



Nr. 19 - 2009

Inhalt

Waldboden

ERNST LEITGEB UND RAINER REITER	
Waldboden und Baumartenwahl.....	3
MICHAEL ENGLISCH UND RAINER REITER	
Nachhaltige Nutzung von Wald-Biomasse.....	6
NIKOLAUS NEMESTOHY	
Boden unter Druck – sind Bodenschutz und Holzernte vereinbar?	9
FRANZ MUTSCH	
Waldernährung und Bodenverbesserung: Düngung, Kalkung, Pflanzenasche.....	14
MICHAEL ENGLISCH	
Die Möglichkeit den Standort zu erkennen – Forstliche Standortkartierung	17
SOPHIE ZECHMEISTER-BOLTENSTERN	
Bodenbiologie: Regenwurm & Co	20
ANDREAS BAUMGARTEN	
Die EU–Bodenrahmenrichtlinie – unnötige Bürokratie oder angewandter Bodenschutz?	23
GERHARD MARKART UND BERNHARD KOHL	
Wie viel Wasser speichert der Waldboden? Abflussverhalten und Erosion	25
EDWIN HERZBERGER UND WOLFGANG JIRIKOWSKI	
Der Waldbodenlehrpfad Taferlklause	27

Waldböden – wir stehen drauf! Augenmerk auf einen der wichtigsten Produktionsfaktoren für die Forstwirtschaft legt dieses Heft. Welche Baumarten eignen sich für welche Waldböden? Welches Holzernteverfahren ist für die speziellen Gegebenheiten das Schonendste? Eine neue Dynamik verursacht der Wunsch, verstärkt Holz und Biomasse aus dem Wald für energetische Zwecke zu nutzen. Wo liegen hier die Grenzen, damit wir nicht ähnliche Folgen wie jene durch die Streunutzung heraufbeschwören? Weitere Themen sind Bodenverdichtung, Düngung und EU–Bodenrahmenrichtlinie.

**Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum
für Wald, Naturgefahren und Landschaft**

Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien, Österreich
<http://bfw.ac.at>



Foto: BFW/Amann



Waldböden – wir stehen darauf!

Der Boden ist die zentrale Lebensgrundlage der Pflanzen und damit eine unserer wichtigsten forstlichen Ressourcen. Daher befassen sich am BFW viele aktuelle Forschungsarbeiten, aber auch Monitoringprogramme mit bodenkundlichen Fragen.

Die Standorttauglichkeit unserer Baumarten und die Baumartenwahl sind von großer Bedeutung für die nachhaltige Waldwirtschaft. Ein wichtiges Planungsinstrument dazu ist die forstliche Standortskartierung. Dabei spielen die Bodeneigenschaften eine zentrale Rolle – ebenso wie in der Diskussion über verstärkte Biomassennutzung, die den Nährstoffkreislauf im Boden beeinflusst. Das BFW verfügt dazu über hochwertige Daten und die Expertise, um wissenschaftlich fundiert die Möglichkeiten nachhaltiger Biomassenutzung abzuschätzen. Das jüngste Produkt dieser Arbeiten, die aktuelle Holz- und Biomassenaufkommensstudie für Österreich bis zum Jahr 2020, wurde vor kurzem präsentiert (siehe BFW-Praxisinformation Nr. 18).

Umwelt- und naturschutzbezogene Fragestellungen gewinnen immer mehr an Bedeutung, zum Beispiel die Umsetzung und Speicherung von Treibhausgasen in Böden. Dabei zeigt sich, dass der Waldboden nicht nur eine CO₂-Senke ist, sondern auch eine Quelle für Treibhausgase werden kann. Wir am BFW sind insbesondere zum Thema Stickstoffkreislauf und zu den Auswirkungen der Klimaerwärmung auf Waldböden wissenschaftlich intensiv tätig. Die noch relativ junge Fachrichtung Bodenbiologie ist

dabei äußerst bedeutsam. Wichtige Daten zur Kohlenstoffspeicherung in Böden liefert das europaweite Waldbodenmonitoring „BioSoil“. Aus der Wiederholung dieser Waldboden-Zustandsinventur werden wir Aussagen zur Veränderung von Waldböden während der letzten 20 Jahre treffen können. Mit der Einbindung der landwirtschaftlichen Bodenkartierung in das BFW wurde der fachliche Fokus erweitert. Damit verfügen wir über eine umfassende Datenbasis und Fachkompetenz, die eine nutzungsartenübergreifende Beurteilung von bodenkundlichen Fragen erlaubt. Sowohl national als auch im näheren internationalen Umfeld sind wir die einzige Institution, die Wissen, Erfahrung und Daten zu Waldböden und landwirtschaftlichen Böden aus einer Hand anbieten kann – basierend auf eigener Forschung und eigenen Erhebungen.

Es ist uns sehr wichtig, ein großes Verständnis zum bewussten Umgang mit der begrenzten Ressource Boden zu schaffen. Der Waldbodenlehrpfad Taferlklause in der Nähe von Gmunden, der in Kooperation mit der Forstlichen Ausbildungsstätte Ort, dem Land Oberösterreich, der Österreichischen Bundesforste AG und dem Österreichischen Forstverein eingerichtet wurde, dient dazu ebenso wie zahlreiche Veranstaltungen für die Fachöffentlichkeit.

Der Boden ist ein strategischer Schwerpunkt des BFW: In diesem Bereich sichern und erweitern wir ein umfangreiches und aktuelles Wissen – ein Know-how, das es uns ermöglicht, der Forstpraxis und der Wald- sowie Umweltpolitik kompetente Unterstützung zukommen zu lassen.

Ich hoffe, die folgenden Beiträge helfen Ihnen, auf informative und spannende Weise in die Tiefe des Boden(themas) vorzudringen.

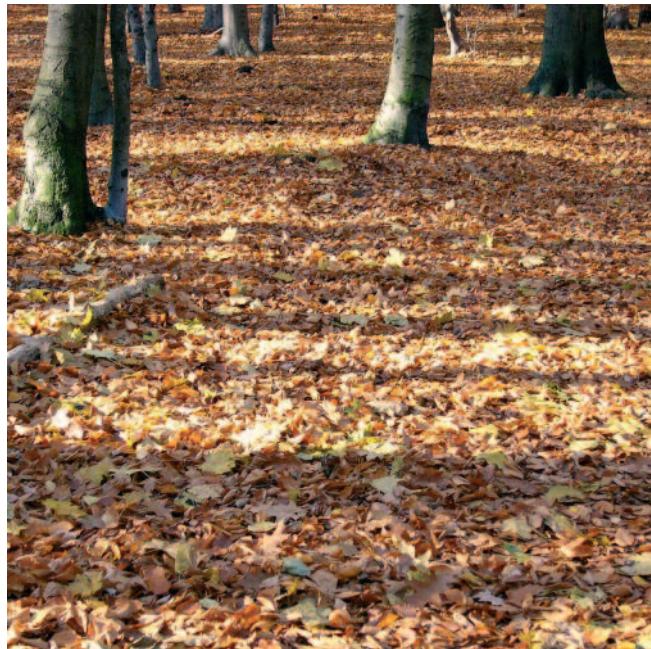
Dipl.-Ing. Dr. Harald Mauser
Leiter des BFW

Impressum

ISSN 1815-3895

© März 2009

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet.
Presserechtlich für den Inhalt verantwortlich:
Harald Mauser
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für
Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW)
Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien, Österreich
Tel.: +43 1 87838 0
Fax: +43 1 87838 1250
<http://bfw.ac.at>
Redaktion: Christian Lackner, Ernst Leitgeb
Layout: Johanna Kohl
Bezugsquelle: Bibliothek
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für
Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW)
Tel.: +43 1 87838 1216



Waldboden und Baumartenwahl

ERNST LEITGEB und RAINER REITER

Der Boden ist ein bedeutsamer Standortsfaktor und als solcher maßgeblich für die Standortstauglichkeit unserer Baumarten verantwortlich. Der Begriff „standortstaugliche“ oder „standortsgerechte“ Baumart wird im Waldbau häufig verwendet. Was ist damit eigentlich gemeint?

Röhrig et al. (2005) haben für die Wahl einer standorts gerechten Baumart vier Kriterien definiert:

- das Erreichen des natürlichen Lebensalters, ohne frühzeitig durch Standortsmängel oder Krankheit auszufallen,
- das Aufweisen eines standortsgemäßen Wachstums,
- eine natürliche Verjüngung ohne übermäßigen Aufwand und
- das Aufrechterhalten des standörtlichen Produktionspotenziales.

Neben dieser ökologischen Stabilität wird die mechanische Stabilität auch von der waldbaulichen Bewirtschaftung (Baumartenwahl, Durchforstung) beeinflusst und ist oft standortsunabhängig.

Entscheidend für die Baumartenwahl sind die klimatischen (hauptsächlich Niederschlag und Temperatur) und bodenkundlichen Verhältnisse (Bodenchemie, Bodenphysik), welche die Durchwurzelung des Bodens prägen. Je nach Wurzeltyp werden unterschiedliche Bodenhorizonte aufgeschlossen. Flachwurzelnde Baumarten können etwa tiefer liegende Bodenhorizonte nicht ausschöpfen. Dieses Wasser-

reservoir ist tiefwurzelnden Bäumen vorbehalten, die so einen Vorteil zu Trockenzeiten haben.

Das baumartenspezifische Durchwurzelungsvermögen wird durch die Bodeneigenschaften geprägt. Tonreiche, dichte Böden mit der Tendenz zu Wasserrasten können im Allgemeinen nur von Spezialisten, wie zum Beispiel von Eiche und Tanne, erschlossen werden. Fehlen diese bodenphysikalischen Extreme, können aber auch Flachwurzler, wie die Fichte, tief wurzeln.

Einfluss der Baumart auf den Waldboden

Waldböden beeinflussen nicht nur das Wachstum der Bäume; die Bestockung beeinflusst massiv den Bodenwasserhaushalt: Bäume verbrauchen durch die Transpiration täglich 20.000 bis 40.000 Liter Wasser je Hektar. Fällt diese enorme Pumpwirkung aus, etwa durch großflächige Störungen wie Kahlschlag oder Windwurf, steigt auf Standorten, die zu Vernässung neigen, der Wasserspiegel im Boden an, oft bis an die Oberfläche. Auf derart stark vernässten Böden, die zusätzlich stark vergrasen können, ist eine Wiederbestockung für lange Zeit äußerst problematisch. Baumartenspezifische Interzeptionsverluste des Niederschlages verhindern weiters die Wassereinsickerung in den Waldboden.

Auch die Durchwurzelung der Bäume hat Einfluss auf die Bodenstruktur und in weiterer Folge auf den Wasser- und Lufthaushalt. Oberflächennahe wurzelnde Baumarten tendieren dazu, die darunter liegenden



Foto: BFW/Reiter

Bodenschichten zu verdichten, wogegen Tiefwurzler den Oberboden eher auflockern. Besonders Schwankungen des Stammes bei starkem Wind sorgen für einen hohen Wurzeldruck.

Baumarten beeinflussen die Bodenchemie vor allem durch die Qualität des Streumaterials. Die Humusaufgabe von Nadelbaumarten hat in der Regel ein weites, das heißt ungünstigeres Kohlenstoff/Stickstoffverhältnis als Laubbäume. Dies führt in der Folge zu Moder- und Rohhumusformen, die einen langsameren Nährstoffumsatz aufweisen.

Baumarten und ihre Bodenansprüche

- **Fichte:** Schwere, bindige Böden und wechselfeuchte Böden, die zum Wasserstau neigen (Pseudogleye), sind ungeeignet für den Fichtenanbau. Die Fichte kann diese Böden kaum tiefreichend durchwurzeln und sie ist dort äußerst labil. Ein in der Jugendphase kräftiges Wachstum täuscht auf diesen Böden über spätere Stabilitätsprobleme hinweg. Seichtgründige und grobskelettreiche Böden verstärken den Trockenstress, vor allem in trockenen Gebieten. (Moderate) Bodenversauerung macht ihr wenig aus.
- **Kiefer:** Die Kiefer kann schwach verdichtete und grundwasserbeeinflusste Böden gut durchwurzeln. Auch nährstoffarme Böden und Rohböden sagen ihr zu. Auf ausgeprägten Pseudogleyen kann auch sie kaum tiefreichend wurzeln.
- **Tanne:** Die Tanne ist Pfahlwurzler, kann damit auch schwere, bindige Böden tiefgründig erschließen und ist daher auf solchen sensiblen Standorten von großer ökologischer Bedeutung.
- **Buche:** Das Herzwurzelsystem der Buche ist auf tiefgründige, nicht zu schwere Böden beschränkt. Auf bindigen Böden kann auch sie nur sehr flach wurzeln. Sie stellt höhere Ansprüche an die Nährstoffausstattung und Bodenreaktion. Dies ist besonders beim Einbringen in sekundäre Nadelwälder von Bedeutung.
- **Eiche:** Trauben- und Stieleichen zählen zu den wurzelkräftigsten Baumarten und können auch schwere Böden tiefgründig aufschließen. Stieleichen dominieren auf wasserbeeinflussten Böden und können auch tiefgründige, sandige Böden durchwurzeln. Auf flachgründigen und grobskelettreichen Böden sind die Traubeneichen im Vorteil.

Rasches Erkennen der relevanten Bodenmerkmale im Gelände

Für die Beurteilung des Standorts ist die Ansprache der Nährstoffsituation und des Wasserhaushaltes wichtig. In den meisten Fällen kann dies mit minimalem Aufwand relativ rasch erfolgen. Straßenböschungen und Wurzelsteller von geworfenen Bäumen geben wertvolle Einblicke in die lokalen Bodenverhältnisse.

Pflanzen als Anzeiger der Standortsverhältnisse

Als Faustregel kann man in unseren Breiten davon ausgehen, dass große, saftig wirkende Blätter und Pflanzen Anzeiger für gute Nährstoff- und Wasserver-

sorgung darstellen und umgekehrt. Nach Ellenberg (1992) kann man Zeigerpflanzen für feinere Aussagen wie etwa über den Wasserhaushalt, die Bodenreaktion (pH) oder die Nährstoffverhältnisse heranziehen.

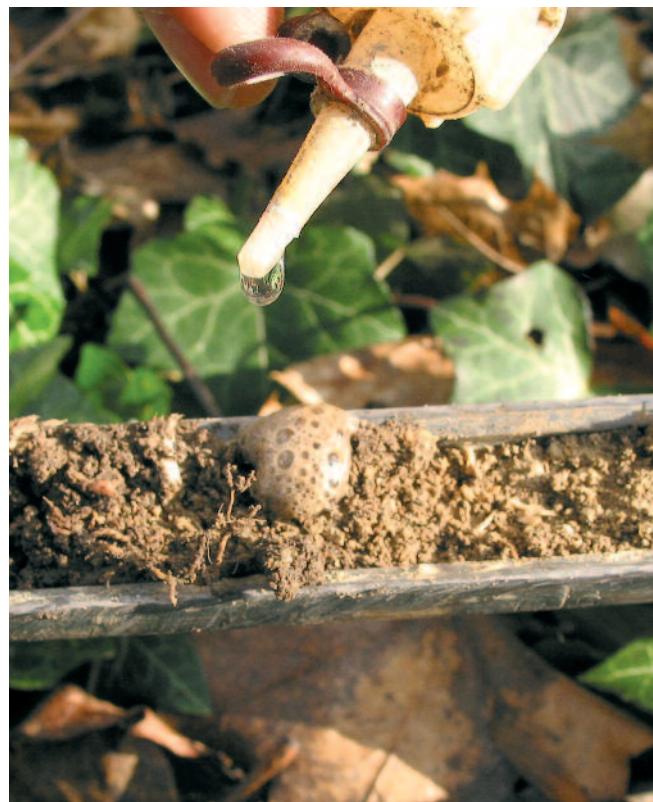
So zeigt die Besenheide (*Calluna vulgaris*) zum Beispiel Standorte mit saurer Bodenreaktion an, während der Sanikel (*Sanicula europaea*) bodenbasische Bedingungen bevorzugt. Man kann Zeigerpflanzen aber auch als Indikatoren für komplexere Vorgänge verwenden. So kann man das Weißmoos (*Leucobryum glaucum*) oder die Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*) als Verhagerungszeiger deuten. Die Flatterbinse (*Juncus effusus*) weist als Feuchte- und Verdichtungszeiger oft auf alte Rückewege hin.

Nährstoff- und Humusverhältnisse im Oberboden – die Spatenprobe

Der mit einem Spaten ausgestochene Bodenziegel gibt einen guten Einblick in die Humusaufgabe und den humosen Mineralboden. Ein tief humoser Oberboden mit krümeliger Struktur infolge hoher biologischer Aktivität (Regenwurmtätigkeit) lässt auf einen raschen Nährstoffumsatz (Mineralisation) schließen, in der Auflage herrschen meist Mullhumusverhältnisse. Im Gegensatz dazu zeugen mächtige Rohhumusauflagen mit einem schwach humosen, infiltrierten Mineralbodenhumus, geringer Strukturausbildung und Ausbleichungshorizonten von einem verlangsamten Nährstoffumsatz.

