

delt es sich jedoch nur um die Teilarbeitsfläche des Mittelblocks. Die übrige Fläche wird unabhängig vom Vorrückeverfahren mit dem Vollernter bearbeitet, was bei einer Gesamtbetrachtung der Kosten je Erntefestmeter die aufwändige und damit kostenintensive Bewirtschaftung des Mittelblocks wieder relativiert. Die Definition eines effizienten, pfleglichen und zeitgemäßen Einsatzspektrums für den Einsatz von Rückepferden in der teilmechanisierten Holzernte kann die Akzeptanz des Rückepferdes in der professionellen Waldarbeit erhöhen. Vor dem Hintergrund der vorgefundenen Rahmenbedingungen während der Untersuchung können aber auch Grenzen der Leistungsfähigkeit von Rückepferden allgemein und

gegenüber anderen Bringungssystemen, wie z. B. der Vorrückeraupe aufgezeigt werden.

Literaturhinweise

[1] Danzeisen, Marvin (2020): Der Einfluss des Vorrückens mit Raupe oder Pferd auf die vollmechanisierte Aufarbeitung. Bachelorarbeit an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Fakultät für Umwelt und natürliche Ressourcen. Unveröffentlicht.

[2] Wibbelt, Lena (2020): Mittelblockbewirtschaftung in Erstdurchforstungen - Vergleichende Arbeitszeitstudie von Rückepferd und Forstraupe. Masterarbeit an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Fakultät für Umwelt und natürliche Ressourcen. Unveröffentlicht.

[3] Wicki Forst AG (2019): Datenblatt 50.6 B Wicki Forst Raupe. www.wickiforst.ch/forstraupe/ (Zugriff am 4.12.2019).

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg und Rosnatour
Ansprechpartner: Frauke Brieger und Dr. Udo Hans Sauter

Exkursionsbild 3.8	
Bestand	Fichte (32-40), schwaches bis mittleres Baumholz
Standort	frisch, betont frisch
Boden	schluffiger Lehm über sandigem Lehm, tief- bis sehr tiefgründig
Bestockungsziel	WEZ 10: Ei mit BU, HBU

3.9 Forstliche Verfahren auf dem Prüfstand – Praxisversuche zum Bodenschutz bei der Waldbewirtschaftung

Methodenvorführung sowie Ergebnispräsentation (Projekte)

Im Spannungsfeld Bodenschutz

Oft geht eine gewünschte Effizienzsteigerung bei der Waldbewirtschaftung mit einem verstärkten Maschineneinsatz und größeren Fahrzeugmassen bzw. höheren Nutzlasten einher. Diese nicht unumstrittene Tendenz ist für den Bodenschutz relevant. Allerdings verläuft der Entwicklungsfortschritt rasant, oft hinkt die Folgenabschätzung hinterher.

Vertrauen ist gut: Aber Herstellerangaben, Erfahrungswerte oder Faustzahlen reichen für eine Verfahrensbeurteilung nicht aus. Und auch definierte, aber künstlichen Laborbedingungen spiegeln die komplexe Feldsituation nur unzureichend wider. Hier bieten Praxisversuche in standörtlichen Grenzbereichen eine weitere Orientierung **für Investitionsentscheidungen.**

Wissenschaftliche Methoden zur Bewertung

Waldbesitzende müssen befähigt sein, regional und betrieblich angepasste Bodenschutzkonzepte umzusetzen. Dafür wird ein praxistaugliches Methodenset vorgestellt, welches reproduzierbare Ergebnisse liefert und eine wissenschaftliche Bewertung ermöglicht, unabhängig von den eingesetzten Maschinen. Neben einer Bemessung der Oberflächenverformung mit bildgebender Diagnostik liegt der Fokus auf möglichen Schadverdichtungen.

Ein wichtiges Kriterium ist die Spurgleisenausformung. Dafür dient eine Quantifizierung der Oberflächenverformung (Spureintiefung) mittels Nahbereichs-Photogrammetrie. Zunächst erfolgt eine hochauflösende 3D-Abbildung der Fahrspuren an einzelnen Messpunkten, wobei ein portabler Hilfsrahmen zum Einsatz kommt. Im nächsten Schritt werden **Rückegassen** bzw. Spuren von bis zu

50 Metern Länge per Quadropter gescannt. Durch die sektionsweise Auswertung in 10 cm Zeilenbreite lassen sich auch kleinstandörtliche Unterschiede der Tragfähigkeit erfassen.

