

3.3 Holzernte – Fokus Bodenschonung

3.3.1 Einsatzspektrum Rückepferde

Möglichkeiten und Grenzen für einen effizienten, pfleglichen und zeitgemäßen Einsatz von Rückepferden in der teilmechanisierten Holzernte

Verfahrensbeschreibung

Hintergrund

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



Abb. 1: Anbinden der Last

bewertet. Die vorliegende Beschreibung basiert auf den Erkenntnissen aus dieser Untersuchung mit entsprechenden Ausarbeitungen, der Masterarbeit von L. Wibbelt (2020) und der Bachelorarbeit von M. Danzeisen (2020).

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.

Ablauf „Vorrücken mit Pferd“

- Der Entnahmebaum wird motormanuell mit Fallkerb und negativer Bruchstufe vorbereitet und entgegen der Vorrückerrichtung

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

Exkursionsbild 3.3.1

Arbeitsauftrag: 2 Eingriffe im Jz. 1. Eingriff als Ausleседurchforstung, 2. Eingriff als Vorrückeraupe

Anpassung der Sortimentierung an Verhältnisse der Versuchsflächen:

Säge-/Bauholz: Aufarbeitung von Standardlängen sowie „Palette“
Industrieholz: Aushaltung der Qualitäten n („normal“) und f („fehlerhaft“)

Regie: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg [FVA]; ROSSNATOUR

Ansprechpartner: Frauke Brieger, FVA

wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit geprüft, inwiefern sich die Unterschiede in der „Vorrückequivalenz“ auf den nächsten Arbeitsschritt der maschinellen Aufarbeitung der Vollbäume auswirken.

Zielvereinbarung, konkrete Maßnahme

- 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 Vollerter 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 Forstwirinnen 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

Ausrüstung

- Je Team Ausrüstung für (Schwach-)Holzernte: leichte Motorsäge mit kurzer Schiene, Fällheber, Werkzeuggürtel mit Hebehaken, Rollmaßband und Kluppe
- Persönliche Schutzausrüstung (PSA) für Forstwirinnen und Forstwirte und Pferdeführerinnen und Pferdeführer
- Je Team 1 bis 2 Rückepferde mit Ausrüstung: Pferdegeschirr mit Rücken- und Bauchgurt, Stranghalter, Schweifriemen, Zaumzeug, Ortscheit, Zugstränge, Zügel, Rücke-/Chokerketten

Entlohnung

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) in der aktuellen Fassung. Es wird mit einem gerundeten repräsentativen Zeitlohn kalkuliert. Siehe Tab. 1 „Arbeitskosten“. Die Kosten für die Vorrückeraupe wurden in Anlehnung an das KWF-Kalkulationsschema ermittelt. Die Kostensätze für das Vorrücken mit dem Pferd wurden 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.

Arbeitsproduktivität, Kosten

Vorrücken aus dem Mittelblock

Wie aus Abb. 2 hervorgeht, lag das mittlere Stückvolumen der 64 % einzeln mit Pferd vorgerückten Vollbäume bei 0,11 Fm o. R. je Baum. In 16 % der Fälle wurden mehrere Voll-

bäume 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 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 %

Technische Daten



Rückepferde: Schwarzwälder Kaltblut

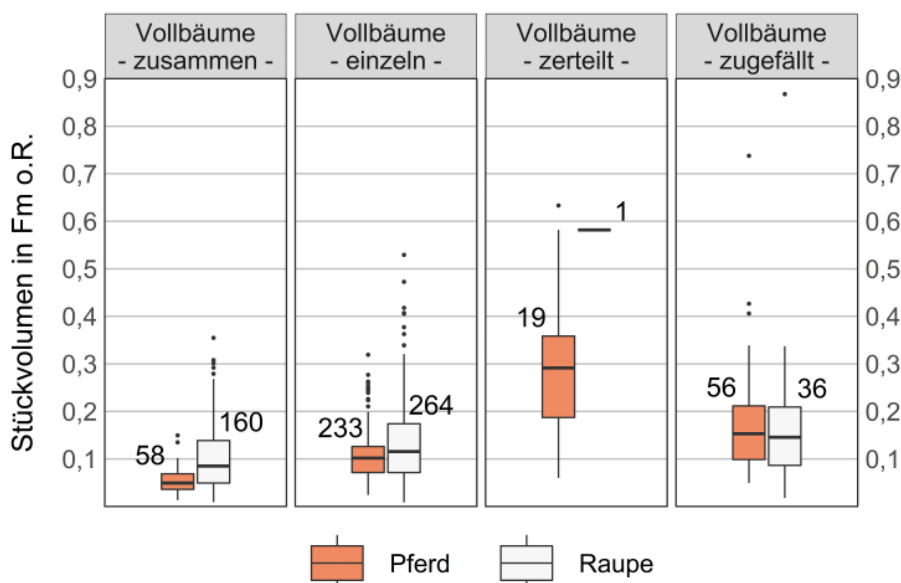
- Lee: 9 Jahre, 740 kg
- Finn: 7 Jahre, 660 kg