Ist Kalk im Boden vorhanden? Der Karbonatgehalt

Im Allgemeinen sind kalkhaltige Böden gut gegen Bodenversauerung gepuffert, basen- und meist auch nährstoffreich. Der Nachweis von Kalk im Boden



Salzsäuretest zur Karbonatbestimmung im Mineralboden

Foto: BFW/Reiter

erfolgt durch ein paar Tropfen verdünnter Salzsäure. Ist Kalk im Bodenmaterial vorhanden, beginnt der Boden durch Entstehung von Kohlendioxid charakteristisch zu schäumen - der Boden „braust“. Für Douglasie sind kalkhaltige Böden problematisch.

Beurteilung des Bodenwasserhaushaltes

Neben den bereits erwähnten Zeigerpflanzen helfen auch Bodeneigenschaften, wie etwa typische Farberscheinungen oder die Textur. Typische Farberscheinungen bei Pseudogleyen sind etwa Marmorierungen (Muster aus Bleich- und Roststellen im Staukörper, hervorgerufen durch den Wechsel von Nass- und Trockenphasen) sowie Konkretionen (tiefschwarze punktförmige Ausfällungen von Manganverbindungen in der Stauzone, bedingt durch den Wechsel von Nass- und Trockenphasen). Eine typische Erscheinung bei grundwasserbeeinflussten Böden (Gleyen) sind die bläulichen Verfärbungen im ständigen Einflussbereich des Grundwassers als Folge von reduzierenden Bedingungen, die aus Luftmangel entstehen.



Marmorierungen im Staukörper eines Pseudogleys



Tiefschwarze punktförmige Ausfällungen von Manganverbindungen in der Stauzone eines Pseudogleys
Foto: BFW/Reiter

Bestimmung der Bodenart

(= Korngrößenverteilung = Textur)

Die Textur oder Bodenart hat einen großen Einfluss auf das Speichervermögen und Abflussverhalten von Böden. Die Bestimmung der Bodenart im Feld erfolgt mit der „Fingerprobe“. Dabei wird der erdfeuchte Mineralboden vom Grobskelett ($> 2 \text{ mm}$) befreit und mit den Fingern geformt. Sandige Bodenarten lassen sich kaum formen, während bindige, tonreiche Böden sich gut zu langen, dünnen Schnüren ausrollen lassen. Ein hoher Tonanteil sorgt für eine hohe Wasserspeicherung, allerdings ist das Wasser oft nicht mehr pflanzenverfügbar, wogegen sandige Böden leicht entwässern und das Wasser nicht speichern können.

Die Gründigkeit – die Tiefe des Bodens

Ein Anhaltspunkt für die durchwurzelbare Bodentiefe ergibt sich aus drei bis fünf Einstichen mit dem Schlagbohrer. Anstehendes Grundgestein und Grobskelettreichtum sind limitierende Faktoren für die Durchwurzelung. Seichtgründige Böden verstärken aufgrund ihres Wasserhaushaltes den Trockenstress.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass mit einigen wenigen diagnostischen Merkmalen die für das Baumwachstum relevanten bodenkundlichen Faktoren hinreichend genau abgeschätzt werden können. Die Beachtung des Waldbodens lohnt sich!

Literatur:

- Ellenberg, H. (1992). Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. - Scripta Geobotanica, ISBN 3884525182.
Röhrig, E.; Bartsch, N.; von Lüpke, B. (2005). Waldbau auf ökologischer Grundlage, Verlag Ulmer UTB.

Linktipps

Ausführliche Beschreibungen finden sich im BFW-Bericht Nr. 104 „Anleitung zur Forstlichen Standortskartierung in Österreich“ von M. Englisch und W. Kilian (1998). Preis: 12,35 Euro.
Bestellung: BFW-Bibliothek, Tel. 01/878 38 – 1216,
<http://bfw.ac.at/db/bfwcms.web?dok=5656>

Unter dem Link
<http://statedv.boku.ac.at/zeigerwerte/>
findet man die ökologischen Zeigerwerte bestimmter Pflanzen.

Dipl.-Ing. Dr. Ernst Leitgeb, Dipl.-Ing. Rainer Reiter, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Institut für Waldökologie und Boden, Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien, E-Mail: ernst.leitgeb@bfw.gv.at

Nachhaltige Nutzung von Wald-Biomasse

MICHAEL ENGLISCH und RAINER REITER

Dem Ökosystem Wald werden mit jeder Nutzung wichtige Nährstoffe entzogen. Gerade diejenigen Biomasse-Kompartimente, die bei einer Vollbaumnutzung mit entnommen werden, wie Äste, Reisig, Rinde und Nadeln bzw. Blätter, weisen besonders hohe Nährstoffkonzentrationen auf.

Analysiert man die Ergebnisse einer Biomasse-Inventur an Fichte (EKI 8, Fichte Bayern) am Mühleggerköpf (Tirol), wird diese Aussage eindrucksvoll unterstrichen: So tragen Nadeln und Blätter nur etwa 6 % zur Bestandesmasse bei, enthalten jedoch mehr als 30 % der Stickstoff- und Phosphorvorräte des Bestandes. Ähnlich liegen die Verhältnisse für die Zweige mit 7% der Bestandesmasse, aber 18 bis 23 % der Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumvorräte. Demgegenüber nimmt Holz zwar 72 % der Bestandesmasse ein, bindet aber maximal 33 % der untersuchten Nährstoffe.

Berechnung der Nährstoffvorräte, -einträge und -entzüge findet sich in Englisch & Reiter (2009; BFW-Praxisinformation 18 → siehe Linktipp).

Bei dieser Berechnung wurden die Nährstoffentzüge bei Vollbaumnutzung den kurz- bis mittelfristig verfügbaren Nährelementvorräten von Calcium, Magnesium und Kalium (Bodenvorrat + Eintrag + Nachwitterung - Austrag) bzw. den langfristig verfügbaren Bodenvorräten von Stickstoff und Phosphor für alle Ertragswald-Standorte der Österreichischen Waldinventur gegenübergestellt. In einem zweistufigen Bewertungsverfahren wurde zuerst die Vorratsnachhaltigkeit für jedes Nährelement einzeln bewertet (Meiweis et al. 2008, mod.), im zweiten Schritt eine Gesamtbewertung durchgeführt.

Der Einsatz der Vollbaumnutzung wurde als „möglich“ bewertet, wenn für kein einziges Nährelement die Klassifikation „nicht nachhaltig“ oder „wenig nachhaltig“ vergeben wurde. Die Bewertung „problematisch“

Tabelle 1:
Massen, Nährstoffvorräte und relative Anteile an Bestandesmasse und Bestandesnährstoffvorräten der Biomassekompartimente (Klammerwerte) eines Fichtenbestandes am Mühleggerköpf (EKI 8, Fichte Bayern, Alter: 106)

	Massen [t_{etro}/ha]	N [kg/ha]	P [kg/ha]	K [kg/ha]	Ca [kg/ha]	Mg [kg/ha]
Holz	176,6 (71,8)	162,1 (28,3)	9,3 (23,3)	59,7 (33,4)	196,0 (22,9)	35,7 (30,0)
Rinde	16,1 (6,5)	69,1 (12,1)	5,1 (12,8)	26,0 (14,5)	256,4 (30,0)	17,8 (15,0)
Äste	21,3 (8,7)	59,8 (10,4)	4,1 (10,3)	19,1 (10,7)	182,0 (21,3)	13,6 (11,4)
Zweige	17,3 (7,0)	105,5 (18,4)	9,1 (22,8)	36,5 (20,4)	123,6 (14,5)	18,4 (10,3)
Nadeln	15,0 (6,1)	176,0 (30,7)	12,4 (31,0)	37,7 (21,1)	96,9 (11,3)	33,8 (28,4)
Gesamt	246,3 (100,0)	572,5 (100,0)	40,0 (100,0)	179,0 (100,0)	854,9 (100,0)	118,9 (100,0)

Holz- und Biomasseaufkommensstudie für Österreich

Das Projekt „Holz- und Biomasseaufkommensstudie für Österreich“, welches das BFW im Auftrag des Lebensministeriums durchführte, hatte auch einen standortskundlichen Teil. Ziel war es zu prüfen, auf welchen Standorten in Österreich der Entzug von Biomasse durch Vollbaumernte die nachhaltige Versorgung des (Nachfolge)Bestandes mit den wesentlichsten Nährelementen gefährdet. Zur Berechnung wurde angenommen, dass in Vor- und Endnutzung das gesamte Schaftholz und die gesamte Rinde aus dem Wald entnommen werden (abzüglich Ernteverlust), jedoch nur 70 % des Ast- und Nadelmaterials. Bei Laubholznutzungen wurde unterstellt, dass die Blätter immer im Wald verbleiben. Ein Überblick über die methodische Vorgangsweise und die verwendete Datenbasis zur

wurde vergeben, wenn für zumindest ein Nährelement die Klassifikation „wenig nachhaltig“ zugeteilt wurde. Wenn für zumindest ein Nährelement die Einstufung „nicht nachhaltig“ vergeben wurde, sollte die Vollbaumnutzung unterbleiben.

Tabelle 2:
Bewertungsschlüssel für die Nachhaltigkeit der Nährstoffversorgung bei Vollbaumnutzung (Einzelemente); Prozentanteile der durch Vollbaumnutzung entzogenen Nährstoffe am Gesamtnährstoffkapital des Standortes

	N	P	Ca	Mg	K
nicht nachhaltig	> 60 %	> 40%	> 100%	> 100%	> 100%
wenig nachhaltig	30 - 60 %	25 - 40%	50 - 100%	50 - 100%	50 - 100%
± nachhaltig	< 30 %	< 25%	< 50%	< 50%	< 50%

Ergebnisse

Auf knapp der Hälfte der Probeflächen der Österreichischen Waldinventur ist die Ernte von Biomasse (Vollbaumernte) bei nachhaltiger Nährelementversorgung möglich, während dies auf einem Viertel der Flä-



chen als „problematisch“ zu bewerten ist und auf dem restlichen Viertel „unterbleiben soll“ (Abbildung 1). Stratifiziert man das Hauptergebnis nach den wichtigsten Waldbodentypen, so weisen Ranker, Bachauböden und substratbedingter Podsol das ungünstigste Ergebnis auf (mehr als 30 % der Flächen mit „Vollbaumernte soll unterbleiben“). Diese Bodentypen decken jedoch jeweils nur 1 bis 2 % der Waldfläche ab. Semipodsole sind insgesamt etwas günstiger zu beurteilen, doch sind mehr als 30 % aller Flächen, auf denen Biomassenutzung unterbleiben soll, aufgrund der großen Häufigkeit von Semipodsolen im Wald hier zu finden.

Überaus günstig zu beurteilen sind silikatische Braulehme und Auböden, beide Bodentypen nehmen allerdings nur geringe Waldflächenanteile ein. Von den weit verbreiteten Bodentypen sind Braunerden aus Löß, Moränen und Lockersedimenten sowie Pseudogleye und Gleye am günstigsten zu beurteilen. Bei der Bewertung der Ergebnisse ist zu berücksichtigen,

dass viele Bodentypen eine große Spannweite bezüglich der Nährstoffvorräte aufweisen, die durch Ausgangsgestein, Gründigkeit, Grobmaterialanteil und ihre Lage (Neigung, Seehöhe) bedingt ist.

Anhand der als „nicht nachhaltig“ bewerteten Kaliumbilanz eines Beispielstandortes (Abbildungen 2 und 3) kann gezeigt werden, welche Einflussmöglichkeiten der Bewirtschafter über die Bestandesbehandlung und die Steuerung des Nutzungssystems auf die Nachhaltigkeit der Nährstoffversorgung besitzt: Die sehr geringen Kaliumvorräte dieses Standortes wären bei Vollbaumernte innerhalb einer Umlaufszeit restlos verbraucht, obwohl durch Eintrag aus der Luft und Gesteinsverwitterung erhebliche Kaliummengen nachgeliefert werden. Die Kaliumbilanz des Standortes wäre jedoch positiv, würde nur Holz und Rinde genutzt. In diesem Beispiel wäre es auch möglich, einen Teil des Ast- und Zweigmaterials zu nutzen, ohne die Nachhaltigkeit zu gefährden.

Abbildung 3 (Seite 8) zeigt die Entwicklung des Kaliumvorrats für den Beispieldurchgang über die Umlaufszeit. Die Bestandesbehandlung ist konservativ, es werden vor der Endnutzung zwei Durchforstungen unterstellt, bei denen ertragstafelkonforme Mengen entnommen werden. Der Ansatz ist statisch, da die zeitliche Variabilität der einzelnen Bilanzglieder allenfalls implizit berücksichtigt wird (unverändertes Klima, unveränderter Eintrag und Austrag über die gesamte Umlaufszeit).

Bereits durch die erste Durchforstung im Alter 30 wird der Kaliumvorrat unter das Ausgangsniveau von 280 kg/ha abgesunken. Im Alter 43 wird das Ausgangsniveau des Kaliumvorrats wieder erreicht und in weiterer Folge überschritten. Durch die zweite Durchforstung wird der Vorrat wieder auf das Ausgangsniveau abgesunken, danach steigt der Kaliumvorrat wieder an, bis er durch die Endnutzung auf 0 abgesunken wird.

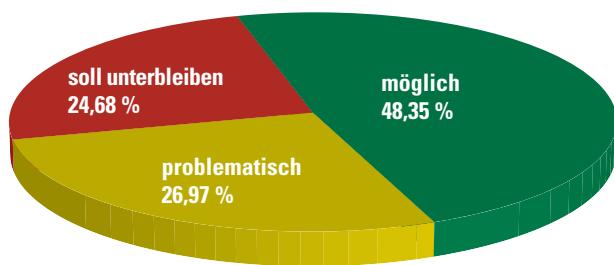


Abbildung 1: Prozentanteile der Probeflächen der Österreichischen Waldinventur, auf denen Vollbaumnutzung (Ernte von Holz, Ästen, Zweigen, Rinde und Nadeln) möglich, problematisch ist oder unterbleiben soll

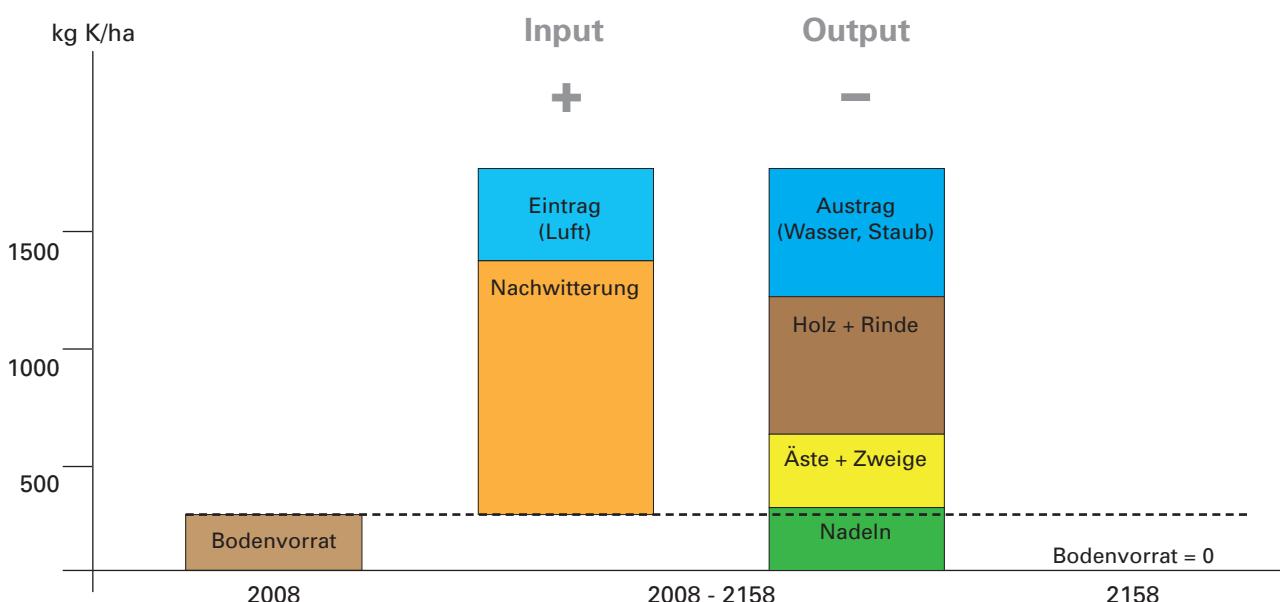


Abbildung 2: Kaliumbilanz für einen Beispielstandort (Umlaufszeit = 150 Jahre); Unterstellt wird Vollbaumernte in Vor- und Endnutzung

