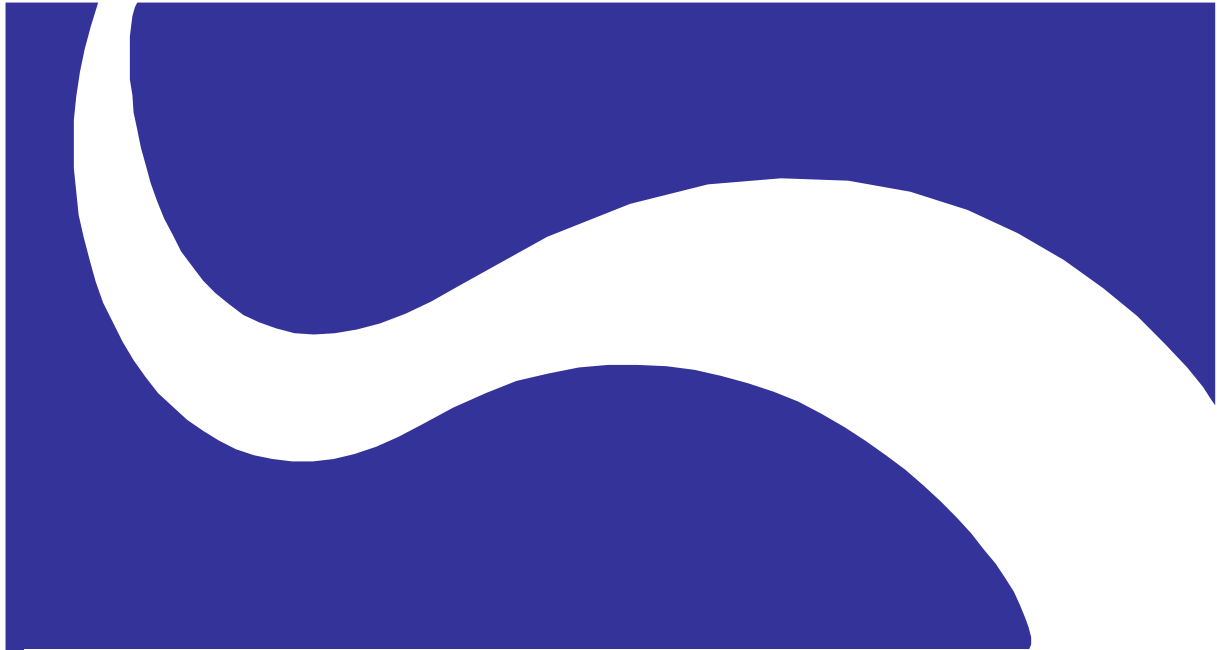


Kolloquium

Walderschließung & Bodenschutz:

Bodenverformung - Erosion -
Hochwasserschutz



6. / 7. März 2008
Freiburg

KURZFASSUNG

VERANSTALTER

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Bodenkunde und
Waldernährungslehre

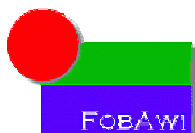
Institut für Forstbenutzung und
Forstliche Arbeitswissenschaft

Forstliche Versuchs- und
Forschungsanstalt Baden-
Württemberg
Abteilung Boden und
Umwelt

HAWK Hochschule für
Angewandte Wissenschaft und
Kunst Fakultät
Ressourcenmanagement



ALBERT-LUDWIGS-
UNIVERSITÄT FREIBURG
Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre



Forstliche Versuchs-
und Forschungsanstalt
Baden-Württemberg
Abt. Boden und Umwelt



HAWK HOCHSCHULE
FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFT UND KUNST
Fakultät Ressourcenmanagement

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Wie lässt sich das „Verformungsexperiment“ mit unseren Waldböden stoppen?	2
Bodenbeeinträchtigungen im Wald: Probleme und Lösungsansätze in der Schweiz	3
Die Feinerschließung - Anspruch, Realität und Zukunft	4
Die Wiederverwendung von alten Befahrungslinien unter technischer, ökologischer und wirtschaftlicher Sicht	5
Bodenstrukturveränderung oder Bodenschaden – wo liegt die Grenze?	6
Abschätzung der Verformungsintensität in Waldböden	7
Soil damage after skidding	8
Heterogenität von Bodenbelüftung und Bodenstruktur in Fichtenbeständen Oberschwabens	9
Die Waldbodenvegetation als Weiser für Bodenstrukturstörungen	10
Dokumentation von Feinerschließungslinien	11
Umsetzung von Erschließungsmaßnahmen in der Praxis	12
Holzernte und Erosion	13
Bodenpflegliche Rückeverfahren bei der mechanisierten Holzernte am Steilhang	14
Dezentrale Hochwasservorsorge und Feinerschließung	15

Autorenverzeichnis

Ernst E. Hildebrand u. Helmer Schack-Kirchner, Institut für Bodenkunde und Waldernährung, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg	2
Peter Lüscher, Eidg. Forschungsanstalt WSL, CH-8903 Birmensdorf, Schweiz	3
Dietmar Matthies	4
Dr. Manuela Bacher-Winterhalter	5
Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft, Universität Freiburg	5
Johann Kremer ¹ & Beat Frey ² , ¹ TU-München; LS für Forstl. Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik und ² WSL Birmensdorf; FE Bodenwissenschaften	6
Dorit Clemens, Institut für Bodenkunde und Waldernährung, Universität Freiburg	7
Evy Ampoorter, Laboratory of Forestry, Ghent University	8
Sonja Amann, Jürgen Schäffer, Klaus v. Wilpert, FVA Baden-Württemberg	9
Thorsten Gaertig, Fakultät Ressourcenmanagement, HAWK - Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst, FH Hildesheim/Holzminde/Göttingen	10
Rainer Wagelaar, Hochschule für Forstwirtschaft, Rottenburg	11
Herbert Körner, Körner GmbH - Forstunternehmen	12
Universität Freiburg	13
Matthias Schmitt, Regierungspräsidium Freiburg - Abt. Forstdirektion	14
Klaus v. Wilpert , FVA Baden-Württemberg	15

Wie lässt sich das „Verformungsexperiment“ mit unseren Waldböden stoppen?

Ernst E. Hildebrand u. Helmer Schack-Kirchner, Institut für Bodenkunde und Waldernährung, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

ernst-hildebrand@bodenkunde.uni-freiburg.de
helmer.schack-kirchner@bodenkunde.uni-freiburg.de

Seit der flächendeckenden Einführung von Rückeschleppern vor gut einem halben Jahrhundert werden unsere Waldböden regelmäßig durch Fahrzeugbewegungen belastet, wie es zuvor eigentlich nur bei Militärmanövern vorkam. Vor fast 30 Jahren erschienen die ersten wissenschaftlichen Studien in Deutschland in denen Gefügeveränderungen, Redoximorphose, Erhöhung der Lagerungsdichte sowie ein Zusammenbruch der gesättigten Wasserleitfähigkeit nach maschineller Holzrückung nachgewiesen wurde. In den Folgejahren erfolgte der Nachweis, dass sich diese Verformungen negativ auf Wurzelwachstum und Forstpflanzen, z.B. auf Buchennaturverjüngung auswirken.

