

LWF

Waldforschung
aktuell

67

Neue Wege beim Bodenschutz

BAYERISCHE
FORSTVERWALTUNG




Zentrum
Wald Forst Holz
Weihenstephan



Das Magazin der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
und Mitgliederzeitschrift des Zentrums **Wald - Forst - Holz** Weihenstephan

NEUE WEGE BEIM BODENSCHUTZ

Bodenschutz bei der Holzernte	3
Mikrobiologische Untersuchungen in Rückegassen	5
Bodenstruktur und Bestandeswachstum	8
Regeneration von Wurzelraumfunktionen nach mechanischer Belastung	11
Regenerationsvermögen befahrungsbedingt strukturveränderter Böden	13
Wurzelverletzungen unter Raupe und Rad	16
Bestrebungen zur Verbesserung des Bodenschutzes in der Schweiz	19
Kein Luftdruck für alle Fälle	22
Entwicklung und Einsatz von Forstreifen	24
Rechtliche Beurteilung von Bodenschäden in der Forstwirtschaft	28
Bodenschutz und Holzernte an der Fachhochschule Weihenstephan	31
Bodenschutz-Ausbildung in der Schweiz	33

WALDFORSCHUNG AKTUELL

Fünf Jahre ZWFH	35
Nachrichten und Veranstaltungen	36

WALD-WISSENSCHAFT-PRAXIS

WKS-Witterungsreport: Sommer heuer knapp über dem Durchschnitt	39
WKS-Bodenfeuchtemessungen: Nordbayerns Wälder saßen auf dem Trockenen	42
Moore und Klimawandel	44
Nitrat im Trinkwasser aus einem bewaldeten Wassereinzugsgebiet	48
Schalenwild auf der Durchreise	51
Effektiv und nachhaltig – kein Widerspruch	54
Die Weißtanne – Ein Baum mit Zukunft	56
Ein Manifest für die Bodenreinertragslehre	59

KURZ & BÜNDIG

Nachrichten	60
Impressum	63



Liebe Leserinnen und Leser,

eine erfolgreiche Waldbewirtschaftung kommt in unserer heutigen Zeit nicht ohne moderne Forsttechnik aus. Der Einsatz schwerer Forstmaschinen vor allem bei der Holzernte ist unumgänglich. Schwere Erntemaschinen hinterlassen aber auch deutliche Spuren im Wald. Ein Befahren des Waldbodens zum falschen Zeitpunkt führt unweigerlich zu schweren Schäden, die die Funktionen des Bodens über viele Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte nachteilig beeinflussen.

Aber der Waldboden ist das wichtigste Kapital der Forstwirtschaft. Nachhaltige Forstwirtschaft muss daher den Blick nicht nur in die Baumkronen sondern erst recht auf den Waldboden richten. LWF aktuell befasst sich in dieser Ausgabe daher intensiv mit dem Thema Bodenschutz.

Wir zeigen die Risiken und Gefahren auf, die mit dem Befahren des Waldbodens verbunden sind. Viele Schäden liegen im Verborgenen wie Wurzelverletzungen oder Strukturveränderung des Bodens bis hin zur Zerstörung eines optimal verteilten Hohlräumssystems. Die Folgen sind vielfältig. So verändern sich durch Befahrung zum Beispiel die Lebensgemeinschaften der Bodenmikroorganismen, aber auch das Wachstum der Waldbäume wird beeinträchtigt. Aber es gibt auch vielfältige Möglichkeiten zum Schutz der Waldböden. Unser Wissen rund um den Bodenschutz muss Forststudenten, Waldbesitzern und Forstunternehmer in der Ausbildung und in Schulungen näher gebracht werden. Der Einsatz der richtigen Fahrwerke wie Raupe oder Räder mit Bogiebändern kann ebenfalls viel zum Schutz des Bodens beitragen. Auch bei der Entwicklung von Forstreifen ist das Potential noch lange nicht ausgeschöpft.

Es ist an der Zeit, neue Wege beim Bodenschutz zu gehen.

Ihr

Olaf Schmidt

Bodenschutz bei der Holzernte

Die Forstwirtschaft muss mehr vorsorgen. Es bewegt sich bereits einiges hinter den Kulissen

Herbert Borchert

Die Forsttechnik entwickelte sich in den letzten Jahren immer mehr in Richtung »noch größer, noch schwerer, noch leistungsfähiger«. Vielfach hat sie dabei Grenzen überschritten. Die Spuren, die Holzerntemaschinen im Wald hinterlassen, sprechen eine deutliche Sprache. Spuren sind zwar unvermeidlich, aber tiefgreifende, schwerwiegende Bodenschäden können nicht akzeptiert werden. Darin sind sich die Verantwortlichen in der Forstwirtschaft einig. Der Weg, den der Bodenschutz bei der Holzernte gehen soll, wird aber noch diskutiert.

Seit einiger Zeit wird die Forstwirtschaft immer häufiger in den Medien wegen der Spuren kritisiert, welche die Forstmaschinen in den Wäldern hinterlassen. Ein drastisch formulierter Artikel in einer Fachzeitschrift über Befahrungsschäden auf Rückegassen in einem Forstbetrieb der Bayerischen Staatsforsten (Forstmaschinen-Profi Mai 2008) hat auch viele Forstunternehmer wachgerüttelt. Die Bevölkerung stört es vor allem, wenn Forststraßen bei der Holzrückung verschmutzt oder gewohnte Wanderwege unpassierbar werden. Die Forstleute wissen jedoch, dass tiefe Fahrspuren im Wald erhebliche Strukturveränderungen im Boden bedeuten, womit Beeinträchtigungen für die Versickerung von Wasser und die Belüftung im Boden verbunden sind. So unabdingbar uns die Forstmaschinen im Wald heute erscheinen mögen, ob die Gesellschaft diese Maschinen weiter akzeptieren wird, steht und fällt mit unserem Umgang mit den Waldböden.

Gefahr erkannt! Gefahr gebannt?

Die Forstchefs der Länder baten daher auf ihrer Konferenz im Mai diesen Jahres das Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik (KWF), eine Arbeitsgruppe zu bilden, welche das Ausmaß von Bodenschäden erfassen, deren Umfang bewerten und Lösungsmöglichkeiten untersuchen soll. Vorausgegangen war im Februar 2008 ein vom KWF organisierter Workshop zum Thema »Bodenbelastung und Reifenentwicklung im Forst«. Bei diesem Treffen von Experten aus der Wissenschaft, aus den Staatsforstbetrieben, von Vertretern der Maschinen- und Reifenhersteller sowie der Forstunternehmen wurde der aktuelle Stand des Wissens zusammengetragen. Inzwischen hat die Arbeitsgruppe »Boden« ihre Arbeit aufgenommen.

Unter den verschiedenen Ländern besteht selbstverständlich Einigkeit darüber, dass Holzerntemaschinen nur auf Rückegassen fahren sollen. Damit wird bereits mindestens 80 Prozent der Waldfläche nicht befahren. Dass es auf den Rückegassen durch die Befahrung zu Strukturveränderungen im Boden kommt, ist unvermeidlich. Welches Ausmaß von Strukturveränderungen akzeptiert wird, hängt von den Funktionen ab, welche die betroffenen Böden erbringen sollen. Darüber gibt es bei den Ländern unterschiedliche Standpunkte,



Abbildung 1: Teilnehmer des Bodenschutz-Workshop der BaySF am 17. Juli 2008 im Bildungszentrum in Nürnberg-Buchenbühl; v.l.n.r.: B. Starke, E. Geyer, M. Wohlmuth, J. Wohlmuth, K. Pöhler, B. Hölldorfer, T. Kreil, H. Freihart, Dr. J. Kremer, Dr. H. Borchert, Prof. Dr. D. Matthies, M. Möges, Dr. R. Pausch.

wie eine Befragung von Prof. Dr. Matthies von der Technischen Universität München bei den Forstverwaltungen der Länder aus dem Jahr 2007 zeigte. Eine Gruppe betrachtet das Feinerschließungsnetz als reine Infrastruktureinrichtung. Strukturveränderungen dürften nicht so groß sein, dass die weitere Befahrbarkeit der Gasse beeinträchtigt wird. Folgerichtig fordert sie ein »permanentes« Feinerschließungsnetz, damit die der Produktion entzogene Fläche im Umfang gering gehalten wird. In der Praxis scheitert dies bislang in der Regel im Fall von Sturmwürfen, weil die bestehenden Fahrlinien nicht mehr aufzufinden sind. Eine zweite Gruppe fordert, die Strukturveränderungen auch auf der Rückegasse auf das unvermeidliche Maß zu beschränken. Auch auf den Fahrlinien sollen die Durchwurzelbarkeit für die Waldäume und die Funktionen der Böden für den Wasser- und Lufthaushalt sowie als Lebensraum für zahlreiche Organismen so wenig als

möglich beeinträchtigt werden. Sie verweisen auf rechtliche Vorgaben und den nicht unerheblichen Flächenumfang der betroffenen Waldböden. Auch die Bayerische Forstverwaltung vertritt diesen Standpunkt. Es ist Aufgabe der Forstpolitik in den Ländern, ihren Standpunkt zu dieser Frage zu klären, weil es davon abhängt, welche Maßnahmen der Vorbeugung getroffen werden müssen.

Die Bayerischen Staatsforsten haben reagiert. In mehreren Workshops haben sie zusammen mit Wissenschaftlern, Forstunternehmern und Betriebsleitern die Probleme erörtert und Lösungsmöglichkeiten im technischen und organisatorischen Bereich diskutiert. Sie werden bald mit der Umsetzung der Handlungsempfehlungen beginnen.

Bodenschutz beim Forstmaschineneinsatz

Wenn Forstmaschinen über natürliche Waldböden fahren, kann das zu nachteiligen Strukturveränderungen führen. Im schlimmsten Fall kommt es zu tiefen Fahrspuren, in denen sich das Wasser sammelt, sogenannten »Grundbrüchen«. Nachteilige Veränderungen der Bodenstruktur entstehen dann, wenn die Last eines Fahrzeugs die Tragfähigkeit des Bodens übersteigt. Die Tragfähigkeit eines Bodens wird maßgeblich von seiner Bodenart bestimmt. Grobkörnige oder steinige Böden können mehr Lasten tragen als feinkörnige Böden wie Lehme oder Tone. Die Tragfähigkeit hängt aber auch ganz wesentlich vom Wassergehalt ab. Je feuchter ein Boden ist, desto leichter kann er verformt werden. Die Gefahr von Bodenschäden durch eine Befahrung schwankt deshalb im Jahresverlauf.

Aus der Größe und dem Gewicht einer Forstmaschine lässt sich nicht unmittelbar auf ihr Gefährdungspotential schließen. Entscheidend ist der Druck, den eine Maschine auf der Kontaktfläche zum Boden ausübt. Raupenfahrwerke verteilen die Last auf eine viel größere Fläche als Radfahrwerke. Durch eine größere Zahl von Rädern, durch breite Reifen und niedrige Luftdrücke in den Reifen kann die Last einer Radmaschine auch auf eine größere Fläche verteilt werden. Die Radlasten vieler Maschinen sind heute allerdings so groß, dass sie in »normal feuchten« Jahren an vielen Tagen nicht ohne Risiken für die Böden eingesetzt werden können. Der Wunsch nach einer guten Auslastung dieser teuren Spezialmaschinen steht dann im Konflikt mit den Zielen des Bodenschutzes.



Zusammen mit Wissenschaftlern der Technischen Universität München hat die Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft ein Merkblatt erstellt, in dem erklärt wird, wie sich die Risiken von Bodenschäden vor einer Befahrung abschätzen lassen. Zudem werden Empfehlungen gegeben, wie durch Planung und organisatorische Maßnahmen Bodenschäden vermieden werden können.

bor

Selbstverpflichtung durch Zertifizierung

Beim Bodenschutz gibt es für die Forstwirtschaft vielfältige Verbesserungsmöglichkeiten. In verschiedenen Beiträgen dieses Heftes werden sie aufgezeigt. Allerdings deutet vieles daraufhin, dass mit Entwicklungen in der Forsttechnik Grenzen überschritten wurden, die nunmehr ein Gegensteuern erforderlich machen. Sowohl die Auswertungen des KWF über die von den Herstellern verkauften Maschinen als auch unsere Auswertungen über die in der Unternehmerdatenbank registrierten Forstmaschinen (www.forstliche-unternehmerdatenbank.de) zeigen, dass immer leistungsstärkere und schwerere Maschinen eingesetzt werden. Die Radlasten vieler Maschinen sind inzwischen so groß, dass sie in »normal feuchten« Jahren an vielen Tagen nicht ohne Risiken für die Böden eingesetzt werden können. Der Wunsch nach einer guten Auslastung dieser teuren Spezialmaschinen und einer möglichst großen Liefertreue der Forstbetriebe steht dann im Konflikt mit den Zielen des Bodenschutzes. Weil mit der Technik physikalische Grenzen überschritten wurden, werden Förster und Unternehmer in einen kaum lösbaren Konflikt hineingetrieben. Deshalb sollte bei den Radlasten der Maschinen künftig eine Grenze gesetzt werden. Das muss nicht durch den Staat erfolgen, wie es bei öffentlichen Straßen in der Straßenverkehrsordnung geschieht, sondern kann auch durch Selbstverpflichtung der Forstwirtschaft gelingen. Das Instrument der Zertifizierung ist in der Forstwirtschaft schließlich etabliert.

Ein wesentlicher Schritt hin zu einem besseren Bodenschutz wäre erreicht, wenn alle Verantwortlichen im Wald sich einig wären, dass Grundbrüche auf den Rückegassen (gleisartige Fahrspuren mit randlichen Aufwölbungen – nicht zu verwechseln mit dem Einsinken in die Rohhumusaufgabe) möglichst ausgeschlossen werden sollen. Forstpraktiker fordern jedoch, dass hier eine Abwägung möglich sein soll. Die Erfordernisse des Arbeitsschutzes oder Forstschutzes könnten mitunter gewichtiger sein als der Bodenschutz. Bei genauerer Betrachtung dieser Aspekte lassen sich jedoch nie zwingende Gründe erkennen, die einen Grundbruch bei der Befahrung rechtfertigen könnten. Der Tragschlepper kann bei Borkenkäferbefall und feuchtem Boden auch mit Bändern und nur geringer Zuladung fahren. Oder es muss eine leichtere Maschine eingesetzt werden. Letztlich sind es daher ebenfalls oft eher wirtschaftliche Erwägungen, die sich hinter den Einwänden verbergen.

Dr. Herbert Borchert leitet das Sachgebiet »Betriebswirtschaft und Forsttechnik« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. bor@lwf.uni-muenchen.de

Mikrobiologische Untersuchungen in Rückegassen

Bodenmikroorganismen wirken als Zeiger für stark verdichtete Fahrspuren

Beat Frey und Peter Lüscher

Zur Umsetzung des Bodenschutzes fordern sowohl die Praxis als auch Behörden Richtwerte sowie praktikable Methoden, mit denen sich Beeinträchtigungen der Bodenqualität erkennen und vermeiden lassen. Bodenmikroorganismen können mechanische Belastungen des Bodens anzeigen, denn sie erfassen die tatsächlichen Wirkungen vor Ort. Auf Grund der funktionellen Beziehungen zwischen den physikalischen Bodeneigenschaften, den von ihnen beeinflussten Lebensbedingungen sowie der Zusammensetzung von Bakterienpopulationen in Fahrspuren eignen sich Mikroorganismen als Indikatoren für die Bodenqualität.

Unsere Böden sind im Verlauf von Jahrtausenden entstanden. Zerstört werden sie dagegen sehr viel rascher. Gefahren drohen den Böden heute von verschiedener Seite. Um einen fruchtbaren Boden zu stören, genügt bereits der Raddruck einer schweren Holzerntemaschine, wenn sie auf einem durchnässten Boden eingesetzt wird. Der Schutz unserer Waldböden ist daher wichtig, weil bereits entstandene Beeinträchtigungen nur mit großem Aufwand zu beheben sind.

Die natürliche Regeneration von Böden dauert lange, fruchtbare Böden lassen sich in menschlichen Zeiträumen kaum ersetzen. Ein fruchtbarer Waldboden ist nicht nur das Fundament für ein robustes Baumwachstum und die Produktion von Holz, sondern er übernimmt auch wichtige Funktionen im Naturhaushalt, zum Beispiel als unverzichtbarer Wasserspeicher oder Trinkwasserfilter. Ein gesunder Waldboden bildet auch das größte Reservoir für die biologische Vielfalt im Wald. Ein Gramm Boden enthält bis zu 8.000 verschiedene Mikroorganismen, zwanzigmal so viele wie ein Ackerboden. Eine aktive Bodenmikroflora beeinflusst ganz wesentlich die Stoffkreisläufe und trägt damit zur Vitalität von Waldbeständen bei. Der Verlust dieser Vielfalt zieht folgenreiche Konsequenzen für die Bodenfruchtbarkeit wie den Streuabbau und die Humusbildung nach sich. Viele der äußerst komplexen Zusammenhänge und Wechselwirkungen in den Böden, die sich darüber hinaus von Bodentyp zu Bodentyp unterscheiden, werden noch nicht vollständig verstanden. Dies erschwert den Schutz dieser nicht erneuerbaren Ressource erheblich.

Bodenmikroorganismen als Indikatoren für die Bodenqualität

Seit der Sturmkatastrophe »Lothar« im Dezember 1999 wird auch dem physikalischen Bodenschutz im Wald stärkere Beachtung geschenkt. Die eilig ausgeführten Räumungsarbeiten hinterließen mancherorts beträchtliche Fahrspuren (Abbildung 1), die tiefgreifende und lang anhaltende Veränderungen im Bodengefüge verursachten. Das Zusammenpressen der porenreichen Bodenkrümel genügt, um die ökologische Funktionalität des Bodens erheblich zu beeinflussen.



Foto: M. Walser

Abbildung 1: Stark verdichtete Fahrspur mit teilweise schlecht abfließendem Wasser

Zur Umsetzung des Bodenschutzes fordern sowohl die Praxis als auch Behörden Richtwerte sowie einfache praktikable Methoden, mit denen sich Beeinträchtigungen der Bodenfruchtbarkeit erkennen und vermeiden lassen. Zur Charakterisierung der Bodenstrukturstörungen genügen physikalische Parameter nicht. Kenngrößen des Bodenlufthaushaltes sowie biologische Parameter sind ebenso wichtig. Insbesondere gelten heute mikrobiologische Parameter als Indikatoren der Bodenqualität, die kurz-, mittel- und langfristige Veränderungen der Bodenfruchtbarkeit integrierend anzeigen können. Bodenmikrobiologische Parameter liefern vor allem Informationen über die Wirkungen der chemisch-physikalischen Bodenumwelt auf bodenbiologische Aktivitäten und Prozesse, die auf Grund rein chemisch-physikalischer Analysen des Bodenzustandes nicht zu erkennen sind.

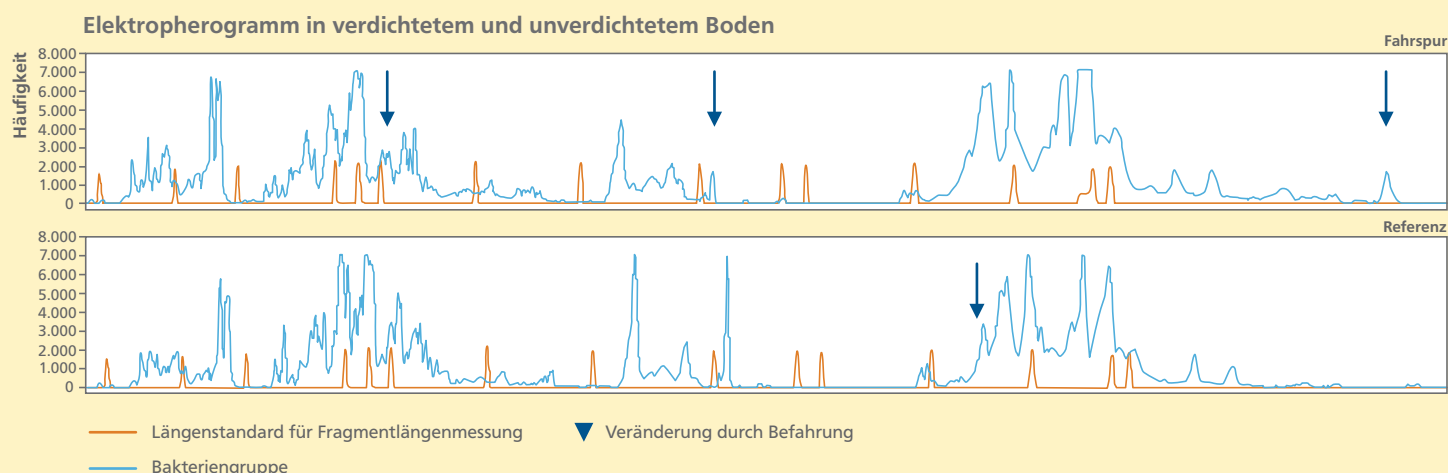


Abbildung 2: Elektropherogramm (T-RFLP Profile) in verdichteten und unverdichteten Böden

Das Ziel unserer Studie ist es, die funktionellen Beziehungen zwischen den physikalischen Bodeneigenschaften, den von ihnen unmittelbar und mittelbar beeinflussten Lebensbedingungen sowie Menge, Aktivität und Zusammensetzung von Bodenmikroorganismen zu untersuchen. Intensive Wechselwirkungen zwischen biologischen, chemischen und physikalischen Prozessen finden im Boden unter anderem über den Gashaushalt statt. Intakter Boden besteht je zur Hälfte aus fester Substanz und aus luft- oder wasserführenden Poren. Ein beschädigtes und eingeschränktes Porensystem verringert die Transportleistung für Wasser und Luft. Die Feinporen sind häufiger mit Wasser gefüllt. Weil Sauerstoff zehntausendmal langsamer in Wasser als in Luft diffundiert, wird Sauerstoff

im Porenraum viel langsamer nachgeliefert, der Gasaustausch zwischen Boden und Atmosphäre ist in einem verdichteten Boden, beispielsweise in Fahrspuren, gestört. Die Folge sind sauerstoffarme oder vollständig anaerobe Verhältnisse sowie eine Artenverschiebung unter den Mikroorganismen zugunsten solcher Arten, die unter sauerstoffarmen Verhältnissen überleben können. Dies spiegelt sich in der Zusammensetzung der vom Boden an die Atmosphäre abgegebenen Gase wider, denn bei Sauerstoffarmut decken die Mikroorganismen ihren Energiebedarf nicht über Verbrennungs-, sondern vor allem über Reduktionsprozesse. Dementsprechend wird der Anteil von Lachgas (N_2O) und bei extrem reduzierenden Bedingungen jener von Methan (CH_4) zunehmen.

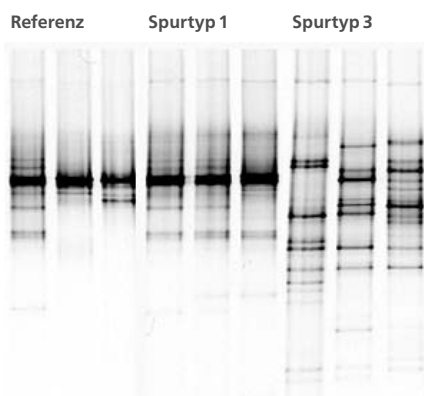


Abbildung 3: Bandenmuster (DGGE Profile) bakterieller Populationen in verdichteten und unverdichteten Böden; jede Bande zeigt eine spezielle Bakteriengruppe an, die im Stickstoffkreislauf im Boden eine Rolle spielt. Die bakteriellen Populationen unterscheiden sich klar zwischen unbelasteter Referenz, Spurtyp 1 und Spurtyp 3.

Veränderungen mikrobieller Lebensgemeinschaften in verdichteten Fahrspuren

In einem gemeinsamen Projekt mit der Technischen Universität München wurde eine klare, einfache Typisierung vorhandener Fahrspuren anhand optisch gut zu erkennender morphologischer Merkmale erarbeitet. Diese unterscheidet drei bodenmechanisch bedingte Verformungstypen (I elastische, II plastische, III viskoplastische Verformung) (Lüscher, S. 19–21 in diesem Heft). Anhand dieser Typisierung wurden Testflächen kartiert, um die Verbreitung auf mehreren Standorten zu dokumentieren. Proben aus unterschiedlichen Fahrspurtypen in den kartierten Testflächen und solche aus Befahrungsversuchen, bei denen unter kontrollierten Bedingungen bestimmte Fahrspurtypen erzeugt wurden, bilden die Datengrundlage. An Probepunkten mit typischer Ausprägung wurden physikalische und mikrobiologische Parameter erhoben. Aus den Bodenstrukturveränderungen, die sich auf die ökologische Funk-

tionalität auswirken, sowie aus der Zusammensetzung der unterschiedlichen mikrobiellen Populationen sollen Schwellenwerte abgeleitet werden, oberhalb derer sich ein Waldboden noch regenerieren kann.

Aus Bodenproben (Fahrspuren, Referenzproben) extrahieren wir DNS (Erbsubstanz von Lebewesen) und weisen mittels genetischer Analysen (T-RFLP, DGGE) unterschiedliche Strukturen der mikrobiellen Lebensgemeinschaften in den verschiedenen Spurtypen nach. Genetische Muster (Abbildungen 2 und 3) der verschiedenen Spurtypen wurden mittels multivariater Statistik (Hauptkomponentenanalyse) verglichen (Abbildung 4). Bakteriengruppen, die eine starke mechanische Belastung des Bodens anzeigen (Indikatoren), werden dann mittels Klonierung und Sequenzierung identifiziert. Dabei untersuchen wir Bakteriengruppen, die entweder vorwiegend unter anaeroben oder nur unter aeroben Bedingungen dominant vorkommen. Im Zentrum des Interesses stehen sowohl Bakterien, die Nitrat verwerten, als auch solche, die einen Boden mit Nitrat anreichern. Beide Gruppen hängen stark vom Gashaushalt des Bodens ab und üben wichtige Funktionen im Boden aus.

Bisherige Auswertungen auf den Pilotflächen in Messen (Kanton Solothurn) und Ermatingen (Kanton Thurgau) zeigen, dass unter den Fahrspuren des Typs I und einem Teil der Spuren vom Typ II keine deutlichen Unterschiede zu den Referenzproben bestehen, während die Spuren des Typs III und ein Teil des Typs II sich klar von Letzteren absetzen (Abbildung 4). Diese Befunde stehen in engem Zusammenhang mit nachweisbaren Bodenstrukturveränderungen und drastischen Reduktionen der Leitfähigkeiten. Ähnliche Muster bilden sowohl die Typisierung der Fahrspuren als auch die unterschiedlichen Cluster der mikrobiellen Lebensgemeinschaften nach.

Diese ersten Untersuchungen zeigen, dass eine mechanische Bodenbelastung mit schweren Erntemaschinen mikrobielle Lebensgemeinschaften beeinträchtigt. Anaerobe Verhältnisse in den verdichteten Fahrspuren fördern die an sauerstoffarme Verhältnisse angepassten Bakterienarten und verändern die mikrobiellen Gemeinschaftsstrukturen. Auf Grund der ersten Ergebnisse sind wir zuversichtlich, Schwellenwerte zu finden, oberhalb derer die Funktionsfähigkeit der Böden zumindest auf niedrigerem Niveau erhalten bleibt und damit Regenerationschancen bestehen.

Dr. Beat Frey leitet die Gruppe Rhizosphären-Prozesse in der Forschungseinheit »Boden-Wissenschaften« der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) in Birmensdorf. beat.frey@wsl.ch

Dr. Peter Lüscher ist Senior Consultant in der Forschungseinheit »Boden-Wissenschaften« der WSL. peter.luescher@wsl.ch

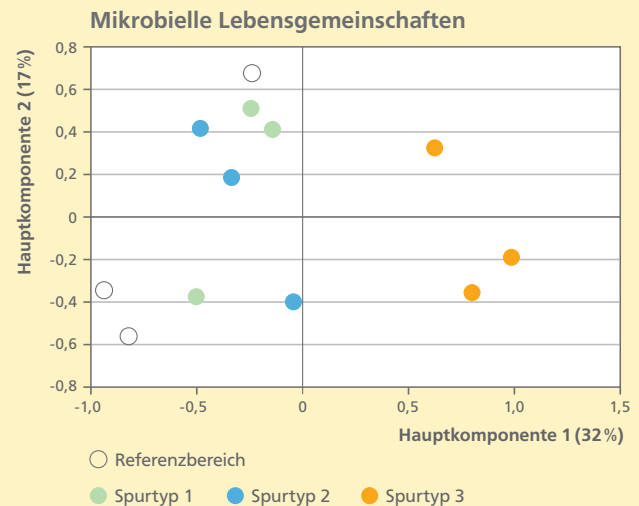


Abbildung 4: Die Zusammensetzung der mikrobiellen Lebensgemeinschaften zeigt in Abhängigkeit vom Spurtyp stark unterschiedliche Cluster in der Hauptkomponentenanalyse auf. Spurtypen 1 und 2 liegen eng bei den Proben aus dem unbelasteten Referenzbereich, davon unterscheiden sich die mikrobiellen Populationen im Spurtyp 3 deutlich.