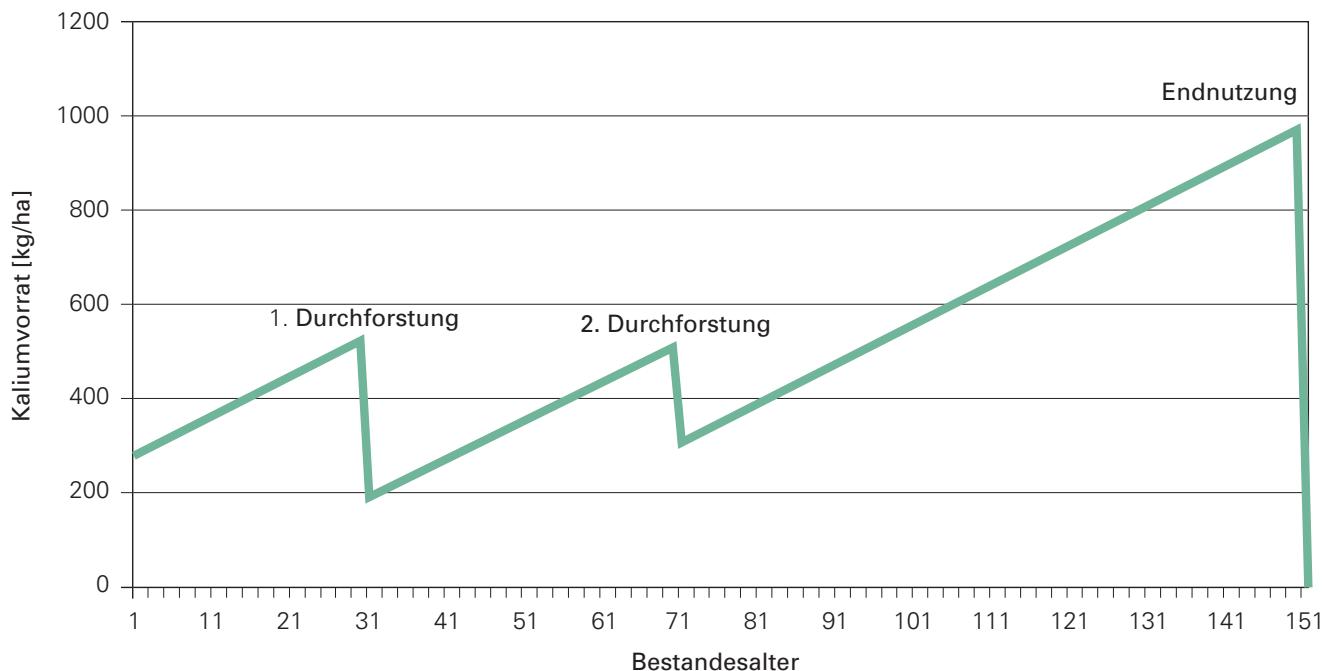


Abbildung 3: Entwicklung des Kaliumvorrats für einen Beispielstandort über die Umtriebszeit (U= 150 Jahre); Unterstellt wird Vollbaumernte in Vor- und Endnutzung.

Checkliste und Empfehlungen

Grundsätzlich sollte vor jedem Einsatz der Vollbaumernte eine einfache Standortsbeurteilung durchgeführt werden. Die folgende Checkliste führt Kriterien an, die auf standörtliche Einschränkungen in Hinblick auf die Biomasse-Ernte hinweisen:

- Bodentyp Semipodsol, Podsol, Ranker, Bachauboden
- Boden seichtgründig (Gründigkeit < 30 cm)
- Boden mit hohem Grobanteil (Grus, Steine, Blöcke; mehr als 40 % des Bodenvolumens)
- Grundgestein nährstoffarm (z.B. Granit, Gneis, Quarzit, Quarzphyllit, Serpentin, sehr reine Kalke und Dolomite)
- historische Waldnutzungen (Schneitelung, Streunutzung)
- kühles Klima (→ langsamere Verwitterung und Nährstoffnachlieferung)
- niederschlagsarmes Klima (→ geringere Nährstoffeinträge)
- Relief: Kuppe, Oberhang, Rücken, Riedel

Je mehr Kriterien zutreffen, desto wahrscheinlicher ist es, dass am Standort die Vollbaumernte problematisch ist oder unterbleiben soll. Wenn also begründete Zweifel bestehen, ob Biomassenutzung möglich ist, sollten die Nadel- und Blattmasse, wenn möglich auch das Feinreisig, da hier ein Großteil der Nährstoffe gebunden ist, überhaupt im Wald verbleiben. Praktisch hieße das:

- Krone(nnteile) und/oder den Zopf (>7 cm) im Bestand belassen,
- Vollbaumernte nicht bei jeder Nutzung (vor allem nicht in der Durchforstung) anwenden
- oder Vollbaumnutzung nur auf Teilen der Nutzungsfläche durchführen.

Einschränkungen für die Vollbaumernte können aus standortskundlicher Sicht auch aus anderen Gesichtspunkten als der Nährstoffversorgung (zum Beispiel Bodenverdichtung, Erosion) gegeben sein.

Auch die ökonomischen Grenzen von Zuwachsverlusten dürfen nicht übersehen werden. In einer Untersuchung der Universität für Bodenkultur konnte bei konsequenter Entnahme von Reisig und Nadelmasse aus jungen Fichtenbeständen ein Zuwachsverlust von 10 % nach drei Jahren, von 20 % nach 20 Jahren nachgewiesen werden. Hier gilt es, mögliche Mehrerlöse gegen mögliche Zuwachsverluste und geringere Standortsproduktivität in der Zukunft abzuwagen.

Literatur

Englisch, M.; Reiter, R. (2009): Standörtliche Nährstoff-Nachhaltigkeit bei der Nutzung von Wald-Biomasse. BFW-Praxisinformation 18, Wien: 13-15.

Meiwes, K.J.; Asche, N.; Block, J.; Kallweit, R.; Kölling, C.; Raben, G; v. Wilpert, K. (2008): Potenziale und Restriktionen der Biomassenutzung im Wald, AFZ (63) 11, 598-604.

Linktipp

BFW-Praxisinformation 18: Holz- und Biomassenaufkommensstudie für Österreich -
<http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=7780>

Dipl.-Ing. Dr. Michael Englisch, Dipl.-Ing. Rainer Reiter, Institut für Waldökologie und Boden, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien, E-Mail: michael.englisch@bfw.gv.at

Boden unter Druck – sind Bodenschutz und Holzernte vereinbar?

NIKOLAUS NEMESTOTHY

Forstwirtschaftliche Aktivitäten werden von der Gesellschaft zunehmend kritisch beobachtet und die sichtbare Zerstörung des Oberbodens durch Maschineneinsatz – auch wenn dies nur partiell geschieht – als nicht notwendige Zerstörung des Kulturgutes Boden aus reiner Profitsucht gewertet. Die Pferderückung und berührungslose Bringung (Tragseil) werden als Lösungsansatz eingemahnt.

Man darf getrost feststellen, dass den Forstleuten die Vermeidung von Bodenschäden nicht weniger wichtig wäre, ist doch der Boden ihr wichtigster Produktionsfaktor. Aber die Rahmenbedingungen – Halbierung des realen Holzpreises binnen 30 Jahren bei laufend steigenden Kosten (Abbildung 1) – haben zum wirtschaftlichen Überleben der Betriebe den Einsatz lohnexternsiverer Holzerntetechnologien und die Hinnahme damit verbundener Kompromisse erzwungen. Und dies nicht nur zur eigenen wirtschaftlichen Absicherung, sondern auch volkswirtschaftlich gesehen (Rohstoffversorgung, Arbeitsplätze, Schutz vor Naturgefahren) als einzige Alternative zum Subventionsbetrieb oder Stillstand.

2005 wurden bereits 238 Harvester in Österreichs Wäldern gezählt (Pröll, 2006); 2008 rund 260 Maschinen - mit einer deutlicher Verschiebung zu schweren Maschinen, die auch in der Endnutzung und speziell bei Sturmholz eingesetzt werden.



Foto: BFW/Jiríkowský

Bodenschäden nach Maschineneinsatz

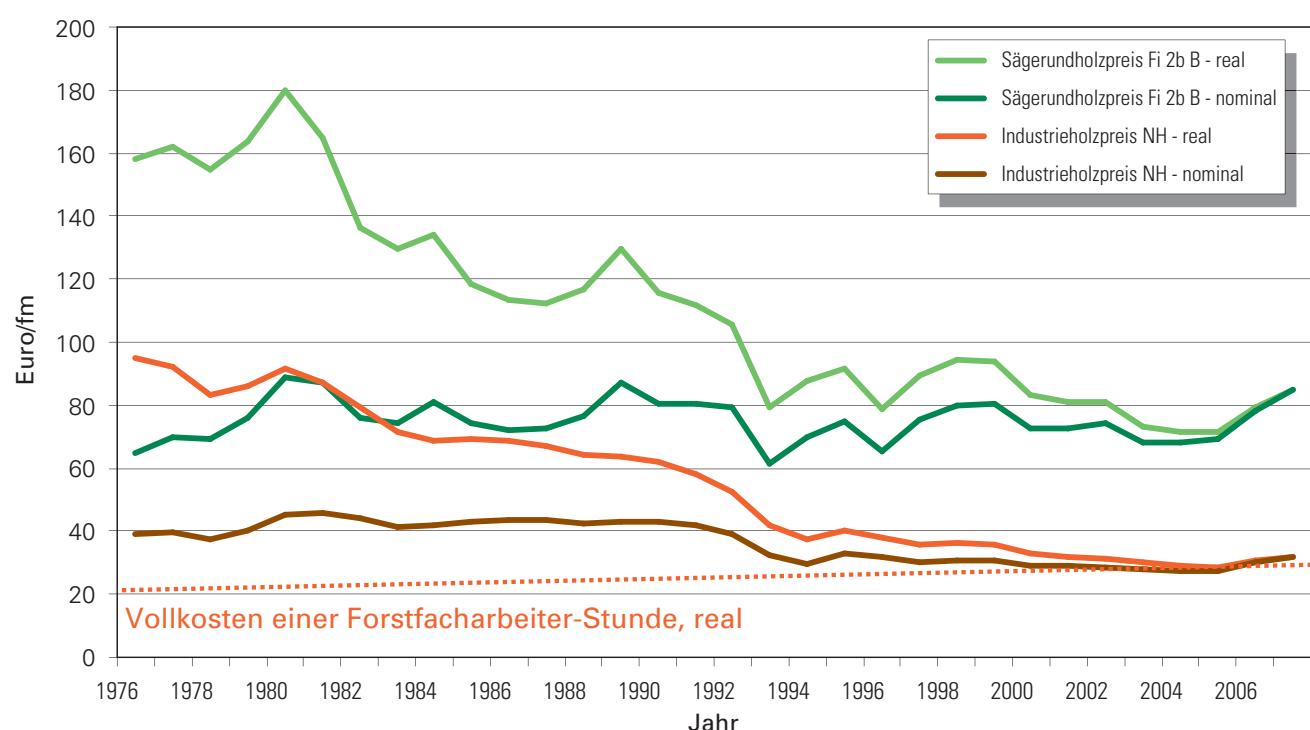


Abbildung 1: Holzpreisentwicklung 1976 bis 2007, nominal und real (Quelle: Holzmarkberichte der LKO, eigene Berechnungen)

Die Entwicklung der Waldböden ...

... ein Jahrtausende dauernder Prozess! Ein äußerst sensibles, für die Wasser- und Nährstoffspeicherung und somit für Bodeneigenschaften und Pflanzenernährung entscheidendes Produkt der Bodenentwicklung sind die Tonminerale. Plättchenartige, schichtweise aufgebaute Minerale, die überwiegend kleiner als 0,002 mm und porös gelagert sind. Bei entsprechendem Wassergehalt sind die Tone plastisch und werden unter mechanischer Beanspruchung verdichtet (Abbildung 2).

Die Poren zwischen den Tonplättchen enthalten Luft und/oder Wasser, wobei der Anteil der Luft bis zu 60 % betragen kann. Der Luftanteil im Boden ist für die Durchwurzelung und für die meisten Bodenlebewesen entscheidend (Abbildung 3).

Im Falle der Verdichtung trifft es stets den Luftanteil, die Folgen sind eine Beeinträchtigung der biologischen Aktivität und ein Zuwachsverlust (Abbildung 4).

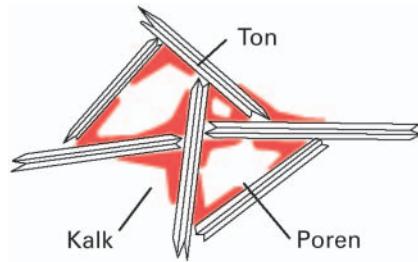


Abbildung 2a: Lagerungsschema von dreischichtigen Tonmineralen

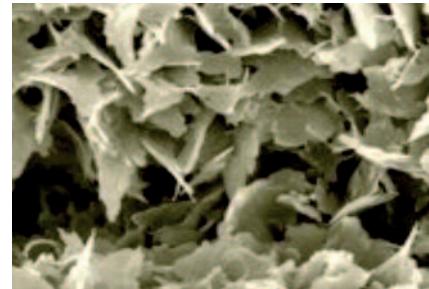


Abbildung 2b: Mikroskopische Darstellung von Tonmineralen

Münchener und Freiburger Schule haben unterschiedliche Ansichten

Eine gewisse Verunsicherung bezüglich Befahrbarkeit der Böden haben die unterschiedlichen Ansichten der Münchener und der Freiburger Schule hinterlassen. Während die eine These vertrat, dass unter bestimmten Voraussetzungen der Waldboden befahren werden kann (auch flächig?), postuliert die zweite die unbedingte Beschränkung der Befahrung auf Feinerschließungslinien und darüber hinaus die achtsame Nutzung dieser, um ihre Befahrbarkeit nicht zu gefährden.

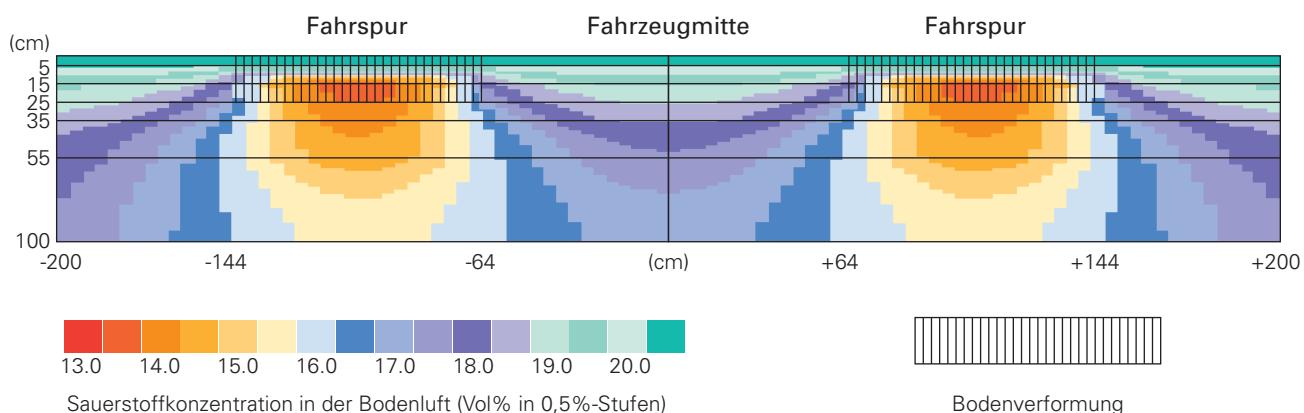


Abbildung 3: Rückgang der Sauerstoffversorgung in der Fahrspur (Schäffer, 2002)

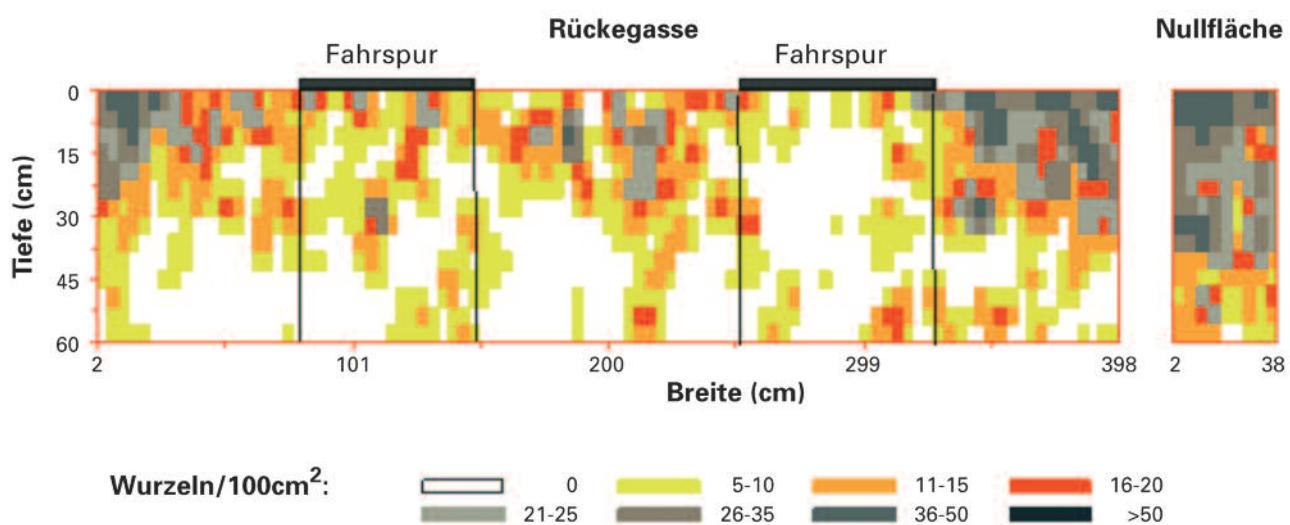


Abbildung 4: Rückgang der Bewurzelungsintensität in der Fahrspur (Schäffer, 2002)

Versuche der Münchner Schule, einfache Bestimmungsrichtlinien für die Befahrbarkeit zu entwickeln, gründeten auf folgenden Überlegungen:

- Für jeden Boden gilt eine kritische Belastungsschwelle, die von Bodenart, Bodenfeuchte und Plastizität abhängig ist.
- Strukturveränderungen können mit technischen Maßnahmen wie geringem Reifeninnendruck, großer Reifenbreite, weichen Reifenkarkassen (geringes Ply-Rating), großem Reifendurchmesser, Boggiebändern, Raupenfahrwerk, Reisigmatten und Ähnlichem auf ein duldbares Maß reduziert werden.

