

# Waldbewirtschaftung – ein Spagat zwischen Bodengesundheit und Wirtschaftlichkeit

MAXIMILIAN BEHRINGER  
LISA GASSER  
KLAUS KATZENSTEINER  
HOBO-TEAM

Wie können Wälder nachhaltig genutzt werden, ohne empfindliche Böden langfristig zu schädigen? Diese Frage stand im Zentrum des HoBo-Projekts, das die Auswirkungen unterschiedlicher Holzerntetechnologien auf verdichtungsanfälligen Böden untersuchte. Das Projektteam von HoBo (Sicherung der Bodenfunktionen von Waldökosystemen durch standortgerechte Holzernte) analysierte Holzerntemaßnahmen der letzten 20 Jahre, einschließlich kontrollierter Nutzungen, um praxisnahe Empfehlungen zu entwickeln. Der Fokus lag auf den Folgen von Bodenverdichtung für Wasserhaushalt, Bodenleben sowie Treibhausgasemissionen.

## Schlussfolgerungen aus dem HoBo-Projekt

- Bodenschäden durch Holzernte wirken über lange Zeiträume und lassen sich nur schwer rückgängig machen
- Nachhaltige Waldbewirtschaftung erfordert strategische Planung von Erntezeitfenstern, ein dauerhaft festgelegtes Rückwegenetz und angepasste Technik.
- Größere Gassenabstände können Bodenschäden begrenzen. Unter schwierigen Bedingungen ist motormanuelle Fällung und Seilrückung einer vollmechanisierten Ernte vorzuziehen.
- Zielkonflikte zwischen Bodenschutz, Sicherheit, Kosten und Leistung müssen miteinander abgewogen werden, um ökologische Bodenfunktionen wie Wasserspeicherung und Kohlenstoffbindung zu erhalten.
- Konsortium: BOKU University, BFW, ÖBF

Die Ergebnisse verdeutlichen: Ein dauerhaftes Rückwegenetz, Erntezeitpunkt und -system sind entscheidend für den Bodenschutz. Unter schwierigen Bedingungen ist motormanuelle Fällung und Seilrückung einer vollmechanisierten Ernte vorzuziehen.

Walböden reagieren sehr empfindlich auf Befahrung, besonders wenn sie feucht oder nicht gefroren sind – Bedingungen, die durch den Klimawandel im Winter häufiger auftreten.

Auf einer Versuchsfläche im Flysch-Wienerwald verglichen die Forscher:innen drei Holzerntesysteme:

- (I). Harvester und Forwarder (H-),
- (II). Harvester und Forwarder mit Bändern (H+), sowie
- (III). motormanuelles Fällen und Seilgerät (MC) (Abb. 1).

Harvester und Forwarder wurden mit einer Traktionshilfswinde unterstützt. Die Harvesterleistung lag bei 68,4 Efm/PSH<sub>15</sub>, die des Forwarders bei 18,9 Efm/PSH<sub>15</sub>. PSH<sub>15</sub> steht für die produktiven Systemstunden inklusive kurzer Unterbrechungen bis zu 15 Minuten. Deutlich geringer war die Produktivität bei motormanueller Fällung und Seilbringung (9,7 bzw. 16,1 Efm/PSH<sub>15</sub>). Dabei traten hier – teilweise durch andere Faktoren bedingt – deutlich geringere Bestandsschäden auf als bei Vollmechanisierung.

## Langfristige Veränderung der Bodenstruktur

Die Versuche im Wienerwald zeigen gravierende Bodenverdichtung in Rückgassen. Die Variante mit Bändern (H+) beeinflusst die Lagerungsdichte und gesättigte hydraulische Leitfähigkeit im Oberboden etwas weniger stark. Ab etwa 15 cm Tiefe gleichen sich die Unterschiede zwischen H+ und H- jedoch an (Abb. 2). Auf einer Versuchsfläche in der Molasse-Zone ließ sich der Verdichtungseffekt durch Holzernte während einer markanten Trockenperiode deutlich verringern. Bei nassen Bedingungen verringert der Einsatz eines Seilgeräts die negativen Effekte noch stärker: Verdichtung tritt dort fast ausschließlich im Oberboden auf, während tiefere Horizonte weitgehend unversehrt blieben (Abb. 2). Der Schutz der tieferen Bodenschichten ist entscheidend, da ihre Regeneration sehr langsam verläuft. Nach 18 Jahren waren in Rückgassen nur die oberen 10 cm vollständig erholt, darunter hatte sich die Struktur nur zu ca. 50 % regeneriert (Abb. 3).