Die Ergebnisinterpretation erfordert Boden-Zustandsinformationen: So werden neben *in-situ*-Messungen von Scherfestigkeit, Eindringwiderstand und Wasserinfiltration auch Trockenrohddichte sowie Kennwerte zum Wasser- bzw. Lufthaushalt des oberen Mineralbodens ermittelt. Inwieweit korrespondieren Bodenphysik und Oberflächenmessungen? Kann eine elastische Humusauf-lage nach Lasteinwirkung in ihren ursprünglichen Zustand zurückkehren?

„Malker Sand-Graugley“ im Wechsel mit „Gritteler Sand-Gleyhumusrostpodsol“ - Eingemischte Torfreste weisen auf eine frühere, nicht untypische Bodenbearbeitung bei der Moorkultivierung hin.



Abb. 1a: Bodenschurf für die feldbodenkundliche Profilsprache und Probenahme in der Rückegasse.



Abb. 1b: Portabler Messrahmen (6,00 m x 1,84 m) zur photogrammetrischen Datenaufnahme – Die Nivellierung erfolgt mittels elektronischer Totalstation

Forsttechnische Befahrbarkeit von Rückegassen

Bei der Holzernte gilt es, die Befahrbarkeit des unbefestigten Erschließungsnetzes dauerhaft zu erhalten. Dabei können technische Innovationen, beispielsweise neuartige Tragbänder, Radlastregelsysteme oder eine breitere Bereifung den Kontaktflächendruck verringern und das Einsatzspektrum auf befahrungsempfindlichen Standorten erweitern. So gelten auch 8-Rad-Forwarder aufgrund ihrer größeren Aufstandsfläche gegenüber 6-Rad-Maschinen als vorteilhafter. Dagegen stehen jedoch zumeist höhere Fahrzeuggewichte sowie Anschaffungskosten. Beim direkten Vergleich von zwei Forwardern *HSM 208 F* mit 6 bzw. 8 Rädern und „Superbreitreifen“ liegt der Fokus auf einem Vergleich von Voll- und Halblastfahrten.

Alleine in Brandenburg sind mehr als 130.000 ha Holzboden wegen ihrer geringen Bodentragfähigkeit nur eingeschränkt bis kaum befahrbar. Davon ausgehend werden jetzt auf zwei besonders sensiblen mineralischen Nassstandorten und in einer exponierten Hanglage der Lausitzer Altmoränenlandschaft normierte Befahrungsversuche durchgeführt.



Versuchseinsatz der beiden bauartähnlichen Forwarder in 6-Rad- und 8-Rad-Ausführung.