Jüngere Untersuchungen haben gezeigt, dass tiefgründige, empfindliche Böden (also gute Standorte) schon durch einmaliges Befahren (mit Breitreifen) nachhaltig beeinträchtigt werden können und intensivere Befahrung, wie sie nach Windwurfereignissen erfolgte, nach mehr als 25 Jahren noch deutliche Beeinträchtigungen des Bodens unter Fahrspuren hinterlässt (Schäfer, 2003).

Fazit der Wissenschaft anlässlich eines KWF-Workshops im Februar 2008:

- Bodenbelastungen durch Forstmaschinen sind unvermeidbar.
- Auf Grund der Dynamik der Maschinenkräfte und der Heterogenität der Böden ist keine realistische Beurteilung der bedenkenlosen Befahrbarkeit möglich.

- Flächiges Befahren ist eine potenzielle Gefahr für die nachhaltige Gewährleistung der Waldfunktionen – auch und vor allem der Ertragsfunktion.
- Befahrung muss daher unbedingt auf Feinerschließungslinien beschränkt bleiben.
- Bei pfleglicher Nutzung ist der Ressourcenverlust durch Fahrlinien geringer als ihr Flächenanteil.

Die Aufgabe der Forschung und Entwicklung ist es daher, Richtlinien und Techniken zur Erhaltung der Befahrbarkeit der Rückelinien und nicht mit dem Ziel der flächigen Befahrung des Waldbodens weiter zu entwickeln.

Konkrete Maßnahmen zur Vermeidung von Bodenschäden

Die Befahrung kann aus wirtschaftlichen Gründen nicht gänzlich vermieden oder auf wenige Tage im Jahr, an denen die Verhältnisse Bodenschäden verhindern (z.B. gefrorener Boden), beschränkt werden.

Deshalb ist die **Festlegung der Befahrung auf Linien** mit möglichst geringem Anteil an der Produktionsfläche die vordringlichste Maßnahme. Für die Vollmechanisierung ist der Abstand von 20 m mit einer Gassenbreite von 4 m üblich. Dies bedeutet einen Flächeneinsatz von 20 %. Bei konsequenter Einhaltung der Gassen – auch bei Windwurfaufarbeitung und Kahlheib – bleiben 80 % der Fläche frei von jeglicher Befahrung und damit Bodenverdichtung.

	Spurtyp 1	Spurtyp 2	Spurtyp 3
Merkmale	Elastische Verformung meist nur Stollenabdrücke	Plastische Verformung deutliche Eintiefung	Grundbruch ausgeprägte randliche Aufwölbung
Erscheinungsbild			
Typisches Spurbild	Spurtyp 1	Spurtyp 2	Spurtyp 3
Wassergehalt	gering	mittel	hoch
Tragfähigkeit	hoch	mittel - gering	nicht ausreichend
Risiko	gering	mittel - hoch	Bodenschaden unvermeidbar
Befahrung	immer	zu prüfen	nie

Abbildung 5: Wurftest nach LWF, Merkblatt 22, 2007

Die **Erhaltung der Befahrbarkeit** der Gassen ist zur Vermeidung zusätzlicher Flächenverluste unabdingbar. Je geringer die Bodenschäden in der Gasse sind, desto stärker kann diese von angrenzenden Bäumen als Wurzelraum genutzt werden.

Eine **Standortkartierung** ermöglicht einen Überblick über die Bodenarten und damit über die Tragfähigkeit der Böden bei verschiedener Bodenfeuchte in einem Betrieb oder Gebiet. Je feiner und feuchter der Boden und steiler der Standort, desto gefährdeter der Boden. Die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) empfiehlt unmittelbar vor der Befahrung einen einfachen Test durchzuführen, indem ein aus dem zu befahrenden Bodenmaterial geformtes Kugelchen mit mäßigem Schwung an eine glatte Oberfläche geworfen wird. Das Erscheinungsbild des Kugelchens nach dem Wurf gibt einen Hinweis auf die Befahrbarkeit des Bodens (Abbildung 5, Seite 11).

Maschinenkenndaten entscheiden über Einsetzbarkeit

Breite und Gewicht, Fahrwerk, Steigungsfähigkeit sowie Reichweite, Hubmoment, Fäll- und Aufarbeitungsdurchmesser sind nicht nur für die Eignung für einen bestimmten Einsatz entscheidend, sondern auch für die Beeinträchtigung des Bodens (Abbildung 6).

Geringes Gewicht auf möglichst große Kontaktfläche verteilt bei minimalem Kippmoment wäre für den Boden ideal – ist für die Leistungsfähigkeit fatal. Da braucht es Gewicht, um die gewünschte Reichweite und das entsprechende Hubmoment auszugleichen. Die Folge sind kurzzeitige Druckspitzen auf ein Rad, einen Bogen oder ein Kettenlaufwerk, die das Mehrfache des Maschinengewichtes betragen können.

Auch die **Hangneigung** beeinflusst die Druckverteilung auf die Räder bzw. Laufwerke ungünstig.

Rad bzw. Kettenlaufwerk sind für die Übertragung des Druckes auf den Boden verantwortlich. Je größer die Kontaktfläche, desto geringer der Druck/cm². Mit wachsendem Durchmesser, Breite und Auflast sowie sinkendem Reifenfülldruck wächst die Kontaktfläche.

Die **Verteilung des Kontaktflächendruckes** folgt auf weicher Unterlage sowohl in Laufrichtung als auch der Breite des Rades nach der Form einer Glockenkurve, wobei die Höhenausprägung der Kurve, das heißt die Konzentration der Druckspitzen, in der Mitte der Kontaktfläche mit Reifeninnendruck und Auflast zunimmt (Jacke, Ebel, 2006).

Reisigauflagen auf der Rückegasse reduzieren den Bodendruck proportional zur Zunahme der Reisigmasse. Gute Druckreduktion wird bei 15 bis 20 kg Reisig pro m² erzielt (Jacke, Sengpiel, Brokmeier 2008).

Diese Reisigmasse ist jedoch nicht realistisch. Nach exemplarischen Berechnungen sind auch in Fichten-erstdurchforstungen – bei vollständiger Konzentration auf der Gasse – nur 6 bis 7 kg Reisigmasse pro m² möglich. Diese Auflagemasse ermöglicht nur geringe Druckreduktion, kann aber einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Befahrbarkeit der Rückegassen leisten und unschöne Bodenverwundungen durch Schlupf verhindern.

Traktionshilfen werden häufig eingesetzt, wenn der Boden sonst nicht befahrbar wäre oder der Einsatzort im Grunde zu steil ist. Dies führt oft zu schweren Bodenschäden. Davon sind auch Bögebänder nicht auszunehmen, da die ihnen nachgesagte Vergrößerung der Auflagefläche rein technisch erst bei entsprechendem Einsinken der Räder zur Wirkung kommen kann.

Holzanfall		Baum-dimensionen	mittlere bis gute Bodentragfähigkeit					
			Bodenrauigkeit					
			gering				mittel	
			30 %	40 %	50 %	60 %	> 60 %	
Kurzholz	hoch	Baumholz			Raupen-harvester mit (Seil-) Forwarder			
		– stark						
		– mittel						
	mittel	– schwach		Radharvester mit Forwarder			Raupen-harvester mit Seilgerät oder Logline	
		Stangenholz						Schreitharvester mit Seilgerät
	gering	–		Motorsäge mit Schlepper				
Langholz	hoch	Baumholz		Raupenharvester mit Schlepper			Motorsäge mit Seilgerät	
	gering	mittel – stark		Motorsäge				

Abbildung 6: Verfahrensauswahl in Abhängigkeit von Holzanfall, Bodentragfähigkeit und Hangneigung (Quelle: Jirikowski)





Abbildung 7: Grundsätze für den bodenschonenden Maschineneinsatz

Foto: BFW/Jirkowski

Zusammenfassung

Die durch wirtschaftliche Zwänge etablierte Voll- und Teilmechanisierung in der Holzernte mit laufend zunehmendem Maschinengewicht führt trotz 6-, 8- oder 10-Rad und Niederdruck-Breitreifen zu großen Druckbelastungen auf den Waldboden und damit zu irreversiblen Verdichtungen, die noch Jahrzehnte nachwirken.

Die einzige gesicherte Möglichkeit, nachhaltige Schäden am Wald zu vermeiden, liegt in der Konzentration der Fahrbewegungen auf festgelegte Fahrlinien, die nicht verlassen werden dürfen.

Technische Hilfsmittel wie Breitreifen, Reisigauflagen und Biegebänder sowie organisatorische Maßnahmen können zur Erhaltung der Befahrbarkeit der Gassen beitragen – nicht jedoch Verdichtungsschäden gänzlich verhindern.

Zur Vermeidung von Produktionsflächenverlusten dürfen einmal angelegte Rückelinien nicht verlassen werden!

Literatur

- Borchert, H.; Blaschke, M.; Metan, M. (2008): Wurzelverletzungen unter Raupe und Rad, LWF aktuell 67/2008
- Borchert, H.; Metan, M. (2008): Kein Luftdruck für alle Fälle, LWF aktuell 67/2008
- Ebel, A. (2006): Druckverteilung auf Kontaktflächen unter Forstreifen, Dissertationsschrift an der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Georg August-Universität Göttingen

Erler, J.; Güldner, O. (2002): Technologisch differenzierte Standorte - der Weg zu einem Vertragsbodenschutz?, AFZ-DerWald 2002

Hildebrand, E.E. (2003): Bodenbelüftung und Durchwurzelung, Vortrag anlässlich des FVA-Kolloquiums „Befahrung von Waldböden, Technikfolgenabschätzung und Erschließungssysteme“ am 8./9.7.2003

Jacke, H. (2008): Radlos – wie viel Druck vertragen Mensch und Boden?, Forst & Technik 11/2008

Jacke, H.; Ebel, A. (2006): PrAllCon: Neues über Reifen im Forst, Teil 1 bis 3, Forst & Technik 1/2/3/2006

Jacke, H.; Sengpiel, A.; Brokmeier, H. (2008): Zur Druckverteilung unter Reisigmatten, Forst & Technik 10/2008

Kremer, J.; Wolf, B.; Matthies, D.; Borchert, H. (2007): Bodenschutz beim Forstmaschineneinsatz, LWF-Merkblatt 22

Schack-Kirchner, H.; Hildebrand, E.E. (1994): Bodenschäden beim Harvester- und Forwardereinsatz, Forst & Technik 2/1994

Schäffer, J. (2002): Befahren von Waldböden – ein Kavaliersdelikt? Der Waldwirt 29 (12), 21-23

Weise, G. (2008): Entwicklung und Einsatz von Forstreifen, LWF aktuell 67/2008

Dipl.-Ing. Nikolaus Nemestothy, Fachbereich Forsttechnik, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Johann Orth-Allee 16, 4810 Gmunden, E-Mail: nikolaus.nemestothy@bfw.gv.at

Waldernährung und Bodenverbesserung: Düngung, Kalkung, Pflanzenasche

FRANZ MUTSCH

Waldökosysteme sind seit Hunderten von Jahren menschlichen Einflüssen und Belastungen ausgesetzt. Können diese Störungen von den Wäldern nicht mehr abgepuffert werden, so treten Degradationen auf. Über die Zufuhr von Nährstoffen kann ungünstigen Entwicklungen gegengesteuert werden.

Nährstoffmangel und Bodenversauerung als Folge historischer Landnutzungsformen

Die Nutzung des Waldes für die Ernährung des Menschen in Form von Waldweide und Schneitelung sowie Streunutzung führte dazu, dass dem Wald große Nährstoffmengen entzogen wurden. Die Folgen für die Wälder:

- Laubbaumreiche Mischwälder wurden von Nadelwäldern, wie etwa anspruchslosen Kiefernwäldern, abgelöst (Abbildung 1).
- Auch wenn Streunutzung und Schneitelung längst nicht mehr durchgeführt werden, so wirken deren Folgen bis heute nach. Der ursprüngliche Basen- und Nährstoffzustand unserer Wälder wird nur langsam wieder hergestellt. Bodenzustandsinventuren zeigen dies auf (Abbildung 2).



Foto: BFW/Stadler

Abbildung 1: Föhrenwald mit Besenheide

Der große Holzbedarf in der frühindustriellen Epoche begünstigte Großkahlschlagwirtschaft und Nadelbaum-Monokulturen.

Nährstoffmangel als Folge schlechter Waldnutzung

Nährstoffmangel in heranwachsenden Beständen kann dadurch ausgelöst werden, dass auf an sich guten, aber nährstoffverarmten Standorten anspruchsvolle Bestände begründet werden, deren Nährstoffbedarf aus dem Boden nicht gedeckt werden kann. Ebenso können Kahlschläge zu Nährstoffverarmung führen, weil der Schlagrücklass relativ rasch mineralisiert wird und die freigesetzten Nährstoffe nur zum Teil gespeichert werden können.

Nährstoffmangel und Bodenversauerung durch neuzeitliche Luftverschmutzungen

führen zu

- weiterer pH-Absenkung im Boden,
 - weiterer Auswaschung von Nährlementen und
 - Unausgewogenheit in den Nährlementverhältnissen.
- Ein aus den oben genannten Gründen entstandener Nährstoffmangel und eine folglich reduzierte Vitalität der Bestände können zu **Folgeschäden** wie Pilz- und Insektenbefall führen. Dadurch verlieren die Bestände weiter an Vitalität.

Waldernährung im Wirtschaftswald

Die traditionelle Holzproduktion führt zu durchschnittlichen Biomasseentzügen von etwa 2-8 t Trockenmasse je ha und Jahr und kommt somit an landwirtschaftliche Erträge mittlerer und schlechter Böden heran. Der Unterschied liegt also nicht in der entzogenen Biomasse, sondern in deren Qualität: Im Holz ist nur ein Minimum an Nährstoffen gebunden. Die Entzugszahlen an Nährstoffen in der forstlichen Produktion sind daher ungleich geringer als in der Landwirtschaft. Aufgrund dieser Tatsache kann auf den meisten Waldstandorten nachhaltige Forstwirtschaft ohne Düngung betrieben werden.

Der aktuelle Bodenzustand

Im Rahmen des europäischen Waldboden-Monitoringprojektes BioSoil wurden 2006/07 der aktuelle Waldbodenzustand und seine Veränderungen in einem Zeitabstand von rund 20 Jahren untersucht. Erste Zwischenergebnisse zeigen für den Auflagehumus (FH-Horizont) eine zum Teil deutliche Zunahme der Basensättigung (Abbildung 2). Oberhalb der roten Linie sind die Flächen mit einer Zunahme der Basensättigung, darunter die Flächen mit einer Abnahme der Basensättigung ausgewiesen. Mögliche Ursachen für das sich Erholen der Böden: die Streu wird seit rund einem halben Jahrhundert nicht

mehr genutzt und die Luftverschmutzung wurde Ende des vergangenen Jahrhunderts deutlich verringert.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über Nährelementvorräte in silikatischen österreichischen Waldböden (Anzahl der untersuchten Böden: 97). Die Angaben beziehen sich auf die Mittelwerte in Masse/ha, aufsummiert nach Tiefen. Zusätzlich angeführt sind die 5er- und 95er-Perzentile. Datenquelle ist die Bio-Soil-Auswertung 2009, Datengrundlage sind die Geländeerhebungen 2006/07. Den Elementvorräten sind die Bandbreiten der durchschnittlichen Entzüge pro Jahr und mögliche Düngergaben gegenüber gestellt. Insbesondere die Vorräte im Auflagehumus sollten der Waldvegetation bei einem intakten Nährstoffkreislauf sehr rasch wieder zur Verfügung stehen.