Der Verlust an Makroporen, die für die Durchlüftung und den Wasserhaushalt des Bodens entscheidend sind, hat erhebliche Folgen. In Starkregenexperimenten (100 mm/h) nahmen ungestörter Waldboden sowie Flächen auf Seiltrassen das gesamte Wasser auf. Auf Rückgassen hingegen flossen 56 % (H-) bzw. 66 % (H+) des Niederschlags oberflächlich ab. Selbst 20 Jahren nach Befahrung betrug der Oberflächenabfluss

noch 23 %. Dadurch sinkt der Wasserrückhalt. Gleichzeitig entsteht Staunässe in den Rückegassen – mit negativen Auswirkungen auf den Lebensraum Boden.

### Wurzeln und Regenwürmer

In Rückegassen (Erntesystem H-) wurden im Jahr nach der Befahrung bis zu 61 % weniger Feinwurzeln festgestellt. Auch Regenwürmer fehlten dort nahezu vollständig. Mit Bändern waren die Effekte zwar schwächer, aber weiterhin deutlich sichtbar, während die Seilrückung die geringsten Beeinträchtigungen zeigte. Langfristig tritt eine Teil-Regeneration ein: In 18 Jahre alten Rückegassen war in den oberen 10 cm eine deutliche Erholung des Bodenlebens erkennbar. Die Feinwurzelbiomasse hatte sich weitgehend erholt, und Regenwürmer waren hier sogar zahlreicher als auf ungestörten Flächen. Lediglich tief grabende erwachsene Regenwürmer blieben reduziert, und auch die Wurzelbiomasse in tieferen Schichten erreichte nicht das Niveau ungestörter Böden. Dies bestätigt, was die Bodenstruktur zeigt: In den oberen Bodenschichten bildet sich eine biologisch aktive Zone, die jedoch weiterhin durch die tieferliegende Verdichtung beeinflusst wird.

### Treibhausgase und Mikroorganismen

Die physikalischen Veränderungen des Bodens beeinflussen die Lebensbedingungen für Mikroorganismen. Die Holzernte verändert zwei zentrale Steuergrößen: die Verfügbarkeit organischen Materials und die Sauerstoffversorgung über Poren. In Rückegassen ohne Bänder sinken die CO<sub>2</sub>-Emissionen nach der Ernte, was auf den Verlust an organischem Material hinweist (Abb. 2). Mit Bändern wird organisches Material stärker zerkleinert und eingearbeitet, was langfristig zu höheren CO<sub>2</sub>-Emissionen führt. Gleichzeitig treten dort ähnlich viele

Mikroorganismen wie in ungestörten Beständen auf, was die Erholung der H+ Rückegassen begünstigen könnte.

Normalerweise sind Waldböden eine Methansenke. In Rückegassen schwächt Sauerstoffmangel diesen Effekt jedoch ab oder kehrt ihn sogar um. Am stärksten zeigt sich dies in Rückegassen mit Bändern, gefolgt von solchen ohne Bänder und schließlich den Seiltrassen. Die Lachgas-Emissionen steigen langfristig und deutlich an und erreichen teilweise das Niveau von gedüngten Ackerflächen.

### Fazit

Die Ergebnisse des HoBo-Projekts zeigen deutlich: Bodenschäden durch Holzernte wirken langfristig und lassen sich schwer rückgängig machen. Doch es gibt technische und organisatorische Möglichkeiten, sie zu begrenzen. Nachhaltige Waldbewirtschaftung erfordert daher eine vorausschauende Planung der Erntezeitfenster (Trockenperioden oder gefrorener Boden), des Rückewegenetzes (dauerhaft über Umtriebszeiten hinweg festgelegt) sowie der Technik (größere Gassenabstände mit seitlichen Zufällen, vermehrter Einsatz von Seilgeräten). Dabei müssen Zielkonflikte zwischen Sicherheit, Leistung und Kosten im Vergleich zum Bodenschutz abgewogen werden. So bleiben zentrale ökologische Funktionen wie Wasserspeicherung, Nährstoffkreisläufe und Kohlenstoffbindung erhalten – und die Wälder widerstehen den Herausforderungen des Klimawandels. Dabei müssen Zielkonflikte zwischen Bodenschutz, Sicherheit, Kosten und Leistung miteinander abgewogen werden

