbunden, erfüllt allerdings bei flächiger Befahrung (verfahrensseitig nicht zwingend) nicht die aktuellen Anforderungen der Forstzertifizierung nach PEFC und FSC.

4 Schlussbetrachtung

Die Holzernte auf nassen Standorten ist wegen erhöhter Anforderungen an Mensch und Technik besonders aufwendig. Daher übertreffen hier die Gesamtkosten der Holzernte jene auf unvernässten Böden oftmals um mehr als das Doppelte. Nicht selten wird sogar ein Kostenniveau erreicht, das von den zurechenbaren Holzerlösen nicht mehr gedeckt wird. Bezogen auf die im Mittelpunkt der Untersuchung stehende Baumart Esche wurde aktuell vom Betrieb der Landesforst Mecklenburg-Vorpommern ein Durchschnittserlös über alle Sortimente hinweg von nur 43,50 €/Fm erzielt. Dieses unbefriedigende Ergebnis ist vor allem dem mit 85 % sehr hohen Anteil von geringwertigem Industrie- und Energieholz an der Verkaufsmenge geschuldet. Eine rasch einsetzende Entwertung der durch das Triebsterben geschädigten Eschen, aber insbesondere auch eine über Jahrzehnte aus technischen und wirtschaftlichen Gründen unterbliebene planmäßige Pflege der Bestände ist hierfür verantwortlich.

Gegenüber der aufgezeigten Erlössituation wurde im Rahmen der Fallstudien für den gesamten Prozess der Ernte eine Kostenspanne von 29 €/Fm bis 56 €/Fm ermittelt. Schon diese Angaben verdeutlichen, dass die Wirtschaftler auf Nassstandorten nicht nur vor großen technischen, sondern vor allem auch finanziellen Herausforderungen stehen, um den notwendigen Umbau der großflächig geschädigten Eschenbestände zu realisieren.

Ursächlich für das hohe Kostenniveau der Holzernte auf nassen Standorten sind vor allem folgende Sachverhalte:

- erhöhte Kostensätze für die einzusetzende Spezialtechnik,
- meist große Rückedistanzen aufgrund fehlender oder nur extensiver Erschließung mit Wegen,
- Erweiterung der Abstände zwischen den Rückegassen (von i. d. R. 20 m auf 40 m) und damit einhergehend Verringerung des Mechanisierungsgrades,
- häufig notwendige zweistufige Rückung (Vor- und Endrückung),
- Mehraufwendungen durch Sortimentsvielfalt,
- Zuschläge für erschwerte Arbeitsbedingungen,
- erhöhter Organisationsaufwand.

Darüber hinaus führen die Rahmenbedingungen einer Kalamitätsnutzung bekanntlich aus vielerlei Gründen zu verminderten Leistungen bei der Holzernte und damit verbunden erhöhten Aufwendungen. Die mit den Fallstudien ermittelten allgemein hohen Erntekosten bringen auch diesen Aspekt zum Ausdruck.

Trotz der angesprochenen Kostennachteile, die auf Nassstandorten im Vergleich zur Wirtschaft auf unvernässten Standorten immer auftreten werden, wird eine an die jeweilige Situation angepasste nachhaltige forstliche Nutzung der von Nässe geprägten Standorte für lohnend gehalten. So verfügen die meisten der hier angesprochenen nassen Böden bei standortgerechter Baumartenwahl über ein nachweisbar hohes Potential zur Holzproduktion. Dieses gilt es, durch Aufbau stabiler und möglichst hochwertiger Bestände zu nutzen. Die dafür notwendige moderne Forsttechnik entwickelt sich aktuell mit großen Schritten, wie auch die Fallstudien zeigen. Vieles spricht dafür, dass Nassstandorte aus ihrem bisherigen Schattendasein als forstliche Grenzertragsstandorte heraustreten können und auch werden (RÖHE u. SCHRÖDER 2010).

Einige wesentliche Schlussfolgerungen aus den Fallstudien lassen sich bezogen auf die Aspekte Arbeitssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit in knapper Form wie folgt beschreiben:

Arbeitssicherheit

Aus Sicht der Arbeitssicherheit sind das **Vollmechanisierte Raupenverfahren**, das **Verfahren Kleinforwarder** und das **Vollmechanisierte Verfahren mit Zufällung** zu favorisieren. Einschlag und Aufarbeitung erfolgen bei diesen Verfahren vollständig oder ganz überwiegend durch den Harvester mit schützender Kabine für den Fahrer. Bei den übrigen Verfahren bedingt der motormanuelle Einschlag ein erhöhtes Unfallrisiko, das mit dem Schädigungsgrad der Bestände schnell zunimmt. Auch erschwert ein auf Nassstandorten oft anzutreffender Unterstand aus Strauchgehölzen insbesondere die menschliche Arbeit.