Düngung

Mit der Düngung soll der Zustand degraderter Böden und geschädigter Bestände soweit wieder hergestellt werden, dass eine ökologisch nachhaltige Nutzung ohne Düngung möglich wird. Waldbauliche Maßnahmen allein können bei starken Degradationen kaum oder nur langfristig den gewünschten Erfolg herbeiführen. In solchen Fällen ist die Kombination aus waldbaulichen Maßnahmen und standortsangepasster Düngung erforderlich. Dabei dient Düngung nicht allein der Zufuhr von Nährelementen, sondern auch dem Ankurbeln des Nährstoffkreislaufs. Angestrebt wird:

- Aufbasung versaurter Böden,
- Zufuhr mangelnder Nährstoffe, Mobilisierung vorhandener Nährstoffe,
- Verbesserung der Humusform, Erhöhung der bodenbiologischen Aktivität, Beschleunigung des Stoffkreislaufs,

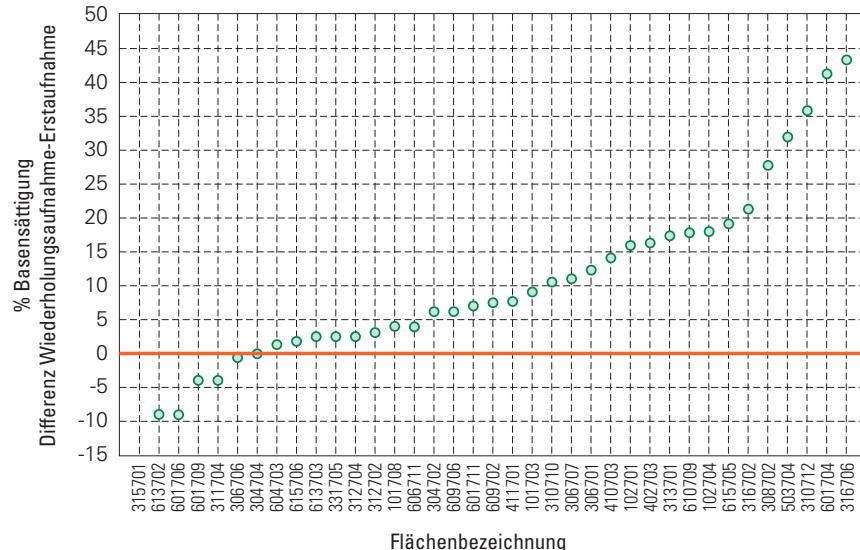


Abbildung 2: Differenz der Basensättigung zwischen Erstaufnahme (1987-89) und der Wiederholungsaufnahme (2006-07) für einzelne Beobachtungsflächen

- Vermehrung lebender Biomasse, Humusaufbau und
- Einbindung in ein waldbauliches Gesamtkonzept.

Kalkung

Die Kalkung wirkt stimulierend auf das Bodenleben, erhöht den Regenwurmbesatz, verändert die Bodenfauna positiv und führt zu einer artenreicherem Bodenvegetation. Durch Humusumwandlung kann die Austauschkapazität erhöht, der Benetzungswiderstand von Rohhumusdecken vermindert und dadurch der Wasserhaushalt günstig beeinflusst werden. Doch können auch negative Effekte auftreten: Zu rasche Humusmobilisierung und Nitratauswaschung, Schockwirkung auf Bodenleben und Wurzeln durch abrupten Milieuwechsel (pH-Anstieg).

Bei einer Basensättigung (%BS) im Mineralboden < 12 % kann im Allgemeinen eine Kalkung mit kohlen-saurem Magnesium-Kalk zur Aufbasung und für die Ankurbelung des Nährstoffkreislaufs günstig wirken. Die notwendigen Aufwandmengen liegen zwischen 2 t - 3 t CaCO₃-Äquivalent/ha. Waldbauliche Maßnahmen sollten gegebenenfalls überlegt werden.

Tabelle 1:
Nährelementvorräte in silikatischen österreichischen Waldböden: Auflagehumus plus Mineralboden (MB) – Mittelwerte inklusive 5er und 95er Perzentile (in Klammer), mittlere Entzüge pro Jahr und mittlere Düngergaben

Element	Nur Auflagehumus	Auflagehumus + MB bis 20 cm	Auflagehumus + MB bis 80 cm	Entzüge pro Jahr	Düngergaben
Org. C [t/ha]	26 (2-67)	86 (30-160)	135 (50-250)	—	—
Gesamt-N [t/ha]	1 (0,1-3,0)	5 (2-8)	9 (3-17)	~ 0,004 bis 0,02	~ 0,1
säurelös. P [kg/ha]	65 (4-170)	920 (400-2200)	3000 (1000-9000)	~ 0,02 bis 2	~ 40
säurelös. K [kg/ha]	90 (7-280)	3700 (1000-12000)	17000 (2300-55000)	~ 2 bis 20	~ 80
säurelös. Ca [kg/ha]	350 (30-1200)	2700 (260-11000)	10000 (600-36000)	~ 5 bis 300	~ 600 bis 1000
säurelös. Mg [kg/ha]	150 (7-600)	9000 (1000-23000)	38000 (9000-110000)	~ 0,5 bis 2	~ 300 bis 500

Pflanzenasche

Aufgrund des hohen Anteils an Ca und Mg in Pflanzenaschen sind ähnliche Wirkungen wie bei Kalkungen zu erwarten. Für die Aufbringung gelten daher ähnliche Kriterien. Pflanzenasche kann überall dort eingesetzt werden, wo eine Aufbasung und Erhöhung des pH-Wertes erwünscht ist.

Im Sinne geschlossener Nährstoffkreisläufe ist die Rückführung dieser Aschen mit ihren hohen Gehalten an Pflanzennährstoffen auf land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen grundsätzlich sinnvoll. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass bestimmte Qualitätskriterien eingehalten werden. In der Arbeitsgruppe Pflanzenaschen des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz im BMLFUW wird gegenwärtig an der Neuformulierung eines Leitfadens gearbeitet, der Heizwerkbetreibern, Beratern und Behördenvertretern sowie Land- und Forstwirten als praktische Entscheidungsgrundlage dienen soll. Diese Empfehlung wird Anfang 2010 vorliegen.

Literatur vom Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz

- Düngung im Wald, Teil I (1989)
- Düngung im Wald, Teil II (1995)
- Wald(boden)sanierung (2001)
- Düngung im Forstgarten (1990)
- Düngung von Energieholzkulturen (1991)
- Sachgerechter Einsatz von Pflanzenaschen im Wald (1997)
- Empfehlungen für die sachgerechte Düngung von Christbaumkulturen (2008)

Dr. Franz Mutsch, Institut für Waldökologie und Boden, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien, E-Mail: franz.mutsch@bfw.gv.at

www.bodenlehrpfad.at



Führungen durch den Waldbodenlehrpfad Taferlklause

Für Schulen bietet die Forstliche Ausbildungsstätte Ort bei Gmunden Führungen durch den Waldbodenlehrpfad Taferlklause an. Der Lehrpfad liegt zwischen Traun- und Attersee am Fuße des Höllengebirges.

Erklärt wird:

- Was ist Boden?
- die Bodenentstehung
- wichtige Bodentypen und deren Erkennung
- Bodenlebewesen

Es kann auch ein Workshop zum Thema Boden mit einfachen Versuchen zu physikalischen Bodeneigenschaften organisiert werden.

Zielgruppe

- Schülerinnen und Schüler, zehn- bis vierzehnjährig
- Bei Interesse auch Altersgruppe 3. und 4. Volksschulklassen
- Preis: € 3,- je Schüler und Halbtag

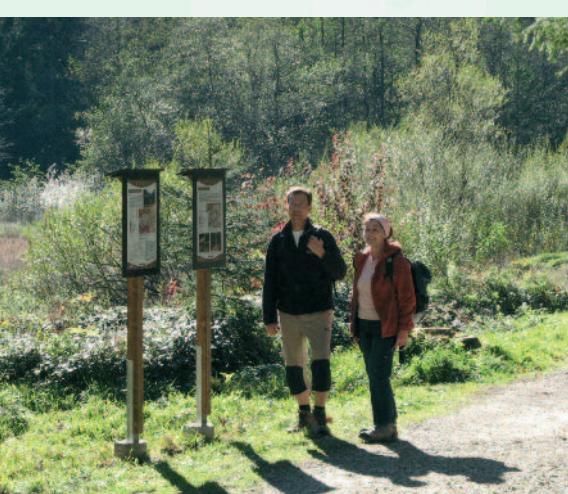
Termine

Ab April (nach Ausaperung) bis Oktober, Dauer: 1 bis 3 Stunden

Kontakt

Forstliche Ausbildungsstätte Ort, 4810 Gmunden, Johann Orth Allee 16
fastort@bfw.gv.at, Tel. 07612/64419-0

www.bodenlehrpfad.at und www.fastort.at



Die Möglichkeit den Standort zu erkennen – Forstliche Standortskartierung

MICHAEL ENGLISCH

In der forstlichen Planungspraxis ist die Standortskartierung ein wichtiges Werkzeug. Sie erfasst die Wuchsbedingungen eines Waldstandortes hinsichtlich Klima, Wasser- und Nährstoffversorgung – das Standortspotenzial - sowie Gefährdungen, wie zum Beispiel Windwurfgefahr. Ihre Aufgabe ist die Beschreibung, Klassifizierung und flächenhafte Darstellung der Waldstandorte. Sie ist eine Naturrauminventur und Grundlage für viele Planungen und Entscheidungen, die den Wald betreffen.

Die Kernanwendung liegt in der multifunktionalen Forstwirtschaft auf betrieblicher Ebene: An den Wuchsbedingungen orientiert, empfiehlt die Standortskartierung geeignete Bestockungen mit Baumarten oder deren Mischungen, die am gegebenen Standort die besten ökologischen und ökonomischen Erfolgsaussichten haben. Ziel ist damit die nachhaltig optimale Nutzung der Standortsproduktivität bei Minimierung des Bewirtschaftungsaufwandes. Die Standortskartierung bildet die Schnittstelle zu Forsteinrichtung und Waldbauplanung.

Auf überbetrieblicher Ebene stehen Informationen zur Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion, zur Erhaltung und Wiederherstellung der Stabilität und Leistungskraft von Waldökosystemen, zu Wasser- und Erholungsmanagement sowie zur forstlichen Raumplanung und Landschaftsplanung und gegebenenfalls zu Natur- und Umweltschutz im Vordergrund.

Von der Theorie...

Die Wachstumsfaktoren – das Licht-, Wärme-, Wasser- und Nährstoffangebot – können nicht direkt oder nur mit sehr hohem Aufwand ermittelt werden. Daher werden Standortsmerkmale, die direkt gemessen werden können oder einfach zu erheben sind, verwendet, um die Wachstumsfaktoren „zusammenzusetzen“ (Abbildung 1). So kann beispielsweise das Nährstoffangebot über die Aufnahme der geologischen Verhältnisse, der Bodeneigenschaften, der Zusammensetzung der Bodenvegetation oder die chemische Analyse von Bodenproben ermittelt werden. Informationen zur Nutzungsgeschichte eines Standorts geben Hinweise auf anthropogene Veränderungen des Standorts. Standorte mit weitgehend ähnlichen Wachstumsfaktoren bzw. Standortsmerkmalen werden zu einer Standortseinheit zusammengefasst. Unterscheiden sich die Wuchsbedingungen zwischen einzelnen Standorten so wesentlich, dass die natürliche Waldgesellschaft oder die Baumartenmischung, die Wuchsrelationen zwischen den einzelnen Baumarten, das Gefährdungs- bzw. Leistungspotenzial bzw. die waldbaulichen Möglichkeiten anders sind, so werden unterschiedliche Standortseinheiten gefasst. Abbildung 2 veranschaulicht am Beispiel eines ökologischen Gradienten (vom frischen, tiefgründigen Unterhangstandort zum trockenen, seichtgründigen Oberhangstandort), wie dem Wasserangebot entsprechend unterschiedliche Waldgesellschaften ausgebildet sind und drei Standortseinheiten unterschieden werden.

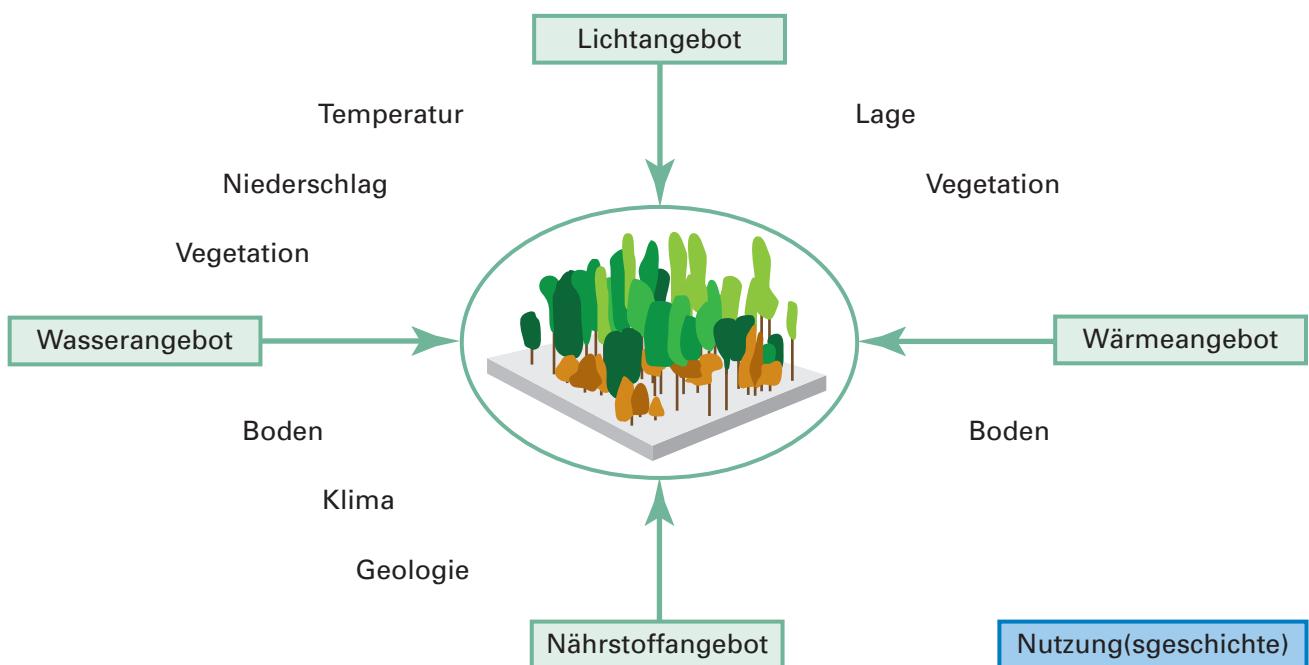


Abbildung 1: Die Wachstumsfaktoren (grün umrahmt) und ihre wesentlichen Einflussfaktoren

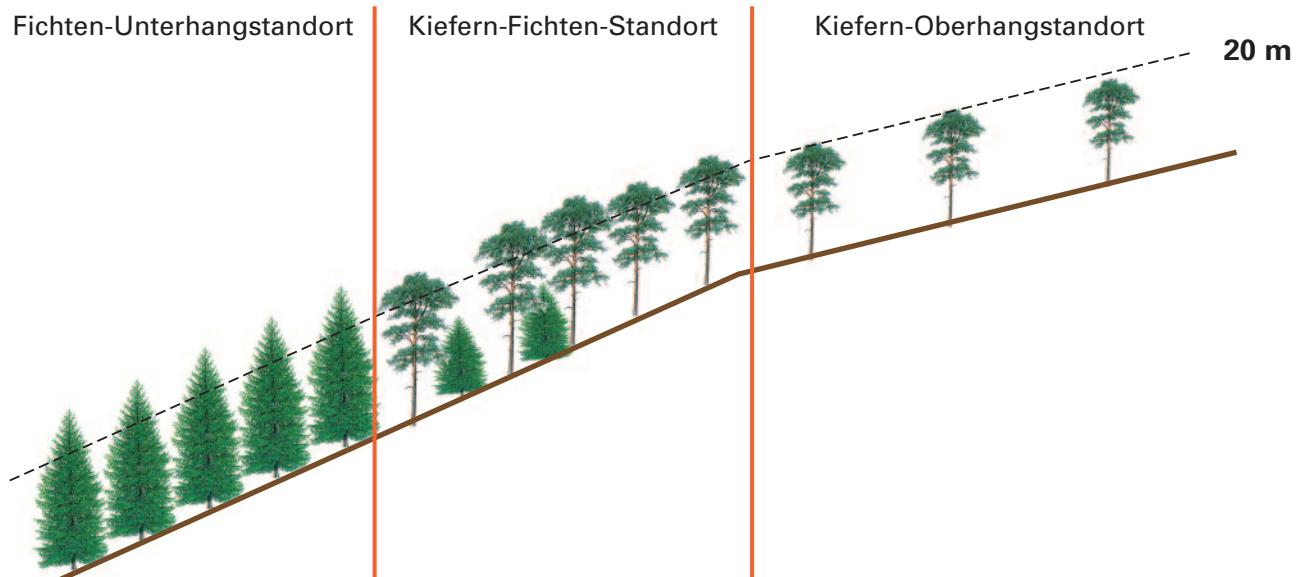


Abbildung 2: Verteilung von Waldgesellschaften und Standortseinheiten entlang eines ökologischen Gradienten

..zur Durchführung

Die forstliche Standortskartierung umfasst vier Schritte:

- **Auswertung der Grundlagen:** Wesentliche Grundlagen der Standortskartierung sind Klimadaten und -karten, hier vor allem Niederschlags- und Temperaturkarten (30-jähriges Mittel, Extremereignisse), geologische Karten und das digitale Höhenmodell. Diese ersparen aufwändige Messungen und Erhebungen der Standortsmerkmale im Gelände. Dazu kommen Informationen zur regionalen Waldgeschichte, Forsteinrichtungswerke, Forstinventuren und Einzeluntersuchungen (wie Boden- und Vegetationsuntersuchungen). Auf Basis dieser Informationen kann die Verteilung der Flächen für die standortskundliche Erhebung im Gelände festgelegt werden. Die oben genannten Daten und Informationen ermöglichen es, diese an „hot spots“ oder entlang von ökologischen Gradienten oder Transekten anzulegen und so mit geringem Aufwand die standortskundliche Bandbreite des Kartierungsgebiets vollständig abzudecken.