### Weitere Informationen

<https://drive.boku.ac.at/d/f6a1fd3bb4924e4eb82a>

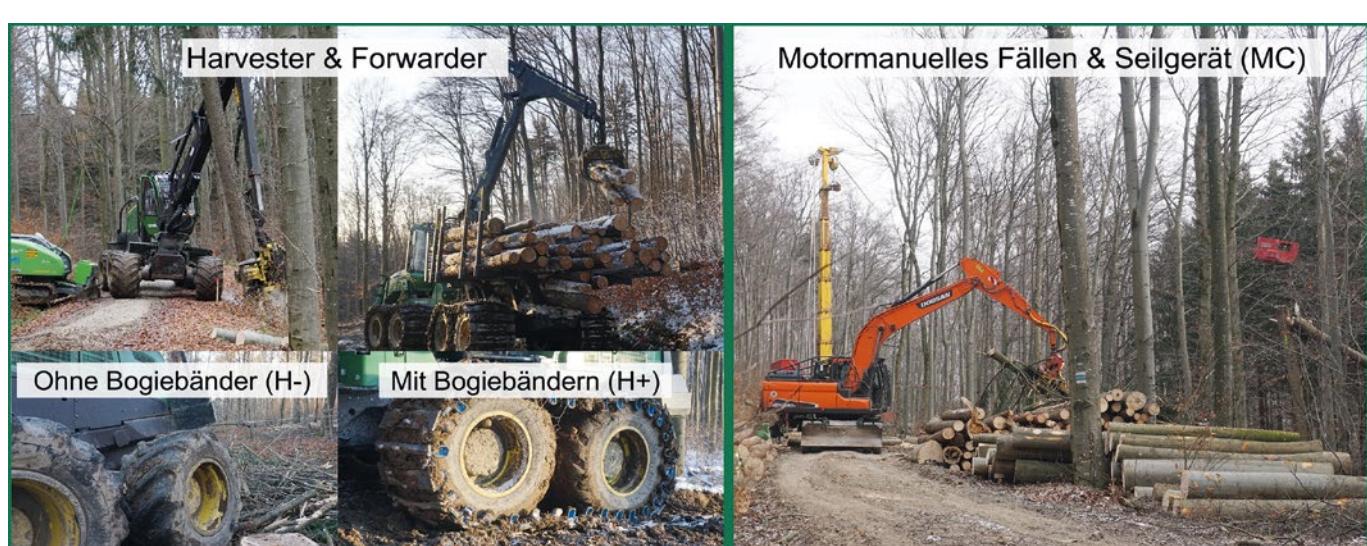


Abb. 1: Die auf den Versuchsflächen im Wienerwald eingesetzten Holzerntesysteme

**Projektteam:**

Maximilian Behringer BSc., DI Lisa Gasser, DI Julian Grünberg,  
 Univ.-Prof. Klaus Katzensteiner, Priv.-Doz. Dr. Christian Scheidl,  
 Priv.-Doz. Dr. Martin Kühmaier (alle BOKU), Christoph Haas MSc.,  
 Dr. Barbara Kitzler, Dr. Gerhard Markart, Armin Malli MA (BFW),  
 DI Monika Kanzian, DI Alexandra Wieshaider (ÖBF),  
 Priv.-Doz. Mag. Dr. Gertraud Meißl (Universität Innsbruck)