Während zu Beginn noch die Kontroverse bestand, ob Verformung ein ökologisches Problem ist, stand bald die Frage der richtigen Vermeidungsstrategie im Vordergrund. Die zunächst naheliegende Lösung war die Ableitung von Grenzwerten auf der Basis von Standort-, Witterungs- und Fahrzeugparametern. Es ist jedoch bisher nicht gelungen eine schädliche Bodenverformung mit einem oder wenigen bodenphysikalischen Parametern eindeutig zu charakterisieren, weil die ökologische Wirkung erst im Raumzusammenhang von lokalem Relief, Bodenprofil und Bodenstruktur auftritt. Außerdem können sowohl die Belüftung des Bodens von der Oberfläche, der kleinräumige Wasserhaushalt als auch mechanische Restriktionen einzeln oder zusammen das kausale Bindeglied darstellen. Verformungsmuster von Praxisbefahrungen weisen zudem eine extreme Heterogenität auf. Die Prognoseprobleme gelten auch für die Maschinenseite, da für die Bodenverformung weniger die statischen, sondern die dynamischen Belastungen entscheidend sind. Diese sind von der Fahrzeugmasse, Vibrationen, seitlichen Momenten bei der Kranarbeit, Fahrgeschwindigkeit, Bodenrauigkeit etc. abhängig und damit im Einzelfall kaum vorhersagbar. Damit ist jede Befahrung eines Waldbodens ein Experiment mit ungewissem Ausgang, eine klare Schadschwelle lässt sich nicht definieren. Grenzwerte müssten daher mit prohibitiven Sicherheitsmargen definiert werden.

Unter dieser Prämisse ist der Bodenschutz am besten gewährleistet wenn Fahrzeugbewegungen auf Fahrlinien konzentriert werden. Damit sind die Schäden räumlich begrenzt, sie können überwacht werden und es bleibt eine Option zur Einleitung gezielter Wiederherstellungsmaßnahmen. Das Konzept wirkt aber nur dann, wenn stets die gleichen Trassen befahren werden. Dies erfordert detaillierte geografische Datenbanken und ein aufwändiges Controlling, das bisher nur zögerlich eingeführt wurde. An dieser Stelle setzt das Testkitprojekt mit dem Ziel an, dem Praktiker ein Instrumentarium an die Hand zu geben, vorgeschädigte Bereiche zu identifizieren und optimal in Erschließungskonzepten einzubinden. Die konsequente Anwendung dieses Instrumentariums könnte die Neuverformungsrate auf den Waldböden auf Null bringen und damit unbeabsichtigte Verformungsexperimente beenden.

Die im Testkitprojekt entwickelten Methoden können auch helfen, die Forschungsschwerpunkte im Hinblick auf die Bodenverformung im Wald neu zu definieren. Wichtig erscheint u.a. eine Bestandsaufnahme der Strukturschädigung in Wäldern, sowie die Analyse von Regenerationsprozessen und Raumskalen der Bodenstruktur im Hinblick auf Durchwurzelung und Belüftung.

Über die Autoren:

Prof. Dr. Ernst E. Hildebrand ist Direktor und Dr. Helmer Schack-Kirchner Akademischer Ober- rat am Institut für Bodenkunde und Waldernährung

Bodenbeeinträchtigungen im Wald: Probleme und Lösungsansätze in der Schweiz

Peter Lüscher, Eidg. Forschungsanstalt WSL, CH-8903 Birmensdorf, Schweiz

peter.luescher@wsl.ch

Gesunde Böden sind für die Erhaltung einer gesamtheitlichen Nachhaltigkeit im Wald eine grundlegende Voraussetzung. Sie stellen ein System mit grosser Selbsterhaltungskraft dar und gewährleisten umfassend die Erfüllung aller Bodenfunktionen. Es ist daher wichtig, dass bei der Waldbewirtschaftung die Vorgaben des physikalischen Bodenschutzes eingehalten werden. Im Waldprogramm Schweiz (WAP) wurden Grundsätze für eine künftige Waldpolitik festgelegt. Unter den fünf prioritären Zielen wird die Erhaltung der Boden- und Trinkwasserqualität erwähnt.

Die Bodenschutzanliegen werden im schweizerischen Umweltschutzgesetz über die langfristige Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit definiert. Dabei gilt der Boden als fruchtbar, wenn er eine standortsspezifische, artenreiche, biologisch aktive Lebensgemeinschaft, eine typische Bodenstruktur sowie eine ungestörte Abbaufähigkeit aufweist. Das Wachstum und die Qualität von Pflanzen sollen zudem nicht beeinträchtigt werden. Auf den Wald bezogen heisst dies, dass die Selbsterhaltung der standortstypischen Lebensgemeinschaft Wald mit Naturverjüngung nachhaltig gewährleistet sein muss. Das Wurzelwachstum der standortgerechten Baumarten darf nur durch natürliche Limiten beeinträchtigt werden und die biologische Bodenaktivität ermöglicht den ungehemmten Abbau der Vegetationsrückstände unter den gegebenen standörtlichen Verhältnissen.

Ökologische Erkenntnisse, ökonomische Zwänge, technische Weiterentwicklungen und gesellschaftliche Ansprüche an den Wald bzw. die Waldwirtschaft erfordern grundsätzliche Überlegungen hinsichtlich künftiger Konzepte im physikalischen Bodenschutz. Mit den „ökologischen Grundanforderungen“ an den naturnahen Waldbau konnten für den Bodenschutz Zielgrössen und Indikatoren entwickelt werden, die den Schutz vor irreversiblen Beeinträchtigungen sicherstellen.

Im Rahmen des schweizerischen Landesforstinventars werden zurzeit auf dem 1x1 km Stichprobenraster Veränderungen von Waldböden durch mechanische Belastung festgehalten. Von einer Piloterhebung aus dem Kanton Freiburg liegen erste Auswertungen vor.

Das Referat soll mit ausgewählten Beispielen von Lothar-Reservatsflächen und anderen repräsentativen Testflächen die heutige Situation darstellen und eine mögliche künftige Ausrichtung mit Ansätzen einer Vorsorge- und Problemlösungsstrategie für alle beteiligten Stellen aufzeigen.

Über den Autor:

Peter Lüscher ist Senior Consultant in der Forschungseinheit Boden-Wissenschaften der Eidg. Forschungsanstalt WSL in Birmensdorf. Neben Projekten mit Bodenschutzanliegen beschäftigt er sich mit Themen im Bereich der „Hochwasserschutzfunktion von voralpinen Waldstandortstypen“ im Zusammenhang mit der Waldbehandlung und ist auch in der Aus- und Weiterbildung auf verschiedenen Stufen tätig.

Die Feinerschließung - Anspruch, Realität und Zukunft

Dietmar Matthies

Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik

Am Hochanger 13, 85354 Freising

mat@forst.tu-muenchen.de

Rückegassen gehören seit mehr als zwei Dekaden zum Standard der Walderschließung. Während dieser Zeit hat die Forsttechnik eine rasante Entwicklung durchlaufen - ausgehend vom einfachen Schlepper mit Forstausrüstung zum vollmechanisierten System Harvester/Forwarder. Zudem waren die Maschinenhersteller in der Lage, deren Produktivität zu steigern und damit dem Kostendruck auf die Holzbereitstellung zu begegnen. Leider ging dies im wahrsten Sinne des Wortes zu Lasten der Maschinenmassen, insbesondere der entscheidenden maximalen Radlasten. Betrachtet man diese, dann variieren sie mehrheitlich zwischen 2 und 5 t, wobei 4-Rad Harvester vereinzelt auch bis zu 7 t erreichen. Das untere Limit bezieht sich auf Schlepper. Werden hier jedoch Stämme dickkörtig aufgesattelt, müssen nochmals 2/3 des Holzgewichts der Hinterachse und somit 1/3 der Radlast zugeschlagen werden. Nach einer Umfrage unter bayerischen Forst-Unternehmern ist der 8-Rad Forwarder mit 700 mm breiten Reifen fast schon Standard. Rund die Hälfte fallen in die Klasse „schwer“ mit mehr als 24 t. Radlast von 4 t und höher sind mittlerweile keine Ausnahme mehr. Es sind also wirklich hohe Lasten, die auf den Boden der Rückegassen einwirken.