- **Standortserhebung im Gelände:** Auf den ausgewählten Flächen werden Standotsaufnahmen durchgeführt. Diese umfassen Informationen zur Lage (wie Seehöhe, Neigung und Exposition), zur Reliefsausprägung, zur Hydrologie, zum Wasserhaushalt und zu den geologischen Verhältnissen. Dazu kommen die Aufnahme des Bodenprofils und seiner Merkmale (zum Beispiel Horizontabfolge, Bodenart, Struktur, Gründigkeit, Grobanteil, Durchwurzelung) sowie die Diagnose des Bodentyps und der Humusform. Weiters werden Bodenproben zur chemischen Analyse auf die Gehalte von Kohlenstoff, der Hauptnährstoffe und des pH-Wertes gezogen.

Auf der Fläche wird auch eine vollständige Vegetationsaufnahme der Baum-, Strauch-, Kraut- und Moos-Schicht durchgeführt und die Abundanz/Dominanz der einzelnen Arten nach der van der Marel-Skala durchgeführt. Ergänzt werden die Aufnahmen durch

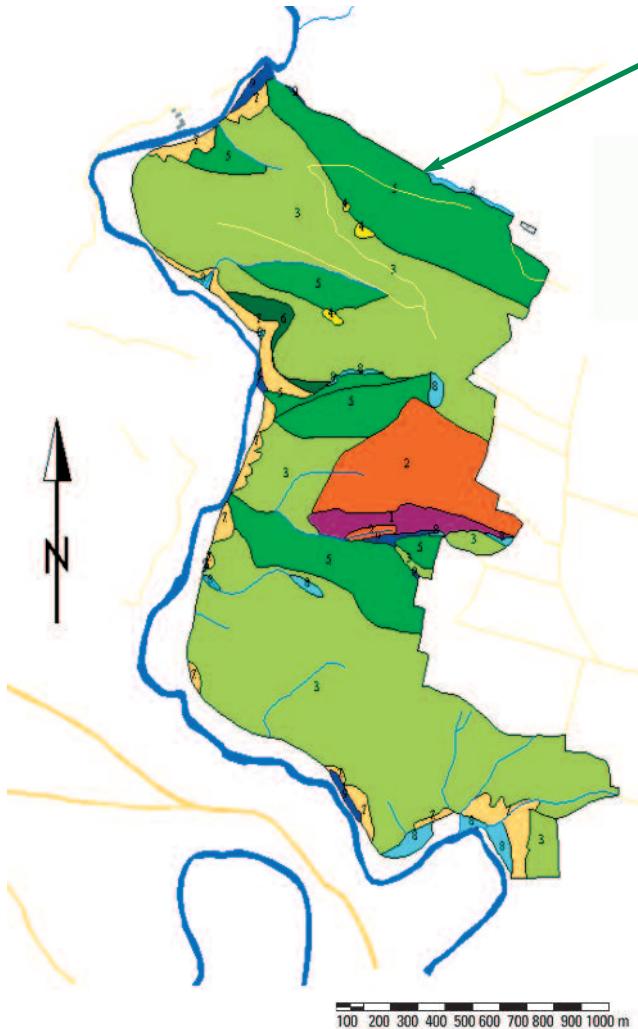
Winkelzählproben (Ermittlung der Ertragsklasse der Hauptbaumarten).

- **Klassifizierung (Ableitung der Standortseinheiten):** Die Erhebungsflächen werden gutachtlich oder mit mathematischen Methoden entsprechend ihrer Merkmale (Standortsfaktoren) sortiert und in Standortseinheiten gegliedert.
- **Im letzten Arbeitsschritt, der Kartierung,** wird die Standortsgliederung räumlich umgesetzt. Dieser Schritt findet traditionell im Gelände statt (terrestrische Kartierung), kann aber auch über eine Modellierung mittels GIS durchgeführt werden (prädiktive Kartierung).



Foto: BFW

Abbildung 3: Standortserhebung: Ermittlung der Bodengründigkeit mittels Pürckhauer-Bohrer



- 1: Seichtgründiger Serpentin-Rotföhrenstandort
- 2: Mittelgründiger Serpentin-Eichenstandort
- 3: Tiefgründiger sonnseitiger Braunerdestandort auf Orthogneis
- 4: Mittelgründiger Kuppen- und Oberhangstandort auf Orthogneis
- 5: Sehr tiefgründiger schattseitiger Braunerdestandort auf Orthogneis
- 6: Tiefgründiger Braunerdestandort auf Amphibolit
- 7: Linden-Steilhangstandort
- 8: Feuchter Bach-Eschenstandort
- 9: Nasser Schwarzerlenstandort

Abbildung 4: Beispiel einer Forstlichen Standortskarte (Waldwirtschaftsgemeinschaft nördlich von Waidhofen/Thaya)

..und in die Praxis

Die wesentlichen Ergebnisse und Produkte der Standortskartierung sind die Forstliche Standortskarte (Abbildung 4), deren Maßstab meist zwischen 1:10.000 und 1:25.000 liegt, und das Standortsoperat. Der zentrale Teil des Operats ist die Beschreibung der einzelnen Standortseinheiten mit den wesentlichen Eigenschaften. Sie weist auf spezifische Möglichkeiten und Risiken des Standorts hin und legt so die Basis für die waldbauliche Planung.

Ein Beispiel zu Inhalt und Aufbau einer solchen Beschreibung findet sich im Infokasten rechts oben (Waldwirtschaftsgemeinschaft nördlich von Waidhofen/Thaya). Die beschriebene Standortseinheit (auf der Karte dunkelgrün eingefärbt), ein sehr tiefgründiger schattseitig gelegener Braunerdestandort auf Orthogneis, zeigt hohe Wuchsigkeit. Das Nährstoffangebot

Standortseinheit 5: Sehr tiefgründiger schattseitiger Braunerdestandort auf Orthogneis

Höhenstufe: submontan

Potentielle Natürliche Waldgesellschaft:
Artenarmer Hainsimsen-Buchenwald

Aktuelle Bestockung: Fichte

Kurzbeschreibung:

Bodentyp: pseudovergleyte Braunerde bis Braunerde-Pseudogleye

Nährstoffhaushalt noch durchschnittlich

Nutzbare Wasserspeicherkapazität:
(nWSK) 110 l/m² (mittel bis hoch)

Fichte: EKI_{Weitra} 16

Aktuelle Bestockung weitgehend naturfern: Fichte, Kiefer, Birke; Buche fehlt.

Empfehlungen: Gruppenweises Einbringen tiefwurzelnder Baumarten (Tanne, Buche, evtl. Esche, BAh (Windwurf)
Regelmäßige Durchforstungen zur Erhaltung eines optimalen h/d-Verhältnisses (Windwurfrisiko)

Baumarteneignung:

- Buche, Eiche, Tanne, Bergahorn, Spitzahorn, Vogelbeere, Birke, Esche
- Fichte, Rotföhre, Linde, Douglasie, Lärche, Hainbuche, Feldahorn, Erle
- Schwarzföhre, Kirsche, Elsbeere

liegt mit „durchschnittlich“ in der Mitte einer fünfteiligen Bewertungsskala, das Wasserangebot mit „mittel bis hoch“ in der vierten bis fünften Stufe einer siebenteiligen Bewertungsskala. Die aktuelle Bestockung mit Fichte, Kiefer und Birke ist weitgehend naturfern. Aufgrund der Windwurfrisiko am Standort werden regelmäßige Durchforstungen und das Einbringen von Tiefwurzeln zur Bestandesstabilisierung empfohlen. Den Abschluss der Standortsbeschreibung bildet eine Bewertung der regional auftretenden Baumarten nach dem Ampelsystem (geeignet; bedingt bis wenig geeignet; nicht geeignet).

Die Forstliche Standortskartierung bietet wichtige Grundlagen, die Ressource Standort optimal zu nutzen. Sie liefert etwa auch für das sehr aktuelle Thema „nachhaltige Nutzung von Biomasse“ wesentliche Grundlagen – eine lokale Beurteilung sollte sich immer auf eine Standortserkundung oder –kartierung stützen. Aufgrund der digital zur Verfügung stehenden Informationen kann die Forstliche Standortskartierung heute mit einem günstigen Kosten/Nutzen-Verhältnis realisiert werden. Die Erstellung dieses forstlichen Fachplans – ähnlich wie eine Forsteinrichtung – wird durch die Verordnung zum ländlichen Raum gefördert.

Dipl.-Ing. Dr. Michael Englisch, Institut für Waldökologie und Boden, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien, E-Mail: michael.englisch@bfw.gv.at

Bodenbiologie: Regenwurm & Co

SOPHIE ZECHMEISTER-BOLTENSTERN

Der Boden ist ein belebter Lebensraum: Pro Hektar befinden sich bis zu 25 Tonnen Bodenorganismen allein im Oberboden (0-30 cm), das entspricht etwa dem Gewicht von 35 Rindern. Der Boden ist außerdem sehr artenreich, die Artenvielfalt im Boden ist sogar höher als im oberirdischen Teil des Waldes.

Im öffentlichen Bewusstsein sind Bodenorganismen nur wenig verankert. Man nimmt vor allem folgende Bodenorganismen wahr: Die „Guten“ (Nützlinge wie Knöllchenbakterien oder der Regenwurm) und die „Bösen“ (Schädlinge wie zum Beispiel Wurzelpathogene). Hingegen bleibt die überwältigende Mehrheit der „unansehnlichen“ Bodenlebewesen im Verborgenen, da man nur wenig von ihnen weiß und sie deshalb oft für entbehrlich hält. Trotzdem sind diese unscheinbaren Wesen sehr zahlreich: So befinden sich in einem Gramm Waldboden, das entspricht in etwa einem Teelöffel Erde, 100 Millionen Bakterienzellen, 60 km Pilzfäden, 30.000 Einzeller und 1000 Fadenwürmer. Auf einem Quadratmeter Boden halten sich zirka 120 Regenwürmer auf.

Jeder Bodenorganismus übernimmt Aufgaben

All diese Organismen übernehmen wichtige Funktionen im Waldboden. Sie sind verantwortlich für Streuabbau, Humusbildung und die Nachlieferung von Nährstoffen. Sie sind wichtige Partner in pflanzlichen Symbiosen und können für die Kontrolle von Schädlingen verwendet werden. Außerdem ist der Boden ein Habitat- und Genpool, aus dem wichtige Anwendungen für Medizin und Biotechnologie geschöpft werden. In den letzten Jahren ist auch die Klimawirkung der Bodenorganismen ins Rampenlicht gerückt.

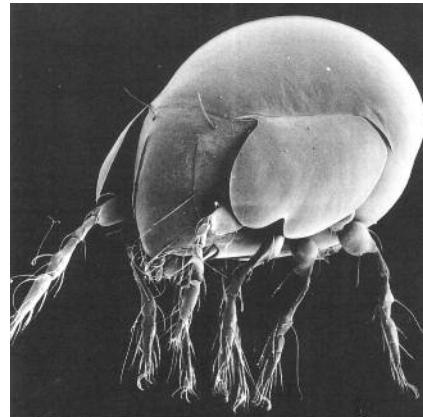
Bodenorganismen sind sowohl am Abbau als auch am Umbau von organischer Substanz beteiligt. Laub- und Nadelstreu wird von einer Reihe von Bodentieren zerkleinert, von Mikroorganismen verdaut und zu Humus umgebaut. Ökosystem-Ingenieure sind Bodenorganismen, die die physikalische Struktur des Bodens verändern und damit den Nährstoff und Energiefluss in Gang halten. Streuzersetzer zerteilen die verrottende Streu und verbessern ihre Verfügbarkeit für Mikroben. In Mikronahrungsnetzen sorgen mikrobielle Gemeinschaften und ihre direkten Räuber für die Nachlieferung von Nährstoffen im Wasserfilm des Porenraums.



Fotomontage: BFW/Winter



„Teufelsmaske“



Bodenmilbe

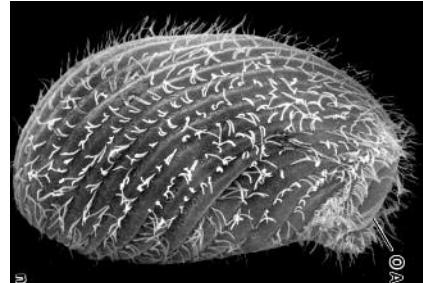


Fadenwurm

Partnerschaften mit Pflanzen

Eine wichtige Funktion der Bodenorganismen ist die Partnerschaft in mutualistischen Symbiosen mit Pflanzen. Ohne diese Symbiosen würden die Welt und ihre Ökosysteme nicht so aussehen, wie sie es heute tut. Da sind beispielsweise die Luftstickstofffixierer, die aus der Landwirtschaft nicht weg zu denken sind und auch für die Entstehung natürlicher Ökosysteme entscheidend waren. Arbuskuläre Mykorrhizen machen das Wachstum von Orchideen erst möglich, aber auch Erikazeen, wie die Heidelbeere, brauchen sie. Fast alle Pflanzen leben in irgendeiner Form der Symbiose mit Pilzen.

Bei den Bäumen sind Ektomykorrhizien vorherrschend, wobei viele bekannte Speisepilze als Partner dienen. Zu den Ektomykorrhizien gibt es zahlreiche neue Erkenntnisse. Das klassische Verständnis dieser Symbiose ist der Austausch von Energie und Nährstoffen über das so genannte Hartig'sche Netz in der Wurzelrinde. Heute weiß man, dass alle Bäume eines Waldes unterirdisch über Pilze miteinander vernetzt sind, und so kann zum Beispiel ein alter Baum einem Schössling über die schwierige Anfangsphase des Wachstums im Schatten des Kronenraums hinweg helfen, indem er ihm Energie in Form von Zucker bereit stellt. Vor einigen Jahren hat man so genannte „Steine fressende“ Pilze entdeckt, die feine Rillen in Quarzkörnchen brennen können und so den Bäumen ermöglichen, auf sehr nährstoffarmen Böden wie zum Beispiel Podsolen zu wachsen. Auch die Kontrolle von Schädlingen kann mit Hilfe von Bodenorganismen erfolgen. Das bekannteste Beispiel ist das Bodenbakterium *Bacillus thuringiensis*, das weite Verwendung bei der Bekämpfung von schädlichen Insektenlarven findet. Dieser Einsatz ist wegen möglicher Nebenwirkungen auf andere Insekten nicht unumstritten. Im Wiener Raum erfolgte die Bekämpfung des Eichenprozessions-spinners mit dem Toxin dieses Bodenbakteriums.



Wimpertierchen



Spinne

Foto: Foissner

Foto: BFW/Millasowsky

Habitat- und Genpool

Böden sind ein wichtiger Habitat- und Genpool. Böden mit hoher Biodiversität sind resilenter gegen Störungen, zeigen einen effizienteren Nährstoffumsatz und sind stabiler in ihren Bodenfunktionen. An sterilen Böden konnte man zeigen, dass je mehr verschiedene Impfkulturen mit Mykorrhizapilzen ausgebracht wurden, desto mehr verschiedene Pflanzenarten konnten sich ansiedeln. Darunter waren vor allem seltene Arten. Gleichzeitig steigerte sich die Produktivität der Pflanzen. Im Wald sind die Ektomykorrhizapilze für 15 % der Produktion verantwortlich.