Klima-Poster der LWF



Die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) hat eine elf Tafeln umfassende Posterausstellung mit dem Titel »Wald im Klimawandel« erarbeitet. Mit kurzen Texten informieren die Poster rund um das Thema Klimawandel und seine Auswirkungen auf das Ökosystem Wald. Die Tafeln können bis zu einem Format von DIN A0 (841 x 1188 Millimeter) ausgedruckt werden. Die LWF stellt den Ämtern für Landwirtschaft und Forsten die digitalen Daten in druckfähiger Qualität zur Verfügung. red

Bodenstruktur und Bestandeswachstum

Forschungen in Fichten- und Laubbaumbeständen bestätigen den Einfluss der bodenstrukturellen Güte eines Standortes auf das Wachstum

Enno Uhl

Eine Vielzahl ineinander greifender, standortsabhängiger Faktoren bestimmt das Wachstum der Bäume. Unter anderem beeinflussen Lagerungsdichte und Porenverteilung die Wasserversorgung und Belüftung der Wurzeln. In Waldbeständen wurden nun Zusammenhänge zwischen Bestandeswachstum und der bodenstrukturellen Güte nachgewiesen. Die Bodennote (siehe Kasten) charakterisiert die bodenphysikalische Güte eines Standortes. Sie gibt Auskunft über die Belüftungssituation und die Wasserleitfähigkeit des Bodens. Für die Bewirtschaftung des Waldes spielt der Zusammenhang zwischen bodenstruktureller Güte und Bestandeswachstum hinsichtlich des Maschineneinsatzes eine wichtige Rolle, wenn ein unsachgemäßer Einsatz die Bodenstruktur verschlechtert und Zuwachsverluste hervorruft.

Ein komplexes Gefüge aus Standortfaktoren bestimmt das Wachstum der Bäume. Allerdings ist über den Einfluss bodenstruktureller Eigenschaften eines Standortes auf das Wachstum bisher nur wenig bekannt. Doch beeinflussen gerade Lagerungsdichte oder Porenverteilung die Wasserversorgungs- und Belüftungssituation im Wurzelraum der Bäume. Neben externen Standortfaktoren wie Niederschlag oder Temperatur bestimmen diese bodeninhärenten Faktoren das Wachstum. Wolf (2005) stellte auf einem Schüttsubstrat auf einer Rekultivierungsfläche einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der bodenstrukturellen Güte und dem Höhenwachstum von Laubhölzern fest. Sie entwickelte aus den bodenphysikalischen Parametern *Gesamtporenraum*, *Wasserleitfähigkeit* und *Porenquotient* ein Bewertungsmaß (*Bodennote*) für die bodenphysikalische Güte eines Standortes (siehe Kasten). Der Gesamtporenraum gibt dabei Auskunft über den effektiven Wurzelraum sowie über die Wasserspeicherkapazität. Über Wasserleitfähigkeit und Porenquotient lässt sich die Belüftungssituation im Boden charakterisieren. Dieser Zusammenhang ist für die Forstwirtschaft wichtig, weil die Befahrung des Waldbodens mit Forstmaschinen das strukturelle Gefüge im Boden verändern und gegebenenfalls zu einer Verschlechterung des Standortes führen kann. In einer Vorstudie waren daher zwei wichtige Fragen zu beantworten:

- Lässt sich auf Waldböden ein Zusammenhang zwischen strukturellen Eigenschaften des Bodens und dem Bestandeswachstum feststellen?
- Stellt die Bodennote ein geeignetes Maß für die Bewertung der strukturellen Güte eines Standortes dar?

Untersuchungsbestände

Zur Klärung dieser Fragen wurden Versuchsflächen des langfristigen ertragskundlichen Versuchsflächennetzes ausgewählt, das der Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Technischen Universität München unter Beobachtung hält. Untersucht wurden reine Fichtenbestände im südlichen Bayern sowie Laubholzbestände aus Bergahorn, Esche und Buche in

Nordbayern (Tabelle 1). Bei der Auswahl der Fichtenversuche wurde darauf geachtet, Standorte mit guter Nährstoff- und Wasserversorgung auszuwählen. Zudem sollten hinsichtlich dieser Standortseigenschaften annähernd gleiche Bedingungen vorherrschen.

Als wachstumskundliche Größen wurde der *laufende jährliche Volumenzuwachs* (*iV*), die Entwicklung der *Oberhöhe* (*HO*) sowie die *Gesamtwuchsleistung* (*GWL*) des Bestandes herangezogen. In der Regel unterscheiden sich die Parzellen eines Versuches durch die Ausgangsstammzahl bei der Begründung sowie durch das Behandlungsregime. Beide Aspekte beeinflussen neben den Standortfaktoren auf Grund ihrer konkurrenzbeeinflussenden Wirkung die Entwicklung eines Bestandes wesentlich. Für die Vergleichbarkeit der Fichten-Parzellen wurde deshalb das Dichtemaß *stand density index* (*SDI*) (Reineke 1933; Pretzsch et al. 2005) berücksichtigt, das die vorhandenen Unterschiede in der Bestandesdichte normiert. Für die Laubbaumflächen wurde auf Grund der gemischten Bestände statt des *SDI* das Verhältnis aus Höhe und Brusthöhendurchmesser (*h/d*-Verhältnis) als indirektes Dichtemaß verwendet. Das *h/d*-Verhältnis liefert zwar keine Aussage über die aktuelle Dichte eines Bestandes, jedoch lässt es Rückschlüsse auf die Dichtesituationen während der Bestandesentwicklung zu.

Auf den Versuchsflächen wurden die zur Ermittlung der Bodennote erforderlichen Bodenparameter erhoben. Die gemessenen Bodeneigenschaften wurden als konstant über die waldwachstumskundliche Beobachtungsdauer der Versuchsflächen angenommen. Dies ist zulässig, da eine bewirtschaftungsbedingte Beeinflussung dieser Eigenschaften für den Beobachtungszeitraum ausgeschlossen werden kann und natürliche Prozesse der Strukturveränderung im Boden (abgesehen von Erdrutschen, Sturmwurf und dergleichen) sehr langfristig ablaufen.

Bodennote (Wolf 2005)

Die Bodennote integriert die Bodenstrukturparameter Wasserleitfähigkeit (kf-Wert), das Gesamtporenvolumen (GVP) sowie den Porenquotienten (PQ) eines Standortes. Sie beschreibt dessen bodenstrukturelle Güte und nimmt auf Grund ihrer numerischen Behandlung Werte zwischen 0,70 und 3,30 an. Eine äquidistante Differenzierung der Wertespanne mündet in eine fünfskalige Klasseneinteilung.

Klasse	Bodennote	Beschreibung
1	> 2,78–3,30	sehr gut
2	> 2,26–2,78	gut
3	> 1,74–2,26	mittel
4	> 1,22–1,74	schlecht
5	0,70–1,22	sehr schlecht

Dichte, Bestandesalter und Bodennote wurden als erklärende Variablen in einem regressionsanalytischen Ansatz verwendet mit dem Ziel, ihren Zusammenhang mit iV, HO und GWL zu klären. Werden Daten verschiedener Parzellen, von denen jeweils mehrere Beobachtungen vorliegen, miteinander verglichen, können Zufallseffekte sowohl auf der Ebene der einzelnen Beobachtungen als auch auf Parzellenebene auftreten. Diesem Umstand wurde durch die Verwendung gemischter Regressionsmodelle Rechnung getragen (Pinheiro et al. 2000).

Zusammenhänge zwischen Wachstum und Bodennote

Die Gesamtwuchsleistung summiert die oberirdische Holzvolumenproduktion über das ganze Bestandesleben auf. Sie zeigt für die Fichtenbestände einen statistisch signifikanten Zusammenhang zur bodenstrukturellen Güte. Auch die Entwicklung der Oberhöhe steht auf den Fichtenversuchsflächen in Korrelation zur Bodennote. Hingegen ergab sich kein statistischer Zusammenhang zwischen dem laufenden Volumenzuwachs eines Bestandes und der Bodennote. Werden bei der Regressionsanalyse nicht die integrierende Größe Bodennote, sondern ihre einzelnen Parameter untersucht, so beeinflusst die Wasserleitfähigkeit (kf-Wert) des Standortes die Entwicklung des Wachstums am stärksten. Dies gilt sowohl für die Gesamtwuchsleistung als auch für die Entwicklung der Oberhöhe.

Auf den stärker strukturierten Laubholzflächen konzentrierte sich die Analyse wegen der geringeren Anzahl an Wiederholungsaufnahmen auf den Zusammenhang zwischen Bodenstruktur und Oberhöhenentwicklung. Auch hier wurde eine auf Ebene der baumartenbezogenen Oberhöhen signifikante Abhängigkeit festgestellt. Anders als bei Fichtenbeständen zeigen alle drei in die Bodennote integrierten Parameter (Wasserleitfähigkeit, Porenquotient und Gesamtporenvolumen) einen statistisch signifikanten Zusammenhang mit der Oberhöhenentwicklung. Dabei besaß der Porenquotient gegenüber den anderen Parametern einen geringfügig höheren Einfluss.

Tabelle 1: Übersicht der Versuchsflächen

Versuch (Anzahl der Parzellen)	Bestandes- typ	Geologie	Substrat	Nieder- schlag [mm]
Fichte				
Denklingen (4)	Fichte	Münchener Schotterebene	schluffiger Lehm	1200
Sachsenried (3)	Fichte	Altmoräne	sandiger Lehm	1200
Fürstenfeld- bruck (3)	Fichte	Altmoräne	sandiger Lehm	825
Platten (1)	Fichte	Kreidesand	schluffiger Sand	700
Scheibental (2)	Fichte	Tertiär	Schichtlehm	660
Laubholz				
Mellrichstadt (2)	Buche- Edellaubholz	Muschelkalk	toniger Lehm	970
Arnstein (3)	Edellaubholz	Muschelkalk	toniger Schluff	670
Olching (1)	Edellaubholz, Weichlaub- holz	Münchener Schotterebene	sandiger Schluff	830

Die Stichprobengröße der Vorstudie ist sicherlich zu gering, um generelle Aussagen über das Verhältnis zwischen Bodenstruktur und Bestandeswachstum abzuleiten. Auf Grund des gewählten statistischen Verfahrens der Gemischten Modelle lassen sich aber für die gewählten Standorte Tendenzen ableiten. Die anfangs gestellte Frage nach einem Zusammenhang zwischen bodenstrukturellen Eigenschaften eines Standortes und dem Bestandeswachstum lässt sich klar bejahen. Die Ergebnisse bestätigen den Einfluss bodenphysikalischer Bodenparameter auf das Bestandeswachstum.

In den untersuchten Fichtenbeständen zeigt die Bodennote einen statistischen Zusammenhang sowohl zur Gesamtwuchsleistung als auch zur Oberhöhenentwicklung. Auf Grund der Ähnlichkeit der gewählten Standorte hinsichtlich der Niederschläge und Nährstoffversorgung gewinnt das Ergebnis zur Gesamtwuchsleistung eine besondere Bedeutung. Selbst bei hoher Standortsgüte rufen Unterschiede in bodenphysikalischen Merkmalen noch Unterschiede in der Gesamtwuchsleistung hervor. Für die Laubbaumflächen wurde ein Zusammenhang zwischen Bodennote und Oberhöhenentwicklung nachgewiesen. Gerade diesen Zusammenhang stellte auch Wolf (2005) in Laubholzkulturen auf einem künstlichen Schüttsubstrat fest.

Unterschiede zwischen Laubbaum- und Fichtenbeständen zeigten sich auch im Hinblick auf die Wirkung der einzelnen Bodenstrukturparameter, aus denen sich die Bodennote zusammensetzt. Für die Fichte spielt die Belüftung des Bodens eine wichtige Rolle (kf-Wert). Beim Laubholz unterscheiden sich die einzelnen physikalischen Bodenparameter nicht wesentlich in ihrem Einfluss auf das Wachstum. Dies könnte auf einen insgesamt höheren Anspruch der Laubhölzer an die Bodengüte hinweisen. Dies scheint eine zwischen Fichte und Laubholz differenzierte Gewichtung der Parameter bei der Berechnung der Bodennote zu erfordern. Auch ist die Bodennote in Zusammenhang mit den übrigen Standortsfaktoren zu sehen. Eine unterschiedliche Bedeutung der Bodennote in Abhängigkeit von der Standortsgüte deutet sich an.

Für die Bewirtschaftung des Waldes spielt der Zusammenhang zwischen bodenstruktureller Güte und Bestandeswachstum hinsichtlich des Maschineneinsatzes eine wichtige Rolle. Hier kann unter Umständen die Bodenstruktur bei unsachgemäßem Einsatz (u.a. flächige Befahrung, hohe Wassersättigung des Bodens, hoher Reifeninnendruck) langfristig negativ beeinflusst werden, sodass Zuwachsverluste eintreten.

Literatur

Pinheiro, J.; Bates, D. (2000): *Statistics and Computing - Mixed-Effects Models in S and S-Plus*. Springer Verlag, New York, 528 S.

Pretzsch, H.; Biber, P. (2005): *A Re-evaluation of Reineke's rule and stand density index*. Forest Science 51, S. 304–320

Reineke, L. H. (1933): *Perfecting a stand density index for even-aged forests*. Forest Science 37, S. 574–592

Wolf, B. (2005): *Boden- und vegetationskundliche Untersuchungen zur Rekultivierung eines mittelständischen Bergbaubetriebs am Beispiel der GKB-Bergbau GmbH, Köflach*. Dissertation TU München

Enno Uhl ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Technischen Universität München. Er bearbeitete zusammen mit Dr. Bettina Wolf die beiden Forschungsvorhaben. Enno.Uhl@lrz.tu-muenchen.de

Zu den Forschungsprojekten

Die Ergebnisse stammen aus zwei Forschungsprojekten (ST 174 und ST 193) mit dem Kurztitel »Bodenstruktur und Baumwachstum«. Die Arbeiten führte der Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik unter der Projektleitung von PD Dr. Dietmar Matthies zusammen mit dem Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Technischen Universität München durch. Projektbearbeiter waren Dr. Bettina Wolf und Enno Uhl.

1958: Letztes gewerbliches Floß im Frankenwald



Foto: H. Schreiber (Archiv Flößermuseum: G. Wich-Heiter)

Vor 50 Jahren ging mit der Fahrt des letzten gewerblichen Floßes auf dem kleinen Flüsschen Grümpel die lange Tradition eines sehr bedeutungsvollen Holztransportsystems aus dem Frankenwald zu Ende. Im Frühjahr 1958 ließ die Firma Gottfried Fischer etwa 100 Festmeter Fichtenlangholz aus dem Grümpeltal auf dem traditionellen Wasserweg in ihr Sägewerk nach Friesen bei Kronach flößen.

Am vorderen Ende der Flosse wurden die Stämme mit einem Querholz (Joch) fest verbunden. Das hintere Ende sollte bei diesem Floßtypus flexibel bleiben, um sich engen Stellen im Flusslauf anpassen zu können.

Nach Fertigstellung der so genannten Grundkuppeln wurden sie mit einem Wasserschwall (»Schutz«) aus einem eigens hierfür aufgestauten Floßteich zu Tal geflößt. Auf jeder Kuppel stand ein Flößer und steuerte sie mit seinem Floßhaken, einer Stange aus zähem Tannenholz mit Eisenspitze und einem Widerhaken. Die Fahrt um enge Flusswindungen und durch die Stauwehre erforderte viel Kraft und Geschick.

Die Bevölkerung des Frankenwaldes hat bis heute großen Respekt vor den Leistungen des Flößerhandwerks und bewahrt die Erinnerungen daran in verschiedenen Vereinen und Museen.

G. Müller, Nordhalben

Weitere Informationen unter: www.floessermuseum.de

Regeneration von Wurzelraumfunktionen nach mechanischer Belastung

In Fahrspuren gepflanzte Erlen fördern die Regeneration in verdichteten Böden

Peter Lüscher, Stéphane Sciacca und Mirjam Halter

Trotz der heutigen Bestrebungen, Bodenschäden zu vermeiden, gibt es noch ältere, aber nach dem Optimieren der Feinerschließung nicht mehr gebrauchte Rückegassen mit stark gestörten Fahrspuren. Auf diesen Flächen ist eine aktive Regeneration unerlässlich. Sie soll sicherstellen, dass sich die Bodenfruchtbarkeit möglichst rasch wieder einstellt und langfristig erhalten bleibt. Um die Regeneration der Wurzelraumfunktionen in Fahrspuren zu unterstützen, wurden im Jahr 2003 in Rückegassen ehemaliger Sturmflächen (»Lothar« 1999) in drei Schweizer Kantonen Schwarzerlen und Korbweiden gepflanzt. Erste Erfolge sind bereits zu verzeichnen. Eine Aussage, um wie viele Jahre die Regenerationszeit verkürzt werden könnte, ist noch nicht möglich.

Der zunehmende Maschineneinsatz bei forstbetrieblichen Maßnahmen führt immer häufiger zu Beeinträchtigungen wichtiger Funktionen des Waldbodens. Die negativen Auswirkungen der Befahrung erfordern nach den Möglichkeiten und Grenzen zu suchen, mit biologischen Regenerationsmaßnahmen die Standortsnachhaltigkeit zu fördern bzw. zu erhalten. Die Regeneration befahrungsbedingter Bodenbeeinträchtigungen, d. h. die Wiederherstellung eines natürlichen Lagerungszustandes des Waldbodens und seiner funktionalen Eigenschaften, ist das Ergebnis ineinander greifender und zum Teil rückgekoppelter Prozesse. Um Bodenstrukturstörungen und ihre Regeneration zu charakterisieren, genügen jedoch physikalische Parameter nicht. Kenngrößen des Bodenlufthaushaltes im Zusammenspiel mit biologischen Parametern (B. Frey et al., S. 5–7 in diesem Heft) sind ebenso wichtig (v. Wilpert et al. 2006). Auf natürliche Weise entstehen die Strukturen wieder neu, vor allem auf Grund biologischer Aktivitäten (Bodenfauna, Wurzelwachstum) oder infolge von Prozessen wie Quellen und Schrumpfen, Austrocknung und Wiederbefeuchtung sowie Eislinnenbildung.

Versuchsanordnung mit und ohne Kompost

Um festzustellen, ob eine Bepflanzung die Bodenregeneration in verdichteten Fahrspuren fördert, wurden im Jahr 2003 auf Sturmwurfflächen (»Lothar« 1999) in Habsburg (Kanton Aargau), Messen (Kanton Solothurn) und Brüttelen (Kanton Bern) Schwarzerlen (*Alnus glutinosa*) und Korbweiden (*Salix viminalis*) in Fahrspuren und zum Vergleich in benachbarte Referenzflächen gepflanzt. Die Fahrspuren (Typ 3: stark gestört) wurden nach einer umfassenden Kartierung der Bodenbeeinträchtigungen mit Schwarzerlen und Korbweiden bepflanzt. Die Referenzflächen wurden im direkt benachbarten Gelände ausgewählt. In einer Variante wurde die Fahrspur mit Kompost aufgefüllt und anschließend bepflanzt. Zwischen 2003 und 2005 wurde das Baumhöhenwachstum verfolgt. Insgesamt gediehen die Schwarzerlen besser als die Korbweiden. Außerdem wuchsen die Pflanzen in den mit Kompost aufgefüllten Fahrspuren rascher in die Höhe.



Foto: R. Köchli

Abbildung 1: Mit Schwarzerlen und Korbweiden bepflanzte Fahrspuren in Habsburg, Kanton Aargau (März 2007)

Wurzelwachstum als Indikator

Nach vier Jahren überprüften wir im Sommer 2007 in einem Vorversuch das Wurzelwachstum der Pflanzen. Alle Schwarzerlen durchwurzeln die verdichteten Spuren. Die Korbweidenstecklinge bildeten entsprechend ihrer geringen oberirdischen Wuchsleistung ein kleines Wurzelwerk aus, das nicht oder nur mit einer Pfahlwurzel in die Fahrspuren eindringen konnte.

Vernässungsmerkmale und Gefügeformen an den Profilen wurden nach dem Konzept des Verbundprojektes »Testkit« (Clemens 2008) erfasst (siehe Kasten). In den Spuren mit Schwarzerlen sind hauptsächlich in Verbindung mit Kompost an der Spursohle krümelige Aggregate vorhanden. In den nicht bepflanzten Fahrspuren der Referenzflächen ist dies trotz vorhandener Binsen in der Krautschicht nicht der Fall. Alle Profile unter Spuren unterscheiden sich in den erfassten Merkmalen und Eigenschaften jedoch noch mehr oder weniger deutlich von der Referenzfläche. Das Auffüllen mit Kompost ermöglicht den Erlenwurzeln, sich bei gleicher maximaler Wurzeltiefe in einem weiteren Radius um den Stamm auszubreiten. Dies könnte eine Bodenregeneration günstig beeinflussen.

Die ersten Resultate des Projektes zeigen, dass die Bepflanzungen von Fahrspuren mit Schwarzerlen das Potential zur Regeneration der beeinträchtigten Zonen besitzen. Damit wird eine Methode beschrieben, die aktiv und ohne mechanischen Eingriff die Auswirkungen der Befahrung rückgängig machen könnte. Neben den bodenphysikalischen sollen neue mikrobiologische Methoden mit Gashaushaltsmessungen angewendet werden, um möglichst rasch die Wirksamkeit der Maßnahmen zur Regeneration standortsabhängig beurteilen zu können. Am Ende des Projektes, das in Zusammenarbeit mit der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg bearbeitet wird, werden Erkenntnisse mit Empfehlungen für die Umsetzung unterstützender Regenerationsmaßnahmen für die Praxis erwartet. Das Potential für die Anwendung biologischer Regenerationsmaßnahmen ist beachtlich.

Literatur

Clemens, D. (2008): *Bodenkundliche Feldmethoden zur Identifikation alter Fahrlinien*. Allgemeine Forstzeitschrift 6, S. 294–295

v. Wilpert, K.; Schäffer, J. (2006): *Ecological effects of soil compaction and initial recovery dynamics: a preliminary study*. European Journal of Forest Research 125, S. 129–138

Dr. Peter Lüscher ist Senior Consultant in der Forschungseinheit »Boden-Wissenschaften« der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL in Birmensdorf. peter.luescher@wsl.ch
Stéphane Sciacca ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt »Mechanische Belastung von Waldböden« in der Forschungseinheit »Boden-Wissenschaften« der WSL. stephane.sciacca@wsl.ch
Mirjam Halter arbeitete 2007 als Berufspraktikantin in der Forschungseinheit »Boden-Wissenschaften« der WSL.



Foto: R. Köchli

Abbildung 2: Schwarzerlenwurzel unter einer Fahrspur ohne Kompost in Brüttelen, Kanton Bern, vier Jahre nach der Pflanzung

Verbundprojekt »Testkit«

Titel: »Entwicklung und Praxiserprobung eines Testkits zur Lokalisierung bodenmechanisch vorbelasteter Bodenareale von Forststandorten und die Einbeziehung dieser Fahrlinien in zukünftige Konzepte der Waldpflege und Holzernte«

Gesamtziel des Verbundprojektes ist, ein zuverlässiges, praxistaugliches Testkit zu entwickeln und zu erproben, mit dem sich »historische« Befahrungslinien lokalisieren lassen. Das Testkit soll ermöglichen, vorhandene Bodenverformungen zu identifizieren und diese in zukünftige Erschließungskonzepte einzubeziehen. Damit kann es dazu beitragen, die Tendenz zur beschleunigten Neuverformungsrate von Waldböden zu bremsen.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert das Projekt.

Mehr unter: www.bodenkunde.uni-freiburg.de/forschung/testkit

Regenerationsvermögen befahrungsbedingt strukturveränderter Böden

Antworten aus einer Literaturstudie und eigenen Untersuchungen

Johann Kremer

Gesunde, gut strukturierte Böden sind eine Voraussetzung für die nachhaltige Nutzung forstlicher Standorte. Der Boden muss wichtige Funktionen erfüllen: Er ist effektiver Wasserspeicher und Nährstofflieferant, und er bietet potentiellen Wurzelraum für die Vegetation. Ungestörte Waldböden weisen ein optimal verteiltes Hohlraumsystem auf, das die ökologisch bedeutenden Funktionen über ein Netzwerk enger bis grober Poren ermöglicht. Jedoch verursachen die in der Holzernte eingesetzten schweren Forstmaschinen bereits bei der ersten Überfahrt Strukturveränderungen, die die Bodenfunktionen beeinträchtigen können. Eine Literaturstudie und eigene Untersuchungen gehen den Fragen nach, in welchem Umfang und in welchem Zeitraum sich geschädigte Böden wieder regenerieren können.

Rationalisierungsdruck und ständige Anforderungen an die Produktivitätssteigerung führen unweigerlich zu höheren Maschinengewichten in der Holzernte. Bereits ab der ersten Überfahrt wirken dynamische Belastungsspitzen bis in größere Tiefen. Auf einem Großteil der Waldböden verursacht das Befahren tiefgreifende und lang anhaltende Veränderungen, die wichtige Bodenfunktionen beeinträchtigen können. »Im verformten Boden sind auf Grund des Makroporenkollapses ökologisch wichtige Transfergrößen wie der Diffusionskoeffizient oder die hydraulische Leitfähigkeit erheblich vermindert, was zu einer drastisch eingeschränkten Lebensraumfunktion führt« (Hildebrand 2003).

Aus der Sicht des Bodenschutzes gehen einige Untersuchungen der Frage nach, ob und in welchem Umfang eine natürliche Waldbodenregeneration möglich ist. Unterschiedliche Ergebnisse und Folgerungen zeigen, wie schwierig es ist, die Erholungszeiträume veränderter Bodenstrukturen einzuschätzen.



Foto: J. Hamberger

Abbildung 1: Jede Überfahrt beeinträchtigt die Bodenstruktur. Können sich geschädigte Böden wieder regenerieren?

Literatur zur Bodenregeneration

Die meisten Arbeiten beschränkten sich auf die Entwicklung von Lagerungsdichte und Eindringwiderständen über unterschiedliche Zeitintervalle nach der Belastung. Nur von wenigen Befahrungsversuchen liegen Erfahrungen zur Regeneration von Bodenverformungen unter Berücksichtigung sensibler Parameter wie Bodenbelüftung oder Wasserleitfähigkeit vor (Schäffer 2004). Erschwerend kommt hinzu, dass selten auf die Art der Strukturveränderungen eingegangen wird.

Das amerikanische Langzeit-Experiment zur Produktionskraft von Böden (LTSP) deckt eine Spanne von Sandböden bis hin zu Tonleimen ab und arbeitet mit drei Kategorien von nicht verdichtet über mäßig bis stark verdichtet. Turnusmäßig werden Lagerungsdichte und Eindringwiderstand erhoben. Zehn Jahre nach der Belastung zeigen sich bis auf wenige Ausnahmen keine deutlichen Lockerungen. Auf Zusammenhänge mit der Ausgangsdichte und dem Temperaturregime wird jedoch hingewiesen (Powers et. al. 2005). An anderen Beobachtungsflächen wird auf sandigen Leimen bereits nach fünf Jahren eine signifikante Lockerung festgestellt. Der Regenerationsprozess beginnt an der Oberfläche und verläuft in tieferen Schichten langsamer. Auf Schluffleimen hingegen sind nur in der obersten Schicht Lockerungen zu erkennen (Page-Dumroese et. al. 2006). Die Autoren weisen auf große, von der Bodenart abhängende Unterschiede hin. Hatchell und Ralston (1971) geben 40 Jahre als Regenerationszeitraum für verdichtete Böden an. Froehlich und McNabb (1984) nennen einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten. Selbst aus kalten Klimaten, in denen Gefrieren und Tauen die Strukturreneubildung fördern sollte, berichten Voorhees (1983) und Corns (1988) von minimalen Lockerungseffekten. Letztendlich zeigt eine groß angelegte Studie (19 Böden, 32 Boden-Zeit Kombinationen) im ariden Raum, dass erste Böden nach 70 Jahren regeneriert waren. Lineare und logarithmische Modelle zur Regeneration errechnen Zeiträume von 92 bis 100 bzw. 105 bis 124 Jahren für eine 85-prozentige Wiederherstellung des Ausgangszustandes (Webb 2002). Leider fehlen in all diesen Studien Untersuchungen zu Transferfunktionen für Wasser und Luft.