Flächige Kartierungen aller vorhandenen Fahrspuren in Teststandorten der Schweiz belegen dies z.T. nachdrücklich: So zeigten die Rückegassen eines Standorts auf mehr als 1/3 ihrer Gesamtlänge einen klaren Grundbruch – der bodenstrukturelle GAU. Allerdings finden sich auch bessere Beispiele mit 10 bis 20 %. Vergleichbar systematische Daten liegen aus Deutschland noch nicht vor. Allerdings ist kaum zu erwarten, dass grundsätzliche Unterschiede existieren. Eine rund ums Jahr beständig anwachsende Holz-Nachfrage, gesteigerte Produktivität der Maschinen und nicht zuletzt der Klimawandel werden zu einer weiteren Verschärfung der Bodenproblematik unserer Rückegassen führen. Noch unterliegen sie den gleichen gesetzlichen Schutzanforderungen wie der Boden im Bestand. Die billigende oder vorsätzliche Inkaufnahme von Bodenschäden im Bereich der Rückegassen ist somit eigentlich gesetzeswidrig, der bloße „Erhalt der technischen Befahrbarkeit“ ist es auf jeden Fall.

Über den Autor:

Seit annähernd zwei Jahrzehnten intensive Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Befahrungsauswirkungen auf Boden und Bestand; forstliche Rekultivierung von Tagebauen; Optimierung von Unterflurbewässerungs-Systemen; Lehre in Bodenphysik, -mechanik und nichtstofflichen Bodenschutz

Die Wiederverwendung von alten Befahrungslinien unter technischer, ökologischer und wirtschaftlicher Sicht

Dr. Manuela Bacher-Winterhalter

Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft, Universität Freiburg

manuela.bacher@fobawi.uni-freiburg.de

Systematisch angelegte Feinerschließungsnetze sind eine wesentliche Voraussetzung für eine ökologisch und ökonomisch nachhaltige Holznutzung. An Rückegassen werden vielseitige Anforderungen gestellt. Sie dienen als Arbeitsort für die Holzerntemaschinen und zur Umsetzung moderner Waldbaukonzepte. Unregelmäßige Rückegassenabstände führen zu höheren Holzertekosten und zu einer geringeren Bestandespflughlichkeit.

Die einmalige Befahrung einer modernen Holzerntemaschine, insbesondere mit Beladung, verursacht bereits eine erhebliche Bodenbeeinträchtigung. Richtlinien von Landesforstverwaltungen und Leitlinien zur Zertifizierung fordern eine geordnete Befahrung, eingeschränkt auf permanent und systematisch angelegte Rückegassen mit Mindestabständen von 20 m. Die Befahrungslinien sollen langfristig markiert sein.

In der Vergangenheit sind vielerorts Waldareale ungeplant sowie zum Teil mehrfach befahren worden und zeigen entsprechende Auswirkungen in ihrer Bodenstruktur. Aus Sicht der Bodenspflughlichkeit ist daher zu fordern, alte Befahrungslinien soweit als möglich und ökonomisch sinnvoll in die zukünftige Holzernte zu integrieren, um das Risiko weiterer Schäden zu minimieren.

Das vom BMBF geförderte Projekt **Einbindungsmöglichkeiten alter Befahrungslinien in neue Erschließungskonzepte unter standörtlichen und ökonomischen Gesichtspunkten** gehört zum Verbundprojekt ‚TESTKIT‘. Eine Zielsetzung ist es, eine rationelle und hinreichend zuverlässige Erhebungsmethode zur Visualisierung alter Befahrungslinien zu entwickeln. Dazu wurden verschiedene Methoden auf befahrungsempfindlichen Standorten sowohl in jungen als auch in alten Nadel- bzw. Laubholzbeständen untersucht und nach Machbarkeit, Genauigkeit sowie Zeitaufwand beurteilt. Diese Vorabkalisierung von ‚wahrscheinlichen‘ Befahrungslinien dient dazu, das ‚TESTKIT‘ rationell und effizient einzusetzen. Das ‚TESTKIT‘ soll letztlich darüber Aufschluss geben, ob das erhobene Befahrungsmuster tatsächlich Veränderungen im Oberboden aufweist. Ein weiteres Ziel ist es, die alten verifizierten Befahrungslinien für zukünftige Holzerntemaßnahmen in permanent angelegte Feinerschließungsnetze unter standörtlichen, technischen und ökonomischen Gesichtspunkten zu integrieren.

Über die Autorin:

Dr. Manuela Bacher-Winterhalter ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Sie beschäftigt sich vor allem mit den forsttechnischen Forschungsvorhaben und ist in der Lehre tätig.

Bodenstrukturveränderung oder Bodenschaden – wo liegt die Grenze?

Johann Kremer¹ & Beat Frey², ¹ TU-München; LS für Forstl. Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik und ² WSL Birmensdorf; FE Bodenwissenschaften

kremer@forst.wzw.tum.de / beat.frey@wsl.ch

Gesetzliche Vorgaben im Bereich des Bodenschutzes zielen auf eine Erhaltung der Funktions-, Regenerations- und Nutzungsfähigkeit der Böden ab. Dabei soll insbesondere eine möglichst hohe standortsspezifische Bodenfruchtbarkeit erhalten bleiben.

Leistungsfähigkeit und Maschinengewichte der in der Holzernte eingesetzten Fahrzeuge stiegen in den letzten Jahren stetig an. Vollmechanisierte Aufarbeitung und vor allem Bringung von Holz führt zu Bodenverformungen von z.T. erheblichem Ausmaß. Die Auswirkungen auf Bodenfunktionen und forstliche Vegetation sind seit längerer Zeit Gegenstand einschlägiger Untersuchungen. Zusammenhänge zwischen einzelnen bodenphysikalischen Parametern und Wachstumsgrößen streichen die Vielzahl der Arbeiten heraus. So werden z.B. Einbußen von Höhenzuwachs oder Wurzelwachstum mit der Erhöhung der Lagerungsdichte oder eingeschränkten Beatmungsfunktionen dokumentiert. Der Bodenlufthaushalt ist sicher eng verknüpft mit ökologischen Prozessen wie der Wurzelraumschließung. Deshalb hat man versucht befahrungsbedingte Bodenstrukturveränderungen über die Feinwurzelndichte zu charakterisieren. Zu den meisten Berichten gibt es jedoch auch gegenteilige Beobachtungen. Einerseits wird Pflanzenwachstum von komplexen Systemen gesteuert und ist daher nicht über einfache Funktionen zu beschreiben, andererseits können Bodenstrukturveränderungen auch infolge natürlicher Prozesse auftreten so, dass einfache Ursachen-Wirkungsketten nicht zielführend erscheinen. Nicht jede Verformung führt zwangsläufig zu gravierenden Einschränkungen der Bodenfunktionen. Zur Umsetzung des Bodenschutzes werden sowohl von der Praxis als auch den Behörden Richtwerte aber auch einfache praktikable Methoden zur Erkennung und Vermeidung von Schäden gefordert.