Vorrückeraupe: Wicki Forst Raupe 50.6B



- **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

Fotos: FVA Baden-Württemberg
Daten Vorrückeraupe: Wicki Forst AG



Grafik: M. Huber (2021)

Abb. 2: Stückvolumen der vorgerückten und zugefällten Bäume bei Pferd und Vorrückeraupe

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. 3 veranschaulicht anhand der prozentualen Verteilung der verschiedenen Vorrückevarianten 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 Gesamtleistung 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.

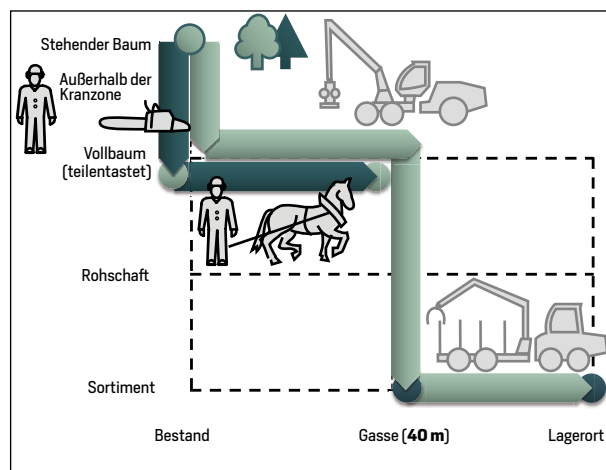
Einfluss des Vorrückens auf die maschinelle Aufarbeitung

Im Rahmen einer Bachelorarbeit wurde untersucht, inwiefern die Arbeitsweise des Vorrückesystems einen Einfluss auf die anschlie-

Bende 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 „Vorrückequivalenzen“ eingeteilt. Die Kriterien traten einzeln oder in Kombination 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.

Lagen mehrere Vollbäume aufgrund des gemeinsamen Vorrückens mit ihren Stirnflächen bündig aufeinander, wurde ein B vergeben. Die prozentualen Anteile der verschiedenen Vorrückequivalenzen nach Vorrückesystem sind in Abbildung 4 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. 5 entnehmen. Ausgehend von einer Datengrundlage, die um Zeiten für Umsetzen, Vollernterfällungen sowie von Pferd und Vorrückeraupe gemeinsam bearbeiteten Rückegassen bereinigt wurde, konnten für den Voll-



Grafik: Martin Gröll, Eberswalde

ernter 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 entzernte Ablage der Vollbäume zurückzuführen sein, die ein häufigeres Positionieren des Vollernters erforderte. Das Manipulieren wiederum lag mit durchschnittlich 1,1 Sekunden je Baum beim 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 zugefallenen Bäumen und Laubbäumen als aufwendig. Bei der Vorrückeraupe erforderte die bündige Ablage mehrerer Vollbäume regelmäßige 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 Berück-

Tab. 1: Arbeitskosten

Verfahren		System Pferd	System Raupe
Ausscheidender Bestand (vorgerückte und zugefallene 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 zugefallene 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		42,00	3,60
Vorrücken mit Raupe		36,00	3,60

sichtigung von Allgemeinen Zeiten (AZ) in Höhe von 15 Prozent lag die Gesamtarbeitszeit (GAZ) für die maschinelle Aufarbeitung der vom Vorrückesystem Pferd vorgerückten und zugefallenen 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 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 Vorrückequität bei Pferd und Vorrückeraupe auswirken, und damit auf die Aufarbeitungsleistung des Vollernters.

Risiken, Waldschutzfragen

- Eine zeitnahe Abfuhr der Nadelholzsortimente verringert Waldschutzrisiken.
- Die maschinelle Aufarbeitung der Krone ermöglicht Aushaltung von Industrielholzsortimenten mit geringem Zapfdurchmesser. 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.

Durchführung der Erfolgskontrolle

- Untersuchung der Pfleglichkeit der Hiebmaßnahme am verbleibenden Bestand und an der Naturverjüngung.
- Hiebsabnahme durch die zuständige Revierleitung.