Prose und Wilshire (2000) stellen auf unterschiedlichen Bodenarten 40 Jahre nach einer Belastung durch Manöver kein Anzeichen einer Lockerung fest. Lagerungsdichte und Eindringwiderstand sind erhöht, Wasserleitfähigkeiten um 55 Prozent niedriger. Mit einer Regeneration ist nach den Autoren frühestens innerhalb mehrerer Dekaden, wenn nicht sogar Jahrhunderten, zu rechnen.

In einer umfangreichen Literaturstudie zu Erholungszeiträumen nach forstlicher Befahrung kommt Arnup (1999) zu dem Schluss, dass Tonlehme je nach Ausgangszustand und Belastungszeitpunkt zwischen fünf und 20 Jahre zur Regeneration benötigen. Einschränkend werden jedoch auch Ergebnisse einiger Autoren, die wesentlich längere Zeiträume ansetzen, erwähnt. Erst 40 Jahre nach der Belastung erreichen die Wasserleitfähigkeitsbeiwerte das Niveau unbelasteter Böden.

In Südaustralien stellt Rab (2004) zehn Jahre nach der Befahrung auf Schlufflehm, Lehm und Tonlehm unterschiedlich verlaufende Regenerationsprozesse je nach Bodenart, Belastungsintensität und Art der Strukturveränderungen fest. In Sammelgassen auf Schlufflehm fällt die Erholung am geringsten aus. Auf Gassen 2. und 3. Ordnung wurden auf allen anderen Böden die Lagerungsdichten wieder geringer, Grobporenräume stiegen um das Doppelte und mehr. Sie erreichten jedoch noch nicht das Niveau unbelasteter Böden. Croke et. al. 2001 weisen fünf Jahre nach der Belastung grüner Lehme zwar keine signifikant niedrigeren Dichtewerte nach, die Wasserleitfähigkeitswerte jedoch verbesserten sich um das Doppelte und erreichten schon 50 Prozent des Ausgangsniveaus. Auf tongepprägten Böden Westdeutschlands werden in acht Jahre alten Rückegassen bei fünf Zentimetern Bodentiefe CO₂-Konzentrationen unterhalb eines belüftungsrelevanten Grenzwertes festgestellt (Duft 2005). Gedeutet werden die Ergebnisse als mögliche beginnende Reaggregation, wie sie in der Literatur für Tonböden beschrieben wird. Ein schluffiger Sand im mittleren Pfälzerwald zeigt nach 13 Jahren in den obersten zehn Zentimetern signifikant geringere Lagerungsdichten als nach Befahrung (Schneider et. al. 2003). Auch die Luft- und Wasserleitfähigkeit erholten sich in diesem Bereich deutlich. Sie liegen sogar geringfügig über den Referenzwerten. Die Autoren führen die Lockerung auf intensive Durchwurzelung durch Sukzessionsvegetation zurück. Werner und Werner (2001) weisen darauf hin, dass sich Regenerationsprozesse von Tonlehm je nach Belastungssituation zeitlich und von den Abläufen her unterschiedlich entwickeln. Bei moderater Verdichtung wird die Initialstruktur nach drei Jahren weitestgehend erreicht. Auf Schlufflehm weisen v. Wilpert und Schäffer (2003) anhand der diffusiven Gasleitfähigkeit in der obersten Schicht der Fahrspuren 25 Jahre nach der Belastung eine Verbesserung der Belüftungssituation nach. Diese wirkte sich überproportional auf die Durchwurzelungsintensität und -tiefe aus.

»Regenerationsprozesse verformter Böden hängen offensichtlich stark von (klein)standörtlichen Bedingungen ab, ... Mit Hilfe unechter Zeitreihen konnten zwar Meliorationseffekte erkannt werden, generell dürfte die Zeit zur vollständigen Regeneration in der Regel im Bereich mehrerer Jahrzehnte liegen« (Hildebrand 2003).

Bei der Beurteilung von Regenerationsprozessen ist jedoch auch die Art der Strukturveränderung zu berücksichtigen. Böden, die einer einfachen Verdichtung unterlagen, haben wesentlich bessere Regenerationschancen als solche, bei denen unter der Belastung viskoses Fließen mit deutlicher Randaufwölbung auftrat. Dabei werden die Transferfunktionen auf Grund zerstörter Porenkontinuität unterbunden.

LWF und TUM untersuchen Struktur-Regeneration schluffig-lehmiger Sande

In einer Kooperationsstudie der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) und der Technischen Universität München (TUM) zur Entwicklung bodenstrukturrelevanter Parameter wurde sechs Jahre nach Befahrung mit unterschiedlichen Fahrwerken und Systemkonfigurationen eine Wiederholungsaufnahme gemacht. Um die bodenphysikalischen Parameter zu ermitteln, wurde analog zur Erstuntersuchung 2001 die konventionelle Stechzylinderanalytik eingesetzt.

Weitestgehend homogene Bodenverhältnisse auf einem schluffig-lehmigen Sand über Donaukiesen am südlichen Rand des Tertiärhügellandes ermöglichten Vergleiche von Strukturveränderungen in Folge maschineller Holzernte. Zum Befahrungszeitpunkt lagen die Bodenwassergehalte in fünf bis zehn Zentimetern Tiefe nahe der Fließgrenze und in 15 bis 20 Zentimetern zwischen Ausroll- und Fließgrenze. Damit waren starke Verdichtungen und Einschränkungen der Funktionalität zu erwarten. Bei der Durchforstungsmaßnahme wurden 674 Festmeter (inkl. NH) Fichte auf einer Fläche von sechs Hektar entnommen. Dies entspricht einem Entnahmesatz von 112 Festmeter pro Hektar aus Gassenanlage und Pflege. Die Gassen unterlagen je nach Einzel- oder System-Variante derselben Befahrungsintensität. Zum besseren Verständnis werden in Tabelle 1 die in den Varianten eingesetzten Maschinen kurz beschrieben. Unter System ist die jeweilige Kombination Radharvester – Forwarder oder Raupenharvester – Forwarder zu verstehen.

Tabelle 1: Im Befahrungsversuch 2001 eingesetzte Maschinen

Maschine	Typ und Masse	Fahrwerk
Radharvester	Timberjack 1270 A, 16,5 Tonnen	6-Rad, Nokian, vorne 700 mm, hinten 600 mm
Raupenharvester	Königstiger, 28 Tonnen	Stahlraupe, 600 mm
Forwarder	Rottne Rapid G, 12 Tonnen	8-Rad, Trelleborg, vorne und hinten 700/50 mm

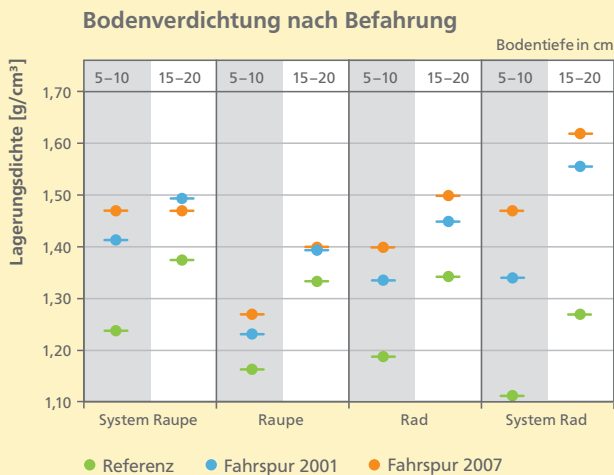


Abbildung 2: Entwicklung der Lagerungsdichte für die Varianten »Ebene«

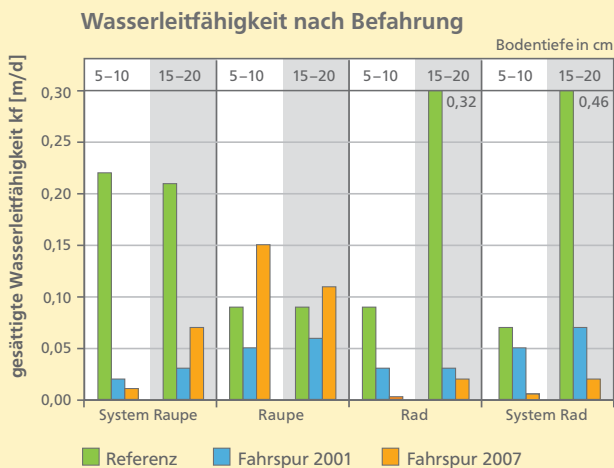


Abbildung 3: Entwicklung der gesättigten Wasserleitfähigkeit für die Varianten »Ebene«

Analog zu den in der Literaturstudie angeführten Befunden werden die Entwicklung der Lagerungsdichte und der Wasserleitfähigkeit als Transferfunktion diskutiert. Die Veränderungen fielen nur unter dem System Rad mit 22 bzw. 28 Prozent drastisch aus. Sie waren 2001 jedoch mit Ausnahme der Werte in der obersten Schicht der Raupenspur signifikant erhöht. Lagerungsdichte und Gesamtporenraum unterliegen in der Ruhezeit von sechs Jahren nur geringsten Veränderungen (Abbildung 2). Da nicht am identischen Punkt beprobt werden konnte, ergaben sich leicht erhöhte Werte und zum Teil größere Streuungen. Dieser Befund deckt sich mit einer Vielzahl der Literaturangaben.

Will man jedoch Regenerationsansätze der Böden aufzeigen, muss man dies anhand positiver Veränderungen der ökologischen Funktionalität versuchen, wie dies z. B. für den Parameter Wasserleitfähigkeit gezeigt werden kann. Obwohl die Tendenzen sehr deutlich ausfallen, wurden 2001 auf Grund großer Streuungen nur in wenigen Fällen signifikante Reduktionen nachgewiesen. In der Wiederholungsaufnahme ergeben sich zumindest für die obere Schicht (fünf bis zehn Zentimeter) mit Reduktionen um über 90 Prozent deutliche Einbußen der Wasserleitfähigkeit (Ausnahme Raupenvariante). Bei 15 bis 20 Zentimeter Tiefe waren und sind die geringeren Werte nur für die Radvarianten statistisch abgesichert. Beim System Raupe deutet sich eine Trendumkehr an. Analog dazu verbesserten sich die Werte in der Spur des Raupenharvesters signifikant um den Faktor 3 bzw. 2. Hier waren zwar 2001 keine Unterschiede zur Referenz zu belegen, jedoch wird auf Grund der Tendenzumkehr von vollständiger Wiederherstellung der Wasserleitfähigkeit ausgegangen. Auch dieses Ergebnis kann entsprechend den Befunden von Croke et. al. 2001 nachvollzogen werden.

Fazit

Sechs Jahre nach der Befahrung kann nur in den Fahrspuren des Raupenfahrzeugs von Regeneration gesprochen werden. Bei allen anderen Varianten liegen in fünf bis zehn Zentimetern Tiefe noch signifikant erhöhte Lagerungsdichten und reduzierte Leitfähigkeitswerte vor. In der zweiten Tiefenstufe scheint sich auch in der Spur des Systems Raupe eine Tendenz zur Melioration anzudeuten. Zusammenhänge zwischen Belastungsintensität, Art der Strukturveränderungen und Regenerationsansätzen werden anhand der Ergebnisse aus dieser Studie deutlich.

Weiterhin besteht Forschungsbedarf auf diesem Gebiet, da Strategien zum Bodenschutz bei der Holzernte auch Regenerationsprozesse und -chancen mitberücksichtigen sollten. In der Schweiz und in Süddeutschland laufen zur Zeit Versuche, die biologische Regeneration mittels Bepflanzung besser in Gang zu bringen (Lüscher et al., S. 11–12 in diesem Heft).

Literatur

Auf Anfrage beim Verfasser und unter www.lwf.bayern.de

Dr. Johann Kremer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der Technischen Universität München. kremer@forst.wzw.tum.de

Wurzelverletzungen unter Raupe und Rad

Trotz schwerer Wurzelverletzungen bei Raupenfahrwerken schneiden Raupenfahrzeuge im Vergleich zu Radmaschinen nicht schlechter ab

Herbert Borchert, Markus Blaschke und Matthias Metan

Raupenfahrzeuge auf Rückegassen können deutlich mehr schwere Verletzungen an den Wurzeln der Randbäume verursachen als Radmaschinen. Dies zeigte ein Versuch aus dem Jahr 2001 in einem Fichtenbestand westlich von Augsburg. Sechs Jahre später hatte nahezu jede Verletzung - ob groß oder klein - eine Fäule ausgelöst. Weil sich die Gesamtzahl der verletzten Bäume bei beiden Fahrwerken sehr ähnelte, unterscheiden sich die wirtschaftlichen Folgen kaum. Das Risiko von Wurzelverletzungen braucht die Entscheidung für oder gegen den Einsatz eines Raupenfahrzeugs nach jetzigem Kenntnisstand nicht beeinflussen.



Abbildung 1: Geschädigte Wurzel eines Baumes am Rand der Rückegasse; die Wurzel wurde freigelegt, um für die weiteren Laboruntersuchungen Proben gewinnen zu können.

Bei einer maschinellen Durchforstung im Herbst 2001 hatten die Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) und der Lehrstuhl für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität München die Auswirkungen der Holzernte auf die Bodenstruktur der befahrenen Rückegassen und die dabei verursachten Wurzelverletzungen ermittelt. Dabei wurden vier Varianten des Maschineneinsatzes verglichen:

- Raupenharvester
- Radharvester
- Raupenharvester und Forwarder
- Radharvester und Forwarder

Waren ausschließlich Harvester eingesetzt, wurde das geerntete Holz von benachbarten Rückegassen aus geborgen. Die vier verschiedenen Varianten wurden sowohl in ebener Lage als auch beim Einsatz am Hang untersucht. Dafür wurden insgesamt acht je 150 Meter lange Gassen angelegt.

Im direkten Vergleich Raupenharvester/Radharvester waren Hinblick auf die Bodenstruktur beim Radharvester sowohl am Hang als auch in der Ebene die größeren Veränderungen auf der Rückegasse festzustellen (Ohrner et al. 2003). Diese hatten wesentlich stärkere Einschränkungen der Leitfähigkeit des Bodens für Wasser und Luft zur Folge. Wurde das Holz anschließend mit dem Forwarder gerückt, war die Belastung für die Böden deutlich größer, die Unterschiede bei den Fahrwerkstypen der Harvester glichen sich nahezu aus. In diesen Fällen sank die Luftleitfähigkeit der Böden in den Fahrspuren der entsprechenden Rückegassen teils auf kritische Werte (Kremer, S. 13–15 in diesem Heft).

Keine quantitativen, aber große qualitative Unterschiede bei Wurzelverletzungen

Bei der Häufigkeit von Wurzelverletzungen zeigten sich kaum Unterschiede zwischen Rad- und Raupenharvester. Der Anteil verletzter Wurzeln sowie der Anteil von Randbäumen entlang der Rückegassen mit verletzten Wurzeln waren beim Raupenharvester nur geringfügig größer. Bei den Varianten mit anschließender Rückung war die Häufigkeit nahezu identisch. Etwa 40 Prozent aller Randbäume hatten nach der Rückung verletzte Wurzeln (Abbildung 1). Große Unterschiede zwischen den Varianten zeigten sich dagegen bei der Schwere der Verletzungen (Ohrner et al. 2003). Der Radharvester verursachte überwiegend Rindenabhub, wobei der Holzkörper intakt blieb. Dagegen verletzte das Raupenfahrwerk den Holzkörper massiv bis hin zur Abscherung von Hauptwurzeln. Im Vergleich zum Radfahrzeug verursachte der Raupenharvester etwa viermal größere Schadflächen und einen doppelt so hohen Prozentsatz gebrochener oder gerissener Wurzeln. Der Forwarder vergrößerte die Schadflächen nochmals wesentlich. Auf Grund der schwereren Verletzungen wurde beim Einsatz von Raupenharvestern eine größere Gefahr von Pilzinfektionen mit der Folge von Holzfäulen erwartet. Die LWF überprüfte sechs Jahre nach der Durchforstung, wie weit sich ausgehend von den Verletzungen Fäulen in den Wurzeln und im Stamm ausgebreitet haben und wie sich dies nun auf die Holzqualität und den wirtschaftlichen Erfolg auswirkt.

Fäule wandert rasch bis in den Stamm

Dazu wurden über alle Schadklassen verteilt insgesamt 61 Randbäume entlang der Rückegassen ausgewählt und gefällt. Die verletzten Wurzeln wurden entnommen, aufgetrennt und die Ausbreitung der Fäule analysiert. Bis auf eine Wundstelle hatten sich ausgehend von den Verletzungen in allen Wurzeln Fäulen etabliert. Die meisten Fäulen verursacht entgegen den Erwartungen offensichtlich nicht der Wurzelschwamm, sondern der Hallimasch. Da in vielen Fällen (43 Prozent der Wurzeln) die Fäule bereits in den Stamm hineingewachsen war, lässt sich die mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit nicht exakt bestimmen, sie wird auf neun bis 21 Zentimeter pro Jahr geschätzt. Solche Wachstumsraten liegen innerhalb des Rahmens, der in anderen Studien für die Ausbreitung der Fäule in Wurzeln und in Stämmen ermittelt wurde (Schönhar 1978; Stendlid, Johansson 1987; Bendz-Hellgren et al. (1999) in Berglund 2005; Piri 2003; Hallaksela 1993; Huse, Venn (1994) in Berglund 2005). Nach verschiedenen Studien lässt das Wachstum im Stamm jedoch über einen längeren Zeitraum deutlich nach (Vasilisauskas 2001; Thor 2005; Johann 1988; v. Pechmann et al. 1973). Auf unserer Versuchsfläche ist damit zu rechnen, dass nahezu jede Verletzung unabhängig von ihrer Schwere zu einer Fäule geführt hat, die früher oder später bis in den Stamm vordringt.

Bei 32 Bäumen (52 Prozent) wurde am Stock bereits eine Fäule festgestellt, die zumeist noch im Anfangsstadium war und bis auf ein paar kleine Stellen überall noch im Bereich des schwächsten Fäulegrades lag. Zwischen der Schwere der Wurzelverletzungen und der Ausdehnung der Fäule auf dem Querschnitt war kein Zusammenhang zu erkennen. Weil die Fäulen zum Teil auch einen anderen Ursprung haben konnten, dürfen solche Zusammenhänge dennoch nicht ausgeschlossen werden.

Festigkeit des Holzes noch nicht beeinträchtigt

Der Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der TU München untersuchte am Computertomographen die Rohdichte des befallenen Holzes (Abbildung 2). Diese war im Querschnitt des Stammes im Bereich der Fäule häufig modifiziert. Dichte einbrüche gab es nur in wenigen eng begrenzten Bereichen. Ansonsten war die Dichte im Fäulebereich häufig höher. Auch aus den Stammteilen geschnittene, verfärbte Holzstäbe hatten tendenziell eine höhere Rohdichte als die visuell als gesund eingestuften Proben. Diese Dichteunterschiede lassen sich möglicherweise auf die unterschiedliche Lage der Proben innerhalb des Stammquerschnittes, zum Teil vielleicht auch auf Abwehrreaktionen des Baumes im Splintholz zurückführen. Die Fachhochschule Rosenheim ermittelte die Biegefestigkeit und das Elastizitätsmodul der Holzstäbe. Dabei wurde keinerlei Beeinträchtigung visuell fauler gegenüber visuell gesunden Proben festgestellt.

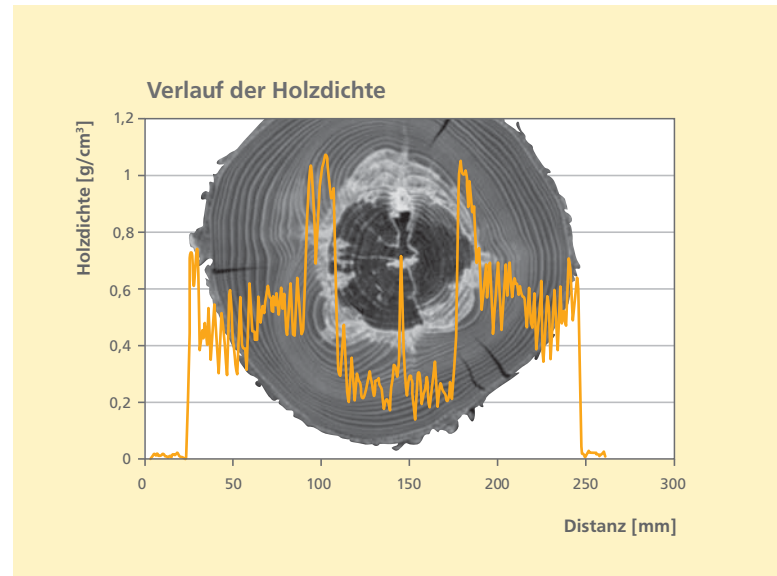


Abbildung 2: Computertomographie-Aufnahme eines Stammquerschnittes und Verlauf der Holzdicke über den Stammquerschnitt

Erlösminderung bei Rundholz, Schnittholz und Endnutzung

Die Kernfäule der betroffenen Stämme führt zu einer Abwertung der untersten Stammstücke (Erdstammstücke) – 36 Prozent ihrer Holzmasse – von Güteklasse B nach C. Bei einem Preisabschlag von 20 Prozent für Holz der Güteklasse C errechnet sich ein Mindererlös von im Mittel 81 Euro pro Hektar mit einer Spanne von 60 bis 97 Euro pro Hektar, den das Rundholz Ende 2007 erzielt hätte. Der untere Rahmen stellt den Mindererlös der Variante »Radharvester« dar, bei der die wenigsten Bäume an den Wurzeln verletzt wurden, die obere Grenze die Kombination aus Radharvester und Forwarder. Der Mindererlös bewegt sich zwischen ein und zwei Prozent des Holzerlöses, der sich aus dem Verkauf aller Gassenrandbäume nach Abzug der Erntekosten hätte erzielen lassen, wenn kein Baum eine Kernfäule aufweisen würde.

Auch die Erlösminderung beim Schnittholzverkauf wurde quantifiziert. Als Hauptprodukt wurden dabei Lamellen für Brettschichtholz zugrunde gelegt. Die Firma Binderholz Deutschland stellte dafür Schnittbilder aller Zopfdurchmesser für Abschnitte von fünf Metern Länge zur Verfügung. Nach Auskunft von Mitarbeitern wiegen beim Schnittholzverkauf ästhetische Kriterien weitaus schwerer als Kriterien der Festigkeit. Lamellen mit Verfärbungen können bei Leimbändern nicht im sichtbaren Bereich eingesetzt werden. Der Erlös vermindert sich um 30 bis 40 Euro je Kubikmeter. Welcher Festigkeitsklasse das Schnittholz auf Grund der Verfärbungen nach der DIN 4074 (Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit) zuzuordnen ist, spielt dabei keine Rolle. Beim Schnittholz aus den kernfaulen Erdstammstücken wären 43 Prozent des Volumens verfärbt gewesen und zwar weit überwiegend die Lamellen, also die Hauptware. Der Mindererlös beim Schnittholzverkauf hätte 48 Euro pro Hektar betragen mit einer Spanne von 41 bis 66 Euro pro Hektar.

Der Lehrstuhl für Waldwachstumskunde simulierte mit den Programmen SILVA und RAM (Seifert 2003) die Entwicklung der Fäule über einen Zeitraum von 50 Jahren. Nach der Simulation nehmen im Alter 100 die von Fäule infolge der Befahrung betroffenen Rückegassen-Randbäume zwischen fünf und acht Prozent der gesamten Holzmenge ein. Die kalkulierte Erlösminderung beim Rundholz liegt zwischen 720 und 1.040 Euro pro Hektar. Für Stammabschnitte mit fortgeschrittener Fäule wurde dabei die Differenz zwischen dem Stammholzerlös Güte B und einem niedrigen Brennholzerlös, für die übrigen verfärbten Abschnitte die Differenz zwischen Güte B und C zugrunde gelegt. Die Abstufung beim Stammholz von B nach C beläuft sich auf 330 bis 550 Euro pro Hektar. Für das daraus produzierbare Schnittholz wurde eine Erlösminderung von 290 bis 490 Euro auf Grund der Verfärbungen kalkuliert.

Die Erlösminderung beim Rundholzverkauf entspricht 1,5 bis 2,5 Prozent des möglichen Abtriebsserlöses des gesamten Bestandes, wenn keine Rotfäule auftreten würde.

Befahrung erhöht Häufigkeit von Stammfäule

Das Problem der Holzentwertung durch Rotfäule soll hier nicht verharmlost werden. Die kalkulierte Erlösminderung bezieht sich schließlich nur auf die bei der Befahrung verletzten Rückegassen-Randbäume. Einbußen durch Rotfäule auf der übrigen Fläche kommen noch hinzu. Allerdings darf die kalkulierte Erlösminderung auch nicht allein der Befahrung zugerechnet werden. Ein Teil der Rückegassen-Randbäume war auch ohne Befahrung schon von Rotfäule befallen oder wäre noch aus anderen Quellen infiziert worden. Beim Aufschneiden der Rückegassen 2001 waren bereits 32 Prozent aller Bäume rotfaul (Blaschke et al. 2004). Nach der Rückung waren 40 Prozent aller Randbäume verletzt. Wenn diese alle stammfäul werden, müssten nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit 59 Prozent der Randbäume belastet sein. Rechnen wir 30 Prozent der Bestandesfläche den Rückegassen-Randbäumen zu, würde die Befahrung die Rotfäulebelastung des Bestandes von 32 auf 40 Prozent erhöhen. Die Befahrung bei nachfolgenden Durchforstungen kann allerdings weitere Schäden hervorrufen.

Auch andere Infektionsquellen beachten

Wenn die Forstwirtschaft das Problem der Stammfäule angehen möchte, dann sollten alle Infektionsquellen betrachtet werden. Jeder Stock eines gefällten Nadelbaumes kann eine Infektionsquelle darstellen. Die Ausbreitung des Wurzelschwamms ausgehend von solchen Stöcken über Wurzelfusionen in lebende Bäume hinein wird als der bedeutendste Infektionsweg angesehen. Hinzu kommen Wundfäulen, die über Verletzungen am Stamm entstehen. Bei maschineller Holzernte dürften diese Wundverletzungen in geringerem Umfang entstehen als bei motormanueller Ernte. Sicher sollten Wurzelverletzungen bei der Befahrung mit Forstmaschinen mög-

lichst vermieden werden. Wir sehen durchaus noch technische Möglichkeiten, die Raupenfahrwerke oder Bänder für Radfahrzeuge weniger »aggressiv« zu gestalten. Das Risiko von Wurzelverletzungen braucht bei der grundsätzlichen Entscheidung für oder gegen den Einsatz eines Raupenfahrzeugs bei der Holzernte derzeit jedoch nicht als entscheidungsrelevant eingeschätzt werden.

Literatur

Berglund, M. (2005): *Infection and growth of Heterobasidion spp. in Picea abies; Control by Phlebiopsis gigantea stump treatment*. Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp

Blaschke, M.; Uhl, E.; Ohrner, G. (2004): *Untersuchungen zum Wurzelschwamm im Rahmen eines Befahrungsversuchs mit Forstmaschinen*. Forst und Holz 2 (59), S. 84–87

Dimitri, L. (1969): *Untersuchungen über die unterirdischen Eintrittspforten der wichtigsten Rotfäuleerreger bei der Fichte (Picea abies Karst.)*. Forstwissenschaftliches Centralblatt 88, S. 281–308

Johann, K. (1988): *Ergebnisse einer Rotfäuleuntersuchung in sehr wüchsigen Fichtenbeständen*. FBVA-Berichte, Schriftenreihe der Forstlichen Bundesanstalt, Wien, 80 S.

Krautscheid, S. (2008): *Untersuchung der Ausbreitung von Rotfäule im Stamm der Fichte mit Hilfe von Computertomographie*. Diplomarbeit an der Fachhochschule Rosenheim, 84 S.