In einem gemeinsamen Projekt mit der WSL versuchen wir eine klare, einfache morphologische Typisierung (I elastische Verformung, II plastische VF, III viskoplastische VF) von Fahrspuren mit bodenphysikalischen und –mikrobiologischen Befunden nachzuvollziehen. Genetisches Profiling soll unterschiedliche Strukturen der mikrobiologischen Populationen in den verschiedenen Spurtypen nachweisen. Aus Bodenproben (Fahrspuren, Referenzproben) extrahieren wir DNA und bestimmen die Veränderungen der Lebensgemeinschaftsstrukturen mittels T-RFLP und DGGE. Die Untersuchungen werden an alten Fahrspuren in kartierten Flächen und neuen aus Befahrungsversuchen unter kontrollierten Rahmenbedingungen durchgeführt.

Bisherige Auswertungen zeigen, dass unter den Fahrspuren des Typs I und einem Teil der Spuren vom Typ II keine deutlichen Unterschiede zu den Referenzproben nachzuweisen sind, während die Spuren des Typs III und ein Teil des Typs II sich klar davon absetzen. Diese Befunde stehen in engem Zusammenhang mit nachweisbaren Bodenstruktur- und Funktionalitätsveränderungen. Aufgrund erster Ergebnisse sind wir zuversichtlich Schwellenwerte zu finden, oberhalb derer die Funktionsfähigkeit der Böden zumindest auf niedrigerem Niveau erhalten bleibt und damit Regenerationschancen bestehen.

Über die Autoren:

Johann Kremer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU-München im Bereich nichtstofflicher Bodenschutz und privater forstlicher Sachverständiger.

Beat Frey ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der WSL Birmensdorf und leitet die Forschungsgruppe Rhizosphären-Prozesse.

Abschätzung der Verformungsintensität in Waldböden

Dorit Clemens, Institut für Bodenkunde und Waldernährung, Universität Freiburg

dorit.clemens@bodenkunde.uni-freiburg.de

Funktionsstörungen der Waldböden durch die Befahrung während Holzerntemaßnahmen sind kaum mehr bestritten. So kommt es einerseits zu einer primären Veränderung der Bodenstruktur und andererseits entstehen sekundäre Redoximorphie-Merkmale, die durch einen verlangsamt Gasausaustausch zwischen Boden und Atmosphäre verursacht werden. Aufgrund dieser Belüftungsmängel kann das Milieu im Oberboden von oxischen zu anoxischen Bedingungen umschlagen. Ein chemischer Zeiger für eine anaerobe Umgebung ist zweiwertiges Eisen, welches somit neben der veränderten Bodenstruktur und den redoximorphen Merkmalen ebenfalls charakteristisch für befahrene Böden ist.

Das Ziel des Projektes besteht darin, die genannten Kenngrößen auf ihre Praxistauglichkeit zur Identifikation alter Fahrlinien zu untersuchen.

Zur Bearbeitung dieser Fragestellung wurden fünf Standorte mit unterschiedlichen Ausgangssubstraten in Mittel- und Süddeutschland untersucht. Die Beprobung fand auf verformten und nicht verformten Bodenbereichen statt. Neben der visuellen Ansprache des Gefüges und der redoximorphen Merkmale (Einordnung in Schadstufen) wurde ein chemischer Schnelltest zum Nachweis von zweiwertigem Eisen durchgeführt. Weiterhin wurden Proben zur Bestimmung von Lagerungsdichte und relativen scheinbaren Gasdiffusionskoeffizienten (als Referenzparameter) entnommen. Auf einem weiteren Standort wurde analysiert, welche Faktoren den chemischen Schnelltest beeinflussen. Hierzu wurden Bodenproben aus Rostflecken und Bleichzonen entnommen, der chemische Schnelltest durchgeführt und im Labor die organische Substanz und der Gehalt an Eisenoxiden bestimmt. Die Ergebnisse wurden mithilfe der Clusteranalyse ausgewertet.

Der Vergleich des Verformungsschadens mit den bewährten bodenphysikalischen Methoden zeigte auf allen Standorten eine steigende Tendenz bei der Analyse der Lagerungsdichte in Abhängigkeit der Schadstufe. Auch der Vergleich zwischen relativen scheinbaren Gasdiffusionskoeffizient und Verformungsschaden lieferte ähnliche Ergebnisse.

Die Clusteranalyse zur Untersuchung der Abhängigkeit des chemischen Schnelltests hat ergeben, dass dieser Nachweis nur dann in verformten Bereichen zu 100 % positive Ergebnisse zeigt, wenn der Boden einen ausreichenden Gehalt an organischer Substanz aufweist und nicht an Eisenoxiden verarmt ist.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Verformungsschaden ein sicheres Kriterium zur Bestimmung von Befahrungen ist. Vor allem gibt die Bodenstruktur deutliche Hinweise auf verformte Bereiche. Einschränkungen ergeben sich dann, wenn der Boden eine starke Eigenfärbung aufweist und somit die Redoximorphie-Merkmale maskiert.

Der chemische Schnelltest ist nach derzeitigem Stand des Wissens nur eingeschränkt praxistauglich, da die Faktoren, die das Testergebnis beeinflussen durch aufwendige Laborverfahren bestimmt werden müssen (z.B. Gehalte an amorphen und kristallinen Eisenoxiden).

Über die Autorin:

Dorit Clemens, Diplom-Geoökologin, ist seit Juni 2005 wissenschaftliche Angestellte am Institut für Bodenkunde und Waldernährung und bearbeitet das Projekt „Entwicklung und Erprobung von chemischen und physikalischen Schnellindikatoren zur Erfassung und Bewertung von befahrungsbedingten Bodenverformungen in Wäldern“.

Soil damage after skidding

Evy Ampoorter, Laboratory of Forestry, Ghent University

Evy.Ampoorter@UGent.be

The last decade, increasingly more attention has been paid to the impact of mechanized harvesting on the forest ecosystem in general and the soil in particular. However, research often takes place under different circumstances of soil, machine type used, weather conditions, traffic intensity and so on, so that results are difficult to compare or to extrapolate. In this context and also as part of a project that aims to sensitize Flemish forest workers, a field trial was performed to study the effect of typical Flemish forest machinery on different soil types in Flandres.

The aim was to quantify the influence of soil texture, machine weight, soil water content and traffic intensity on the amount of soil damage after trafficking. Therefore, eight forest stands were selected, spread over sandy (2), sandy loam (2), loamy (2) and clayey (2) soils. The machines used are typical for the Flemish forestry industry: a medium weight John Deere grapple-skidder JD640 (14.3 tons) and a small, light weight New Holland tractor TCE50 (1.88 tons). To test for the influence of soil water content, the experiment was executed as well in winter (high soil water content, 19-20 February 2007) as in summer (lower soil water content, 24-25 September 2007). Two levels were chosen for traffic intensity, namely one passage back and forth and five passages back and forth. Therefore, in each forest stand eight skid trails of 40-50 meters were marked, of which four for the summer experiment and four for the winter experiment. Of these four trails, two are provided for each machine, one to drive one time back and forth and one to drive five times back and forth.