Zum Thema Artenvielfalt arbeiten seit 2001 zahlreiche Bodenbiologen in Österreich zusammen. Jeder dieser Wissenschaftler ist Spezialist für eine Organismen-Gruppe. Trotz vieler gesammelter Daten ist man noch weit davon

entfernt, die gesamte Biodiversität eines Bodens zu erfassen. Dies ist auf der ganzen Welt noch nicht gelungen.

Im Zuge der Bodenforschung wurden neue Arten entdeckt

Die Untersuchung der Bodendiversität führt aber immer zu neuen Entdeckungen: So konnte der Erstnachweis einer Baldachin-Zwer спинne für Österreich erbracht werden, es wurde eine neue Collembolen-Art entdeckt. Weiters konnten 32 neue Wimpertierchenarten beschrieben werden und es wurde eine Genbank für hunderte Bakterien-Taxa angelegt. Aus dieser Genbank kann man neue biotechnologische Leistungen der Mikroorganismen entwickeln.

Bodenorganismen werden bereits für die Herstellung von Camembert, Blauschimmelkäse und Sojasauce verwendet, ebenso für das Bleichen von Jeans, für die Herstellung von Antibiotika und anderer Medikamente, die beispielsweise bei Organtransplantationen eingesetzt werden.



Foto: BFW/Jandl

Bodenatmungsmessung am Standort Achenkirch, Tirol

Boden als wichtiger Klimafaktor

Zuletzt soll noch auf die Klimawirkung von Bodenorganismen hingewiesen werden. Der Treibhauseffekt ist vor allem durch die Gase Methan, Lachgas und Kohlendioxid (CO_2) verursacht. Er bedingt nicht nur eine Erwärmung der Erdatmosphäre, sondern führt auch zu vermehrten Turbulenzen, die als Extremwettersituationen zu gravierenden Schäden führen können. Böden sind in der Regel Senken für Treibhausgase, nur nach Störung oder unter außergewöhnlichen Umständen wird Methan, Lachgas bzw. CO_2 von Bodenorganismen vermehrt freigesetzt.

Auch im globalen Kohlenstoffkreislauf spielen Böden eine wichtige Rolle. Die Bodenatmung setzt weltweit 60 Gigatonnen (Gt) Kohlenstoff als CO_2 frei. Dem stehen 1500 Gt Kohlenstoff gegenüber, die in Böden gebunden sind. Das ist eine sehr große Zahl im Vergleich zu den 7 Gt, die der Mensch pro Jahr durch Verbrennungsprozesse produziert. Dennoch wird das im Boden veratmete CO_2 meist wieder durch die Photosynthese der Pflanzen überkompensiert, sodass Wälder eine wichtige CO_2 -Senke darstellen.

Fußbodenheizung für den Wald

Was passiert nun, wenn das Klima wärmer wird? Könnte dies das empfindliche Gleichgewicht zwischen Bodenatmung und Photosynthese stören? Zu diesem

Zweck haben wir am Standort Achenkirch in Tirol eine „Fußbodenheizung für den Wald“ installiert. Unsere Untersuchungen zeigen tatsächlich, dass an diesem humus- und nährstoffreichen Standort die Boden erwärmung um 4 °C zu einer Steigerung der Bodenatmung um 40% führen kann. Das heißt, es könnte sich ein positiver Rückkopplungseffekt der Klima erwärmung ergeben. Wir hoffen jedoch, dass dieser Effekt nach einigen Jahren nachlässt, wenn alle leicht abbaubaren Substanzen im Boden von den Mikroorganismen verwertet wurden.

Bei Waldbewirtschaftung an die unterirdischen Auswirkungen denken

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Bodenorganismen eine weitaus wichtigere Rolle in unserem Leben spielen, als uns durch ihr verstecktes Dasein bewusst wird. Dies sollte auch bei der Waldbewirtschaftung nicht vergessen werden, da jede Maßnahme, die im Wald gesetzt wird, auch unterirdische Auswirkungen mit sich bringt.

Univ.-Doz. Dr. Sophie Zechmeister-Boltenstern, Institut für Waldökologie und Boden, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien, E-Mail: sophie.zechmeister@bfw.gv.at

Die EU-Bodenrahmenrichtlinie – unnötige Bürokratie oder angewandter Bodenschutz?

ANDREAS BAUMGARTEN

In den vergangenen Jahren wurde die Bewusstseinsbildung für die Ressource Boden auf europäischer Ebene stark vorangetrieben. Nach einem ausführlichen Diskussionsprozess in Expertengruppen und einer öffentlichen Konsultation formulierte die Kommission eine Strategie zum Bodenschutz in Europa.

Gleichzeitig wurde auch im 7. EU-Forschungsrahmenprogramm ein Schwerpunkt auf Fragen des Bodenschutzes gelegt. Dabei wurde der Boden als Ressource den Kompartimenten Wasser und Luft gleichgestellt, die in Europa ebenfalls überregional geregelt sind. Da Boden im europäischen Recht zwar in einigen Normen erwähnt wird oder davon betroffen ist, es aber keine explizite Regelung für den Bodenschutz gibt, wurde von der Kommission 2006 ein Entwurf für eine Rahmenrichtlinie vorgelegt.

Aus nationaler Sicht ergibt sich das Problem, dass Boden in Bezug auf die Gesetzgebung einerseits eine klassische „Querschnittsmaterie“ ist, andererseits die Kompetenzen sehr unterschiedlich verteilt sind. Während Waldböden und Boden in Bezug auf Altlasten Bundeskompetenz sind, fallen alle anderen bodenrelevanten Aktivitäten in den Aufgabenbereich der Länder. Dies bedingt, dass die gesetzliche Landschaft in Österreich sehr heterogen ist – von sehr umfangreichen Bodenschutzgesetzen bis hin zum Fehlen jeglicher Regelung.

Entwicklung der Boden-Rahmenrichtlinie

Der Diskussionsprozess zur Richtlinie startete unter dem Vorsitz Deutschlands und wurde unter portugiesischer und französischer Präsidentschaft intensiv vorangetrieben. Dabei zeigte sich, dass vor allem die südlichen EU-Länder und die neuen Mitgliedsstaaten ein starkes Interesse an der Rahmenrichtlinie haben. Länder wie Deutschland, in denen bereits eine ausführliche Boden-Gesetzgebung existiert, äußerten sich skeptisch. Auch Österreich zählt auf der Basis eines Beschlusses der Bundesländerkonferenz zu den bezüglich der Richtlinie kritischen Staaten. So war es aufgrund einer Sperrminorität, ausgelöst durch Großbritannien, Deutschland, Frankreich, Niederlande und Österreich, bislang nicht möglich, auf Ebene des Umweltrates eine politische Einigung zu erreichen. Zur Zeit liegt ein neuer Vorschlag der tschechischen Präsidentschaft vor, die eine Einigung im Ministerrat im Juni 2009 anstrebt.

Inhaltliche Schwerpunkte

Die europäische Richtlinie soll einen Rahmen für den Bodenschutz, eine nachhaltige Bodennutzung sowie der Bewahrung oder Wiederherstellung der Boden-



Foto: Baumgarten

Boden als Grundlage für unterschiedliche Nutzungen

funktionen dienen. Explizit erwähnt sind folgende Funktionen:

- Pflanzenproduktion
- Filter, Speicher und Transformator von Nähr- und Schadstoffen
- menschliche Lebensgrundlage
- Biodiversität
- Kulturgut Boden
- Quelle von Bodenschätzten
- Kohlenstoffspeicher
- Archiv

Um die Funktionalität sicherzustellen, ist es erforderlich, Maßnahmen im Hinblick auf mögliche Bodengefährdungen zu treffen. Hier werden Versiegelung, Boden degradierende Prozesse und Kontamination genannt. Eine Bodendegradation ist durch folgende Vorgänge gegeben:

- Erosion,
- Verlust organischer Substanz,
- Verdichtung,
- Versalzung,
- Muren und
- Versauerung.

Da die Versiegelung stark in Fragen der Raumordnung, die subsidiär geregelt ist, hineinspielt, ist die diesbezügliche Vorgabe der Richtlinie relativ knapp gehalten. Allerdings wird von einigen EU-Staaten immer wieder der Wunsch geäußert, auch dieses Kapitel intensiver zu erläutern.

Im Gegensatz dazu ist die Vorgangsweise in Bezug auf die Degradationsprozesse ausführlich erläutert. Kernpunkt ist dabei die Ausweisung sogenannter „Prioritätsgebiete“, in denen Gefährdungen ein Ausmaß übersteigen, das als kritisch einzustufen ist. Für die Bewertung des Risikos werden Parameter vorgeschlagen, die als Basis für die Umsetzung herangezogen werden können. Unter Berücksichtigung dieser Gebiete sollen Maßnahmen festgelegt werden, die zu einer



Foto: Baumgarten

Steigerung des Bodenbewusstseins – das Bodenklassenzimmer

Verbesserung der Situation führen können. Dabei können alle auf nationaler Ebene bereits bestehenden Maßnahmen mit einbezogen werden. Sowohl die Gebiete als auch die Maßnahmen sind zu publizieren, alle fünf Jahre an die Kommission zu melden und alle zehn Jahre zu überarbeiten. Weiters sind die Staaten aufgefordert, auch Sanktionsmaßnahmen vorzusehen, sofern bestimmte Vorgaben nicht erfüllt werden.

In Bezug auf die Kontamination sind sowohl kontaminierte Standorte als auch Standorte mit möglicher Kontaminationsgefahr zu erfassen und festzuhalten. Aufbauend darauf sind Maßnahmenpläne für die weitere Vorgangsweise festzulegen.

Mögliche nationale Umsetzung

Wie bereits erwähnt, zählt Österreich zu den Staaten, die der Rahmenrichtlinie eher kritisch gegenüberstehen. In zwei Studien des Boden-Netzwerkes b⁴ wurden die Problembereiche für die nationale Umsetzung angeführt. Zum einen ist die Datenverfügbarkeit nicht für alle Parameter in ausreichendem Ausmaß gegeben. Die Daten der österreichischen Bodenkartierung (1:25000) ermöglichen eine Beurteilung einer Reihe der geforderten Kriterien für die Ausweisung von Risikogebieten für fünf Bodengefährdungen. Einschränkend muss allerdings festgestellt werden, dass

- nur landwirtschaftliche Flächen erfasst sind und die forstliche Standortskartierung und Waldbodenzustandsinventur keine flächendeckende Beurteilung zulassen,
- die Kartierung teilweise bis zu 50 Jahre zurückliegt,
- erst eine Verschneidung mit anderen Datengrundlagen (Finanzbodenschätzung, BORIS, CORINE Land Cover, INVECOS) zu einer deutlichen Verbesserung der Beurteilungsbasis führen würde.
- Eine zusätzliche Erhebung von Daten erscheint für einige Parameter (z.B. organische Substanz) angezeigt.

Ein weiteres Problem stellen die Ausweisung der Prioritätsgebiete und deren unmittelbarer Bezug zu den Maßnahmen für den Bodenschutz dar. Zwar lassen die letzten Textentwürfe den Mitgliedsstaaten Freiheit in

Bezug auf den zu wählenden Maßstab, allerdings erfordert die Verknüpfung von Risiko und Maßnahme unter Umständen eine parzellenscharfe Abgrenzung. Österreich hat aber derzeit einen flächendeckenden Ansatz gewählt, um Maßnahmen zum Bodenschutz zu implementieren.

Bezüglich der Muren gibt es bereits eine ausführliche nationale Regelung, wobei allerdings die Umsetzung gebietsspezifisch sehr unterschiedlich sein kann.

Ebenfalls ausführlich geregelt ist die Problematik von kontaminierten Standorten. Nach Einschätzung der nationalen Experten steht der Vorschlag der französischen Präsidentschaft weitgehend im Einklang mit den nationalen Regelungen, in diesem Bereich wäre eine Übernahme denkbar.

Ausblick

In der weiteren Diskussion wird Österreich nochmals auf die Probleme der ausschließlichen Verknüpfung von Maßnahmen und Prioritätsgebieten hinweisen. Auf nationaler Ebene sind die Frage der Bodenkompetenzen (Bund – Länder), aber auch die Organisation der Implementierung und des Berichtswesens sowie abschließend natürlich die Finanzierung als problematisch einzustufen.

Dennoch bringt Österreich insgesamt sehr gute Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung mit. Die Optimierung der Datengrundlagen würde zu einer Verbesserung der Planung des Umgangs mit der endlichen Ressource Boden führen, gleichzeitig ist aufgrund des ausführlichen Berichtswesens davon auszugehen, dass das Bewusstsein für den Boden in der Öffentlichkeit entsprechend zunimmt. Investitionen in die Umsetzung der Richtlinie sollten strategisch so eingesetzt werden, dass ein maximaler Nutzen auf nationaler Ebene erzielt werden kann. Unter diesen Voraussetzungen könnte eine politische Zustimmung möglich sein.

Dr. Andreas Baumgarten, Institut für Bodengesundheit und Pflanzenernährung, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Spargelfeldstraße 191, 1220 Wien, E-Mail: andreas.baumgarten@ages.at

Wie viel Wasser speichert der Waldboden? Abflussverhalten und Erosion

GERHARD MARKART und BERNHARD KOHL

Eine gute Waldausstattung in alpinen Einzugsgebieten wird schon seit Jahrhunderten als Versicherung gegen Naturgefahren angesehen. Viele Faktoren sind für diese Wirkung ausschlaggebend: Entscheidend sind Interzeption und Transpiration - 70 % des Niederschlages gehen an die Atmosphäre zurück.

Alpine Wälder können bei einem einzelnen Niederschlagsereignis je nach Baumartenzusammensetzung und Dichte des Kronendaches 4 bis 6 mm (= Liter/m²) Wasser im Kronenraum zurückhalten (Abbildung 1). Je geringer der Überschirmungsgrad, desto mehr sinkt die Interzeptionsleistung sowohl bei Einzelereignissen als auch im Jahresschnitt. Häufen sich Ereignisse hoher Intensität, ist der Kronenrückhalt geringer als zum Beispiel bei Niederschlägen niedriger Intensität mit wiederholten Unterbrechungen und Abtrocknungsphasen.

Faustregel für die Ostalpen

Laubbäume geben über die Interzeption etwa 30 % des Jahresniederschlages, Nadelbäume bis zu 50 % wieder als Wasserdampf an die Atmosphäre zurück. Dieser Niederschlag gelangt aufgrund der Interzeptionswirkung von Waldbeständen gar nicht auf den Boden.

Zudem entnehmen die Bäume für Wachstum und Nährstofftransport große Mengen an Wasser aus dem Boden, das sie über aktive Verdunstung (Transpiration) wieder an die Atmosphäre abgeben. Die Menge des über die Nadeln oder Blätter transpirierten Wassers ist deutlich größer - doppelt bis viermal so hoch - wie etwa von kurzwüchsigen alpinen Rasen.



Foto: BFW/Markart

Abbildung 1: Beregnungsversuch, um die Interzeptionsleistung eines 25-jährigen Zirbenbestands zu ermitteln

An einem schönen Sommertag verdunstet beispielsweise ein Hektar Buchenwald 50.000 Liter (= 50 m³) Wasser (Quelle: www.wald-in-not.de/download11/wildewasser.pdf). Rechnet man Interzeption, Verdunstung durch Nadeln und Blätter sowie die Wasserausgabe von Bodenvegetation und Waldboden zusammen, werden etwa 70 % des Niederschlages im Jahresverlauf wieder an die Atmosphäre zurückgegeben. Das heißt bei einem Jahresniederschlag von 1.000 mm, wie im mittleren Tiroler Inntal, werden nur annähernd 300 mm als Tiefensicherung und zu einem geringen Teil als Oberflächenabfluss wirksam.

Speicherpotenzial des Waldbodens?

Bei Recherchen zum Speichervermögen von Waldböden findet man häufig die Angabe, dass Waldböden 50 mm Wasser auf 10 cm Bodenmächtigkeit aufnehmen können. Das heißt 50 % des Bodenvolumens stünden als Speicherraum zur Verfügung. Dieser Wert erscheint deutlich zu hoch gegriffen. Warum?

Nun, ein Blick auf Abbildung 2 (Seite 26) zeigt, dass die Festsubstanz des Bodens 30 - 50 % des Volumens ausmacht, der Rest ist Porenvolumen. Davon sind zum Beispiel die Feinporen (Durchmesser < 2 µm = 2 Tausendstel Millimeter) andauernd mit Wasser gefüllt, weil der Unterdruck, mit dem dieses Wasser in den feinen Kapillaren festgehalten wird, für die Entnahme durch Pflanzen einfach zu groß ist. Aus den Mittelporen (Durchmesser 2 µm bis 10 µm) stellen die Pflanzen überwiegend ihre Wasserversorgung sicher, diese sind bei ausreichender Niederschlagsversorgung des Standortes zu einem Teil vorverfüllt.