Ohrner, G.; Matthies, D.; Kremer, J.; Wolf, B.; Uhl, E.; Blaschke M. (2003): *Rad- oder Raupenfahrwerke bei Forstmaschinen?* Wald und Holz 9, S. 40–42 / Forst und Technik 5, S. 2–4

v. Pechmann, H.; v. Aufsess, H.; Rehfuess, K.-E. (1973): *Ursachen und Ausmaß von Stammfäulen in Fichtenbeständen auf verschiedenen Standorten*. Forstwissenschaftliches Centralblatt 92, S. 68–89

Piri, T. (2003): *Silvicultural control of Heterobasidion root rot in Norway spruce forests in southern Finland – Regeneration and vitality fertilization of infected stands (väitöskirja-dissertation)*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 898, 64 S.

Schönhar, S. (1995): *Untersuchungen über die Infektion der Fichte (Picea abies Karst.) durch Heterobasidion annosum (Fr.) Bref.* Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 166 S. 14–17

Seifert, T., 2003: *Integration von Holzqualität und Holzsortierung in behandlungssensitive Waldwachstumsmodelle*. Dissertation, 314 S.

Thor, M. (2005): *Heterobasidion Root Rot in Norway Spruce; Modelling Incidence, Control Efficacy and Economic Consequences in Swedish Forestry*. Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala

Vasiliauskas, R. (2001): *Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forests: a literature review*. Forestry, Bd. 74, S. 319–336

Dr. Herbert Borchert leitet das Sachgebiet »Betriebswirtschaft und Forsttechnik« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. bor@lwf.uni-muenchen.de
Matthias Metan ist Mitarbeiter in diesem Sachgebiet.
Markus Blaschke ist Mitarbeiter für Phytopathologie im Sachgebiet »Waldschutz«. bls@lwf.uni-muenchen.de

Bestrebungen zur Verbesserung des Bodenschutzes in der Schweiz

Vorgehen und Lösungsansätze zum Schutz der Bodenfruchtbarkeit

Peter Lüscher, Stéphane Sciacca und Oliver Thees

Zum Schutz des Bodens gelten in der Schweiz strenge Vorschriften. Die Bodenschutzanliegen werden im 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 der Vegetationsrückstände aufweist. Das Wachstum und die Qualität der Pflanzen sollen nicht beeinträchtigt werden. Auf den Wald bezogen muss die Selbsterhaltung der standortstypischen Lebensgemeinschaft Wald mit Naturverjüngung nachhaltig gewährleistet werden. Nur natürliche Faktoren dürfen das Wurzelwachstum der standortgerechten Baumarten beeinträchtigen.

Ökologische Erkenntnisse, ökonomische Zwänge, technischer Fortschritt in der Waldarbeit und gesellschaftliche Ansprüche an den Wald bzw. die Waldwirtschaft entwickeln sich weiter und erfordern grundsätzliche Überlegungen hinsichtlich künftiger Konzepte im Bodenschutz. Mit den »ökologischen Grundanforderungen an den naturnahen Waldbau« (Waldprogramm Schweiz 2004, WAP-CH) wurden für den Bodenschutz Zielgrößen und Indikatoren entwickelt, die den Schutz vor irreversiblen Beeinträchtigungen der Bodenfruchtbarkeit sicherstellen.

Vor diesem Hintergrund entwickelte die Eidgenössische Forschungsanstalt WSL in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Umwelt und unterstützt von der TU München ein Projekt für die Umsetzung des »Physikalischen Bodenschutzes im Wald«. Folgende Elemente charakterisieren dieses Projekt:

- Bereitstellen bisher fehlender wissenschaftlicher Grundlagen
- Einrichten von Testflächen auf relevanten Standorten für Forschung und Ausbildung
- Durchführung von Fahrversuchen unter kontrollierten Bedingungen
- Definition der langfristigen Beeinträchtigungen und Ableitung einer praxisgerechten Formulierung auf der Grundlage von Fahrspurtypen
- Verknüpfung bodenphysikalischer und -biologischer Prozesskenntnis (Frey et al., S. 5–7 in diesem Heft)
- Untersuchung von Regenerationsmaßnahmen nach mechanischer Belastung (Lüscher et al., S. 11–12 in diesem Heft)
- Integration der betrieblichen und hoheitlichen Prozesse des physikalischen Bodenschutzes in forstliche Managementsysteme
- Entwickeln stufengerechter Ausbildungsunterlagen und -kurse (Lüscher et al., S. 33–34 in diesem Heft)
- Integration aller Interessensvertreter im Rahmen einer Projektbegleitgruppe



Foto: M. Walser

Abbildung 1: Der Spurtyp 3 weist mindestens 10 cm tiefe Fahrspuren bis in den Unterboden mit deutlich sichtbaren seitlichen Aufwölbungen auf.

Was soll geschützt werden?

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, bei der Waldbewirtschaftung die gesetzlich verankerten Vorgaben des physikalischen Bodenschutzes, beispielsweise die Europäische Bodencharta, oder Schweizer Landesrecht wie das Umweltschutzgesetz oder die Verordnung über die Belastungen des Bodens einzuhalten (Europarat 1972; USG 1983; VBBo 1998). Im Waldprogramm Schweiz (WAP-CH 2004) wurden Grundsätze für eine künftige Waldpolitik festgelegt. Die Erhaltung der Boden- und Trinkwasserqualität ist eines der fünf prioritären Ziele.

Das Befahren natürlich gelagerter Waldböden mit Forstmaschinen verursacht auf einem Großteil der im Schweizer Wald vorkommenden Böden im Bereich der Fahrspuren tiefgreifende und lang anhaltende Bodenveränderungen, die wichtige Bodenfunktionen beeinträchtigen (Schmider et al. 2003). Eingeschränkte Porenvolumina und Porenvernetzung verringern die Transportleistung des Bodens für Wasser und Luft. Bodenfruchtbarkeit setzt auf jeden Fall eine Versorgung der Wurzeln mit Wasser und Luft voraus. Befahrungsbedingte Bodenbeeinträchtigungen vermindern nicht nur im Keimbeet die Chancen für die Naturverjüngung drastisch, sondern beeinträchtigen das ungestörte Wurzelwachstum im gesamten Wurzelraum.

Spurtypen: Unterschiedliche Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit

Für die Praxis sind Spurtypen zu definieren (Abbildung 2), die im Einklang mit Richt- und Prüfwerten (VBBo 1998) stehen müssen und auf diese Weise das Ausmaß der Beeinträchtigung zum Ausdruck bringen. Diese Werte betreffen die effektive Lagerungsdichte des Bodens, das Grobporenvolumen, die gesättigte Wasserleitfähigkeit sowie den Eindringwiderstand (BGS 2004; Lüscher et al. 2005).

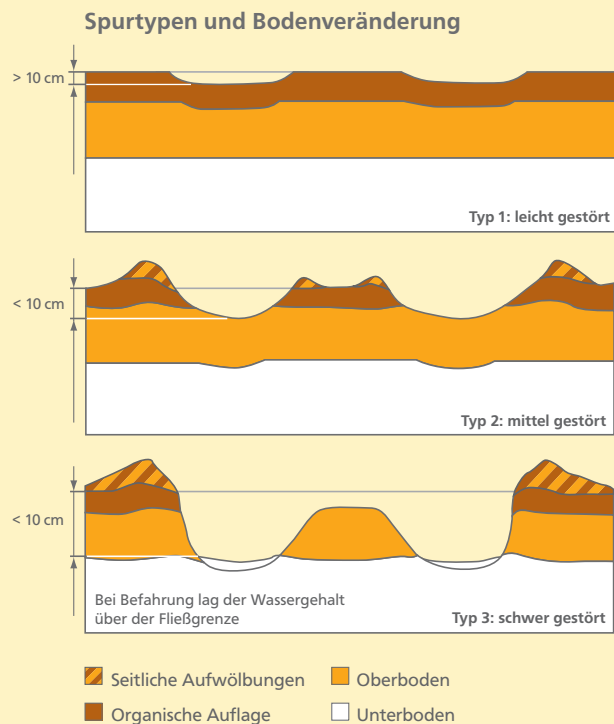


Abbildung 2: Visuelle Typisierung der Fahrspuren im Überblick

Spurtypen auf einer Testfläche

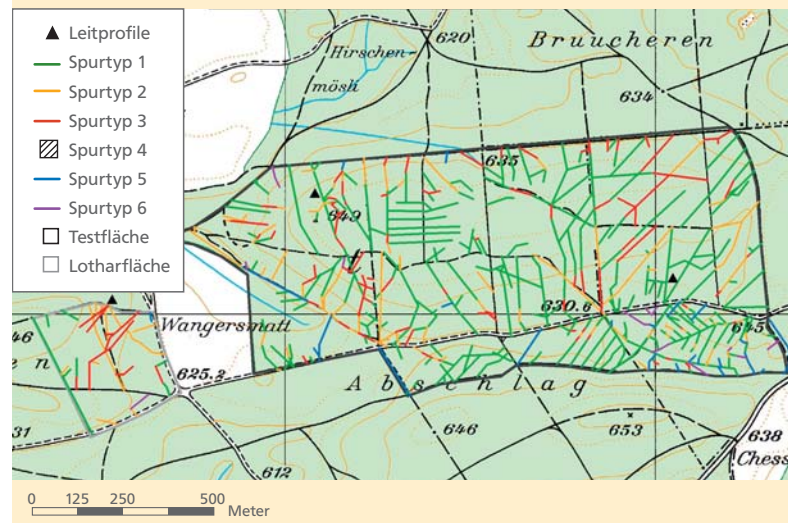


Abbildung 3: Testfläche Heiteren, Kanton Bern; Feinerschließung (Stand 2007), kartiert nach Spurtypen; die Spurtypen 1, 2 und 3 sind in Abbildung 2 erläutert. Beim Spurtyp 4 handelt es sich um flächiges Befahren, beim Typ 5 um nicht klassierbare und beim Typ 6 um vermutete, historische Spuren.

In unterschiedlichen Regionen des Schweizerischen Mittellandes wurden auf Testflächen im befahrbaren Gelände alle noch erkennbaren Fahrlinien kartiert, um einen Einblick in die heutige Situation der Fahrliniendichte und Spurtypenanteile zu erhalten. Kartiert wird wie erwähnt auf der Grundlage einer eigens entwickelten Fahrspurtypisierung. Die Größe der Testfläche Heiteren im Kanton Bern (Abbildung 3) beträgt 95,3 Hektar. Die Dichte der aktuellen und historischen Fahrlinien liegt bei 276 Laufmetern pro Hektar und der mittlere Gassenabstand bei 36 Metern. Der Flächenanteil aller Fahrspuren an der gesamten Testfläche ist vergleichsweise gering und beträgt 3,7 Prozent; der Anteil des Spurtyps 3, der eine langfristige Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit darstellt, ist hierin enthalten und beträgt 1,2 Prozent. Auch wenn die Feinerschließungsplanung bisher nicht über die gesamte Fläche systematisch erfolgte, zeigt dieses Beispiel doch, dass eine solche Planung entscheidend mithilft, die Risiken langfristiger Bodenbeeinträchtigungen zu vermindern.

Wo liegen die Schwierigkeiten, aber auch die Chancen?

Wechselwirkungen zwischen standörtlichen, maschinenbedingten und verfahrenstechnischen Faktoren sind schwierig zu erfassen und daher nur schwer abzuschätzen. Bodenbeeinträchtigungen zu prognostizieren sowie Grenzwerte für einen ökosystemverträglichen Maschineneinsatz herzuleiten und zu begründen, ist entsprechend schwierig und anspruchsvoll.

Bodenphysikalische Parameter in den einzelnen Spurtypen zeichnen die Auswirkungen der Belastung nach. Sie geben ein recht genaues Bild der befahrungsbedingten Veränderungen. Wenn auch auf Grund der großen Schwankungsbereiche nicht in allen Fällen eine statistische Absicherung von Unterschieden möglich ist, ergeben sich doch für den Spurtyp 3 als »langfristige Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit« deutliche Tendenzen (B. Frey et al., S. 5–7 in diesem Heft).

Neue Perspektiven bietet die Mikrobiologie. Erste Untersuchungen zeigen, dass eine Bodenverdichtung mikrobielle Aktivitäten und Lebensgemeinschaften beeinträchtigt. Anaerobe Verhältnisse in den verdichteten Fahrspuren fördern Bakterienarten, die an Sauerstoff limitierende Bedingungen angepasst sind, und verändern die mikrobiellen Gemeinschaftsstrukturen. Damit ergibt sich die Chance, über Bodenlebewesen die Bodenfruchtbarkeit zu beurteilen.

Was muss erreicht werden?

Die Grundanforderungen an den »naturnahen Waldbau« orientieren sich in der Schweiz an folgenden Regeln:

- Rückegassen gehören zur Produktionsfläche, d. h., die Bodenfruchtbarkeit muss zumindest langfristig erhalten bleiben.
- Flächiges Befahren ist unter allen Umständen zu vermeiden, d. h., die Beeinträchtigungen müssen auf Rückegassen beschränkt werden.
- Rückegassen sind dauerhaft im Gelände zu kennzeichnen und/oder auf Plänen festzuhalten.
- Rückegassen sind auf Grund standortkundlicher Kriterien zu planen und anzulegen. Das Planungskonzept bezieht sich auf Feinerschließungseinheiten und nicht nur auf einzelne Holzschläge.
- Der Rückegassenabstand ist nach standörtlichen Voraussetzungen angepasst zu wählen, darf aber 20 Meter nicht unterschreiten.

Wenn diese Grundsätze beachtet und bei erhöhtem standortspezifischem Risiko rechtzeitig Vorkehrungen im Sinne der Bodenschonung getroffen werden, ist es möglich, langfristige Beeinträchtigungen der Bodenfruchtbarkeit zu vermeiden. Grundlage der Vorsorge ist neben der Kenntnis von Bodeneigenschaften und Empfindlichkeiten auch das Verständnis der Zusammenhänge zwischen Bodenprozessen und Technikeinsatz. Voraussetzung des bodenschonenden Maschineneinsatzes ist ein sorgfältig geplantes, auf den Standort abgestimmtes Feinerschließungssystem sowie eine verlässliche Ermittlung des aktuellen Bodenzustandes zum Zeitpunkt der Befahrung. Darauf aufbauend kann das Arbeitsverfahren gewählt, eine geeignete Maschine (Gewicht, Anzahl Räder) bestimmt und mit entsprechender Ausrüstung (Bereifung, Bogie-Bänder usw.) konfiguriert werden.

Ausblick

Im Rahmen des dritten schweizerischen Landesforstinventars (LFI) werden zur Zeit auf dem LFI-Stichprobenraster Veränderungen von Waldböden auf Grund mechanischer Belastungen festgehalten. Damit wird ein gesamtschweizerischer Überblick erarbeitet. Von einer Piloterhebung aus dem Kanton Freiburg liegen erste Auswertungen für die Regionen Mittelland und Voralpen vor. Sie zeigen, dass Beeinträchtigungen je nach Region auf knapp fünf bis zehn Prozent der Stichproben vorkommen. In Einzelfällen wurden aber auch größere Beeinträchtigungen festgestellt.

Verpflichtende Maßnahmen auf der Vollzugsebene, vor allem im Bereich der Ausbildung der einzelnen Kantone sind für die Jahre 2010 bis 2012 vorgesehen.

Literatur

- BGS (2004): *Definition und Erfassung von Bodenschadverdichtungen*. Dokument 13, Positionspapier der BGS-Plattform Bodenschutz. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen
- Europarat (1972): *Europäische Bodencharta*. Brüssel
- Lüscher, P.; Thees, O.; Frutig, F. (2005): *Physikalischer Bodenschutz im Wald ist kein Luxus*. Zürcher Wald 6, S. 10–13
- Schmider, P.; Winter, D.; Lüscher, P. (2003): *Wälder im Kanton Thurgau. Waldgesellschaften, Waldstandorte, Waldbau*. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft 58, 268 S. mit Übersichtskarte
- USG (1983): *Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Okt. 1983*. AS 1984 1122, SR 814.01. EDMZ, Bern
- VBBö (1998): *Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens*. SR 814.0. EDMZ, Bern
- WAP-CH (2004): *Waldprogramm Schweiz, Schlussbericht: Schwerpunkt Waldschutz*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 363, BUWAL

Dr. Peter Lüscher ist Senior Consultant in der Forschungseinheit »Boden-Wissenschaften« der WSL in Birmensdorf.

peter.luescher@wsl.ch

Stéphane Sciacca ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt »Mechanische Belastung von Waldböden« in der »Forschungseinheit »Boden-Wissenschaften«.

stephane.sciacca@wsl.ch

Dr. Oliver Thees leitet das Forschungsprogramm »Management einer zukunftsfähigen Waldnutzung« in der Forschungseinheit »Forstliche Produktionssysteme« der WSL.

oliver.thees@wsl.ch

Kein Luftdruck für alle Fälle

Niedriger Reifenfülldruck verringert Bodenbelastung

Herbert Borchert, Matthias Metan

Der Reifeninnendruck hat erheblichen Einfluss darauf, wie die Last der Forstmaschine auf dem Waldboden verteilt wird. Obwohl als Niederdruckreifen bezeichnet, werden in der Praxis in solchen Reifen häufig Spitzenluftdrücke verwendet. Förster und Forstunternehmer sollten darauf achten, dass der Fülldruck entsprechend der Empfehlungen der Reifenhersteller an die jeweiligen Geländebedingungen angepasst wird. Das schont nicht nur den Boden, sondern spart auch Kraftstoff und PS.

Heute sind die meisten Tragschlepper mit Niederdruckbreitreifen ausgestattet, wie eine aktuelle Auswertung der Unternehmer-Datenbank der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft ergab (Abbildung 1). Je breiter der Reifen ist, desto größer ist die Kontaktfläche mit dem Boden und desto besser kann die Last der Forstmaschine verteilt werden. Gleiches gilt für den Reifeninnendruck: Je niedriger der Luftdruck, desto besser wird die Last verteilt und desto geringer ist die Gefahr von Bodenverdichtung und Gleisbildung. Der positive Effekt des Reifeninnendrucks auf die Lastverteilung ist wesentlich größer als die Wirkung breiterer Reifen.

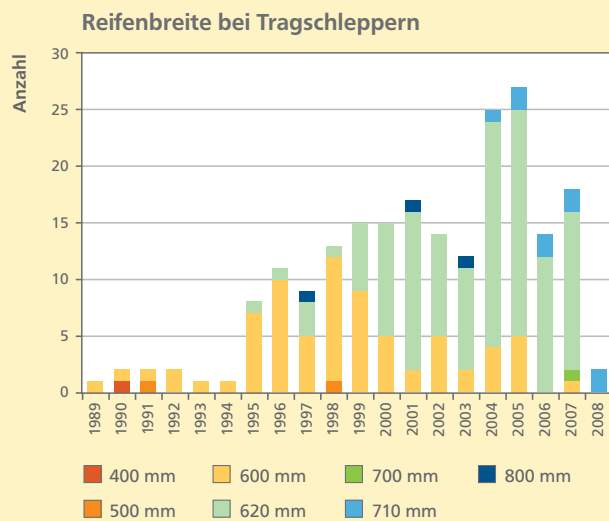


Abbildung 1: Die in der Unternehmer-Datenbank der LWF registrierten Tragschlepper sind bis zum Baujahr 1999 meist mit 600 mm breiten Reifen ausgestattet. Jüngere Maschinen haben überwiegend 700 mm breite Reifen.

Mit niedrigerem Luftdruck teure Investitionen einsparen und den Boden schonen

Unter der Leitung von Prof. Heribert Jacke wurde an der Universität Göttingen an einem Prüfstand mit etwa 10.000 Sensoren die Druckverteilung unter Forstreifen untersucht. Die Abbildung 2 zeigt eindrucksvoll, wie viel besser die Last auf weichem Untergrund bei niedrigem Luftdruck verteilt wird (Ebel 2006). Die bessere Lastverteilung schützt nicht nur den Boden. Auf Grund der größeren Kontaktfläche werden auch größere Zugkräfte ohne unnötigen Schlupf übertragen (Trelleborg 2003). Bei einem Versuch des Kuratoriums für Waldarbeit und Forsttechnik (KWF) konnte die Zugkraft über das Absenken des Luftdrucks von 3 bar auf 1,2 bar um 23 Prozent erhöht werden (Tobisch 2001). Statt viele Tausend Euro in eine höhere Motorleistung zu investieren, können Forstunternehmer die Zugleistung einfach durch Absenkung des Luftdrucks beträchtlich verbessern. Weil der Reifen bei niedrigem Druck nicht in den Boden einsinkt, ist der Rollwiderstand geringer, das spart Kraft und Treibstoff (Trelleborg 2003; Burk, Weise 2005). Auch senkt der verringerte Schlupf den Kraftstoffverbrauch, erhöht die Traktion und vermindert Bodenschäden (Trelleborg 2003). Der Fahrkomfort ist bei niedrigem Luftdruck größer, weil die Schwingungsbelastung geringer ist (Hauck 2004).

Trotz all dieser Vorzüge fahren die meisten Forstmaschinen nach unseren Erfahrungen mit sehr hohen Reifeninnendrücken. Forstunternehmer begründen dies meist mit einem größeren Verschleiß der Reifen bei niedrigem Luftdruck. Dieser Einwand der Forstunternehmer ist nicht ganz unbegründet. Bei den Druckmessungen der Forstreifen zeigte sich auf hartem Untergrund, wie er auf Forststraßen besteht, ein Flankeneffekt (Jacke, Ebel 2006). Bei niedrigem Luftdruck ist der Kontaktflächendruck auf hartem Untergrund unter den Rändern des Reifens größer als unter der Reifenmitte. Der Reifen kann in der Mitte walken und dadurch erhitzen. Das führt schließlich zur Zerstörung. Ein höherer Luftdruck bewirkt eine gleichmäßigere Verteilung des Kontaktflächendrucks unter dem Reifen und verhindert Reifenschäden. Die Hersteller der Forstreifen empfehlen deshalb für Fahrten auf Straßen einen höheren Fülldruck als für Fahrten im Gelände.

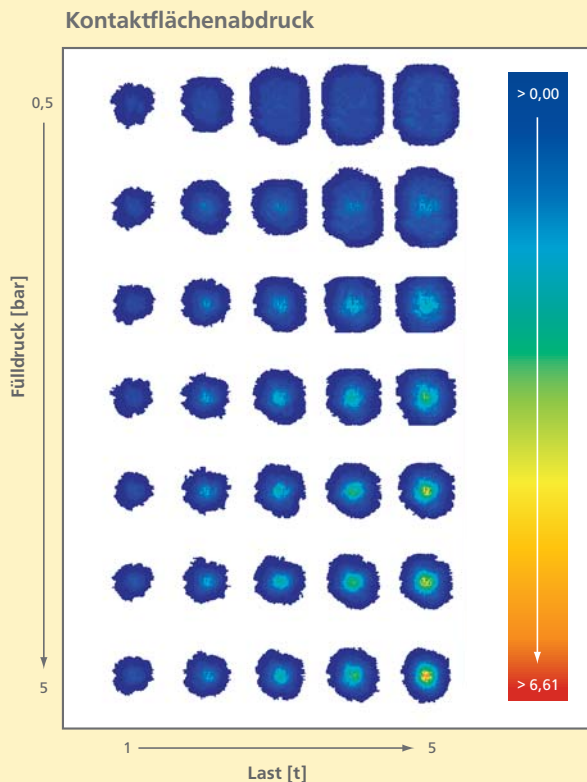


Abbildung 2: Kontaktflächenabdrucke eines 600 mm breiten Reifens auf weichem Untergrund. Bei niedrigem Fülldruck wächst die Kontaktfläche mit zunehmender Last erheblich und es entstehen keine extremen Druckspitzen im Zentrum. Quelle: Ebel, 2006.

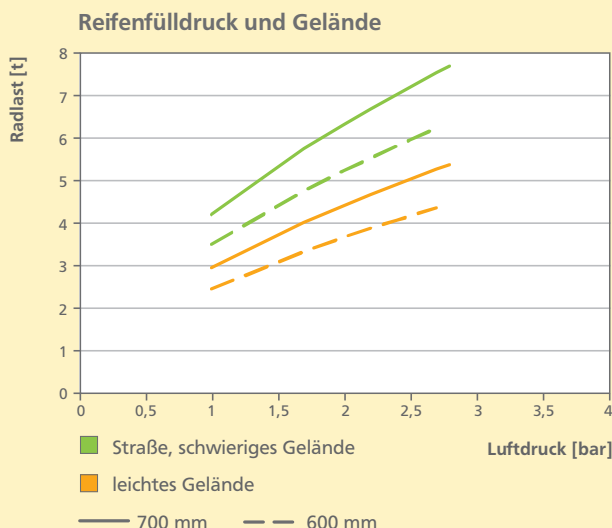


Abbildung 3: Der Reifenhersteller Trelleborg empfiehlt für Fahrten im leichten Gelände (eben und steinfrei) niedrigere Reifenfülldrücke als für Straßenfahrten (30 km/h) und schwierigem Gelände (hügelig und evtl. steinig). Bei gleicher Radlast können breitere Reifen (700/50-26,5) mit geringerem Luftdruck gefüllt werden als schmalere Reifen (600/55-26,5).

Für die beiden in Abbildung 3 dargestellten, häufig bei Tragschleppern verwendeten Reifendimensionen liegt der empfohlene Fülldruck für leichtes Gelände um etwa 1 bar unter dem für den Straßeneinsatz. So kann ein Rückzug bei 3,5 Tonnen Radlast in leichtem Gelände mit 1 bar fahren, während für die Straße 1,85 bar empfohlen werden. Da Reifendruckregelanlagen bei Forstmaschinen bisher kaum eingesetzt werden, muss sich der Maschinenführer für einen bestimmten Fülldruck entscheiden. Fährt der Tragschlepper während der Rückung die größte Strecke im Gelände, so liegt es nahe, sich am Fülldruck für das Gelände zu orientieren. Kritisch dürfte nur die Fahrt im beladenen Zustand von der Ausfahrt der Rückegasse bis zum Polter sein. Ein niedriges Fahrtempo auf der Straße kann den Reifen jedoch schonen. Nach dem Abladen ist die Radlast so gering, dass der Fülldruck im Allgemeinen für die Fahrt auf der Straße ausreicht. Für längere Straßenfahrten und höhere Geschwindigkeiten, etwa beim Umsetzen, muss der Reifenfülldruck unbedingt angepasst werden. Bei einer maximalen Radlast von 3,5 Tonnen kann der Fülldruck bei den in Abbildung 3 dargestellten Reifen auf jeden Fall unter 2 bar bleiben. Nur für sehr steinigem Gelände empfiehlt der Hersteller noch höhere Fülldrücke. Steinige Böden haben aber auch eine größere Tragfähigkeit. In der Praxis werden nach unseren Erfahrungen Fülldrücke verwendet, die weitaus höher sind. Werte von 3,5 bis 4 bar dürften nicht selten sein. Ein Grund dafür könnte sein, dass beim Einsatz von Bogie-Bändern derart hohe Luftdrücke erforderlich sind, damit die Bänder genügend Spannung bekommen. Als Luftdruck für alle Fälle wird dann dieser Spitzendruck vorgehalten.

Literatur

- Burk, J.; Weise, G. (2005): *Einfluss von Reifendruckregelanlagen auf den Kraftstoffverbrauch von Tragschleppern*. Forsttechnische Informationen Nr. 4, S. 49–51
- Ebel, A. (2006): *Druckverteilung auf Kontaktflächen unter Forstreifen*. Dissertation Universität Göttingen. 134 S.
- Hauck, B. (2004): *Wie kann die Bodenbelastung bewertet werden? Ein neuer Ansatz aus dem KWF*. www.kwf-online.de/deutsch/arbeitsboden/bodendruckbewertung_021120.pdf
- Jacke, H.; Ebel, A. (2006): *PrALLCon: Neues über Forstreifen Teil 3*. Forst und Technik Nr. 3, S. 10–15
- Tobisch, R. (2001): *Weniger Druck ist mehr!* Forsttechnische Informationen Nr. 1, S. 5–7
- Trelleborg (2003): *Reifenhandbuch*. Niederdruckreifen TWIN für Land- und Forstwirtschaft, Industrie und Grünflächen. 67 S.