Several soil physical variables were measured to quantify the degree of soil damage. Soil samples were taken to determine bulk density (depth intervals 0-10, 10-20 and 20-30cm), saturated hydraulic conductivity k_{sat} and pF-curve (soil moisture retention) (depth interval 10-20cm). Penetration resistance of the soil was measured to a depth of 80 cm. Through the process of soil compaction, pore volume and continuity are also influenced, what may alter gas diffusion rate. Therefore, in April, measurements will be made of CO₂-concentrations in the soil profile. Finally, two poles and a 4m long slat, placed across the width of the skid trail were used to examine the depth of the ruts (microrelief). Each 10 cm along the slat, a measurement is made of the penetration resistance and the vertical distance between soil and slat. Except for CO₂-concentrations, measurements were made on the trails before (reference) and after traffic (within and between tracks).

Results have only been analysed roughly until now, detailed statistical analysis has to be performed yet. Anyhow, results of bulk density and penetration resistance show no clear effects of trafficking on the examined forest soils, neither for the winter experiment, nor the summer experiment. No general significant trend exists between traffick intensity or machine weight and the amount of damage that is made. Microrelief measurements for the winterexperiment show that for some textures (sandy loam, loam, clay) rut depth increases as machine weight or traffic intensity increases. In some cases (sandy loam, clay) there is also an effect apparent on penetration resistance. However, measurements after the summer experiment show hardly any rut formation. Results of pF, k_{sat} and CO₂-measurements are not (all) available yet.

Within the framework of this experiment, a quantitative literature review (meta-analysis) is performed on the effect of trafficking on forest soils.

About the author:

My PhD-research attempts to quantify in an integrated and differentiated way the impact of mechanized logging on the soil and the recovery potential from compaction of different soil types. It also aims at determining the influence of soil acidity, earthworm activity and litter quality on the recovery process.

Heterogenität von Bodenbelüftung und Bodenstruktur in Fichtenbeständen Oberschwabens

Sonja Amann, Jürgen Schäffer, Klaus v. Wilpert, FVA Baden-Württemberg

sonja.amann@forst.bwl.de

Sollen praxistaugliche diagnostische Verfahren zur Erfassung befahrungsbedingter Störung der Bodenstruktur zuverlässig eingesetzt werden, muss zuvor geklärt werden, inwieweit auf den betreffenden Waldflächen auch natürlicherweise mit Unterschieden in der Bodenstruktur gerechnet werden muss. Als ein Hauptverursacher natürlicher Bodenstrukturstörung kann unter bestimmten standörtlichen Voraussetzungen (strukturschwache, verdichtungsanfällige Substrate; Staunässe; flachwurzeln Baumarten mit ausgedehnten Wurzeltellern) die windinduzierte Wurzelbewegung angesehen werden.

Im Rahmen des Teilprojektes¹ wurden zwei Standorte in Oberschwaben (Heiligkreuztal und Steinhausen) untersucht, die eine solche standörtliche Strukturlabilität aufweisen. Der Bodentyp ist auf beiden Flächen ein Parabraunerde-Pseudogley. Rostfleckigkeit zeigt ab 45 cm Tiefe Staunässeinfluss auf, infolge dessen die auf den Versuchsflächen stockenden Fichten ein weitläufiges, flach abstreichendes Wurzelwerk entwickelt haben. Bei den Bestandeshöhen von 35 m und mehr kann davon ausgegangen werden, dass bei Starkwindereignissen hohe Windkräfte auf den Boden übertragen werden.

Untersuchungen der Bodenluft in 10 und 20 cm Bodentiefe haben für beide Versuchsflächen deutliche Muster erhöhter CO₂-Konzentrationen im Umkreis von Fichten, Wurzelstöcken und im Bereich einer Fahrspur (Steinhausen) gezeigt. Erhöhte CO₂-Konzentrationen gelten als Indikator für Verdichtung, da bei gestörter Bodenstruktur das im Boden produzierte CO₂ nur noch eingeschränkt an die Atmosphäre abgegeben werden kann und sich im Boden anreichert. Um sicherzustellen, dass die erhöhten CO₂-Konzentrationen um Fichten und Wurzelstöcke nicht auf eine erhöhte CO₂-Produktion durch Feinwurzeln und Mikroorganismen zurückzuführen sind, wurden auf der Fläche „Heiligkreuztal“ Tiefenprofile der CO₂-Konzentration für die drei Situationen „Fichte“, „Wurzelstock“ und „Zwischenstammbereich“ erstellt. Über eine Anpassung von Spline-Funktionen an diese Tiefenprofile konnte die CO₂-Produktion in den Bodenhorizonten abgeleitet werden. Die beiden Mineralbodenhorizonte Al (4-16 cm) und AlSw (16-45 cm), in denen auch die flächigen CO₂-Konzentrationsmessungen durchgeführt wurden, zeigen eine erhöhte CO₂-Produktion für die Situationen „Fichte“ und „Zwischenstammbereich“. Wäre eine vermehrte CO₂-Produktion die Ursache für hohe CO₂-Konzentrationen, müssten die CO₂-Konzentrationen konsequent dort erhöht sein wo auch die CO₂-Produktion hoch ist. Für die Versuchsflächen wären das die Bereiche um die Fichten und der Zwischenstammbereich. Die Befunde der flächigen Untersuchungen widersprechen diesem ursächlichen Zusammenhang und lassen vermuten, dass die baum- und wurzelstocknahen erhöhten CO₂-Konzentrationen zu einem wesentlichen Teil auf Strukturstörungen infolge von Wurzelbewegung und nicht auf erhöhte CO₂-Produktion zurückzuführen sind.

Wesentliches Unterscheidungsmerkmal zwischen Strukturstörungen infolge windinduzierter Wurzelbewegung und befahrungsbedingtem Strukturverlust ist entsprechend den bisherigen Untersuchungsergebnissen die Tiefe der Schadenseintritts: Während im Bereich der Fahrspur schon in 10 cm Bodentiefe eine deutliche Erhöhung der CO₂-Konzentration erkennbar ist, treten höhere CO₂-Konzentrationen im Umkreis der Bäume erst in 20 cm Bodentiefe auf.

Über die Autorin:

Sonja Amann ist seit 2005 an der FVA, Abt. Boden und Umwelt beschäftigt. Sie bearbeitet das Teilprojekt „Variabilität von Bodenbelüftung und Lagerungszustand“ im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes „Testkit“.

¹ TP „Variabilität von Bodenbelüftung und Lagerungszustand“ des vom BMBF geförderten Verbundprojektes „Entwicklung und Praxiserprobung eines Testkits zur Lokalisierung bodenmechanisch vorbelasteter Bodenareale von Forststandorten und die Einbeziehung dieser Fahrlinien in zukünftige Konzepte der Waldpflege und Holzernte“

Die Waldbodenvegetation als Weiser für Bodenstrukturstörungen

Thorsten Gaertig, Fakultät Ressourcenmanagement, HAWK - Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst, FH Hildesheim/Holzminde/Göttingen

gaertig@hawk-hhg.de

Zahlreiche Bodenfunktionen sind von der Bodenstruktur abhängig und können nur von gut strukturierten Böden optimal erfüllt werden. Bei zukünftigen Maschineneinsätzen ist die konsequente Nutzung bereits befahrener Bodenareale wichtig, um bislang ungestörte Waldböden vor Neuverformungen zu bewahren. Eine denkbare Möglichkeit, schwer sichtbare alte Fahrspuren ausfindig zu machen, ist die Verwendung von Zeigerpflanzen, die auf strukturge störte Böden hinweisen.

Mit der Befahrung von Waldböden ändern sich wichtige Standortseigenschaften. Ein verringertes Luftporenvolumen und geringere Porenkontinuität reduzieren den Gasaustausch zwischen Bodenluft und Atmosphäre, was zu drastischen Veränderungen in der Bodenluftzusammensetzung führt: Der Sauerstoffgehalt der Bodenluft nimmt ab, Kohlendioxid reichert sich an.