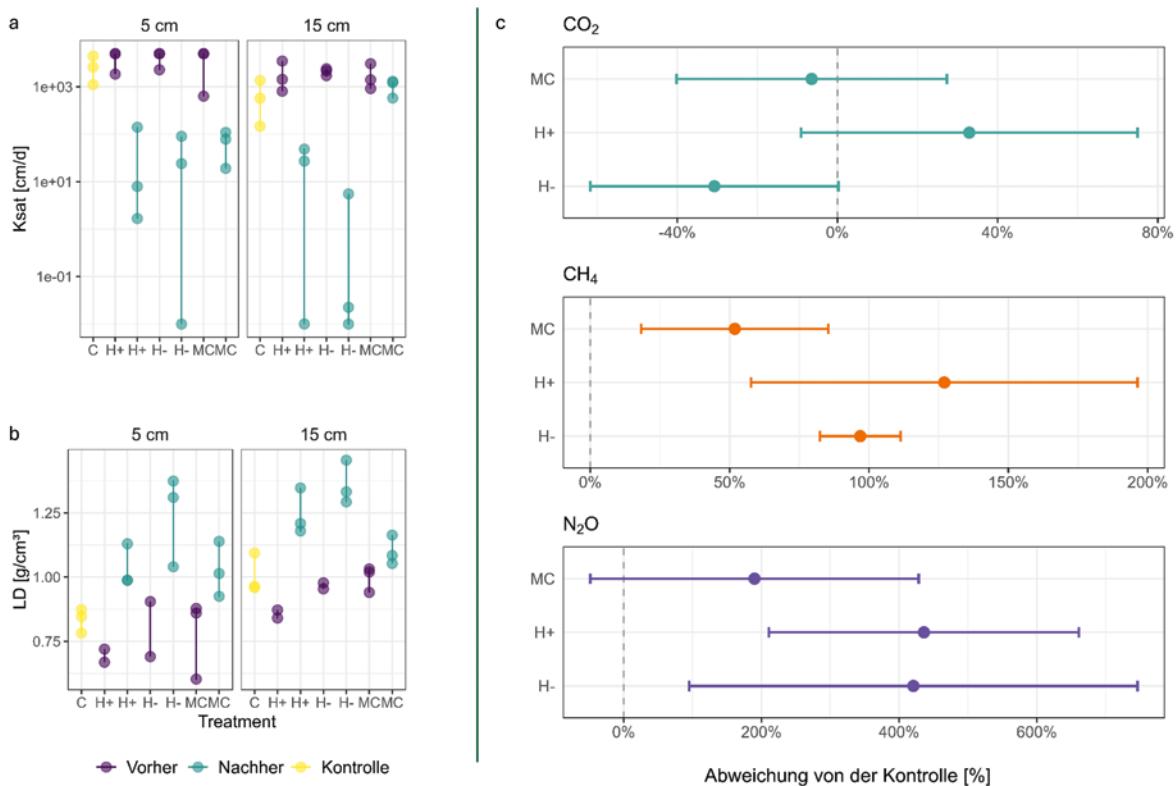


Abb. 2: Der Effekt der Holzernte auf (a) gesättigte hydraulische Leitfähigkeit (Ksat), (b) Lagerungsdichte (LD) und (c) Treibhausgase. C bezeichnet Kontrolle, H+ Harvester und Forwarder mit Bändern, H- Harvester und Forwarder ohne Bänder, MC motormännuelles Fällen und Seilgerät.

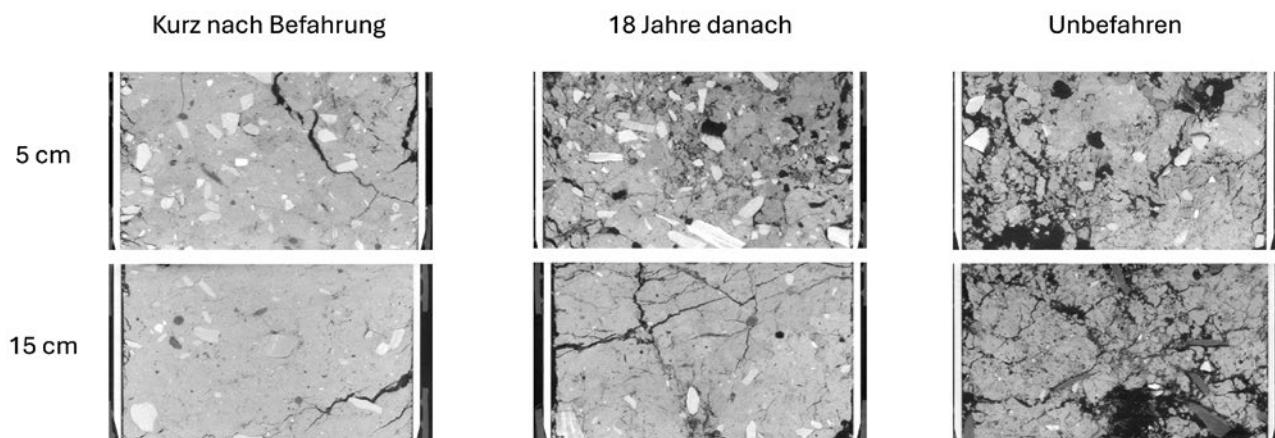


Abb. 3: CT-Scans von Bodenproben zeigen die langsame Erholung der Bodenstruktur nach Befahrung. Poren erscheinen schwarz/dunkelgrau, etwas heller ist organisches Material abgebildet. Dominiert werden die Bilder von Bodenmatrix, die in einem mittleren grau erscheint. Gestein ist aufgrund der höheren Dichte hellgrau.