Beurteilung des Verfahrens

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 erkennbare 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

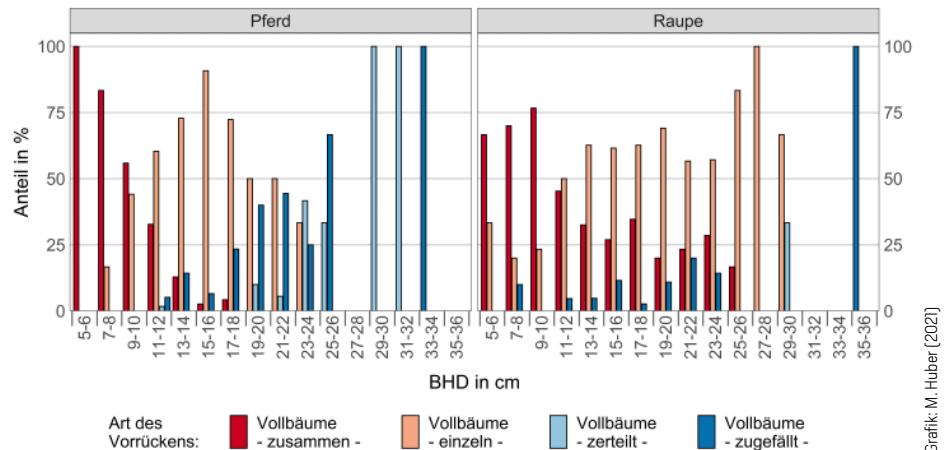


Abb. 3: Einsatzspektrum nach Art des Vorrückens mit Zufällen in BHD-Klassen für Pferd und Vorrückeraupe

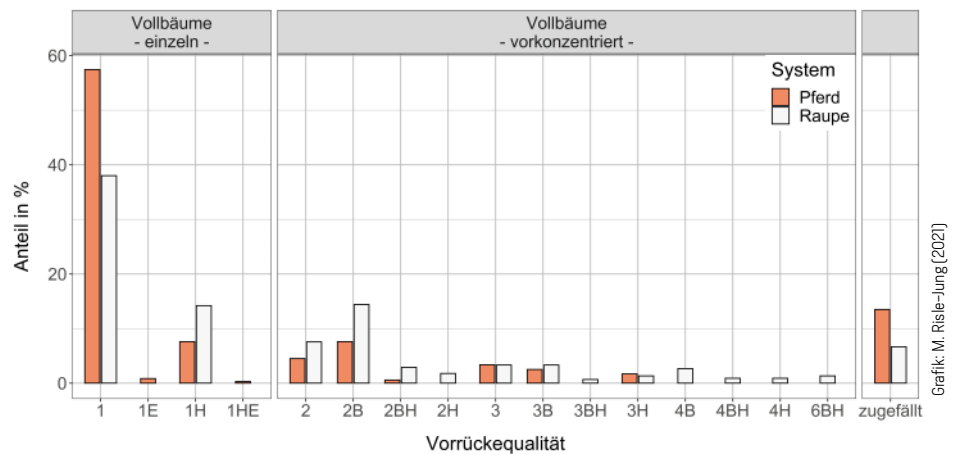


Abb. 4: Vorrückequitäten nach Anzahl der beieinanderliegenden Bäume und Art der Ablage (B = bündige Ablage, E = Entfernung, H = Hindernis) mit Zufällen nach Vorrückesystem

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 Seilanzug erforderlich.

Umweltverträglichkeit

- Hohe Bestandespfleglichkeit 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 Entnahmeprozent von 9,7 %. Auch beim Vorrücken mit der Vorrückeraupe entstanden nur 1 %

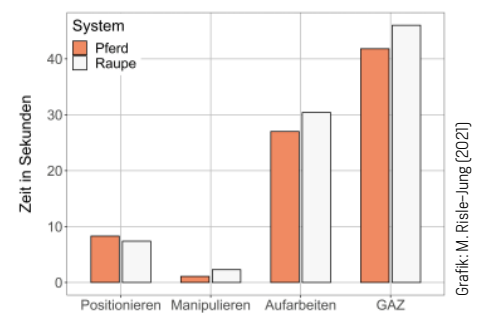


Abb. 5: Mittlere Zeiten der Arbeitsablaufabschnitte der Vollernteraufarbeitung für Positionieren, Manipulieren, Aufarbeiten und Gesamtarbeitszeit je Baum nach Vorrückesystem

Schäden bei einem Entnahmeprozent 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 Anzahl 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 Kettenfahrwerk der Vorrückeraupe im Bereich der Rückegasse
 - » Ausreichende Tragfähigkeit des Untergrunds als wichtige Voraussetzung 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.

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.

Wirtschaftlichkeit

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 handelt 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.

Ein Literaturverzeichnis ist bei der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) Baden-Württemberg, Abtlg. Waldnutzung, erhältlich.

Autoren: Frauke Brieger, Christel Erz, Johannes Eisele, Fridolin Sauter, Frieder Wickel, Udo Hans Sauter.