In der vorgestellten Untersuchung wurde geprüft, ob auf Befahrungslinien Pflanzenarten dominieren, die gegenüber Bodenstrukturen und dem damit einhergehenden Sauerstoffmangel toleranter sind als andere Pflanzenarten. Es ist anzunehmen, dass vor allem Feuchte- und Nässezeiger positiv auf die Strukturstörungen reagieren, da sie an Standorte mit Engpässen in der Sauerstoffversorgung aufgrund hoher Bodenwassergehalte angepasst sind.

Auf acht Versuchsflächen in Südniedersachsen wurden die Durchwurzelung, der Verformungsschaden und der Deckungsgrad der anzutreffenden Pflanzen bestimmt. Bei einem Teilkollektiv wurde die CO₂-Konzentration der Bodenluft in 5 cm Tiefe gemessen.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass sich alte Befahrungslinien in ihrer Bodenstruktur und ihrem Bodengashaushalt deutlich von ungestörten Waldböden unterscheiden. Dies spiegelt sich in einer Veränderung der Vegetationszusammensetzung wieder. Auf allen Untersuchungsflächen unterscheidet sich das Artenspektrum der befahrenen Areale von dem der gut strukturierten Bereiche. Pflanzen, die auf den Untersuchungsflächen strukturge störte Bereiche meiden, sind vor allem Efeu (*Hedera helix*), Eichenfarn (*Gymnocarpium dryopteris*), Haselwurz (*Asarum europeum*) und Kleines Immergrün (*Vinca minor*). Darüber hinaus zeigt sich, dass sich die Naturverjüngung von Rotbuche (*Fagus sylvatica*), Esche (*Fraxinus excelsior*) und Ahorn (*Acer pseudoplatanus*) auf die ungestörten Bodenbereiche konzentriert, während die Hainbuche, eine Art, die an wechselfeuchte Standorte mit zeitweisem Sauerstoffmangel angepasst ist, auch auf strukturge störten Böden aufläuft.

Auf alten Fahrlinien sind vor allem Flatterbinse (*Juncus effusus*), Winkelsegge (*Carex remota*), Großblütiges Springkraut (*Impatiens noli – tangere*), Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa*) und die Waldsegge (*Carex sylvatica*) anzutreffen.

Im Praxistest konnte gezeigt werden, dass alte Befahrungslinien mit Hilfe der vorgestellten „Verdichtungs-Zeigerpflanzen“ gefunden und in neue Erschließungssysteme integriert werden können.

Über den Autor:

Prof. Dr. Thorsten Gaertig hat die Professur für angewandte Bodenkunde und Stadtökologie an der Fakultät Ressourcenmanagement der HAWK in Göttingen inne.

Dokumentation von Feinerschließungslinien

Rainer Wagelaar, Hochschule für Forstwirtschaft, Rottenburg

wagelaar@hs-rottenburg.de

Ausgelöst durch die zum Teil gravierenden Bodenschäden, die durch unkontrollierte Befahrung im Zuge der Sturmholzaufbereitung nach Lothar entstanden sind, wurden an der Hochschule für Forstwirtschaft verschiedene Projekte zur GIS- basierten nachhaltigen Planung und Dokumentation der forstlicher Feinerschließung durchgeführt.

Zunächst wurde im Rahmen einer Machbarkeitsstudie überprüft, mit welcher Lagegenauigkeit die reale Befahrungssituation unter verschiedenen Bestandesbedingungen mittels GPS erfasst werden kann, welcher Aufwand dazu erforderlich ist, und wie sich diese Daten in die bestehenden FOGIS Geodaten integrieren lassen. Parallel dazu wurden Konzepte entwickelt, wie die vorhandenen Befahrungslinien in ein nachhaltiges Rückegassennetz integriert werden können. Dabei galt als Leitziel, vorhandene Befahrungslinien, soweit geeignet, in das Erschließungssystem zu übernehmen und Neubefahrungen künftig zu minimieren.

Neben der aufwändigen terrestrischen Erfassung der Fahrlinien mit GPS hat sich für die Planung und Dokumentation insbesondere auch der Einsatz hoch auflösender Orthophotos bewährt. Für die notwendige Dokumentation und Markierung der Rückegassen im Gelände hat sich in Jungwüchsen die Anlage hinreichend breiter Mulchschneisen bewährt. Diese Schneisen sind in Luftbildern sichtbar und können somit zur effizienten digitalen Dokumentation herangezogen werden. Teilweise kann hierzu sogar Google Earth genutzt werden.

Aufgrund der wirtschaftlichen Bedeutung und der unabwiesbaren Bedeutung einer nachhaltigen Feinerschließungsplanung und Dokumentation als integraler Bestandteil einer nachhaltigen Forstwirtschaft (Zertifizierungsrelevanz!) wurden für zwei unterschiedlich gelagerte Privatforstbetriebe Feinerschließungskonzepte erarbeitet. Dabei spielte nicht nur die Dokumentation und Optimierung des bestehenden Erschließungsnetzes eine Rolle, sondern auch die Bereitstellung geeigneter Tools zur Ausgabe flexibel gestalteter und maßstäblich angepasster Feinerschließungskarten.

Weiterhin wurde untersucht, welchen Beitrag Laserscandaten der Landesvermessung zur automatisierten Detektion und Dokumentation von forstlichen Erschließungslinien leisten können. Neben einem hochauflösenden digitalen Geländemodell (DGM) haben sich hier ergänzend insbesondere Reflexionsintensitätsbilder bewährt.

Über den Autor:

Prof. Rainer Wagelaar hat an der Hochschule für Forstwirtschaft, Rottenburg die Professur für Forstvermessung, Waldinventur/Forsteinrichtung, Geographische Informationssysteme (GIS). Neben einer breit gefächerten Lehre gehört die praxisorientierte Entwicklung von GIS-basierten Methoden zur Lösung forstlicher Problemstellungen zu den Tätigkeitsschwerpunkten.

Umsetzung von Erschließungsmaßnahmen in der Praxis

Herbert Körner, Körner GmbH - Forstunternehmen

herbert@koerner-forst.de

Rückegassenplanung aus der Sicht des Unternehmers

Die Erschließung von Wald ist heute weitgehend abgeschlossen. Abweichungen von den Richtlinien zur Feinerschließung führen in der Regel zu mehr Schäden und höheren Kosten bei Aufarbeitung und Rücken.

- Bei der Neukonzeption von Rückegassen ist verständlich, dass der Waldbesitzer bestehende Erschließung in seine Planung einbinden will.
- Die Ergebnisse der Untersuchung Bort/Feil über unterschiedliche Gassenabstände mit den entsprechenden Folgen gelten nach wie vor uneingeschränkt.
- Wichtig ist die Festlegung der Rückegassenbreite. Harvester sind zwischenzeitlich teilweise über 3,00 m breit.
- Für anstehende Hiebsmaßnahmen ist die Markierung der Rückegassen unerlässlich.

Wie können Forstunternehmer und Waldbesitzer zum Erhalt der Gassen beitragen?

Oberstes Gebot ist die Erhaltung der technischen Befahrbarkeit der Rückegassen. Über Zusatzkosten müssen Waldbesitzer und Unternehmer in Verhandlungen treten.