Dr. Herbert Borchert leitet das Sachgebiet »Betriebswirtschaft und Forsttechnik« an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. bor@lwf.uni-muenchen.de
Matthias Metan ist Mitarbeiter dieses Sachgebietes. metan@lwf.uni-muenchen.de

Entwicklung und Einsatz von Forstreifen

Forstreifen und Fahrzeugtechnik sind im Hinblick auf den Bodenschutz weiterzuentwickeln

Günther Weise

Forstmaschinen benötigen auf Grund des oftmals schwierigen Geländes und der zu verrichtenden Arbeiten spezielle Bereifungen. Forstreifen müssen hohe mechanische Belastungen überstehen und dem Fahrzeug einen sicheren Halt geben. Sie sollen aber gleichzeitig den Boden möglichst schonend belasten. In diesem Spannungsfeld versuchen Reifenkonstrukteure, die Forstreifen ständig zu verbessern, sie arbeiten an neuen Bauarten, Reifendimensionen und Profilen. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es notwendig, vor allem breitere Radialreifen, Niederquerschnittsreifen und Bogiebänder einzusetzen sowie die Entwicklung elektronischer Reifendruck- und Schlupfregelanlagen weiter voranzutreiben.

Moderne selbstfahrende Forstmaschinen sind entweder als CTL-Maschinen (»Cut-To-Length« wie Harvester und Forwarder) oder Skidder (Rückeschlepper) konstruiert. In gewissem Umfang werden auch Kombinationen dieser drei Grundtypen verwendet. Daraus leiten sich die grundlegenden Anforderungen an die Reifen ab. Sie müssen eine Plattform für die Maschine bieten und den Anforderungen des Geländes standhalten. Dieses kennzeichnen ein ausgeprägtes Mikrorelief (Unebenheiten, Steine, Stubben, Stufen), lokal ganz erhebliche Steigungen (bis zu 40 Prozent) und wechselnde Bodenzustände mit teilweise erheblicher Bodenfeuchte. Zudem beanspruchen spitze Gegenstände (Äste, Dornen etc.) und Quetschungen die Reifen. Neben diesen grundlegenden Anforderungen, die vor allem für Harvester zutreffen, kommt für Forwarder die Lastübernahme beim Holztransport hinzu. Dabei müssen Radlasten von drei bis fünf Tonnen abgestützt werden. Bei den Maschinen, die Langholz rücken (Skidder und entsprechende Kombinationsmaschinen) werden außerdem noch Zugkräfte von den Reifen übertragen. Darüber hinaus sollen diese Funktionen in bodenschonender Weise erfüllt werden.

Die Bauart: Diagonalreifen versus Radialreifen

Die Reifenkonstrukteure verfolgten bisher das Konzept der Diagonalreifen hoher PR-Zahlen (PR: Ply Rating = Lagenzahl). Diesen Reifentyp (Abbildung 1 oben) kennzeichnet ein Grundkörper (Karkasse), den mehrere gekreuzte Lagen von diagonal zur Laufrichtung angeordneten Kunststoffäden zusammenhalten. Die Anzahl und Festigkeit dieser Lagen bestimmen die PR-Zahl des Reifens; je größer diese Zahl, desto fester ist der Reifen. Bei solchen Reifen bilden Lauffläche und Flanke eine feste Einheit. Die Reifenflanke weist eine der Lauffläche ähnliche Festigkeit auf. Deshalb hält der Reifen den hohen Belastungen im Forst stand. Auf Grund der Maschinengewichte werden im Forst heutzutage meist Reifen mit Werten von 16 PR gefahren, schwerere und leistungsstarke Maschinen verwenden zum Teil bereits Reifen mit PR-Zahlen von 20. Die Einfederungen des Reifens (an der Flanke) werden auf die Lauffläche mit übertragen. Dadurch sinkt die mögliche Ein-



- ① Stahllagen
- ② tragende Gewebelagen (Karkasse)
- ③ Stahlgürtel
- ④ Flankenschutz

Abbildung 1: Reifekonstruktionen für den Forst: Diagonalbauweise oben, Radialbauweise unten Grafik: Nokian

federung und der Reifen passt sich nicht immer optimal an den Boden an. Die Erhöhung der PR-Zahl steigert zwar die Tragfähigkeit von Reifen, trotzdem ist oft ein höherer Luftdruck erforderlich als bei Reifen mit geringerer PR-Zahl. Die steiferen Karkassen müssen für den korrekten Betrieb und zur planen Auflage (etwa auf der Straße) zunächst mit einem höheren Innendruck betrieben werden, damit sie richtig arbeiten können. Gerade wenn Reifen nicht voll ausgelastet sind, ergeben sich einsatztechnische Nachteile auf Grund unnötig hoher Bodendrücke. Zum Schutz der Lauffläche weisen moderne Diagonal-Forstreifen Stahllagen als Stichschutz auf, sie übernehmen jedoch keine Tragfunktionen.

Auf Grund der bekannten Nachteile der Diagonalreifen wurde mehrfach versucht, im Forst Reifen in Radialbauart zu verwenden. Bei dieser Bauart (Abbildung 1 unten) verlaufen die Fäden der Gewebelagen auf dem kürzesten Weg radial von einer Seite der Karkasse auf die andere und sind nicht kreuzweise angeordnet. Daraus ergibt sich ein weicherer Reifenaufbau, der eine funktionale Trennung von Flanke und Lauffläche zulässt. Zur Gestaltung und Stabilisierung sind mehrere Stahlfadenlagen in die Karkasse eingebracht. Sie machen die Lauffläche standfest und nehmen gleichzeitig die Stichschuttfunktion wahr. Wegen der Entkopplung von der Flanke kann der Reifen gleichzeitig mit der Lauffläche satt aufliegen und in der Flanke gut einfedern. Dies verringert den Bodendruck, verbessert die Traktion und erhöht den Komfort. Aus diesem Grund ist das Konzept des Radialreifens bei Pkw und in der Landwirtschaft heute Standard. Allerdings ergeben sich relativ weiche Flanken, die nicht ohne weiteres den hohen Belastungen im Forst standhalten. Aus diesem Grund sind in der Flanke des in Abbildung 1 unten vorgestellten Radialreifens des Herstellers Nokian spezielle Flankenschutz-einlagen eingearbeitet. Diese bestehen aus Kunststoff und erhöhen die Widerstandsfähigkeit der Reifenflanke gegen Durchstiche.

Bei der Produktion von Reifen gewinnen Umweltaspekte ebenfalls an Bedeutung. Beispielsweise teilte die Firma Nokian vor Kurzem mit, für die Produktion ihrer Reifen künftig nur noch Öle mit niedrigen Anteilen aromatischer Kohlenwasserstoffe zu verwenden.

Reifendimensionen

Neben der Bauart des Reifens bieten die Reifendimensionen noch gewisse Entwicklungsmöglichkeiten. Unter der Lauffläche bildet sich ein Spannungsfeld aus, das in Abhängigkeit von Bodenzustand, Reifenbreite und Auflast unterschiedlich tief in den Boden hinein reicht. Grundsätzlich bemisst sich der Druck als Kraft, die sich auf eine Aufstandsfläche verteilt. Daher reduziert sich die Bodenbelastung, wenn beim Reifen Länge oder Breite erhöht werden. Leider ist die Druckverteilung über die Reifenlänge bzw. -breite nicht gleichmäßig, sondern der Druck unter dem Reifen nimmt zur Mitte hin zu, dort erreicht er sein Maximum (Abbildung 2). Da sich die Traktionskräfte vor allem in Reifenlängsrichtung entwickeln, wäre es zunächst günstig, den Durchmesser der Reifen zu erhöhen. Die Bauart heutiger Forstmaschinen gestattet jedoch, zumindest bei Bogieachsaggregaten mit ihren zwei nahe stehenden Achsen (Abbildung 3), kaum noch eine Vergrößerung der Reifendurchmesser. Deshalb können Forstreifen eigentlich nur noch in die »Breite wachsen«. Bei großen Harvestern und Forwardern sind heute Reifen mit einer Breite von 700 bis 750 Millimetern Stand der Technik, die meisten Hersteller bieten auch Reifenbreiten bis zu 800 Millimetern an. Noch breitere Reifen, wie sie zum Teil in der Landwirtschaft vorkommen (1.000 mm), finden zumindest derzeit nur Nischenanwendungen, da sie einerseits sehr teuer sind und zum Teil auch deutlich über die für den Straßenverkehr zulässige Brei-

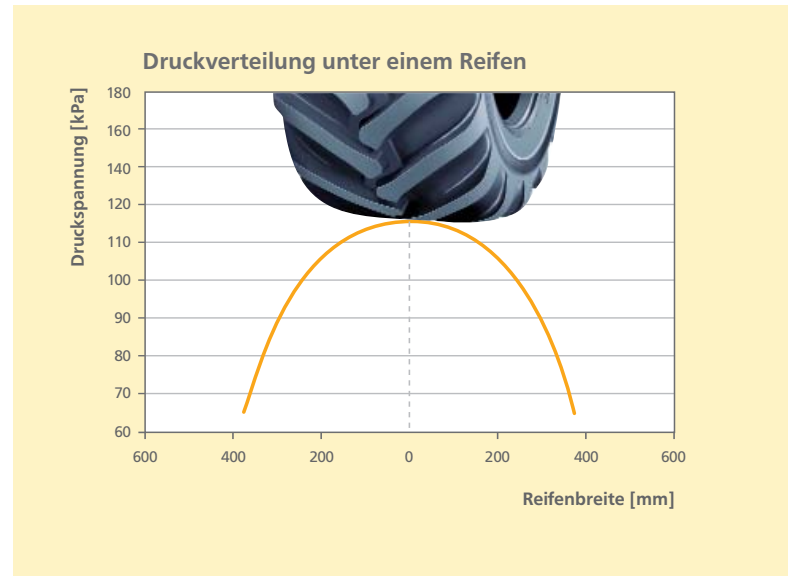


Abbildung 2: Angenäherte Druckverteilung in 20 cm Tiefe unter einem Reifen in weichem Boden (gerechnet nach Söhne und Fröhlich)



Abbildung 3: Bogieachsaggregat im Forsteinsatz; zwischen den Rädern verbleibt nur wenig Platz.

te hinaus ragen. Auch die Dimensionen der Rückegassen setzen hier Grenzen. Eine konsequente Optimierung könnte allerdings noch Potentiale schaffen.

Ergänzend ist auf die seit einigen Jahren zunehmende Verwendung von Niederquerschnittsreifen hinzuweisen. Bei dieser Bauart beträgt die Breite des Reifens weniger als 80 Prozent der Flankenhöhe. Bei heutigen Forstmaschinenreifen finden sich häufig Verhältnisse von Flankenhöhe zu Reifenbreite zwischen 45 und 65 Prozent. Neuere Forschungen (Jacke und Ebel 2006) deuten darauf hin, dass bei korrekter Anwendung diese Bauart eine gleichmäßigere Druckverteilung unter dem Reifen ergibt als dies bei Standardreifen möglich ist. Die Radialbauart kann diesen Effekt noch verstärken.



Abbildung 4: Traktionsprofil (links) und Implement-Traktionsprofil (rechts) Grafik: Nokian

Profile

Auf Grund der Scherbelastung bzw. des Abscherens des Untergrundes bauen die Reifen Traktion auf. Bis zu einem gewissen Grad entsteht sie durch Reibung und Anhaftung des Bodens am Reifen. Um diesen Kraftaufbau zu verbessern, greift der Reifen mit den Stollen seines Profils in den Untergrund ein. Die Reifenhersteller bieten für selbstfahrende Forstmaschinen inzwischen mehrere Profilbauarten an, die generell in Traktionsprofil und Implement-Traktionsprofil unterschieden werden (Abbildung 4). Pfeilförmig angeordnete, gerade, hohe Stollen mit großen Zwischenräumen charakterisieren die in mehreren Untervarianten vorkommenden Traktionsprofile. Die Reifenschulter bildet eine relativ scharfe Ecke. Diese Profilform dringt zwangsläufig in den Boden ein und ermöglicht so das Abscheren der Bodenblöcke zwischen den Stollen und damit eine hohe Zugkraft. Außerdem ergibt sich eine große Kontaktoberfläche zwischen Reifen und Boden. Eine weitere Funktion des Profils ist es, die Selbstreinigung des Reifens zu gewährleisten. In der Regel bewirken das Teilen des Bodens zwischen den Profilblöcken und die Walkbewegungen des Reifens die Selbstreinigung auch bei ungünstigen Bodenverhältnissen. Nachteilig ist bei dieser Form die beinahe zwangsläufige Bodenverwundung durch die Stollen und das vergleichsweise unkomfortable Abrollverhalten auf festen Fahrbahnen.

Das Implement-Traktionsprofil besitzt deutlich flachere, abgewinkelte Stollen mit geringeren Zwischenräumen als bei den Traktionsprofilen und eine eher runde Reifenschulter. Daraus resultiert ein deutlich weniger tiefer und weniger aggressiver Bodeneingriff. Die quer zur Laufrichtung liegenden Stollenanteile bilden in der Reifenmitte eine Profilverdichtung, die auf festem Untergrund das Abrollverhalten deutlich verbessert, weil sie wie ein annähernd glattes Rad wirkt. Insgesamt rollt das Rad damit eher über den Boden ab als in diesen einzugreifen. Unter ungünstigen Bodenverhältnissen und bei hohem Zugkraftbedarf kann die Traktion dieser Profilbauart nicht mehr ausreichen. In solchen Fällen bietet sich die Verwendung von Bogiebandern an. Reifen mit Implement-Trakti-

onsprofilen eignen sich zudem wegen der abgerundeten Schulter und der geringeren Stollenhöhe für den Einsatz von Bändern besser als die klassischen Traktionsprofile. Neue Profilentwicklungen versuchen, die Eigenschaften der beiden Profilformen zu vereinen, indem, ausgehend vom Implement-Traktionsprofil, der Reifen breiter angelegt wird und die Stollen im Außenbereich höher und schärfer ausgeführt werden, während in der Profilmitte Stollenverdichtung und flacherer Profilaufbau weiter beibehalten werden.

Forstreifen für leichte Forstmaschinen

Für Traktoren werden Forstreifen in Diagonalbauart mit reduzierten Tragfähigkeitswerten und damit niedriger PR-Zahl angeboten, auf die Stahlverstärkung zum Stichschutz wird verzichtet. Je nach Einsatzzweck finden sich hier Reifen mit Traktionsprofil für Traktoren unterschiedlicher Motorleistung, die entweder überwiegend im Wald oder mit hohem Straßenfahranteil arbeiten. Unterschiede ergeben sich vor allem bei der Anstellung der Stollen, bei Stollenabstand und -breite sowie bei der Gestaltung der Reifenmitte. Trotz des vorherrschenden Traktionsprofils wird versucht, für den Straßeneinsatz eine gewisse Stollenverdichtung herbeizuführen. Für Traktorreifen im ausschließlichen und schweren Forsteinsatz ist jedoch ein Stichschutz unerlässlich.

Verdichtungswirkung

Insbesondere vertikale Auflasten verdichten den Boden. Wenn die Verdichtung Bodenfunktionen (z. B. Luftaustausch, Wasser- und Nährstoffleitung) nicht mehr gewährleistet, spricht man von Schadverdichtung. Während Verdichtungen für die Bodenfunktion grundsätzlich problematisch zu sehen sind, können sie befahrungstechnisch vorteilhaft sein, da sie die Tragfähigkeit der Fahrbahn erhöhen und Rollwiderstände senken. Grundsätzlich können Verringerungen der Maschinengewichte, Vergrößerung von Aufstandsfläche, Reifendurchmesser und Reifenbreite sowie Absenkung des Reifenfülldrucks Verdichtungen reduzieren. Dem entgegen steht allerdings, dass in den letzten Jahren die Maschinengewichte eher gewachsen sind und bei den Reifendimensionen gewisse Grenzen erreicht wurden. Eine wenn auch geringe Vergrößerung der Reifenbreite erscheint noch möglich. Darüber hinaus kann die konsequente Verwendung von Radialreifen die Bodenbelastung noch weiter reduzieren.

Kritisch sind in diesem Zusammenhang die hohen PR-Zahlen heutiger Forstreifen zu sehen. Damit der Reifen auf festem Untergrund korrekt abrollt und die notwendige Festigkeit gegen äußere Belastung bietet, sind häufig Fülldrücke zwischen drei und fünf bar erforderlich. Auf weichem Untergrund ist eine Absenkung des Reifenfülldrucks unter Umständen möglich. Dies würde allerdings die Einföhrung von Reifendruckregelanlagen erfordern. Sie stehen für den Forst zwar zur Verfügung, werden bis heute aber kaum verwendet.

Schlupf und Spurgleisbildung

Auf Grund der Belastung von Boden und Reifen ergeben sich zunächst Verformungen längs des Reifeneingriffs in Reifen und Boden. Der Reifen dreht sich weiter als das Fahrzeug vorfährt, Schlupf entsteht. Wird die Zugkraftbedarf zu hoch, so schert der Boden ab und wird vom Rad aus der Fahrspur herausgefördert. Das Rad sinkt dadurch in den Boden ein, Spurgleise bilden sich. Dieser Effekt ist grundsätzlich unerwünscht, da Rückegassen nach mehrmaligem Befahren nicht mehr zu benutzen sind. Im Betrieb ist daher anzustreben, den Schlupf möglichst gering zu halten. Dies ist nur bis zu einem gewissen Grade sinnvoll möglich, da ohne Schlupf keine Zugkraft aufgebaut werden kann. Schlupfwerte deutlich über 20 Prozent sind jedoch möglichst zu vermeiden; dies lässt sich etwa mit Hilfe einer Schlupfregelung erreichen.

Ausblick

Bisher prägte vor allem die Optimierung hinsichtlich Widerstandsfähigkeit und Tragfähigkeit unter sehr schwierigen Geländebedingungen die Entwicklung der Forstreifen. Für diesen Zweck werden sehr steife Reifen aus relativ harten Gummimischungen hergestellt, die vergleichsweise hohe Reifeninnendrucke benötigen. Aus Gründen der Robustheit dominiert die Diagonalbauart weiter die Forstfahrzeugreifen. Bei den Profilen werden verhältnismäßig aggressive Traktionsprofile bevorzugt. Implement-Traktionsprofile lassen sich nur eingeschränkt einsetzen, falls sie nicht mit Bändern gefahren werden. Der Einsatz von Radialreifen, die verstärkte Anwendung breiter Reifen, gegebenenfalls auch in Niederquerschnittbauweise, sowie der Einsatz von Bändern tragen derzeit zu einer besseren Schonung der Böden bei. Längerfristig sollte der Einbau von Reifendruck- und Schlupfregelanlagen erwogen und nach Reifenbauarten gesucht werden, die eine Reduktion des Fülldrucks erlauben.

Literatur

Auf Anfrage beim Verfasser und unter www.lwf.bayern.de

Dr. Günther Weise leitet den Fachbereich »Prüfwesen und Normung« im Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik.
guenther.weise@kwf-online.de

Mehr Geld für den Aufbau von Mischwäldern



Foto: Riebli Forst AG

Um Bayerns Wälder auf den Klimawandel vorzubereiten, wird der Aufbau zukunftsfähiger Mischwälder jetzt noch stärker gefördert. Den Waldumbau als eine der wichtigsten Zukunftsaufgaben können die Waldbesitzer allein kaum bewältigen. Deshalb stellt der Freistaat in diesem Jahr den bayerischen Waldbesitzern dafür insgesamt 23 Millionen Euro zur Verfügung. Gleichzeitig verdoppelte der Freistaat die Prämie für aufwendige Pflegemaßnahmen in jungen Mischbeständen auf 400 Euro je Hektar. Zudem wurde die förderfähige Höchstfläche für Naturverjüngung mit standortsgemäßen Baumarten um 100 Prozent auf zehn Hektar erhöht. Auch die Nachbesserung geschädigter Neukulturen kann künftig mehrmals bezuschusst werden. Ein besonderes Augenmerk legt das Forstministerium auf den Bergwald. Zur Sicherung seiner Schutzfunktionen sind bestands- und bodenschonende, meist mit einem hohen Aufwand verbundene Pflege- und Verjüngungseingriffe notwendig. In schwierigen Lagen ist beispielsweise der Einsatz der sehr teuren Seilkrantechnik unerlässlich. Deshalb wird die Seilkrantechnik künftig nicht nur im ausgewiesenen Schutzwald, sondern auch im gesamten Bergwald der bayerischen Alpen gefördert. red

Anträge nehmen die Ämter für Landwirtschaft und Forsten entgegen. Für Fragen zum Waldumbau und zur Förderabwicklung stehen auch die örtlichen Revierförster als Ansprechpartner zur Verfügung. Die Adressen der Ämter und Revierförster sind unter www.forst.bayern.de zu finden.

Rechtliche Beurteilung von Bodenschäden in der Forstwirtschaft

Waldgesetz für Bayern bleibt weiterhin Richtschnur für den Bodenschutz

Stefan Wagner

Die rechtliche Beurteilung von Bodenschäden richtet sich im Wesentlichen nach den Vorgaben der Bodenschutzgesetzgebung. Ihre praktische Bedeutung für die Forstwirtschaft blieb dennoch bisher gering, da das Bodenschutzrecht hinter der Waldgesetzgebung als speziellerem Rechtsgebiet grundsätzlich zurücktritt. Im Jahr 2007 trat schließlich das von der EU initiierte Umweltschadensgesetz in Kraft, mit dem unter anderem Schädigungen des Bodens möglichst vermieden, jedenfalls aber sanktioniert werden sollen. Auch dieses Gesetz wird unter dem Aspekt des Bodenschutzes keine größere Bedeutung für die Forstwirtschaft entfalten. So werden auch weiterhin bodenschutzrechtliche Aspekte vor allem im Waldgesetz für Bayern Ansatzpunkte finden müssen.

Der Schutz des Bodens und die juristische Prüfung von Bodenschäden sind im Wesentlichen Bestandteil der Bodenschutzgesetzgebung des Bundes und der Länder. Im Besonderen sind das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) vom 17. März 1998 mit der Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999 und dem bayerischen Ausführungsgesetz (BayBodSchG) vom 23. Februar 1999 einschlägig. Am 10. Mai 2007 kam dann das von der EU initiierte Umweltschadensgesetz (USchadG) hinzu.

Sonderregelungen für Land- und Forstwirtschaft

Dem Bodenschutzgesetz wie auch dem neuen Umweltschadensgesetz liegt der gemeinsame Gedanke zugrunde, eine Schädigung des Bodens durch vorausschauendes Handeln möglichst zu vermeiden. Erst wenn derartige Schäden eingetreten sind, tritt nachrangig die Pflicht zur Schadensreparatur ein. Das Bodenschutzrecht setzt dabei jedoch zeitlich früher an, indem es den Eigentümer und/oder Nutzungsberechtigten von Grundstücken dazu verpflichtet, bereits dann tätig zu werden, wenn z. B. auf Grund erhöhter Schadstoffgehalte die Besorgnis schädlicher Bodenveränderungen besteht (§ 7 BBodSchG i.V.m. § 9 BBodSchV). Für die Land- und Forstwirtschaft gelten allerdings Sonderregelungen. Landwirte erfüllen ihre Vorsorgeverpflichtungen, wenn sie entsprechend den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis wirtschaften, die in § 17 Abs. 2 BBodSchG näher dargelegt sind (siehe Kasten). Bei der Waldbewirtschaftung müssen die Anforderungen insbesondere des Waldrechts beachtet werden, wie sie z. B. in Art. 14 Abs. 1 des Bayerischen Waldgesetzes (BayWaldG) niedergelegt sind. Daher dürfen Wälder generell nur bedarfsgerecht und naturschonend erschlossen werden. Der Waldboden ist bei der Waldbewirtschaftung pfleglich zu behandeln (siehe Kasten). Darüber hinausreichende Vorsorgepflichten aus dem Bodenschutzrecht erwachsen der Forstwirtschaft aber grundsätzlich nicht.

Starke Position des Umweltschadensgesetzes nicht ausgeschöpft

Sofern die unmittelbare Gefahr einer Bodenschädigung besteht, müssen Grundstückseigentümer und/oder Nutzungsrechte unverzüglich geeignete Maßnahmen der Gefahrenabwehr bzw. Schadensvermeidung treffen. An dieser Stelle setzt neben dem Bodenschutzrecht auch das Umweltschadensrecht ein, das zur Vorsorge selbst (wie oben beschrieben) noch keine Regelungen enthält. Während das Bodenschutzrecht auch hier auf die Vorschriften der Waldgesetzgebung abstellt, kennt das Umweltschadensrecht eine derartige Unterordnung unter fachgesetzliche Spezialregelungen nicht. Vielmehr verpflichtet es den Verantwortlichen für drohende Bodenschäden unmittelbar und ohne Rücksicht auf wirtschaftliche Erwägungen dazu, die zuständigen Behörden unverzüglich zu

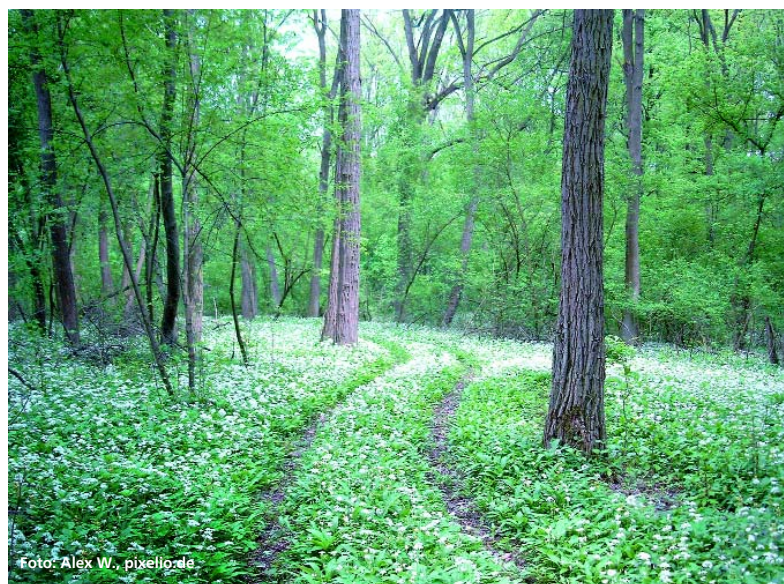


Abbildung 1: Rückegassen sind nach dem Bayerischen Waldgesetz dem Waldboden zuzurechnen. Auch auf Rückegassen sind die Funktionen des Bodens wie in den Waldbeständen nachhaltig zu sichern.

informieren und die erforderlichen Maßnahmen zur Vermeidung des sich abzeichnenden Schadens zu ergreifen (siehe §§ 4, 5 USchadG). Allerdings bleibt das Umweltschadensrecht dabei auf halbem Wege stehen, da es die Haftung für Bodenschäden auf die in der Anlage 1 des Gesetzes genannten Tätigkeiten beschränkt (siehe Kasten). Im Hinblick auf Umweltschäden an Arten und Lebensräumen nach den europäischen Naturschutzrichtlinien (FFH-Richtlinie, Vogelschutzrichtlinie) würde hingegen jede Art von Tätigkeit ausreichen. Unter die in der Anlage 1 des USchadG genannten Tätigkeiten fallen keine forstlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen, allenfalls könnte der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln oder Biozid-Produkten eine gewisse Bedeutung entfalten, die für die Forstwirtschaft aber eher gering bleiben dürfte.

Ist ein Bodenschaden einmal eingetreten, können den Grundstückseigentümer und/oder Nutzungsberechtigten (im Bodenschutzrecht) bzw. den Verantwortlichen (im Umweltschadensrecht) Sanierungspflichten treffen. Auch hier bleibt die praktische Bedeutung beider Rechtsgebiete für die Forstwirtschaft aus den bereits genannten Gründen begrenzt. Für das Bodenschutzrecht ist einschränkend festzustellen, dass das dort in § 3 Abs. 1 Nr. 6 BBodSchG geregelte Vorrang-/Nachrangverhältnis des Bodenschutzrechts gegenüber dem Waldrecht nur soweit reicht, wie die Waldgesetze überhaupt Regelungen bodenschutzrechtlicher Art enthalten. Da die Waldgesetze sich zur Sanierung beschädigter Böden nicht unmittelbar äußern, öffnet sich gerade hier eine Lücke zugunsten des Bodenschutzrechts gegenüber dem sonst geltenden Vorrang des Waldrechts.