Für die Aufnahme von Niederschlagswasser stehen also nur Grobporen (10-50 µm Durchmesser), Gröbstporen (> 50 µm Durchmesser) sowie Teile des Mittelporenraumes zur Verfügung. Zudem kann ein Boden meist nicht ganz voll mit Wasser gesättigt sein, große Teile der Poren > 10 µm werden rasch über die Schwerkraft entwässert. Die Konsequenz davon: Der Raum, in dem Wasser aufgenommen und gespeichert werden kann, liegt meist deutlich unter den erwähnten 50 mm Wasser auf 10 cm Bodenmächtigkeit.

Englisch (2009 - mündliche Mitteilung) ermittelte mit einfachen Feldmethoden für eine 40 cm mächtige Rendzina zirka 50 mm und für einen 80 cm mächtigen Pseudogley rund 180 mm pflanzenverfügbarer Bodenwasservorrat. Für das Abflussverhalten eines Standortes ist weniger der Wasserspeicher, den der Boden der Pflanze zur Verfügung stellen kann, von Bedeutung als der zum Zeitpunkt eines Regenereignisses freie Raum. Für das Aufnahmevermögen und die Wasserleitfähigkeit ist hauptsächlich der Anteil an Grob- und Gröbstporen entscheidend.

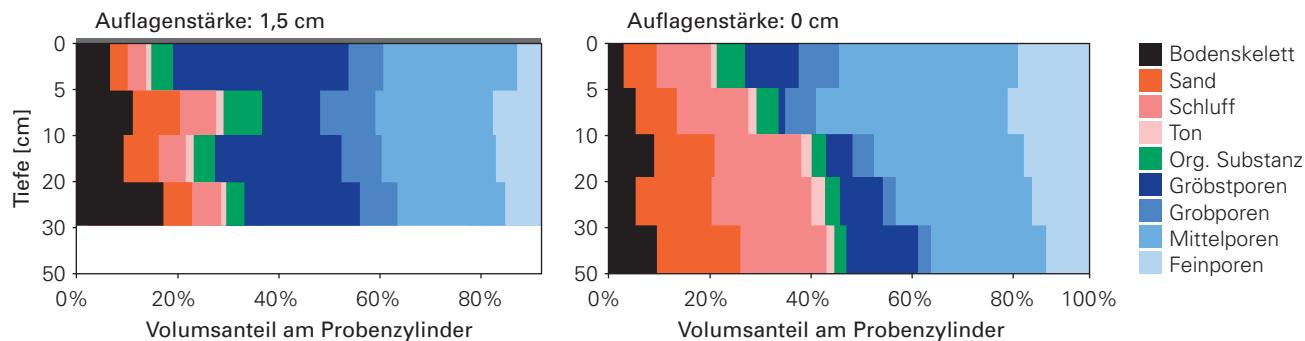


Abbildung 2: Porenausstattung eines Waldboden (linkes Bild - früher beweidet, vor 50 Jahren aufgeforstet) und eines Pseudogleys unter Almweide (rechtes Bild)

Sensible Reaktion auf mechanische Belastungen

Wie groß die Unterschiede in der Qualität der Poren ausstattung zwischen Waldböden und anderen Nutzungsformen (zum Beispiel Weideland) sein können, verdeutlicht Abbildung 2. Der Feststoffanteil des Waldbodens (Grobanteil, Feinboden, Sand, Schluff, Ton) ist geringer, der Boden ist lockerer, insbesondere der Anteil rasch dränender Poren (Grob- und Gröbstporen, Sekundärporen wie Wurzeln und Tierröhren) ist unter Wald meist deutlich höher als in den umgebenden Freilandböden. Über diese Poren kann das Wasser bei Starkregen rasch und ungefährlich in tiefere Bodenschichten abgeleitet werden.

Auf dem Weideboden in Abbildung 2 (rechtes Bild) zeigt sich deutlich eine „Verengung“ in 5 bis 10 cm Tiefe. Durch die Belastung über Generationen werden Teile des Oberbodens verdichtet. Mechanische Belastungen, etwa durch Beweidung oder Befahren mit schwerem Gerät, sind häufig so stark, dass bodenlockernde Prozesse, wie Frostgare oder das Wachsen der Pflanzen im Frühjahr, in 5 - 10 cm Tiefe nur eine begrenzte Regeneration erzielen können. Es kommt zur Ausbildung von so genannten „Stausohlen“, die Wasserleitfähigkeit des Oberbodens wird deutlich reduziert.

Im linken Bild sind die Auswirkungen der früheren Beweidung anhand des reduzierten Gröbstporenanteils in 5 bis 10 cm Tiefe noch gut zu erkennen. Mechanische Belastungen bleiben Jahrzehnte im „hydrologischen Gedächtnis“ der Böden erhalten.



Abbildung 3: Bodenstabilisierende Wirkung durch Baumwurzeln

Geringere Abflussbereitschaft im Wald

Zahlreiche Starkregensimulationen am LfU in Bayern und des BFW belegen, dass Waldvegetation und alpine Zwergräucher überwiegend eine geringe Bereitschaft zur Bildung von Oberflächenabfluss aufweisen. Aufgrund der rauen Oberfläche und des stockwerkartigen Aufbaus (Baumschicht, Kraut-Zwergräucherschicht, Moosschicht, Humusauflage, Mineralboden) wird die Abflussbildung gehemmt und der Abfluss gebremst. Daher wird die Hochwasserspitze zum Beispiel bei Gewitterregen in bewaldeten Einzugsgebieten deutlich verzögert und ist im Vergleich zu alpinen Rasenflächen oder Intensivnutzungsflächen deutlich geringer.

Wald – wichtiger Schutz vor Massenbewegungen

Bäume fixieren mit ihrem Wurzelgeflecht, vergleichbar mit Armierungen bzw. einfachen temporären technischen Verbauungsmaßnahmen, den Oberboden und leisten einen wesentlichen Beitrag zur Stabilisierung von Hängen (Abbildung 3).

Bei Dauerregen, wie im August 2005 in Westösterreich, wirken Sekundärporen (Wurzel-, Tierröhren etc.) als eine Art Überdruckventil, über die das Hangwasser rasch weitergeleitet wird. Ist das „Ventil“ Sekundärporen nicht in ausreichendem Umfang vorhanden - wie beispielsweise unter waldfreien Flächen, steigt der Porenwasserdruck deutlich an, die Gefahr der Entstehung von Rutschungen ist höher. Über die Makroporen und den Zwischenabfluss wird im Wald das Wasser natürlich rascher dem Vorfluter zugeführt als auf Standorten mit geringerer Makroporenausstattung. Die Quadratur des Kreises - den Hang fixieren und Wasser im Bodenkörper speichern - ist auch für Waldbestände nur eingeschränkt möglich.

Waldvegetation schützt den Standort, auf dem sie steht, und unterliegende Bereiche. Sie ist jedoch nur in begrenztem Umfang in der Lage, Oberflächen- und Hangwässer aus höher liegenden, waldfreien Bereichen schadlos aufzunehmen. Häufig wird Erosion im Waldbereich gerade durch Abflusskonzentration als Folge falscher Bewirtschaftungsmaßnahmen der Überlieger ausgelöst.

Dipl.-Ing. Dr. Gerhard Markart, Mag. Bernhard Kohl, Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Rennweg 1, 6020 Innsbruck, E-Mail: gerhard.markart@uibk.ac.at

Der Waldbodenlehrpfad Taferlklause

EDWIN HERZBERGER und WOLFGANG JIRIKOWSKI

Im Mai 2008 wurde der Waldbodenlehrpfad Taferlklause im Lehrforst der Forstlichen Ausbildungsstätte Ort eröffnet. Initiiert und erstellt wurde er vom BFW, gefördert vom Land Oberösterreich sowie unterstützt vom Österreichischen Forstverein und der Österreichischen Bundesforste AG als Grundbesitzer. Der knapp fünf Kilometer lange Lehrpfad soll Interesse und Sensitivität für den Boden wecken und dem Boden auch in der forstlichen Ausbildung ein höheres Gewicht verleihen.

Lage zwischen Kalk und Flyschzone

Der Ausgangspunkt des Lehrpfades liegt beim Taferlklaussee, an der Verbindungsstraße zwischen Traun- und Attersee. Hier am Nordabfall des Höllengebirges, bei Jahresniederschlägen um 1700 mm, dominiert in den natürlichen Waldgesellschaften die Buche gemeinsam mit der Tanne. Beide Baumarten sind – bedingt durch die lange Nutzung der Wälder für Salinenholz – im heutigen Waldbild gegenüber der Fichte unterrepräsentiert. Die große Standortsvielfalt

in der Umgebung ist dadurch bedingt, dass hier Kalk- und Flyschzone aufeinander treffen und die Eiszeiten die Landschaft noch weiter überprägt haben.

Bodenprofile und interessante Zwischenstationen

Sieben Bodenprofile und Waldstandorte werden auf Schautafeln erläutert. Weitere Poster entlang des Weges präsentieren Wissenswertes zum Boden. Für Interaktivität sorgen Frage- und Antworttafeln sowie eine Station zur eigenhändigen Bestimmung der Bodenart.

Die Kalkseite - Rendzinen und Braunerde

Der Waldbodenlehrpfad wird durch zwei Wege erschlossen, deren südlicher als Rundweg durch Kalkstandorte führt.

Der heutige See liegt eingebettet in die eiszeitlichen Moränen des lokalen Aurachkargletschers. Hier haben sich relativ feinkornreiche Kalklehmm-Rendzinen mit ausgeglichenem Wasserhaushalt gebildet. Südlich vom See liegt ein mächtiger Schwemmkegel, der im

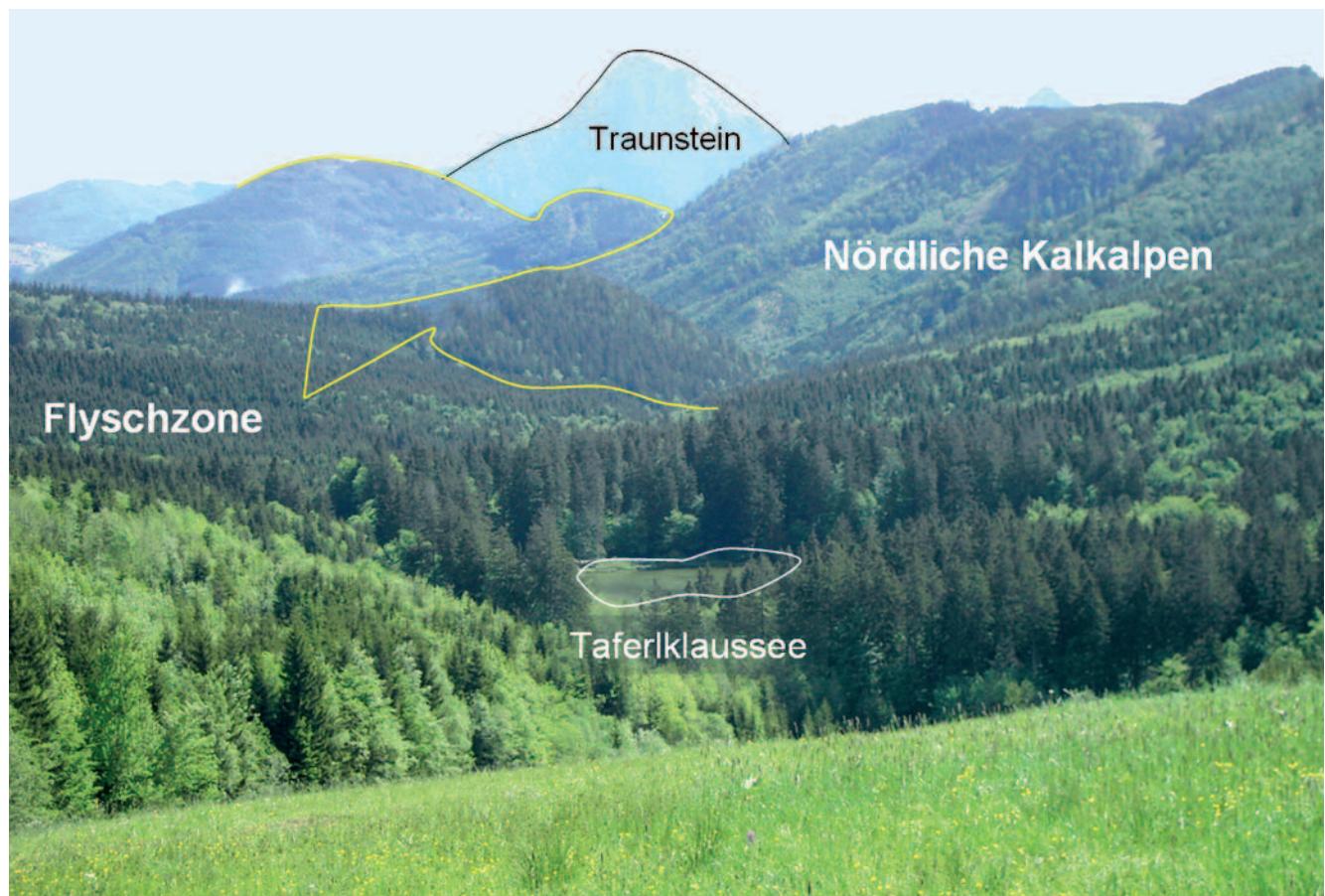


Foto: BFW/Spicar

Blick auf ein geologisch faszinierendes Gebiet: Flyschzone grenzt an die Nördlichen Kalkalpen und ein Gletscher hat das Becken des Taferlklaussee geformt

Zuge der nacheiszeitlichen Gletscherschmelze abgelagert wurde. Die Rendzinen haben geringe Wasserhaltefähigkeit, der Humus ist für die Baumversorgung von erhöhter Bedeutung

Das Hochmoor – viel Wasser und wenig Nährstoffe

Benachbart zum Taferlklaussee hat sich ein kleines, von Latschen bewachsenes Hochmoor gebildet. Die wenigen Moorspezialisten unter den Pflanzen sind für ihre Nährstoffversorgung auf Einträge aus der Luft angewiesen. Das Moor steht unter Naturschutz und darf nicht betreten werden, eine Schautafel zeigt interessante Aspekte dieses Standortes.

Die Flyschseite – Braunerden und Pseudogleye

Der nördliche Ast des Lehrpfades führt entlang einer Forststraße in die Flyschzone. Gesteine der Zementmergelserie bilden hier das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung. Die feinkörnigen, bindigen Böden neigen zu Wasserstau. Je nach topographischer Lage und Ausgangsmaterial finden sich demnach vor allem Braunerden und Pseudogleye.

erden und - bei Wasserstau - Pseudogleye. Trotz des karbonathaltigen Ausgangsgesteins sind die Böden tiefgehend entkalkt und neigen zur Versauerung.

Homepage und DVD

Unter www.bodenlehrpfad.at können Informationen zu Anreise, Bodenprofilen und weiteren Bodenthemen abgefragt werden. Eine am BFW gegen Kostenersatz erhältliche interaktive DVD lädt zu einem virtuellen Ausflug am Computer oder Fernseher ein. Auf Anfrage bieten das Institut für Waldökologie und Boden des BFW und die Forstliche Ausbildungsstätte Ort Führungen im Lehrforst an (siehe Infokasten Seite 16) oder stellen die Informationen schriftlich in Form einer kleinen Broschüre zur Verfügung.

Dipl.-Ing. Edwin Herzberger, Institut für Waldökologie und Boden, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien, edwin.herzberger@bfw.gv.at

Dr. Wolfgang Jirikowski, Forstliche Ausbildungsstätte Ort, Johann-Orth-Allee 16, 4815 Gmunden, E-Mail: fastort@bfw.gv.at



www.bodenlehrpfad.at



9,90 €

Tauchen Sie ein in die virtuelle Welt des "Bodenlehrpfades Taferlklause". Bewegen Sie sich mit Hilfe von Navigationspfeilen durch die fotorealistische Landschaft. Entdecken Sie interessante Gegebenheiten entlang des Weges. Besuchen Sie die einzelnen Bodenprofile und lernen Sie Wissenswertes über den Boden. Profilbeschreibungen werden leicht verständlich erklärt und Besonderheiten der einzelnen Standorte dargelegt.

- Leicht zu bedienende Motion-Menüs kombiniert mit Hintergrundmusik.
- Interaktive Menüs, in denen spielend durch den virtuellen Bodenlehrpfad navigiert werden kann, begleitet von standortsabhängigen Hintergrundgeräuschen. Entscheiden Sie selbst, welchen Weg Sie nehmen!
- Hauptmenü für jedes Bodenprofil. Profilbeschreibung und Besonderheiten können leicht abgerufen werden. Den Boden hautnah erleben!
- Eindrucksvolle und lehrreiche Videos über besondere Gegebenheiten rund um den Bodenlehrpfad. Lernen Sie die Natur kennen!

Bestellung: BFW - Bibliothek; E-Mail: bibliothek@bfw.gv.at
Tel.: +43 1 87838 1216