- Bei ungünstiger Witterung Arbeiten einstellen.
- Möglichst leichte Maschinen zum Einsatz bringen.
- Reifenfülldruck absenken.
- Der Einsatz von Traktionsbändern bringt eine deutliche Entlastung bei den sichtbaren Bodenschäden.
- Neu sind Rückeverfahren mit fahrsynchroner Seilunterstützung.
- Unproblematisch ist die Ausweisung entsprechender Ausweichflächen, auf denen bei schlechtem Wetter weitergearbeitet werden kann.

Probleme der Unternehmer

Unternehmer stehen auf Grund der Preisentwicklung unter enormem Leistungsdruck. Dies führt zu folgender Konsequenz:

- Austausch der vorhandenen Maschinen durch die leistungsfähigsten = größten Geräte auf dem Markt.
- Längere Arbeitszeiten. Vollauslastung muss in jedem Fall erreicht werden.
- Zusätzliche Risiken müssen ausgeschaltet werden.

Über den Autor:

Geschäftsführer der Körner GmbH, Forstunternehmen in Königsbronn und Vorsitzender der Fachgruppe Forstunternehmen im Verband der Agrargewerblichen Wirtschaft (VdAW e.V.)

Holzernte und Erosion

Helmer Schack-Kirchner, Institut für Bodenkunde und Waldernährung,
Universität Freiburg

helmer.schack-kirchner@bodenkunde.uni-freiburg.de

Erosionsprozesse im Zusammenhang mit forstlicher Nutzung standen bis vor kurzem in Deutschland, im Gegensatz zu z.B. Nordamerika, nicht im Fokus bodenkundlicher Forschung. Die geringen Niederschlagserosivitäten in Mitteleuropa, meist sorgfältig geplante und unterhaltene Forststraßen und die praxisüblichen Nutzungssysteme hielten lokale Schäden und Materialverluste bzw. die Sedimentbeladung der Gewässer aus bewaldeten Einzugsgebieten offenbar unterhalb einer Handlungsschwelle. Das verbreitete Auftreten tief auserodierter Rinnen, die über Namen wie „Schleifweg“ oder „Riese“ mit historischer Holznutzung in Beziehung gebracht werden, zeigt jedoch, dass Waldnutzung grundsätzlich auch in Mitteleuropa landschaftsverändernde Erosionsprozesse auslösen kann. Aus zwei Gründen erscheint eine Analyse der Erosionspotentiale moderner Forstwirtschaft geboten: Zum einen hat der Mechanisierungsschub des letzten Jahrzehnts, insbesondere die Raupenharvestertechnologie, Hänge bis zu 50% Neigung zu befahrbaren Lagen gemacht. Zweitens rechnen Klimaprognosen für einige Gebiete in Deutschland, z.B. für den Südschwarzwald, mit einer erheblichen Zunahme der erosiven Starkniederschläge.

Erosionsprozesse im Wald unterliegen selbstverständlich den gleichen physikalischen Gesetzmäßigkeiten, wie sie für landwirtschaftliche Flächen detailliert untersucht wurden. Dennoch ergeben sich für genutzte Wälder einige Besonderheiten. Mehrere Studien dazu wurden in den vergangenen Jahren am Institut für Bodenkunde und Waldernährung der Uni Freiburg durchgeführt. So kann die Niederschlagserosivität unter dem Kronendach von Fichten gegenüber dem Freilandniederschlag sowohl vermindert als auch verstärkt werden. Wegen ihrer Bodenstruktur und der Streu- und Vegetationsbedeckung sind Waldböden meist unempfindlich gegenüber Niederschlägen. Erosionserscheinungen treten nahezu ausschließlich linienförmig auf Forststraßen, Maschinenwegen, Rückegassen und Schleifspuren auf. Während der Einsatz eines Raupenharvesters an einem Steilhang kein erhöhtes Erosionsrisiko bedingte, konnte anhand der Rekonstruktion der Entstehung einer tiefen Erosionsrinne gezeigt werden, dass Bergabschleifen von Holz schnell einen sich selbst-verstärkenden Rinnenerosionsprozess auslösen kann. Für die Beurteilung des Erosionsrisikos von Walderschließungssystemen bieten sich einfache topografische Indizes an. Anhand eines Forstbetriebes in den Tropen kann gezeigt werden, dass in der Erschließungsplanung ein sehr hohes Potential zur Verhinderung von Erosionsschäden und Sedimentbelastung liegt. Die Ergebnisse lassen sich in Form eines „Zeitrafferexperimentes“ auch auf unsere Verhältnisse anwenden.

Für einen wirksamen vorsorgenden Erosionsschutz im Wald bietet sich ein mehrstufiges Verfahren an: GIS-gestützte Risikoanalyse des Erschließungsnetzes unter Berücksichtigung der Topografie und der Gewässerabstände, Erfassung von Schutzmaßnahmen (z.B. Querableiter) und Erosionsspuren in den Beständen, Maßnahmenplanung wie Neuanlage von Querableitern zusammen mit wirksamen Sickerpuffern, Vermeidung der Anlage von Rückelinien in den Sickerpufferzonen bis ggf. zur Aufgabe von Forststraßen in Gewässernähe. Koordinierte Erosionsschutzmaßnahmen sind dabei wirtschaftlicher und wirksamer als ein reines ad-hoc Vorgehen. Dabei muss die Entwicklung dieses Instrumentariums von der Forschung durch experimentelle Fallstudien sowie durch die Anpassung vorhandener Erosionsmodelle für forstliche Nutzung für mitteleuropäische Verhältnisse flankiert werden.

Über den Autor:

Akad. Oberrat. Lehre und Forschung im Gebiet Bodenkunde und Bodenphysik, Schnittstelle Pflanze-Boden. Aktuelle Schwerpunkte: Gasaustausch der Böden, Bodenerosion in Wäldern

Bodenpflegliche Rückeverfahren bei der mechanisierten Holzernte am Steilhang

Matthias Schmitt, Regierungspräsidium Freiburg - Abt. Forstdirektion

matthias.schmitt@rpf.bwl.de

Der Einsatz von konventionellen Vollerntern und Forwardern in Hanglagen entspricht aufgrund der auftretenden Bodenschäden (fehlende Traktion der Radmaschinen) und der damit verbundenen Erosionsgefahr sowie aus Gründen der Arbeitssicherheit und der Ergonomie nicht den geltenden Standards der Waldbewirtschaftung (PEFC-Leitlinien, Feinerschließungsrichtlinie Baden-Württemberg). Trotzdem findet seit Jahren eine „schleichende“ Mechanisierung der Hanglagen statt. Verstärkt wurde dies durch die Entwicklung von Raupenvollerntern (z.B. IMPEX Königstiger) und balancierten Boogieachsen bei Radmaschinen. Obwohl Raupenvollernter theoretisch kurzfristig Steigungen bis 70% bewältigen können, gibt es z.B. beim Überwinden von Böschungen oder bei Block-überlagerung Grenzen (Gefahr des Abrutschens und Kippens, Stabilität der Maschine, Belastung des Fahrers). Wesentliche Einschränkung für ein schadfreies Arbeiten am Hang war zudem, dass ein passendes Rückemittel für Hangneigungen zwischen 35 - 50% fehlte. Beim Rücken am Steilhang mit konventionellen Forwardern besteht die Gefahr, dass die technische Befahrbarkeit der Rückegassen nicht erhalten werden kann und es zu Folgeschäden durch Erosionsschäden kommt.