Artikel 14 BayWaldG gewährleistet weitgehenden Schutz des Bodens

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Bedeutung des Bodenschutz- und des Umweltschadensrechts für die Forstwirtschaft bis auf weiteres eher gering ist und dies künftig auch bleiben wird. Hinsichtlich des Bodenschutzrechts zeigte sich im Laufe der letzten zehn Jahre, dass dieses Instrument schwerpunktmäßig zur Überwachung von Bodenschäden, dem Aufbau von Bodeninformationssystemen und der Sanierung von Altlasten eingesetzt wird. Demgegenüber tritt der Vorsorge- und Gefahrenabwehraspekt in den Hintergrund, vor allem gegenüber der Land- und Forstwirtschaft, die über die genannten spezifischen Vorschriften des Bodenschutzrechts (Grundsätze der guten fachlichen Praxis gemäß § 17 Abs. 2 BBodSchG) bzw. des Waldrechts (Bewirtschaftungsgrundsätze gemäß Art. 14 Abs. 1 BayWaldG) hinaus von weiterreichenden Anforderungen des Bodenschutzrechts grundsätzlich freigestellt ist. Die in der Forstwirtschaft entwickelten und erprobten Lösungsansätze zur Vermeidung von Bodenschäden (z. B. bodenschonende Holzerntetechniken) müssen ihren rechtlichen Ansatzpunkt daher in Art. 14 Abs. 1 BayWaldG, weniger in den Vorschriften des spezifischen Bodenschutzrechts, finden. In der Praxis kommt dabei insbesondere dem in Art. 14 Abs. 1 Nr. 3 BayWaldG enthaltenen Passus, nach dem der Waldboden bei der Waldbewirtschaft-

tung pfleglich zu behandeln ist, eine auch flächenmäßig hervorgehobene Bedeutung zu. Denn während die Befahrung dauerhaft angelegter Forstwege nicht den Waldboden betrifft, ist dies bei Maßnahmen der Feinerschließung mit Rückegassen und erst recht des Befahrens der Waldbestände außerhalb der dafür vorgesehenen Rückelinien sicherlich der Fall. Auch Rückewege sind dem Waldboden im Sinne des Art. 14 Abs. 1 Nr. 3 BayWaldG zuzurechnen, da sie unbefestigt bleiben und ihre Anlage angesichts flexibler Bewirtschaftungskonzepte nicht als dauerhaft zu gelten hat. Die in § 2 Abs. 2 BBodSchG genannten Funktionen des Bodens sind deshalb hier wie in den Waldbeständen insgesamt nachhaltig zu sichern.

§ 17 BBodSchG

»Gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft«

(1) Bei der landwirtschaftlichen Bodennutzung wird die Vorsorgepflicht nach § 7 durch die gute fachliche Praxis erfüllt.

...

(2) Grundsätze der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung sind die nachhaltige Sicherung der Bodenfruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit des Bodens als natürlicher Ressource. Zu den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis gehört insbesondere, daß die Bodenbearbeitung unter Berücksichtigung der Witterung grundsätzlich standortangepaßt zu erfolgen hat, die Bodenstruktur erhalten oder verbessert wird, Bodenverdichtungen ... so weit wie möglich vermieden werden, Bodenabträge durch eine standortangepasste Nutzung ... möglichst vermieden werden, die naturbetonten Strukturelemente der Feldflur, ... , die zum Schutz des Bodens notwendig sind, erhalten werden, die biologische Aktivität des Bodens durch entsprechende Fruchtfolgegestaltung erhalten oder gefördert wird und der standorttypische Humusgehalt des Bodens ... erhalten wird.

(3) Die Pflichten nach § 4 werden durch die Einhaltung der in § 3 Abs. 1 genannten Vorschriften erfüllt; enthalten diese keine Anforderungen an die Gefahrenabwehr und ergeben sich solche auch nicht aus den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis nach Absatz 2, so gelten die übrigen Bestimmungen dieses Gesetzes.

Art. 14 BayWaldG

»Bewirtschaftung des Waldes«

(1) Der Wald ist im Rahmen der Zweckbestimmung dieses Gesetzes sachgemäß zu bewirtschaften und vor Schäden zu bewahren. Hierzu sind insbesondere

...,

die Wälder bedarfsgerecht und naturschonend zu erschließen, der Waldboden und die Waldbestände bei der Waldbewirtschaftung pfleglich zu behandeln,

...,



Foto: B.Stolze, pixelio.de

Abbildung 2: Für die rechtliche Beurteilung von Bodenschäden im Wald sind derzeit überwiegend die waldrechtlichen Bestimmungen wie z. B. das BayWaldG einschlägig.

USchadG und Natura 2000 bilden eine starke Allianz

Das Umweltschadensrecht ist vor allem darauf ausgerichtet, Bodenschäden zu vermeiden bzw. im konkreten Einzelfall einen Schaden zu reparieren sowie Betroffene und Umweltverbände in Informations- und Entscheidungsprozesse einzubeziehen. Auf Grund dieser Ausrichtung würde sich das Umweltschadensrecht grundsätzlich besser als das Bodenschutzrecht dazu eignen, den Schutz des Bodens auch flächendeckend zu gewährleisten.

Anlage 1 des USchadG

»Berufliche Tätigkeiten«

In der Anlage 1 werden Tätigkeiten beschrieben, welche im forstwirtschaftlichen Umfeld in der Regel keine Bedeutung haben. Neben dem Betrieb besonderer Anlagen sind unter anderem Maßnahmen der Abfallbewirtschaftung, die Einbringung von Schadstoffen in Gewässer oder die Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen genannt. Von Bedeutung kann jedoch der Punkt 7 der Anlage 1 für Waldbesitzer und Forstunternehmer sein:

7. Herstellung, Verwendung, Lagerung, Verarbeitung, Abfüllen, Freisetzung in die Umwelt und innerbetriebliche Beförderung von
 - a) gefährlichen Stoffen im Sinn des § 3a Abs. 1 des Chemikaliengesetzes (ChemG);
 - b) gefährlichen Zubereitungen im Sinn des § 3a Abs. 1 ChemG;
 - c) Pflanzenschutzmitteln im Sinn des § 2 Nr. 9 des Pflanzenschutzgesetzes (PflSchG);
 - d) Biozid-Produkten im Sinn des § 3b Abs. 1 Nr. 1 Buchstabe a ChemG.

Für die Forstwirtschaft stellt sich diese Frage unter dem Aspekt des Bodenschutzes aktuell aber nicht, weil sie, wie dargestellt, außerhalb der in der Anlage 1 des USchadG genannten beruflichen Tätigkeiten steht. Auch umfasst das Umweltschadensrecht mechanische Einwirkungen auf den Boden von vornherein nicht, vielmehr geht es hier nur um die direkte oder indirekte Einbringung von Stoffen in den Boden. Allerdings müssen Waldbesitzer und Forstunternehmer stets im Blick behalten, dass das Umweltschadensrecht sämtliche Tätigkeiten und damit auch Maßnahmen der Waldbewirtschaftung einschließlich Walderschließung und Holzernte immer dann erfasst, wenn eine Schädigung von Arten und Lebensräumen droht, die dem Schutzbereich der europäischen Natura 2000-Richtlinien unterliegen. Der Schutz der Arten und Lebensräume ist dabei nicht auf die ausgewiesenen FFH- und Vogelschutzgebiete beschränkt, vielmehr bezieht er auch die außerhalb von Schutzgebieten vorkommenden Arten und Lebensräume mit ein. Sobald es daher bei der Waldbewirtschaftung zu negativen Rückkopplungen zwischen Bodenbeeinträchtigungen und dem Erhaltungszustand der im Wald vorkommenden europäisch bedeutsamen Arten und Lebensräume kommt, sind die Vorschriften des Umweltschadensrechts auch für die Forstwirtschaft bedeutsam und von den Waldbesitzern und Forstunternehmern strikt zu beachten.

Dipl.-Forstwirt (univ.) Dr. Stefan Wagner ist Rechtsanwalt und Spezialist für das deutsche und europäische Umweltrecht.

Bayerische Ozon-Bilanz 2008 erfreulich

Erstmals seit mehr als 15 Jahren wurde in Bayern keine einzige Überschreitung des Schwellenwertes für Ozon registriert. Zwar gab es auch heuer typische Ozonlagen mit viel Sonne, Wärme und wenig Wind, diese dauerten jedoch weniger lange an als in den Vorjahren. Daher konnten sich hohe Ozonkonzentrationen erst gar nicht aufbauen.

In den Vorjahren gab es immer einige Tage mit Überschreitungen des Schwellenwertes von 180 Mikrogramm Ozon je Kubikmeter Luft. Vor zwei Jahren waren es elf Tage, im Jahrhundertssommer 2003 sogar 21 Tage. Das Landesamt für Umwelt (LfU) misst an 28 Stationen des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB) in ganz Bayern laufend den Ozongehalt der Luft. Von Mai bis Ende September wird täglich der Lagebericht mit einer Ozonprognose für Nord- und Südbayern erstellt. Im Winter ist die Ozonbelastung auch bei strahlendem Sonnenschein gering, weil die Temperaturen für die Ozonbildung zu niedrig sind.

red

Bodenschutz und Holzernte an der Fachhochschule Weihenstephan

Was soll ein angehender Forstingenieur wissen?

Andreas Rothe und Helge Peters

In den letzten 20 Jahren stieg die Zahl der Holzerntemaschinen im Wald stark an. Die Anforderungen einer raschen und kostengünstigen Holzbereitstellung führt jedoch verstärkt zu Zielkonflikten mit Gesichtspunkten des Bodenschutzes. Der Forstingenieur als Verantwortlicher vor Ort muss Lösungen finden, die beide Aspekte berücksichtigen. Dies erfordert fundierte Kenntnisse in Bodenkunde und Holzerntetechnik. Die Fakultät Wald und Forstwirtschaft der Fachhochschule Weihenstephan hat mit der Umstellung auf den neuen Bachelor-Studiengang »Forstingenieurwesen« beide Bereiche eng verzahnt. Die Einbindung einer Einschlagsfirma in die Lehrveranstaltungen gewährleistet eine besonders praxisnahe Ausbildung der angehenden Forstingenieure.

Im Zuge des Bologna-Prozesses werden europaweit Studiengänge auf vergleichbare Bachelor- und Masterabschlüsse umgestellt. Die Fachhochschule Weihenstephan hat ab dem Wintersemester 2007/08 als letzte der forstlichen Hochschulen in Deutschland ihren bisherigen Diplomstudiengang »Diplom-Forstingenieur (FH)« mit dem Bachelor-Studiengang »Forstingenieurwesen« ersetzt. Die Umstellung wurde auch dazu genutzt, Ausbildungsinhalte und Struktur des Studiengangs den geänderten Rahmenbedingungen in der Forstwirtschaft anzupassen.

Bodenschutz und Holzernte interdisziplinär vernetzt

In den letzten 20 Jahren war insbesondere die Holzernte grundlegenden Veränderungen unterworfen. Auch in Mitteleuropa wird Holz in steigendem Maße hochmechanisiert und mit schweren Maschinen geerntet. Die Aufarbeitung mit Harvestern und das anschließende Rücken mit Forwardern gilt zunehmend als Standardverfahren, mit Raupenfahrwerken und Windenunterstützung bei beiden Maschinentypen auch

am Hang. In Verbindung mit deutlich gestiegenen Einschlagsmengen und höheren Anforderungen der Holzindustrie nach »Just in time-Lieferung« entstehen immer häufiger Probleme mit dem Bodenschutz. Dies zeigen auch die anwachsenden Beschwerden der Bevölkerung über Bodenschäden auf Grund von Befahrung. Der Forstingenieur hat die schwierige Aufgabe, eine rationelle Holzernte mit Bodenschutz zu verbinden. Dies erfordert ein vernetztes, interdisziplinäres Denken und gute Kenntnisse sowohl in der Bodenkunde als auch in der Holzernte. Nachdem Holz nicht im rechtsfreien Raum geerntet wird, muss der Forstingenieur auch die entsprechenden Rechtsnormen bzw. Vorgaben der Zertifizierung kennen.

Die Ausbildung an der Fachhochschule Weihenstephan zielt deshalb darauf ab, von Beginn an die verschiedenen Aspekte der Holzernte integriert zu beachten. Anders als im früheren Diplomstudiengang, in dem ökologische, technische und rechtliche Fächer zeitlich nacheinander angeordnet waren, folgt der Bachelor-Studiengang einem Säulenmodell. Ökologische, technische und rechtliche Fächer beginnen bereits im 1. Semester und begleiten die Studenten bis zum Ende des Studiums nach dem 7. Semester (Tabelle 1).

Tabelle 1: Ausbildungsmodule »Bodenschutz bei der Holzernte«

Semester	Modul	Inhalte (nur bezogen auf Bodenschutz bei der Holzernte)
1	Geowissenschaftliche Grundlagen Wirtschaft und Recht	Grundlagen der Bodenkunde, Bodenphysik Grundlagen des Umweltrechts, Waldgesetze
2	Waldarbeit und Holzerntetechnik 1 Standortlehre	Betriebsarbeiten, Walderschließung Ansprache von Waldstandorten, Eigenschaften bei Befahrung
3	Projekt Forstbetrieb	Praktische Holzernte einschließlich Maschineneinsatz (fächerübergreifend)
4	Waldarbeit und Holzerntetechnik 2 Arbeitsrecht und Verwaltungsrecht	Planung und Organisation von Holzernteverfahren, mechanischer Bodenschutz Verwaltungsrecht, Bodenschutzgesetzgebung, Umwelthaftungsrecht
5	Waldarbeit und Holzerntetechnik	Kosten-Leistungsrechnung, spezielle Arbeitsverfahren, Transport und Logistik
6	Praxissemester	Aufenthalt im Betrieb
7	Nachhaltssicherung und Ressourcenschutz	Schutz der Bodenressourcen, normative Regelungen einschließlich Zertifizierung

Bodenschutzlehrgang der TUM und LWF

Technische Universität München (TUM) und Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) bieten Waldbesitzern, Forstleuten und Maschinenführern einen Bodenschutz-Lehrgang an. Er zeigt die Risiken des Maschineneinsatzes auf und vermittelt Strategien, wie Bodenschäden vermieden werden können.

Ständig wachsender Kostendruck in der Forstwirtschaft führt zwangsläufig zum großflächigen Einsatz hoch mechanisierter Holzerntesysteme, verbunden mit der Gefahr nachhaltig negativer Bodenveränderungen. Diese sind jedoch im Rahmen des gesetzlich verankerten Bodenschutzes zu vermeiden. Der Einsatz von Forstmaschinen ist nicht generell abzulehnen, solange er unter bodenschonenden Bedingungen stattfindet. Damit künftig alle in der Waldbewirtschaftung Beschäftigten die mit der Befahrung verbundenen Risiken einschätzen und zielgerechte Entscheidungen treffen können, vermitteln die in Kooperation entwickelte Schulung »Bodenschutz bei der mechanisierten Waldbewirtschaftung – Befahrung von Waldböden« sowie das LWF Merkblatt Nr. 22 wichtige Grundkenntnisse. Mit dem nötigen Hintergrundwissen kann jeder in den Prozess involvierte durch rechtzeitiges Handeln zur Risikominimierung beitragen.

Der Lehrgang wendet sich an alle in der Waldbewirtschaftung Beteiligten. Zunächst werden Maschinen, Holzernteverfahren und Eigenschaften des Bodens angesprochen. In einem zweiten Themenblock wird die Wirkungskette Maschine–Boden behandelt, um die Reaktion von Böden auf mechanische Belastung, das Verformungsverhalten und die ökologischen Auswirkungen zu beleuchten. Der dritte Teil des Lehrgangs widmet sich den Risiken und nötigen Strategien zur Vermeidung gravierender Bodenveränderungen. In gemeinsamer Arbeit lernen die Teilnehmer Gefahrenpotentiale selbst einzuschätzen und geeignete Maßnahmen zu ergreifen.

Die Schulungsinhalte werden an einem Tag mit Hilfe einer Folienpräsentation und zahlreicher Demonstrationsobjekten anschaulich vermittelt. Die Teilnehmer erhalten eine Zusammenstellung der Folien auf CD.

J. Kremer

Mehr Informationen bei:

Prof. Dr. D. Matthies, Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der TU München
Am Hochanger 13, 85354 Freising, Telefon 081 61 | 71-4766
Dr. H. Borchert, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Am Hochanger 11, 85354 Freising,
Telefon 081 61 | 71-4640
Dr. J. Kremer, Forstsachverständiger, Forstliche Seminare,
Zugspitzstraße 24, 82140 Olching, Telefon 081 42 | 1 74 82

Praxisnähe durch Einbindung von Unternehmern

Fächerübergreifende Geländeübungen und Praktika ergänzen diese Ausbildungsinhalte. Hervorzuheben ist hier der Lehrgang »Bestands- und bodenschonende Holzernte mit Harvester«, den die beiden Dozenten für Bodenkunde und Holzernte gemeinsam mit einem Forstunternehmen veranstalten. Der Inhaber dieses Unternehmens, Dipl. Forstwirt Norbert Harrer, ist auch Lehrbeauftragter an der Fachhochschule. In diesem Lehrgang lernen die Studenten vom Auszeichnen des Bestandes über Planung und Durchführung bis hin zur Schadensaufnahme und Finanzkalkulation alle Aspekte der Holzernte mit besonderer Berücksichtigung der Bodenpfleglichkeit kennen. Die Zusammenarbeit mit dem Unternehmer ermöglicht das Lernen an regulären Einschlägen und garantiert damit eine besonders praxisnahe Ausbildung. Die Studenten erfahren, welche Bodenschutzstandards bei der heutigen Technik und bei vorausschauender Planung möglich sind und welche Kosten bei einer umweltverträglichen Holzernte anfallen.

Insgesamt sind wir überzeugt, dass nur die enge Vernetzung der Fächer Holzernte und Bodenkunde den angehenden Forstingenieuren das nötige Rüstzeug für eine schwierige Aufgabe liefern kann. Weder eine einseitige Fixierung auf die Bodenökologie noch eine einseitige Ausrichtung auf die Forsttechnik wird in der Praxis zu sachgerechten Lösungen führen. Wir hoffen, damit einen Beitrag zu leisten, dass »Rückebiotop« wie in Abbildung 1 bald nur noch auf der Roten Liste für aussterbende Arten zu finden sind.

Prof. Dr. Andreas Rothe vertritt an der Fachhochschule Weihenstephan die Fächer Nachhaltssicherung, Ökologie der Waldbäume, Bodenkunde und Standortslehre. andreas.rothe@fh-weihenstephan.de
Prof. Dr. Helge Peters unterrichtet die Fächer Holzerntetechnik und Forstliche Maschinenkunde. helge.peters@fh-weihenstephan.de



Foto: A. Rothe

Abbildung 1: »Rückebiotop«: extreme Gleisbildung nach Holzernte auf einem Feinlehmstandort; solche Bilder müssen der Vergangenheit angehören.

Bodenschutz-Ausbildung in der Schweiz

Zielgruppenorientiertes Ausbildungskonzept für die Umsetzung des physikalischen Bodenschutzes

Peter Lüscher, Stéphane Sciacca und Fritz Frutig

Seit 2003 setzen die Verantwortlichen in der Schweiz mit ihrem Ausbildungskonzept zum Thema Bodenschutz auf den fünf-stufigen Modellansatz DPSIR. Das Konzept verfolgt das Ziel, langfristig wirksame Bodenschutzmaßnahmen mittels zielgruppen-orientierter Kurse im Rahmen der Aus- und Weiterbildung zu erreichen. Die zunehmend zu beobachtende Sensibilisierung bei den Akteuren und Teilnehmern sowie die steigende Nachfrage nach Bodenschutz-Kursen geben berechtigten Anlass zur Hoffnung, dass dieses Ausbildungskonzept den erhofften langfristigen Erfolg bringen wird.

Der europäische Modellansatz für die Umsetzung einer nachhaltigen Bodennutzung besteht aus fünf Stufen (GIWA 2001). Zunächst werden die treibenden Kräfte (*D, driving forces*) bestimmt, die ihrerseits wieder Belastungen (*P, pressures*) auslösen, die zu einem bestimmten Zustand (*S, state*) führen. Aus diesem Zustand ergeben sich direkte oder indirekte Wirkungen (*I, impact*). Diese rufen Gegenmaßnahmen im Sinne einer Reaktion (*R, responses*) hervor. Mit diesem Modellansatz (DPSIR) ist es möglich, Bodenschutzprobleme zu erfassen, deren zeitliche Veränderung zu überwachen sowie die dahinter stehenden Kräfte, Einflüsse und Aktionen zu kontrollieren und zu steuern. Er zeichnet einen Weg für eine direkte Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Gesellschaft und Politik auf. Ebenfalls lässt sich eine thematische Strategie für den Wissenstransfer daraus ableiten. Daher verfolgt die Schweiz das Ziel, langfristig wirkende Maßnahmen primär über eine gezielte Schulung in der Aus- und Weiterbildung mittels Kursen zu erreichen.

Eine Begleitgruppe aus Vertretern der Forstdienste bzw. -behörden, den kantonalen Bodenschutzfachstellen, dem Forstunternehmerverband, den Bildungszentren Wald, dem Lehrgang Forstwissenschaften an der Fachhochschule in Zollikofen sowie den Zertifizierungsverantwortlichen unterstützt das Kurswesen. Sie soll mithelfen, dass die Bodenschutzanliegen auf allen Stufen akzeptiert und rasch in die Praxis umgesetzt werden.

Wer soll ausgebildet werden?

Unsere Zielgruppen für die Kurse erfassen alle relevanten Akteure: Waldeigentümer einschließlich bäuerlicher Waldbesitzer, Betriebsleiter, Unternehmer, Maschinenführer, Forstdienst bzw. -behörden, Umweltverbände, Bodenschutzfachstellen, Zertifizierungsverantwortliche, Politiker, interessierte Öffentlichkeit.

Jedes Jahr steht eine andere Zielgruppe im Fokus unserer Ausbildungsbemühungen. 2006 war es das Personal der kantonalen Bodenschutzfachstellen, 2007 Ausbildungsverantwortliche und 2008 die Berufsschullehrer für die Forstwartausbildung der Kantone.



Abbildung 1: Den Teilnehmern werden vor Ort und praxisnah verschiedene Messinstrumente erklärt.

Auf die einzelnen Zielgruppen zugeschnittene »Rollenspiele« motivieren die Kursteilnehmer, sich aktiv am Kursablauf zu beteiligen. Auf diese Weise wächst das gegenseitige Verständnis für mögliche Problemsituationen. Ein Rahmen entsteht, in dem Konfliktpotential beispielhaft abgebaut werden kann.

Welche Inhalte werden vermittelt?

Bodenkundliche, technische und ökonomische Grundlagen werden problemorientiert, integral und stufengerecht anhand konkreter Objekte im Gelände vermittelt.

Grundlagen zum Waldboden

- Was sind die natürlichen Bodeneigenschaften?
- Welche Bodeneigenschaften können durch Vorsorgemaßnahmen in relevantem Maße beeinflusst werden?
- Wie wirken sich Verdichtungen auf die entscheidenden Bodenfunktionen aus?

Praxisrelevante Maßnahmen

- Welche Maßnahmen vergrößern oder vermindern bei der Holzernte das Verdichtungsrisiko des Bodens?
- Wie stark ist der Einfluss dieser Maßnahmen kurzfristig und langfristig?
- Was ist bei Planung, Ausführung und Qualitätssicherung der Holzernte zu berücksichtigen?

Wissenstransfer und methodische bzw. didaktische Hinweise

- Was müssen potentielle Anbieter von Bodenschutzkursen grundsätzlich wissen?

Eine Synthese der Ausbildung wird stets mit ganz konkreten Anregungen für die Umsetzung bei den einzelnen Zielgruppen aufgebaut, um die verschiedensten Gruppierungen zum Diskutieren anzuregen und alle Aspekte zu beleuchten.

Wie werden die nötigen Grundlagen vermittelt?

In der Regel wird ein eintägiger Kurs in zwei thematische Schwerpunkte zu je vier Stunden aufgeteilt, beispielsweise:

Bodenkenntnisse

- Humusformen (Oberboden), Boden als Lebensraum
- Wurzelraum (Unterboden)
- Poren als Wasserspeicher und Sickerraum
- Bodendurchlüftungssituation (Vernässungsmerkmale)
- Messinstrumente, beispielsweise zur Erfassung der aktuellen Bodenfeuchte (Wassergehalt, Saugspannung; Eindringwiderstand mit PANDA-Sonde)
- Ansprache der Spurtypen als praktische Gruppenarbeit einschließlich Vermittlung erhobener Datengrundlagen
- Standortliche Heterogenität

Forsttechnik und Feinerschließung

- Bodenschutz als Optimierungsaufgabe
- Maschinentypen, Gewichte, Kräfte
- Maßnahmen bei der Planung der Maschinenteknik und beim Maschineneinsatz (Schnittstelle Boden - Maschine)
- Überlegungen zur Qualitätssicherung
- Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit einzelner Maßnahmen

Die ausgehändigten Kursunterlagen werden laufend aktualisiert. Ausbildungsunterlagen zu den Themen »Bodenverdichtung durch Maschineneinsatz« und »Bodenschonender Einsatz von Forstmaschinen« liegen auch in französischer Sprache vor. Anschauungsmaterial und Modelle vermittelt die Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Sie unterstützt die Kursveranstalter auch bei der Auswahl anschaulicher Kursobjekte in den einzelnen Regionen. Dazu gehört auch die Erhebung einfacher Grundlagendaten zu Standort bzw. Boden.

Was wurde bisher erreicht?

Bei allen Akteuren lässt sich eine große Sensibilisierung zum Thema feststellen. Die angebotenen Kurse werden gut besucht, die Nachfrage steigt. Die Abschlussdiskussionen der Ausbildungsveranstaltungen zeigen deutlich, dass die Teilnehmer gewillt sind, den »Boden« möglichst unversehrt an die kommende Generation weiterzugeben. Die Rückmeldungen sind erfreulich positiv und konstruktiv. Die Aus- und Weiterbildung wird höher gewichtet und nimmt mehr Zeit in Anspruch.

Mit den Folgeaufnahmen des Landesforstinventars wird sich auf dem Stichprobenraster zeigen, ob die eingeleiteten Maßnahmen den erhofften Erfolg bringen. Verpflichtende Maßnahmen, vor allem im Bereich der Ausbildung, auf der Vollzugsebene der einzelnen Kantone sind für die Jahre 2010 bis 2012 vorgesehen. Dokumentationen zum Thema in Form von Faltblättern für einzelne Interessensgruppen, von Merkblättern und einem Handbuch sollen künftige Umsetzungsaktivitäten fördern und unterstützen.

Literatur

GIWA – Global International Waters Assessment (2001): *European Environment Agency (EEA)*. Kopenhagen

Kaufmann, G.; Lüscher, P. (2007): *Mechanische Belastung von Waldböden. Rückblick auf eine Tagung*. Wald und Holz 2, S. 32–33

Lüscher, P.; Kaufmann, G. (2008): *Ursachen und Schadensminimierung. Kursrückblick*. Wald und Holz 1, S. 44–45



Foto: M. Walser

Abbildung 2: Instruktionsmaterial zu den Themen Wasserspeicherung, Sickerversuch, Humusformen und Boden

Dr. Peter Lüscher ist Senior Consultant in der Forschungseinheit »Boden-Wissenschaften« der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL in Birmensdorf. peter.luescher@wsl.ch
Stéphane Sciacca ist Mitarbeiter im Projekt »Mechanische Belastung von Waldböden« der Forschungseinheit »Boden-Wissenschaften der WSL«. stephane.sciacca@wsl.ch
Fritz Frutig ist Mitarbeiter im Projekt »Mechanische Belastung von Waldböden« der Forschungseinheit »Forstliche Produktionssysteme der WSL. friedrich.frutig@wsl.ch

Waldforschung aktuell

Nachrichten aus dem Zentrum Wald - Forst - Holz

Nr. 26/2008

AUS DEM ZENTRUM WALD-FORST-HOLZ

Fünf Jahre ZWFH

Das Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan feiert seinen fünften Geburtstag

Joachim Hamberger

Vor fünf Jahren gründeten die TU München, die Fachhochschule Weihenstephan und die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft ein forstliches Kompetenzzentrum mit Sitz in Weihenstephan. Es ist an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Praxis platziert. Mitte September feierten Vertreter der drei Institutionen mit Staatsminister Josef Miller den runden Geburtstag.

»Mit dem Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan sind wir einzigartig aufgestellt in Europa«, sagte Professor Dr. Manfred Schölch, der Leiter des Koordinierungsrates des Forstzentrums bei seiner Eröffnungsrede. Weil das Forstzentrum sich als Mittler an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Praxis versteht, waren neben den Professoren und Sachgebietsleitern aus Weihenstephan auch zahlreiche Vertreter von Verbänden und Vereinen der Forst- und Holzwirtschaft erschienen.