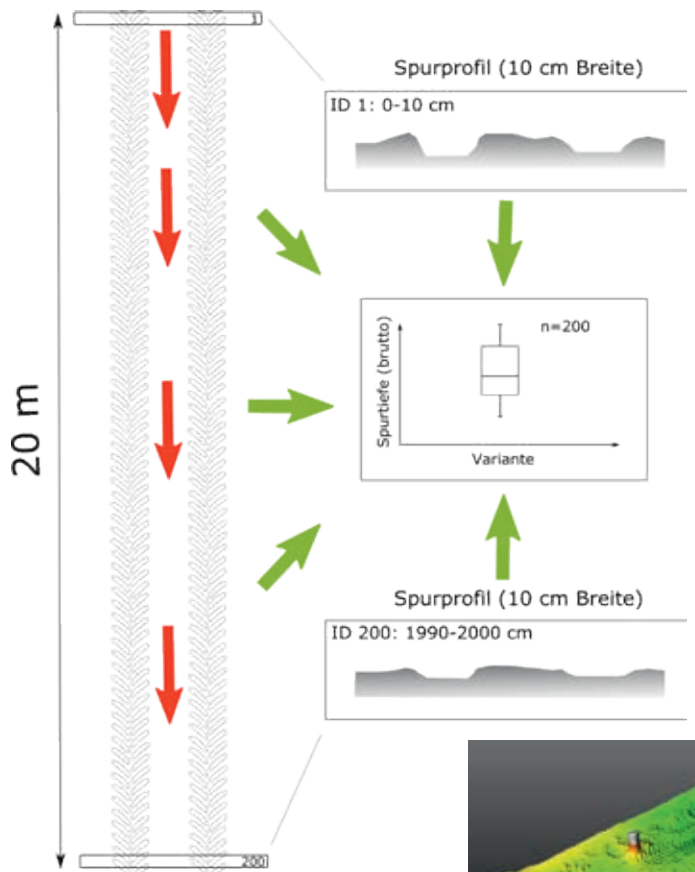


Abb. 3a: Methodenskizze zur Auswertung von Fahrspuren – detaillierte Analyse der Sektionen mit 10 cm Zeilenbreite im 3D-Modell.

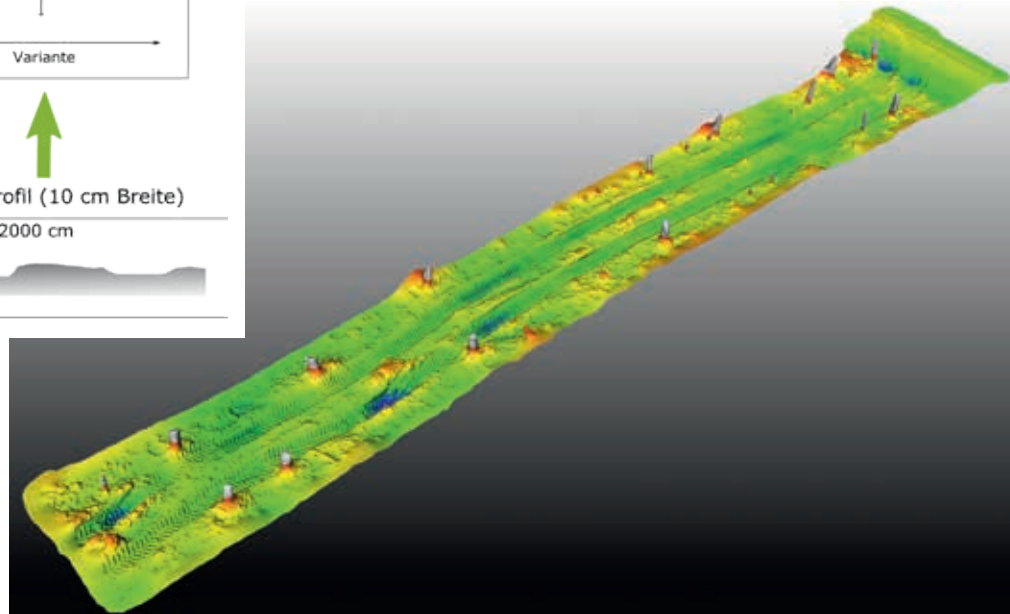


Abb. 3b: 3D-Rekonstruktion (Höhenmodell) der Fahrspuren in einer 50 Meter langen Rückegasse.



Kabellose Traktionsmessung im Hang – mit externen Beschleunigungssensoren an allen Radachsen.



führt. Ganz bewusst erfolgen die Maßnahmen unter ungünstigen Witterungsverhältnissen, also im Spätwinter und bei Bodenwassergehalten nahe Feldkapazität. Die Annahme ist: Kommt es im Grenzbereichen zu keinen Befahrungsschäden, so erscheint das Risiko auf weniger empfindlichen Substraten und bei günstiger Witterung gering.