Wirtschaftlichkeit

Auf die allgemein hohen Kosten der Holzernte auf Nassstandorten wurde bereits zu Beginn dieses Abschnittes hingewiesen. Ein direkter Vergleich der untersuchten Verfahren hinsichtlich wirtschaftlicher Vorteilhaftigkeit ist schon deshalb nicht zulässig, weil die Einsatzbedingungen für die Verfahren erheblich voneinander abweichen. Ein solcher Vergleich war auch nicht Ziel des Projektes, sondern im Vordergrund stand die Absicht, eine Auswahl unterschiedlicher Holzernteverfahren auszuprobieren und zu bewerten, mit denen unter den vielfältigen und schwierigen Bedingungen Holzernte auf nassen Standorten erfolgversprechend praktiziert werden kann. Dabei wurde immer wieder deutlich, dass die Wirtschaftlichkeit der meist komplexen Verfahren maßgeblich von einer guten Anpassung an die jeweiligen Einsatzbedingungen bestimmt wird. Anderenfalls können schnell bedeutende Mehrkosten entstehen, wie die Fallstudie für das **Verfahren Kurzstreckenseilkran** zeigt.

Umweltverträglichkeit

Unter dem Aspekt des Bodenschutzes kommt der Holzrückung und den hierfür eingesetzten Forwardern die größte Bedeutung zu, da diese Fahrzeuge im beladenen Zustand gewichtsbedingt den größten Druck auf den Boden ausüben. Auf den hier betrachteten befahrungsempfindlichen Nassstandorten konnte der vergleichsweise leichte, mit Bändern ausgestattete Kleinforwarder TERRI 34 den Anforderungen an ein bodenschonendes Rücken am besten gerecht werden. Selbst auf kaum befahrbaren Böden (Befahrbarkeitsklasse T4) und nach mehreren Überfahrten sind auf der Gasse kaum tiefere Spuren vorhanden. Größere und dementsprechend schwere Forwarder benötigen auf vergleichbaren Böden Fahrwerke mit ausgesprochen großer Aufstandsfläche, um ähnlich bodenschonend zu rücken (z. B. Raupenforwarder Typ Elliator). Auf eingeschränkt und insbesondere stark eingeschränkt befahrbaren Böden (Befahrbarkeitsklassen T2 und T3) benötigen Radforwarder für ein bodenschonendes Rücken im Regelfall eine Zusatzausrüstung in Form von Bändern. Auch ist der Einsatz auf möglichst trockene Witterungsperioden auszurichten.

Eine Erweiterung der Rückegassenabstände (von z. B. 20 m auf 40 m) vermindert zwar die befahrene Bestandesfläche, erhöht aber die Häufigkeit der Überfahrten des Forwarders auf der Gasse, was auf Nassstandorten sehr schnell zu tiefen Fahrspuren führen kann. Eine gewisse Entlastung kann unter bestimmten Standortbedingungen die Armierung der Gassen mit Hiebsresten bringen.

Als uneingeschränkt bodenschonend erweist sich die Holzrückung auf Nassstandorten mit Seilkränen. Diese im Bergland seit langem bewährte Technologie macht eine Befahrung der Böden überflüssig. Lediglich auf der Seitrasse entstehen beim Schleifen der Stämme gewisse Spuren, die unter dem Aspekt des Bodenschutzes jedoch zu vernachlässigen sind.

5 Literatur

ERLER, J.; WEISS, M. (2003): Netz-Darstellung von Arbeitsverfahren. Forsttechnische Informationen 54. S. 103-107.

ERLER, J.; DÖG, M. (2009): Funktiogramme für Holzernteverfahren – Komplex und trotzdem gut verständlich. Forsttechnische Informationen 9+10. S. 14-17.

GRÜLL, M. (2011): Den Waldboden schonen – Vorsorgender Bodenschutz beim Einsatz von Holzerntetechnik. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 47. S. 37-44.

KURATORIUM für WALDARBEIT und FORSTTECHNIK e.V. (2012): 16. KWF Tagung. Faszination Forstwirtschaft – Durch Zusammenarbeit gewinnen. Tagungsführer. S. 36.

KURATORIUM für WALDARBEIT und FORSTTECHNIK e.V. (2013): KWF Merkblatt Nr. 17/2013. Forstmaschinen vorauskalkulieren, KWF-Richtwerte und Berechnungsbeispiele. S. 26-30.

LANDESFORST MV (2013): Holzverkaufsanalyse Esche. Unveröffentlicht.

RÖHE, P.; SCHRÖDER, J. (2010): Grundlagen und Empfehlungen für eine nachhaltige Bewirtschaftung der Roterle in Mecklenburg-Vorpommern. Waldbesitzerverband für Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.). 49 S.

WYSS, B. (1999): Messung und Beurteilung des Bodendrucks beim Einsatz von Zugtieren. Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft Zollikofen.