Abbildung 1: Staatsminister Josef Miller bei seiner Ansprache zur Fünf-Jahrfeier im Forstzentrum Weihenstephan

Sepp Spann, der Vorsitzende der Bayerischen Waldbesitzer, sprach dem Zentrum das Vertrauen der Waldbesitzer aus und hob seine Rolle als zentraler Ansprechpartner in allen Forstfragen hervor. Durch die kompetenten Wissenschaftler aus Weihenstephan werde wichtiger Sachverstand in die öffentliche Diskussion eingebracht, die ohne diesen Beitrag sehr oft von reiner Emotion beherrscht werde.

Forstminister Josef Miller lobte das Zentrum als »wichtigen Impulsgeber der Branche«. Besonders hob er dabei die sieben regionalen Waldbesitzertage heraus, die vom Zentrum initiiert und von den Ämtern für Landwirtschaft und Forsten unterstützt werden. Dabei werde fundiertes Wissen direkt zu den Menschen in den Regionen Bayerns gebracht. Das Forstzentrum habe sich zum anerkannten Ansprechpartner in allen Fragen rund um das Thema Wald und Forst entwickelt, sagte Josef Miller in seiner Festansprache. Große Beachtung – so der Minister weiter – habe das Forstzentrum auch im Juli gefunden, als in Weihenstephan 20 forstliche Verbände und Vereine

mit der Staatsregierung zusammenkamen und auf einem gemeinsamen Waldkongress eine politisch vielbeachtete »Weihenstephaner Erklärung« zu Wald und Klimawandel abgaben.

Frau Professor Dr. Anna Maria Reichlmayr-Lais überbrachte die Glückwünsche der TU München. Sie unterstrich die Bedeutung des Forstzentrums als Drehscheibe zwischen Forschern und Anwendern. Für die Geschäftsstelle des Forstzentrums hatte sie ein besonderes Geburtstagsgeschenk dabei: die zum Jahresende auslaufende Stelle der Teamassistentin wird weiterhin verlängert. Die TU stehe zum Forstzentrum, betonte die Weihenstephan-Beauftragte der TU-Hochschulleitung, und werde auch ihren finanziellen Verpflichtungen nachkommen.

Professor Dr. Hermann Heiler, Präsident der Fachhochschule Weihenstephan, unterstrich die Bedeutung des Forstzentrums in der Akquise von Forschungsmitteln. Erst vor kurzem habe es mitgeholfen, das Projekt »Waldinformationssystem Nordalpen« mit einem Volumen von 1,7 Millionen Euro nach Weihenstephan zu holen. Nach Meinung des FH-Präsidenten ist das Forstzentrum vor allem deshalb ein solcher Erfolg, weil die Räume der drei Forst-Partner nahe beieinander liegen und weil die kurzen Wege auch einen unkomplizierten Austausch auf Arbeitsebene ermöglichen. Wie ein Hocker auf drei Beinen stabil sei, meinte Heiler, sei auch das Forstzentrum durch seine drei Partner stabil.

Dr. Joachim Hamberger ist Geschäftsführer des Zentrums Wald-Forst-Holz Weihenstephan. jhh@lwf.uni-muenchen.de

AUS DEM ZENTRUM WALD-FORST-HOLZ

Winfried Drexler neuer Abteilungsleiter an der LWF



Foto: C. Hopf

Winfried Drexler hat die Nachfolge von Hans-Jürgen Gulder als Leiter der Abteilung »Waldökologie« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) angetreten.

Der gebürtige Rheinländer Drexler studierte Forstwissenschaft in München und Freiburg, bevor er sich nach dem Referendariat in Bayern an der damaligen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt der Forschung und Lehre im Bereich Wildbiologie widmete. Seine Begeisterung für die Arbeit mit Menschen führte ihn 1992 von der Universität an die Staatliche Führungsakademie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten nach Landshut. Nach einem Aufbaustudium »Erwachsenenpädagogik« leitete er dort zunächst Seminare über Kommunikation, Führung und Beratung. Nach zahlreichen Fortbildungen, unter anderem zum Kommunikationsberater und Konfliktklärer, war er die letzten Jahre für Organisations- und Teamentwicklungen sowie für Konfliktberatung und Personalentwicklungskonzepte zuständig.

Nach 15 Jahren Personalarbeit führt ihn jetzt sein Weg zurück an seine alte Wirkungsstätte. Sein erklärtes Ziel, die Abteilung Waldökologie mindestens so erfolgreich zu halten wie bisher, möchte er mit seinem umfangreichen Führungs- und Beratungswissen erreichen. Die große Zahl hochkarätiger Wissenschaftler in der Abteilung ist das Pfund, mit dem er wuchern kann, aber auch eine Herausforderung, der er sich gerne stellt.

mer

Bodendenkmäler im Wald – Erkennen und Schützen



Foto: F. Mergler

Ende Juni fand im Forstzentrum erstmalig ein Lehrgang zum Thema »Bodendenkmäler im Wald« für Revierleiter der Bayerischen Forstverwaltung und der Bayerischen Staatsforsten statt. Mit vierzehn Teilnehmern war der Lehrgang ausgebucht. Dies zeigt das Interesse an Informationen über Bodendenkmäler in Forstkreisen. Ein Großteil der Teilnehmer war historisch besonders interessiert. Ein Teilnehmer sagte in der Vorstellungsrunde nicht ohne Stolz, ihm gehörten fünfzig Meter römischer Limes, die durch seinen Wald laufen.

Nach einer theoretischen Einführung im Hörsaal über rechtliche Grundlagen, Gefährdungen, Methoden zum Schutz von Bodendenkmälern und Ansprechpartnern in der Denkmalpflege fand eine Geländeexkursion in den Kranzberger Forst statt. Die Teilnehmer entdeckten Bodendenkmäler, die Waldbesuchern nicht als solche aufgefallen wären. An alten Hohlwegen, Grabhügeln und dem aufgelassenen Weiler Oberberghausen wurden Gefährdungen und Auswirkungen forstlicher Maßnahmen auf Bodendenkmäler ausgiebig diskutiert. Ein Teilnehmer lieferte das Fazit der Veranstaltung: »Gestern noch dachte ich, ich habe maximal drei Bodendenkmäler in meinem Revier. Heute weiß ich, es sind deutlich mehr. Sie zu schützen und zu bewahren wird mir ein besonders wichtiges Anliegen sein.«

jhh

Finnische Forststudenten zu Besuch am Forstzentrum



Foto: F. Mergler

21 Forststudenten der HAMK University of Applied Sciences in Evo, Südfinnland besuchten das Forstzentrum Weißenstephan im Rahmen eines Studentenaustausches zwischen der HAMK und der Fakultät Wald und Forstwirtschaft der Fachhochschule Weißenstephan.

Die außerordentlich interessierte und engagierte Besuchergruppe informierte Dr. Enders ausführlich über Aufbau und Aufgaben des Forstzentrums. Im Anschluss an die Vorführung des neuen Imagefilms über das Zentrum Wald-Forst-Holz Weißenstephan folgte ein diskussionsreicher Rundgang über den Forstcampus.

Auf Grund eines langjährigen Kooperationsabkommens zwischen der HAMK und der FH Weißenstephan fand dieses Jahr erstmalig der Studentenaustausch statt. Innerhalb einer Woche bereisten die finnischen Studenten ganz Bayern vom Spessart bis zu den Alpen und informierten sich über Wald und Forstwirtschaft. Im Austausch reisen 18 Studenten der FH Weißenstephan nach Finnland. Dort werden sie sich über die finnische Forstwirtschaft informieren.

mer

Professor Dr. Wolfram Elling gestorben



Foto: ZWFH

Der Campus Weihenstephan trauert um Professor Wolfram Elling, der Anfang September völlig unerwartet auf einer Urlaubsreise in Griechenland starb. Wolfram Elling war viele Jahre Professor für Bodenkunde, Standortslehre und Ökologie der Waldbäume an der Fachhochschule Weihenstephan. 2004 wurde er emeritiert, war aber noch aktiv und fast täglich im Forstzentrum anzutreffen.

Trotz Ruhestand engagierte er sich im Arbeitskreis Klimawandel des Zentrums Wald-Forst-Holz Weihenstephan, arbeitete an Positionspapieren mit und brachte sich intensiv in die fachliche Diskussion ein. Erst vor einem Jahr legte er sein umfangreiches Werk »Schädigung von Waldökosystemen – Auswirkungen anthropogener Umweltveränderungen und Schutzmaßnahmen« vor, das in Fachkreisen große Aufmerksamkeit erzielte. Wolfram Elling war eine markante Persönlichkeit mit Weitblick und fester moralischer Verankerung.

Er verlangte in Prüfungen und Diplomarbeiten viel von seinen Studenten, setzte sich aber auch außerordentlich für sie ein. Er war Gründungsmitglied der Fakultät Wald und Forstwirtschaft, lehrte 31 Jahre lang in Weihenstephan und prägte das Profil der Fakultät maßgeblich mit. Ganze Förstergenerationen bildete er aus. Unter Studenten und Kollegen genoss Wolfram Elling einen hervorragenden Ruf. So entwickelte sich in bayerischen Forstkreisen im Laufe der Jahre der Markenbegriff »Ellingschüler«.

Eng verbunden ist sein Name, der stets für fundierte und innovative Arbeit stand, auch mit der Dendroökologie. Vor allem die Weißtanne beschäftigte ihn sein ganzes Berufsleben hindurch. Die Ergebnisse seiner Forschungen an der Tanne trugen wesentlich dazu bei, dass diese, in den 1980er Jahren fast aufgegebene Schlüsselbaumart für einen naturnahen Wald heute wieder große Beachtung findet. Forschung war für Wolfram Elling nicht nur Arbeit, sondern Leidenschaft, der er sich auch nach seinem Ausscheiden aus dem aktiven Dienst ganz hingab und mit vollem Einsatz widmete.

Mit Wolfram Elling, der im Oktober seinen 70. Geburtstag gefeiert hätte, verliert das Forstzentrum einen hervorragenden Fachmann und hoch geschätzten Kollegen.

red

Professor Dr. Fredo Rittershofer gestorben



Foto: ZWFH

Professor Dr. Fredo Rittershofer lehrte von 1976 bis 1998 Waldbau an der Fachhochschule Weihenstephan. Die Studentinnen und Studenten lernten Fredo Rittershofer als einen überaus engagierten, stark motivierenden, stets hilfsbereiten und fürsorgenden Lehrer kennen. Die hohe Qualität seiner Ausbildung orientierte sich immer am konkreten Objekt. Mittel dazu waren vor allem seine hervorragenden Übungen sowie die außergewöhnlich guten und sehr beliebten Exkursionen. Die pflegliche Behandlung der Wälder – nach dem Motto »Vom Waldbau zur Waldpflege« – und der Schutz ihrer Lebensgrundlagen waren sein zentrales Anliegen. Der Naturgemäße Waldbau einschließlich Dauerwald und Plenterprinzip bildete einen festen Schwerpunkt in der Lehre.

Fredo Rittershofer engagierte sich in der Arbeitsgemeinschaft Naturgemäße Waldwirtschaft (ANW) und im Ökologischen Jagdverein Bayern (ÖJV), dessen Vorsitz er von 1990 bis 1999 inne hatte. Er trat für eine drastische Reduktion überhöhter Schalenwildbestände ein, eine der zentralen Voraussetzungen für den erfolgreichen naturgemäßen und naturnahen Waldbau. Sein Motto »Der Wald zeigt, ob die Jagd stimmt« gilt unvermindert auch heute.

Fredo Rittershofer wirkte auch weit über Deutschland hinaus. Von 1971 bis 1976 übernahm er als Projektleiter die bedeutende Aufbauarbeit in Curitiba/Paraná/Brasilien. Zusammen mit zehn deutschen Kollegen errichtete er im Rahmen der Universitätspartnerschaft Freiburg und Curitiba die erste forstwissenschaftliche Fakultät in Brasilien. Auf seinen Projektvorschlag hin wurde 1974 in Irati/Paraná auch eine Forsttechnikerschule errichtet.

Prof. Dr. Fredo Rittershofer verstarb am 7. September 2008 im Alter von 76 Jahren. Mit ihm verliert das Forstzentrum eine allseits geschätzte Persönlichkeit und einen herausragenden Hochschullehrer.

red

Sonnleitner und Miller auf dem Waldbauerntag des ZLF



Foto: R. Bonfig

Staatsminister Josef Miller, Landesbäuerin Annemarie Biechl, Prof. Manfred Schölch, Präsident Gerd Sonnleitner (v.l.n.r.)

»Forstwirtschaft – voller Energie und Leben« und »Mensch geh' den Holzweg« waren die Leitlinien des Bayerischen Bauernverbandes zum Waldbauerntag auf dem Zentralen Landwirtschaftsfest 2008.

Gerd Sonnleitner, Präsident des Bayerischen Bauernverbandes (BBV), warb in seiner Rede für die verstärkte Verwendung heimischen Holzes zum Klimaschutz. Auch für die Weißtanne sprach sich der BBV-Präsident aus. Die Verjüngung der Weißtanne als Alternative zur wenig trockentoleranten Fichte als das »Symbol der Hoffnung für unsere Waldbauern« gelingt nur durch eine strikt waldorientierte Jagd. »Am Grundsatz »Wald vor Wild« und am Forstlichem Gutachten lasse ich nicht rütteln«, betonte Gerd Sonnleitner mit Nachdruck an die Jäger. Auch würdigte er die eigenverantwortliche Waldbewirtschaftung der Waldbesitzer, die erfolgreich von staatlicher Beratung und Förderung unterstützt wird.

Staatsminister Josef Miller betonte den bundesweit einmaligen und mit 23 Millionen Euro ausgestatteten Aktionsplan »Waldumbau 2020«, das bayerische Klimaprogramm 2020, für das der Freistaat 26,5 Millionen Euro für forstliche Maßnahmen bereitstellt, und weitere Maßnahmen wie die Bergwaldoffensive, die Forschungsoffensive oder die Anlage genetischer Versuchsflächen. Auch auf die Bedeutung von Wald und Holz als Kohlenstoffspeicher ging der Forstminister ein. Zudem unterstrich er die Eigenverantwortung der Waldbesitzer für einen nachhaltigen Umgang der Ressource Wald. Umweltschutz sei nur mit ihnen und nicht gegen sie möglich. red

Octocopter in der Forstwissenschaft



Foto: F. Mergler

Maschinenbaustudenten der Uni München entwickelten einen fliegenden Kameträger mit acht Rotoren, den Octocopter. Aus dem ehemaligen Jugendforscherprojekt, in dem die Steuerung des Minihubschraubers entwickelt wurde, entstand inzwischen eine eigene GmbH. Sie stellt Hubschrauber her und fertigt Luftbilder an. Die Vorteile des Octocopter liegen auf der Hand: Auf Grund seiner Bauart ist der Octocopter sehr klein, leicht und robust. Je nach Größe kann er Nutzlasten bis 1,5 Kilogramm transportieren und 20 Minuten lang in der Luft bleiben. Mit Satellitensteuerung und Navigationsfunktion können genau festgelegte Routen abgeflogen werden. Dies ist besonders von Vorteil bei jährlich wiederkehrenden Folgeaufnahmen. Mit einer auf dem Octocopter montierten Kamera können hochauflösende Luftbildaufnahmen aufgenommen werden.

Doktoranden des Lehrstuhls für Waldbau an der Studienfakultät Forstwissenschaft der TU München wollen nun den Octocopter einsetzen, um Baumkronen aus der Luft zu fotografieren. Auf solchen Bildern könnte man z. B. noch besser als bisher abschätzen, wie viele Eicheln in einer Eichenkrone hängen. Damit lassen sich frühzeitig Aussagen treffen, ob eine Spreng-, Teil- oder Vollmast heranreift.

Bei einer Demonstration des Octocopters am Zentrum Wald-Forst-Holz in Weißenstephan stießen die guten Flugeigenschaften und die Präzision der Bilder auf große Begeisterung unter den Wissenschaftlern. Die Probeaufnahmen der Baumkronen versprechen eine aussagekräftige Datengrundlage. Weitere Einsatzgebiete im Bereich Umweltmonitoring oder Waldschutz sind denkbar. mer

Ehrendoktor für Hans Pretzsch



Foto: H. Pretzsch

Professor Dr. Hans Pretzsch, Ordinarius für Waldwachstumskunde der TUM, erhielt von Professor Jan Hron, Rektor der Tschechischen Agrar-Universität Prag (ĚZU) die Ehrendoktorwürde. Damit zeichnet die ĚZU seine Forschungen zu Gesetzmäßigkeiten des Baum- und Bestandeswachstums, zu Waldwachstumsmodellen und Entscheidungsunterstützungssystemen aus. Pretzsch arbeitet seit über 25 Jahren eng mit der ĚZU zusammen. Gemeinsame Forschungsprojekte und Lehrveranstaltungen, Promotions- und Habilitationsverfahren sowie der Austausch von Studierenden und Praktikanten im Rahmen des Socrates/Erasmus-Programms sind Ergebnisse der bayrisch-tschechischen Zusammenarbeit.

In seiner Dankesrede skizzierte Pretzsch die Lage und Perspektiven der Forstwissenschaften an den führenden internationalen Universitäten. Da die forstwissenschaftliche Forschung langfristig und großregional ausgerichtet sei und über kurzfristige finanzielle Interessen weit hinausreiche, entspreche sie nicht dem »Zeitgeist«. Deshalb zählen Forstwissenschaftler an einigen Fakultäten zu den bedrohten Arten. Doch in ihrer über 300-jährigen Geschichte wurden die Forstwissenschaften immer wieder von weitsichtiger Politik und Wirtschaft geschätzt und gefördert; unter anderem auf Grund ihres zukunftsweisenden Nachhaltigkeitsdenkens. Gegenwärtig sind es drei Entwicklungen, die die Forstwissenschaften von innen erneuern und erstarken lassen: Der Übergang von lokalen zu globalen wissenschaftlichen Netzwerken, die Wiederentdeckung und Stärkung von Wissensintegration und Systemdenken in der Forstwissenschaft und schließlich das ausbalancierte Streben nach wissenschaftlicher Evidenz und praktischer Relevanz. red

Sommer heuer knapp über dem Durchschnitt

WKS-Witterungsreport: Juli und August wechselhaft, aber im Klima-Mittel

Lothar Zimmermann und Stephan Raspe

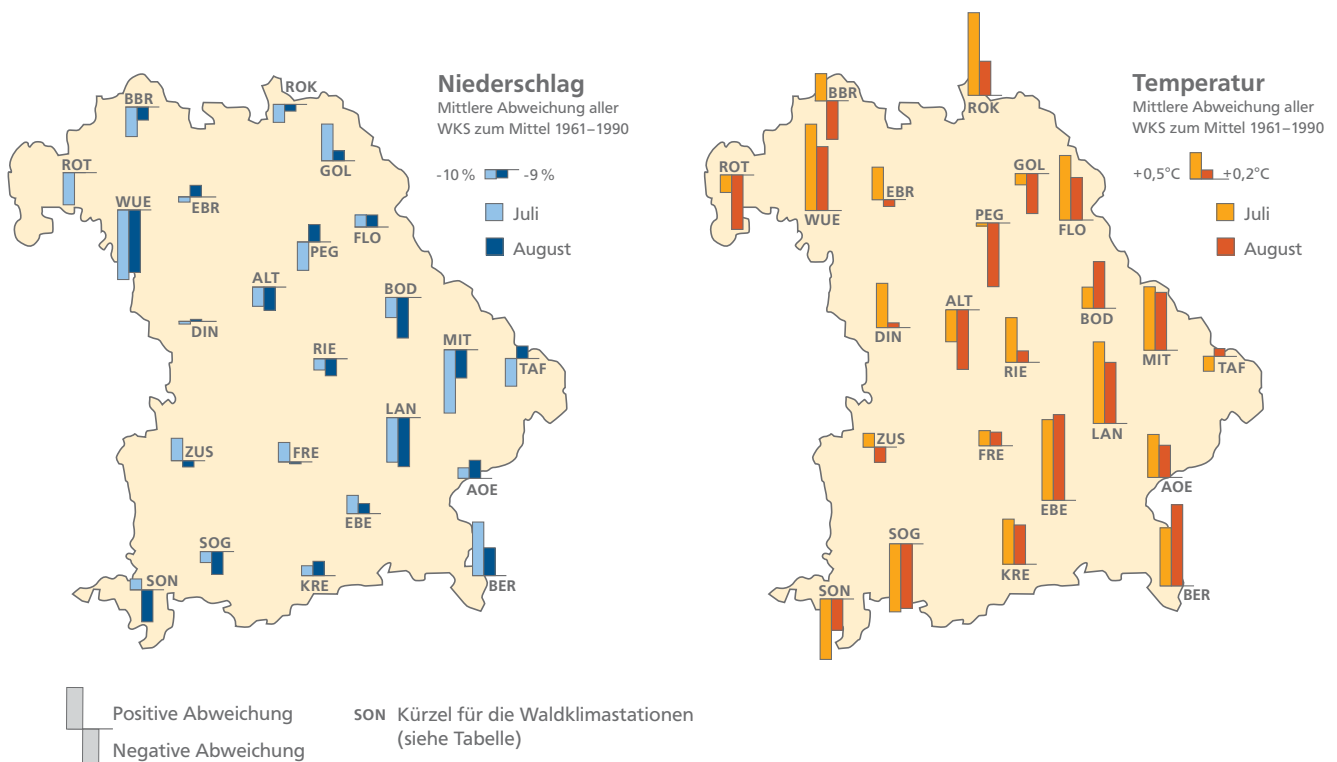
Die beiden letzten Sommermonate hielten nicht, was der Juni versprach: mit $+0,5$ Grad bzw. $+0,2$ Grad lagen sie nur knapp über dem langjährigen Klimamittel. Ursache war eine wechselhafte Witterung, bei der immer wieder Kaltfronten mit Regen warmsonnige Zeiten unterbrachen. Lag im Süden der Niederschlag meist über dem Durchschnitt, setzte sich im Norden die Niederschlagsarmut der Vormonate auch im Juli und August fort. Den Sommer rettete insgesamt nur der Juni mit seiner kräftigen Temperaturabweichung, so dass er am Ende etwa ein Grad über normal lag.

Wie schon in den beiden Vormonaten wechselten sich auch im Juli und August Kaltfronten mit Gewitterschauern und Hochdruckperioden ab, die regional auch für sehr unterschiedliche Verhältnisse sorgten.

Juli: Im Norden weiterhin niederschlagsarm

Im Juli hielt zunächst noch die warme Witterung der letzten Junitage an: an den Waldklimastationen (WKS) erreichten die Tageshöchsttemperaturen verbreitet Werte zwischen 25 und 30°C . Doch schon am 2. Juli entwickelten sich an der oberen Donau und im Alpenvorland die ersten Gewitterzellen. Ein breites Niederschlagsband mit Gewittern, Hagel und Starkregen überquerte am 3. Juli ganz Bayern. Die nachfolgende wechselhafte Witterung hielt bis Monatsmitte an. Tiefausläufer mit Schauern und Gewittern unterbrachen immer wieder

die sonnigen Perioden, besonders im Südwesten kam es zu Starkregenereignissen. An der WKS Sonthofen wurde am 13. und 14. Juli eine Niederschlagsmenge von 93 Litern pro Quadratmeter gemessen. Dies kommt statistisch gesehen nur alle zwei Jahre vor. Auch an den WKS Schongau, Kreuth und Ebersberg fielen an diesen Tagen Regenmengen zwischen 60 und 80 Litern pro Quadratmeter. Nach dem Durchzug solcher Schauerfronten sanken die Temperaturen teilweise um zehn Grad ab, der Temperaturverlauf glich oft einer Achterbahn (Abbildung 1). Insgesamt waren die Temperaturen in dieser unbeständigen und wechselhaften Periode für einen Juli unterdurchschnittlich. Erst im letzten Monatsdrittel sorgte Hochdruckeinfluss für einen Temperaturanstieg auf hochsommerliche Werte. An den tiefer gelegenen WKS kletterten die Tagesmittel über 20°C , Spitzenwerte über 30°C . Dabei gingen lokal unwetterartige Gewitter mit Starkregen und Hagel nieder.



Auf Grund der wechselhaften Witterung lag die durchschnittliche Lufttemperatur mit einer Abweichung von +0,5 Grad nur knapp über dem langjährigen Mittel. Die höchsten Abweichungen wurden im Nordosten gemessen. In Franken fiel im Vergleich zum langjährigen Mittel am wenigsten Regen (WKS Würzburg: -78 Prozent), während im Süden das Soll oft erreicht und sogar überschritten wurde. Der Niederschlag an den WKS lag insgesamt etwa neun Prozent unter dem langjährigen Mittel. Die Sonne schien mit 216 Stunden nur sieben Stunden länger als im Durchschnitt.

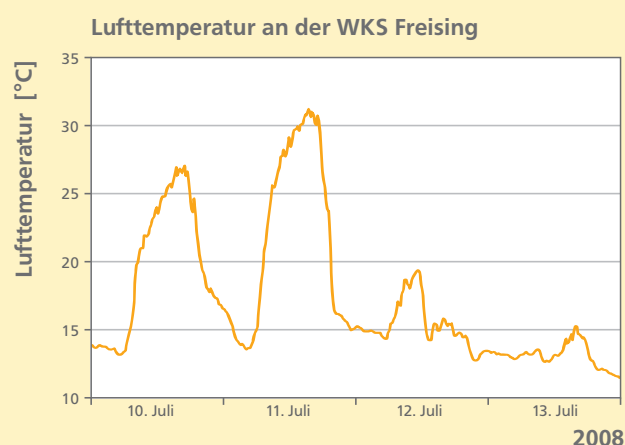


Abbildung 1: Extreme Schwankungen der Lufttemperaturen an der WKS Freising vom 10. bis 13. Juli 2008

August: Starkregen im Süden

Zu Beginn des Monats setzte ein Hoch das hochsommerliche Wetter fort. In dieser Zeit löste die schwülwarme Witterung lokale Schauer und Gewitter aus. Am 7. August wurden die höchsten Temperaturen des Monats erreicht (WKS Würzburg 32,7 °C). Ein Nordseetief mit einer kräftigen Gewitterfront beendete diese Periode und brachte windiges – teils sonniges, teils wolkiges Wetter. Gegen Monatsmitte sorgte ein Mittelmeer-Tief im Südosten Bayerns für heftigen Niederschlag, den Hochdruckeinfluss mit freundlicher spätsommerlicher Witterung erst gegen Monatsende ablöste.

Im August befand sich der Durchschnitt aller WKS nur um +0,2 Grad über dem langjährigen Mittel. Spitzenreiter war die WKS Ebersberg mit +1,5 Grad, einige Stationen dagegen lagen bis zu einem Grad unter dem langjährigen Mittel. Höhere Abweichungen fanden sich im südöstlichen Alpenvorland, im Bayerischen wie im Oberpfälzer Wald sowie in Unterfranken. Beim Niederschlag wiesen der Vordere Bayerische Wald, das Oberpfälzer Hügelland sowie das Untere Isartal ein deutliches Defizit gegenüber dem langjährigen Monatssoll auf. Die höchste Abweichung mit +31 Prozent wurde an der WKS Berchtesgaden gemessen. Beim Niederschlag wurden im Mit-

Mittlere Lufttemperatur und Niederschlagssumme an den Waldklimastationen sowie der Wetterstation Taferlruok

Klimastation	Höhe m ü. NN	Juli		August	
		Temp °C	NS l/m²	Temp °C	NS l/m²
Altdorf (ALT)	406	16,2	69	15,3	63
Altötting (AOE)	415	17,4	133	16,8	157
Bad Brückenau (BBR)	812	14,3	68	13,2	80
Berchtesgaden (BER)	1500	12,6	266	13	217
Bodenwöhr (BOD)	396	16,5	63	16,5	45
Dinkelsbühl (DIN)	468	16,6	58	15,7	66
Ebersberg (EBE)	540	16,4	150	16,1	134
Ebrach (EBR)	410	16,7	62	15,8	73
Flossenbürg (FLO)	840	15,3	71	14,7	69
Freising (FRE)	508	17	124	16,7	96
Goldkronach (GOL)	800	13,8	124	13,1	97
Kreuth (KRE)	1100	14	241	14	252
Landau a.d. Isar (LAN)	333	18,5	40	17,8	40
Mitterfels (MIT)	1025	14,5	37	14,1	97
Pegnitz (PEG)	440	15,2	56	13,9	83
Riedenburg (RIE)	475	17	61	16,2	59
Rothentirchen (ROK)	670	15,4	61	14,4	76
Rothentbuch (ROT)	470	15,2	45	14,3	10
Schongau (SOG)	780	13,5	152	13,3	126
Sonthofen (SON)	1170	12,6	297	12,9	166
Taferlruok (TAF)	770	14,1	109	13,5	90
Würzburg (WUE)	330	18,4	12	17,8	17
Zusmarshausen (ZUS)	512	17	104	16,2	78

tel aller WKS zehn Prozent weniger als im langjährigen Mittel gemessen, da sich bei den meisten Stationen die Abweichungen zwischen -30 bis +20 Prozent bewegten. Die Sonne schien mit 179 Stunden drei Prozent weniger als im üblichen Soll.