- Auf den beiden regionaltypischen Nassstandorten weisen 8-Rad-Forwarder gegenüber 6-Rad-Maschinen derselben Tragschlepperklasse nur geringe Vorteile hinsichtlich der forsttechnischen Befahrbarkeit des Feinerschließungssystems auf. Für die Einsatzplanung entscheidend ist die aktuelle Bodenfeuchte.
- In kritischen Situationen – etwa bei einsetzendem Starkregen – wird empfohlen, den Technikeinsatz abzubrechen oder mit geringeren Nutzlasten fortzusetzen. Für die betrachteten Standorte lässt sich diese allgemeine Empfehlung nicht bestätigen. So zeigt nur der Halblastbetrieb des 6-Rad-Forwarders auf einem Nassstandort Vorteile gegenüber voller Beladung.
- In puncto Wirtschaftlichkeit, Wegeschäden im Bereich der Gasenausfahrten sowie Einsatzfähigkeit im Hang schneidet der untersuchte 8-Rad-Forwarder wider Erwarten ungünstiger ab.
- Oft wird der Halblastbetrieb wegen **höherer Einsatzkosten** abgelehnt. Tatsächlich steigern sich die Kosten bei kurzen Fahrzeiten zwischen Bestand und Polterplatz – hier 5 Minuten – um lediglich 7 % bis 10 %.

Forstliche Kleintechnik auf einem verdichtungsgefährdeten Nassstandort

Kleintechnik mit geringem Bodendruck erweitert die forstbetrieblichen Möglichkeiten, auch abseits von Rückegassen – etwa bei Walderneuerung (Direktsaat, Containerpflanzen), seilgestützter Holzernte oder Sonderaufgaben (Sicherheitsfällung, Materialtransport etc.). Nicht immer lassen sich Befahrungs- und Produktionsflä-

Tab 1: Anwendungsbeispiele – betrachtet wird ein bisher unbefahrener Bereich zwischen den Rückegassen.

Prüfglieder	Anzahl Überfahrten	Kumulierte Auflast
Forstraue ohne Anbauten	5	7,0 t
Forstraue mit Personenschutzschirm	5	8,5 t
Forstraue mit Sä-Streifenfräse-Kombination	1	> 1,4 t
Forstraue mit Stamm (0,3 fm)	10	14,0 t
Pferd mit Stamm (0,3 fm)	10	8,9 t

Kumulierte Auflast = Masse x Anzahl der Überfahrten

chen strikt trennen. Noch bestehen Wissenslücken bezüglich der ökologischen Folgen, was der allgemeinen Akzeptanz schadet.

Anhand eines typischen Nassstandortes im südlichen Brandenburg wird gezeigt, wie sich die Multifunktionsraupe *Moritz Fr50* (Pfanzelt Maschinenbau GmbH) auf den aktuellen Bodenzustand auswirkt. Prüfglieder sind: (1) Sä-Fräskombination, (2) Personenschutzschirm und (3) angehängter Stamm. Im kartierten Humusgley treten schwach tonige Sande bzw. Lehmsande vergesellschaftet mit Reinsanden auf. Die Versuche erfolgen zeitgleich im Spätwinter bei höchster Befahrungssensitivität des Bodens.

- Erwartungsgemäß treten nach Befahrung überwiegend Absenkungen der Oberfläche auf. Die einfache Überfahrt mit der Forstraue und angehängter Sä-Fräskombination führt zu einer geringen, kaum messbaren Vertiefung von \varnothing 5 mm.
- Die Niveauabsenkung in der Fahrspur korrespondiert mit der Überfahrtenzahl. Es wird jedoch bei keiner Variante eine mittlere Veränderung > 25 mm gemessen. Die maximale Eintiefung beträgt weniger als 60 mm.
- Nach erstmaliger Überfahrt ist keine Bodenverdichtung nachweisbar, lediglich eine Komprimierung der Humusaufgabe. Eine wiederholte Befahrung verändert die bodenphysikalischen Zustandseigenschaften des oberen Mineralbodens nur unwesentlich – das Porenge-

rüst bleibt stabil.

- Angehängte Lasten (Sä-Fräskombination bzw. Stamm) **führen** genauso wie ein Personenschutzschirm zu keinen messbaren Unterschieden gegenüber der Vergleichsvariante ohne Anbauten.

FIB Finsterwalde

Ansprechpartner: Dr. Raul Köhler, Dr. Dirk Knoche, Forstass. Christoph Ertle, Dr. Marco Harbusch



Die multifunktionale Forstraue Moritz Fr50 im Versuchseinsatz, hier bei Leerfahrt ohne Auf- und Anbauten – stellvertretend für Kleintechnik mit ähnlichem Kontaktflächendruck.