Spezielle Hangforwarder (z.B. FORCAR FC 200 der Fa. Herzog) sollen diese Lücke schließen. Als Anpassung an die Arbeit am Hang sind diese Maschinen mit tiltbaren Kränen und Fahrersitzen, teilweise auch seitlich tiltbaren Rungenkörben, ausgestattet. Die wichtigste Zusatzausrüstung ist eine im Heck eingebaute Traktionswinde. Die Traktionswinde dient nicht dazu, die Maschine im Hang „abzuseilen“. Einen solchen Einsatz muss man aus Gründen der Arbeitssicherheit ablehnen, da bei einem Seilriss akute Absturzgefahr besteht. Ein Einsatz ist daher auch nur bis zu einer durchschnittlichen Hangneigung von 50% möglich, da die Maschine bei einem Seilriss noch sicher zum Stehen kommen muss. Die mit dem Fahrtrieb synchron laufende Winde verbessert die Traktion des Forwarders beim Arbeiten im Hang wesentlich. Die Maschine fährt auch bei voller Beladung schlupffrei sowohl hangauf- als auch hangabwärts und lässt sich immer sicher manövrieren. Zum einen kann so die Ladekapazität auch am Hang ausgeschöpft werden, was sich produktiv auf die Leistung auswirkt. Größtes Plus ist aber der Erhalt der technischen Befahrbarkeit der Rückegassen (entsprechende Einsatzbedingungen vorausgesetzt). Auch bei mehrmaligen Lastfahrten hangauf- oder abwärts kommt es nicht zur Bildung von Gleisen und zum Eingraben der Räder. Dies verhindert, dass die in Falllinie am Hang verlaufenen Rückegassen durch Starkregen erodiert werden. Das systematische Feinerschließungsnetz kann damit wie in ebenen Lagen permanent genutzt werden.

Wesentliche Eckpunkte für einen wirtschaftlichen und bestandesschonenden Einsatz sind:

- im Mittel 50% Hangneigung sowie Böschungen mit maximal 75% Neigung (Forwarder kann leer bis 100% befahren)
- Gassenlänge mindestens 50 m und maximal 200 - 220 m
- stark blocküberlagerte Bestände und Teerstraßen mit Raupenvollerntern nicht befahrbar
- möglichst geradlinige Rückegassen in Falllinie ohne Querneigung (max. 15%)
- oberseitige Ankerbäume zum Befestigen der Traktionswinde
- Massenanzahl mind. 50 Fm/ha (Reisigauflage, Leistung des Forwarders)
- Begrenzung auf maximal 4 - 5 Sortimente (Sortieraufwand), Sortimentslängen unter 4 m vermeiden (eingeschränkte Ladekapazität des Forwarders).

Der Maschinenbetrieb Schrofel (RP Freiburg, Abt. Forstdirektion) arbeitet seit 3 Jahren in der hochmechanisierten Aufarbeitung am Hang mit dem Maschinensystem Raupenvollernter IMPEX Königstiger (tlw. auch Valmet 911 X3M Snake und MenziMuck) und Hangforwarder FORCAR FC 200. In dieser Zeit wurden mehr als 30.000 Fm in Steillagen aufgearbeitet und gerückt und dabei überwiegend positive Erfahrungen mit diesem Verfahren gesammelt.

Über den Autor:

Matthias Schmitt arbeitet als Referent für Waldarbeit und Forsttechnik sowie Zentrale Holzbereitstellung am Referat 86 Technische Produktion, Vertrieb, Marketing des Regierungspräsidiums Freiburg

Dezentrale Hochwasservorsorge und Feinerschließung

Klaus v. Wilpert , FVA Baden-Württemberg

klaus.wilpert@forst.bwl.de

Klimamodelle zum laufenden Klimawandel lassen befürchten, dass auch in Waldgebieten signifikant häufiger mit Hochwassersituationen gerechnet werden muss. So traten zum Beispiel in dem zum Keuperbergland gehörigen Waldgebiet des Rammert bei Rottenburg am Neckar im Sommer 2002 und 2003 starke Hochwässer auf, die in mehreren Gemeinden hohe Sachschäden verursachten. Wälder galten bisher als Garant zum Schutz vor Hochwasser. Die Heftigkeit der beobachteten Hochwässer haben aber offensichtlich das Retentionsvermögen der betroffenen Waldgebiete überfordert.

Ursächlich sind an der Bildung von Oberflächenabfluss in Wäldern verschiedene natürliche und technische Rahmenbedingungen beteiligt:

- Hochwasserwellen aus Wäldern treten nur in morphologisch bewegten Mittelgebirgsregionen mit hinreichend großen Einzugsgebieten (Hängen) auf.
- Die regionale Klimacharakteristik muss eine Neigung zur Ausbildung von Starkregenereignissen aufweisen – ggf. nimmt diese im Zuge des Klimawandels zu.
- Der Bodenaufbau muss entweder permanent oder temporär eine Sickerhemmung im Unterboden aufweisen. Permanent ist dies durch tonige Unterböden z.B. in Keupergebieten gegeben und temporär durch das Auftreffen von Starkregen auf gefrorenen Boden.
- Durch lineare Geländestrukturen wie befestigte Holzabfuhrwege und unbefestigte Rückegassennetze findet eine Abfluss-Akkumulation statt, welche die Bildung von Schnellen Hochwasserwellen begünstigt.
- Flächige Verdichtung von Oberböden durch unregelmäßige Befahrung vermindert die Tiefenversickerung und fördert damit die Bildung von Oberflächenabfluss.

Prinzipiell und mit hoher Sicherheit kann dem durch Hochwasserwellen ausgelösten Schaden nur durch den Bau entsprechend dimensionierter Rückhaltebecken vorgebeugt werden. Solche „großtechnischen“ Präventionsmaßnahmen sind jedoch teuer, generieren einen nicht unerheblichen Landschaftsverbrauch und sollten deshalb nur dann zum Zuge kommen, wenn der Bedarf mit hoher Sicherheit belegt ist und/oder alternative dezentrale Präventionsmaßnahmen entweder wenig wirksam, oder bereits „ausgereizt“ sind.

Folgende dezentrale Präventionsmaßnahmen haben ein gewisses Potential zur Hochwasservorsorge:

- Strikte Vermeidung flächiger Befahrung.
- Schaffung von Bestandesstrukturen, die stabile Oberbodenstrukturen mit hoher Wasserdurchlässigkeit schaffen und damit die flächige Infiltration fördern.
- Flächiges Einleiten des Wassers von Wegen in angrenzende Bestandesflächen
- Schaffung von dezentralen Retentions- und Versickerungsräumen.

Sowohl in Bezug auf das Hochwasser - Risiko aus bewaldeten Einzugsgebieten unter veränderten Klimabedingungen, als auch in Bezug auf das Vorsorgepotential dezentraler Gegenmaßnahmen besteht erheblicher Forschungsbedarf. Für die Abschätzung des Hochwasserrisikos sowie für die Quantifizierung des Vorsorgepotentials dezentraler Gegenmaßnahmen werden valide Geländewasserhaushaltsmodelle benötigt, die in der Lage sind die Bildung von Oberflächenabfluss in Abhängigkeit von kurzfristig wirksamen Faktorenkombinationen dynamisch darzustellen. Diese sind so bislang nicht verfügbar, so dass die Grundlage für eine begründete Abschätzung der Hochwasserproblematik im Wald derzeit fehlt.

Über den Autor:

Klaus von Wilpert ist Leiter der Abteilung Boden und Umwelt an der FVA Baden-Württemberg in Freiburg