Sommerfazit

Vor dem Durchschnitt rettete den Sommer 2008 nur der Juni mit seiner positiven Temperaturabweichung. Die Lufttemperatur lag etwa ein Grad über dem langjährigen Mittel, Niederschlag und Sonnenschein entsprachen den langjährigen Mittelwerten. Regional fiel in diesem Sommer die ausgeprägte Niederschlagsarmut in Nordbayern auf, die die höheren Niederschläge im Süden landesweit betrachtet wieder ausglich.

Neu: Wetterstation Taferlruck



Foto: L. Zimmermann

Ab diesem WKS-Witterungsreport werden wir die Datenbasis unserer Waldklimastationen um die Klimastation Taferlruck im Nationalpark Bayerischer Wald erweitern. Die Wetterstation liegt an einem Abflusspegel. Nationalparkverwaltung und Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft betreiben diese im Rahmen einer Forschungs Kooperation gemeinsam. Zum Forschungsverbund gehören ferner das Landesamt für Umwelt (LfU) sowie die TU München. Seit 1978 finden dort Messungen zum Wasser- und Stoffkreislauf im Nationalparkgebiet statt. Diese einmaligen, sehr langen Zeitreihen stellten in jüngster Vergangenheit eine wichtige Grundlage dar, um die Auswirkungen der massenhaften Borkenkäferausbreitung im Nationalpark beurteilen zu können.

Die weiteren Aussichten

Der Herbst begann mit einem kühl-feuchten September und auch für den weiteren Herbstverlauf gibt der Deutsche Wetterdienst nur wenig Grund zur Hoffnung. Seine auf viele Modellrechnungen gestützte mittelfristige Jahreszeitenvorhersage ermittelte für den Oktober im Süden eine höhere Wahrscheinlichkeit für eine leichte Temperaturabweichung nach oben. Die Wahrscheinlichkeiten für einen normalen und wärmeren November sind gleich. Der Niederschlag soll in beiden Monaten dabei nicht mehr als zehn Prozent vom langjährigen Mittel abweichen. Diese sechsmonatige Vorhersage ist sehr unsicher, da schon über drei Tage hinausgehende Wettervorhersagen sehr ungenau sind. Nichtsdestotrotz gibt es Komponenten des Wettergeschehens wie Meeresoberflächentemperaturen, Schneebedeckung und Bodenfeuchte, die längerfristige Variationen aufweisen und deshalb bestimmte Vorhersagen ermöglichen. Bis zum Redaktionsschluss gab es nur einige vereinzelte goldene Oktobertage.

Dr. Lothar Zimmermann und Dr. Stephan Raspe sind Mitarbeiter im Sachgebiet »Klima und Wasserschutz« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.
zimm@lwf.uni-muenchen.de, ras@lwf.uni-muenchen.de

Neuer Baumschädling aus Nordamerika



Foto: P. Baufeld, Julius-Kühn-Institut

Der Rundköpfige Apfelbaumbohrer (*Saperda candida*) wurde im Juli 2008 auf der Ostsee-Insel Fehmarn und damit erstmals in Europa nachgewiesen.

Den aus den USA und Kanada stammende Bockkäfer haben Entomologen in einer 30 Jahre alten Allee mit Schwedischer Mehlbeere (*Sorbus intermedia*), sowie in Apfelbäumen und in Weißdorn (*Crataegus*) beobachtet. Der Rundköpfige Apfelbaumbohrer ist in seiner Heimat ein bedeutender Apfelschädling. Auf Grund seiner Gefährlichkeit ist er in Kanada als Quarantäneschädling eingestuft. Die Bockkäferart befällt gesunde Wirtsbäume aus der Gruppe der Rosaceen. Somit sind auch forstliche Baumarten wie Vogelkirsche, Traubenkirsche, Vogelbeere oder die in den Alpen vorkommende Mehlbeere gefährdet.

Seine Entwicklungszeit beträgt zwei bis vier Jahre. Die Larven schädigen die Stämme durch Bohrfraß, die Bäume können dadurch sehr bruchempfindlich werden. Starker Befall kann zum Absterben der Bäume führen. Die Ausbohrlöcher sind vorwiegend an der Stammbasis zu finden (Abbildung). Der Käfer stellt daher ein hohes Pflanzengesundheits-, evtl. auch ein Sicherheitsrisiko dar, weshalb seine Verbreitung unter allen Umständen verhindert werden muss. Der Pflanzenschutzdienst in Schleswig-Holstein hat bereits Ausrottungsmaßnahmen eingeleitet und befallene Bäume gefällt und vernichtet. Das Befallsgebiet wird durch ein systematisches Monitoring überwacht. Den Ursachen der Einschleppung wird nachgegangen.

red

Mehr unter JKI, Institut für nationale und internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit: www.jki.bund.de

Nordbayerns Wälder saßen auf dem Trockenen

Im August herrschten in Teilen Nordbayerns Verhältnisse wie im Rekordsommer 2003

Winfried Grimmeisen und Stephan Raspe

Die Wasserversorgung der Wälder in Bayern war in diesem Jahr eindeutig zweigeteilt. Während in Südbayern den ganzen Sommer über optimale Feuchtebedingungen herrschten, wurde nördlich der Donau das Wasser knapp. Im August war es dort teilweise sogar trockener als im Rekordsommer 2003. Es ist damit zu rechnen, dass die Reservestoffbildung der Bäume für das nächste Jahr beeinträchtigt wurde. Im Süden sorgten dagegen immer wieder ergiebige Niederschläge bei warmen Temperaturen für gute Wachstumsbedingungen und ideale Voraussetzungen für den Blattaustrieb im Frühjahr 2009.

Der Sommer war in diesem Jahr in Bayerns Norden und Süden sehr unterschiedlich. Während es im Süden reichlich Niederschläge gab, fiel im Norden deutlich weniger Regen als normal (Zimmermann und Raspe, S. 39–41 in diesem Heft). Bereits im Frühsommer zeichnete sich daher auch eine Zweiteilung der Wasserversorgung der Wälder ab (Grimmeisen und Raspe 2008). Wie sich die Bodenwasserspeicher über den Sommer weiter entwickelten, wird dieses Mal beispielhaft anhand der Bodenfeuchtemessungen an den Waldklimastationen (WKS) Freising (Tertiärhügelland) und Riedenburg (südliche Frankenalb) dargestellt.

In Südbayern war die Wasserversorgung stets gut

An der oberbayerischen Waldklimastation Freising füllten hohe Niederschläge Mitte Juli den Bodenwasserspeicher. Der Wasservorrat im Boden stieg auf Sommer-Rekordwerte (Grafik). Ab Ende Juli bis Mitte August ging die Bodenfeuchte dann wieder merklich zurück. In diesem Zeitraum verringerte sich der Bodenwasservorrat um knapp 70 Liter pro Quadratmeter. Allerdings waren immer noch mehr als 270 Liter Wasser pro Quadratmeter im Waldboden an der WKS Freising gespeichert – genug also, um den Wald mit Wasser zu versorgen. Anschließend fielen wieder ergiebigere Niederschläge und der Bodenwasservorrat wuchs auf über 300 Liter pro Quadratmeter an. Erst im September überstieg der Wasserverbrauch wieder den Nachschub. Der Wasservorrat im Boden sank bis auf 260 Liter pro Quadratmeter. Doch das dürfte noch kein Problem für den Buchen-Eichen Mischbestand dargestellt haben.

Die Wurzeln der Waldbäume können in der Regel nicht das gesamte im Boden gespeicherte Wasser nutzen. Ein Teil des Wassers ist im Boden so fest gebunden, dass es selbst die bis zu 20 bar starke Saugkraft der Baumwurzeln nicht erreichen kann (Totwasser). An der WKS sind dies etwa 210 Liter pro Quadratmeter. Also standen dem Wald immer noch circa 50 Liter Wasser pro Quadratmeter zur Verfügung. Das würde sogar im Hochsommer den Wasserbedarf der Bäume für zwei bis drei Wochen decken, selbst wenn in dieser Zeit kein Re-

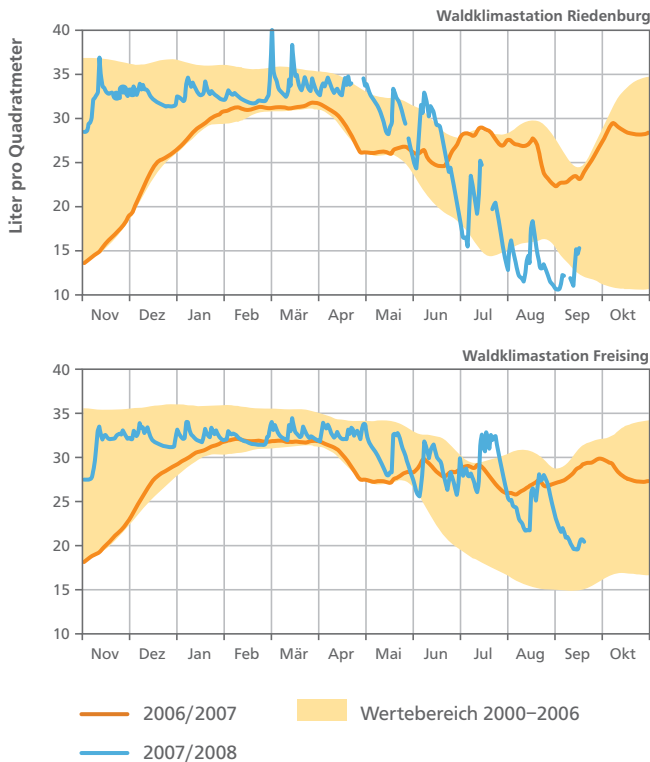
gen fällt. Im Herbst nimmt aber der Wasserbedarf der Bäume langsam ab. Selbst bei einem extrem trockenen »goldenen« Oktober sind Engpässe in der Wasserversorgung der Wälder in Südbayern nicht mehr zu befürchten.

Nördlich der Donau war es extrem trocken

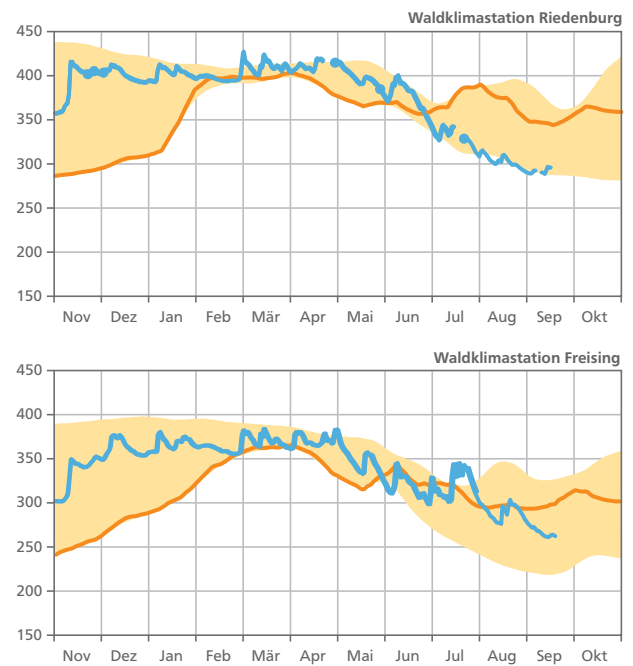
Für die Situation nördlich der Donau betrachten wir beispielhaft die WKS Riedenburg. Hier fiel im gesamten Sommer deutlich weniger Niederschlag als normal. Dadurch gingen die Bodenwasservorräte seit der ersten Juniwoche bis in den September hinein beinahe kontinuierlich zurück (Grafik). Im August lagen sie teilweise so niedrig wie noch nie in dieser Jahreszeit seit Beginn der Messungen. Ende August und Anfang September war dann nur noch sehr wenig nutzbares Wasser im Tonboden der WKS Riedenburg gespeichert. Von den etwa 290 Litern pro Quadratmeter, die zu diesem Zeitpunkt noch im Boden vorhanden waren, sind etwa 285 Liter Totwasser und lassen sich nicht nutzen. Die Wasserreserve betrug nur noch circa fünf Liter pro Quadratmeter. Diese Menge stellt den Wasserbedarf der Eichen und Buchen nur noch für etwa zwei Tage sicher. Der Oberboden war sogar fast gänzlich ausgetrocknet.

Man könnte annehmen, am Ende der Vegetationsperiode sei eine so geringe Wasserreserve nicht mehr dramatisch. Das stimmt tendenziell, aber der Trockenstress für die Bäume beginnt nicht erst dann, wenn überhaupt kein Wasser mehr im Boden gespeichert ist. Vielmehr müssen die Bäume ihre Spaltöffnungen in den Blättern bereits teilweise schließen, wenn der Wasservorrat im Boden weniger als etwa 40 Prozent des gesamten nutzbaren Speichers (nutzbare Feldkapazität) beträgt, in Riedenburg sind dies etwa 50 Liter. Legt man diesen Wert zugrunde, so bestand an der WKS Riedenburg seit etwa Mitte August Wassermangel für den Wald. Lange genug also, um die Phase der Reservestoffbildung im Spätsommer zu beeinträchtigen. Deshalb konnten die Bäume für den Austrieb im nächsten Jahr wahrscheinlich weniger Energie speichern als in normalen Jahren.

Wasservorrat im Oberboden



Wasservorrat im Gesamtboden



Leider haben wir weiter nördlich in Bayern zur Zeit noch keine WKS mit langjährigen Bodenfeuchtemessreihen. Da aber vor allem in Unter- und Mittelfranken in diesem Sommer sehr wenig Niederschlag fiel, ist davon auszugehen, dass dort an vielen Standorten ähnliche Verhältnisse wie an der WKS Riedenburg herrschen.

Literatur

Grimmeisen, W.; Raspe, S. (2008): *Wasserversorgung im Frühsommer zweigeteilt*. LWF aktuell 66, S. 52–53

Dr. Stephan Raspe und Winfried Grimmeisen sind Mitarbeiter im Sachgebiet »Klima und Wasserschutz« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.
gri@lwf.uni-muenchen.de, ras@lwf.uni-muenchen.de

Ergebnisse unserer Leserumfrage im Internet

Vom 1. Juli bis 30. September 2008 hatten die Leser die Möglichkeit, der LWF-Redaktion über Internet oder auf Papier ihre persönliche Meinung zu LWF aktuell mitzuteilen. In einem Fragebogen mit 19 Fragen konnten sich die Leser zu den Themen Magazinnutzung, Heftbewertung, Preisgestaltung und Service wie auch zur eigenen Person äußern. Die Redaktion der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft führte bereits im Jahr 2004 eine ähnliche Aktion durch, um die Leser über ihre Meinung zu LWF aktuell zu befragen. Die wichtigsten Ergebnisse beider Jahre sind nun auf der Internetseite der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft dargestellt und erläutert.

Die Redaktion der LWF bedankt sich bei allen Lesern, die sich an der Fragebogenaktion beteiligt haben. Alle Teilnehmer, die ihre Anschrift auf dem Fragebogen hinterlassen haben, erhalten in den nächsten Tagen ein kleines Dankeschön. Wir werden auch weiterhin versuchen, wo es möglich und sinnvoll ist, die Anregungen und Wünsche unserer Leser zu berücksichtigen. red

Mehr unter: www.lwf.bayern.de

Moore und Klimawandel

Viele Moore sitzen bereits heute auf dem Trockenen – steigende Temperaturen sind ihr Hauptfeind

Helge Walentowski, Heike Lotsch und Ron Meier-Uhlherr

Moore mit ihren extremen Umweltbedingungen bieten einer einzigartigen, hoch spezialisierten Tier- und Pflanzenwelt Lebensraum. Moore leisten einen unschätzbaren Beitrag für die Biodiversität und sind für den Landschaftshaushalt von überproportionaler Bedeutung. Weltweit bedecken Moore lediglich drei Prozent der Landoberfläche, speichern aber 20 Prozent des Kohlenstoffs. Zudem saugen tiefgründige Moore überschüssiges Wasser wie ein Schwamm auf und führen es in niederschlagsarmen Zeiten langsam an die Landschaft ab. Vor allem wegen des Klimawandels zählen Moore heute zu den außerordentlich gefährdeten Lebensräumen.

Die Nutzung der Moore für die Gewinnung von Torf zu Brennzwecken begann schon im letzten Jahrtausend vor Christus. Umfang und Auswirkungen der Moornutzung waren jedoch sehr begrenzt. Erst in der Neuzeit wurden Moore mit zunehmender landwirtschaftlicher Intensität genutzt und Torf für Heizzwecke industriell abgebaut. In der Nachkriegszeit verdrängte das Heizöl den Torf als Brennstoff. Größere Torfwerke begannen, das Rohprodukt Torf für die Verwendung im Gartenbau zu veredeln und erschlossen so neue Absatzmärkte. Das Baggerverfahren, das nach dem Krieg den manuellen Torfabbau ablöste, wurde schließlich vom Fräsverfahren verdrängt. Gegenwärtig gewinnt die technische Nutzung des Rohstoffs Torf immer mehr an Bedeutung. So werden beispielsweise Futterhefe, Huminsäure, Lignin, Torfbitumen, Synthesegas und Aktivkohle hergestellt. Die Inhaltsstoffe von Torfen werden für medizinische und pharmazeutische Zwecke aufbereitet.

In Bayern waren 1965 von den 141.000 Hektar Niedermooren mehr als 100.000 Hektar und von den 59.000 Hektar Hoch- und Übergangsmoor 12.500 Hektar kultiviert. Moorentwässerung, Moorsackung und Torfverlust hinterließen ihre Spuren. Heute sehen wir zumindest in Mitteleuropa die Verpflichtung, die verbliebenen kleinen Moorflächen zu renaturieren. Sie beherbergen nicht nur eine hochspezifische Fauna und Flora, sondern besitzen auch im Landschaftshaushalt eine herausragende Bedeutung. Zwar sind weltweit nur drei Prozent der Landoberfläche Moor, jedoch werden darin 20 Prozent des organischen Kohlenstoffs gespeichert. Dieser Wert entspricht dem Kohlenstoffspeichervermögen aller Wälder dieser Erde zusammen!

Die Torfbildung

Bei ständiger Wasserdurchtränkung und Luftabschluss verweisen abgestorbene Pflanzenteile nicht, sondern vertorfen. Wachsende Moore weisen eine positive Stoffbilanz auf. In ihnen wird mehr organische Substanz aufgebaut als zersetzt. In der Geologie gilt eine mindestens 30 Zentimeter starke Torfauflage mit mindestens 75 Prozent organischer Substanz als Moor. Ist die Mächtigkeit geringer oder der Anteil an organischer Substanz niedriger, spricht man von einem Anmoor oder einem mineralischen Nassstandort. Moor ist also die Lagerstätte, Torf die wichtigste mooraufbauende Substanz.

Moore können grob in Hoch- und Niedermoore (syn. Flachmoor) differenziert werden. Niedermoore werden von oberflächennahem Grundwasser beeinflusst und sind »minerotroph« (von Mineralien ernährt). Sie finden sich häufig in weiten Tälern (Flusstal- oder Überflutungsmoore), mehr oder weniger abflusslosen Senken (z. B. Versumpfungsmoore), an Küsten (Küsten-Überflutungsmoore) und verlandenden Seen (Verlandungsmoore). Sie treten großflächig in der Jungmoränenlandschaft Schleswig-Holsteins, Brandenburgs, Mecklenburg-Vorpommerns sowie in den oberbayerischen Flussniederungen (z. B. Donaumoos) bzw. an den Seen des Alpenvorlandes auf.



Foto: S. Müller-Kroehling

Abbildung 1: Das »Schwarze Moor« im Naturpark und UNESCO-Biosphärenreservat Rhön ist eines der bedeutendsten Hochmoore Mitteleuropas und Bestandteil des europaweiten Schutzgebietsnetzes NATURA 2000.

Im Gegensatz dazu erfolgt bei den Hochmooren (syn. Regenmoor) die Wasserspeisung ausschließlich durch Niederschläge (Regen, Nebel). Hochmoore sind auf Grund dieses autonomen Wasserregimes »ombrotroph« (vom Regenwasser ernährt) und daher stark sauer. Ihr jährlicher Torfzuwachs ist im Vergleich zu den Niedermooren vergleichsweise hoch, jedoch beträgt er in einem Jahr oft nur einen bis wenige Millimeter. Haupttorfbildner sind Torfmoose und Wollgräser (Scheidiges Wollgras). Hochmoore benötigen ein kühl-humides, niederschlagsreiches (über 900 mm Niederschlag im Jahr) Klima und kommen im Bundesgebiet vor allem im Nordwestdeutschen Tiefland, in kühlen Mittelgebirgslagen und im Alpenvorland Süddeutschlands vor.

Zwischen den Hoch- und Niedermooren existiert noch der Typ des Übergangs- oder Zwischenmoores. Diese Moore nehmen hinsichtlich ihres Wasser- und Stoffhaushaltes, ihrer Abhängigkeit von atmosphärischen Einträgen sowie des Grundwassers eine Zwischenstellung ein. Sie weisen also Merkmale sowohl der Hoch- als auch der Niedermoore auf.

Grundsätzlich sind alle Moore zur Wasserspeicherung befähigt und mindern somit Abflussspitzen. In Trockenphasen geben sie jedoch das in ihrem Torfkörper gespeicherte Wasser durch Verdunstung und Abfluss langsam wieder an die Landschaft ab. Durch die im Vergleich zu terrestrischen Ökosystemen meist erhöhten Verdunstungsraten schaffen sie ein kühl-feuchtes Umgebungsklima. Dieses Wasser ist jedoch keineswegs verloren, da es an anderer Stelle in Form von Niederschlag dem Landschaftswasserhaushalt wieder zugeführt wird. Neben diesen herausragenden Funktionen sind Moore aber auch das »Gedächtnis« einer Landschaft, da sie unter anderem die Pollen, die landschaftsökologischen Verhältnisse oder die Kultur und Lebensweise längst vergangener Völker konservieren. Als besonders spektakuläre Beispiele seien hier nur die vielfach gefundenen Moorleichen zu nennen.

Besonders faszinierend ist der Umstand, dass Arten, die in den Kaltzeiten des Pleistozän und im Präboreal wesentlich weiter verbreitet waren, im »Mikrokosmos Moor« bisher alle Klimaepochen der Nacheiszeit überdauern konnten. Diese Glazial-Reliktarten können sich nur auf diesen Extremstandorten noch gegenüber einer veränderten Umwelt behaupten.

Die Pflanzendecke der Moore

Die Pflanzendecke der Moore bildet den Torf. Sie lässt sich in drei Hauptgruppen gliedern:

- Bewaldete Niedermoore und Übergangsmoore
- Waldfreie Niedermoore
- Waldfreie bis locker bewaldete Hochmoore

Die Gruppe »Bewaldete Niedermoore und Übergangsmoore« wird nochmals unterteilt in:

- Erlenbruchwälder auf nährstoffreichen Torfen
- Moorbirken-, Kiefern-, Spirken/Latschen- und Fichtenmoorwälder auf saurem Niedermoor und Übergangsmoor

Auch die waldfreien Niedermoore unterteilen sich nach ihrer Physiognomie und Artenzusammensetzung in:

- Hochwüchsige und produktionskräftige Röhrichte und Großseggenriede
- Kleinseggenriede und Wiesen: niedrigwüchsige braunmoos- und kleinseggenreiche Pflanzengesellschaften nasser, nährstoffarmer bis mäßig nährstoffreicher Torfböden

Die Hauptgruppe wird weiter untergliedert in Kalkflachmoore, Flachmoore kalkarmer Standorte sowie Schwingrasen- und Schlenkengesellschaften.

Die Hochmoore tragen eine niedrigwüchsige, torfmoosreiche und zum Teil locker bewaldete Vegetationsdecke. Eine sauergrasreiche Vegetation mit Simsen, Seggen, Wollgräser und Binsen ist typisch für nässere Ausprägungen, zwergstrauchreiche Moore (z. B. Moos- oder Rauschbeere) sind typisch für trockenere Moorflächen. Hierbei wird unterschieden in:

- Waldfreie, niedrigwüchsige und torfmoosreiche Hochmoorbultengesellschaften
- Präalpid-herzynische Krummholz-Hochmoore mit Spirke bzw. Latsche
- Wald-Hochmoore mit Waldkiefer (trotz erhöhter Sommer-niederschläge sind durch hohe potentielle Verdunstung Austrocknungsphasen möglich)

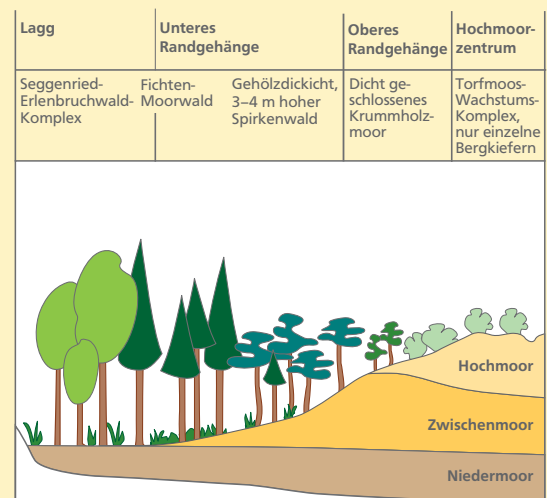


Abbildung 2: Schematische Darstellung einer vollständigen Vegetationszonierung in einem Spirken-Hochmoor im westlichen Alpenvorland

In den Moorgebieten der kühl-feuchten Mittelgebirge, im Jungmoränengebiet und am Alpenrand findet sich diese Pflanzendecke häufig in Moorkomplexen mit einem für Hochmoore typischen uhrglasförmig aufgewölbten Moorkörper, dem zu den Rändern vermittelnden Randgehänge (Abbildung 2) und dem abschließenden Rand (Lagg). Im nassen Lagg der naturnahen Standorte mischt sich das Wasser, das vom Hochmoorkern herabströmt, mit dem Mineralbodenwasser. Bei ebener Unterlage und etwas trockeneren Verhältnissen wird der Lagg häufig von einem Erlenwald eingenommen, bei sehr nassen Stand-

orten ist er waldfrei. Auf dem vergleichsweise relativ trockenen und damit bewaldungsfähigen Randgehänge stocken meist Moorbirken-, Kiefern-, Spirken- und Fichten-Moorwälder. Die zentrale Hochmoor-Hochfläche beherrschen natürlicherweise Torfmoose.

Klimasensible Lebensräume

Mit den seit 30 Jahren als Folge häufiger warmer und trockener Sommer sinkenden Moorwasserspiegeln finden in den Hochmoor-Regionen Bayerns (nord- und ostbayerische Mittelgebirge, Jungmoränengebiet und Alpen) deutlich negative Veränderungen statt. So wandelten sich einst natürlich gehölzfreie Hochmoorkerne in bewaldungsfähige Standorte um. Die Fichte, sonst ein Besiedler des Randgehänges, dringt bei gleichzeitigem Rückgang der moortypischen Spirke in Richtung des Moorzentrums vor und der Anteil potentiell torfbildender Kraut- und Moosvegetation nimmt stetig ab. Die Klimaszenarien bis zum Jahr 2100 lassen weitere negative Veränderungen sehr wahrscheinlich werden. Die steigende Kohlendioxidkonzentration in der Luft verschärft das Problem zusätzlich. Kohlendioxid (CO_2) ist ein klimawirksames Gas. Der Treibhauseffekt an sich ist Grundvoraussetzung für das Leben auf der Erde. Anhand von Eisbohrkernen aus der Arktis lässt sich nachweisen, dass die CO_2 -Konzentration mit 384 ppm den höchsten Wert seit 850.000 Jahren erreicht hat! Durch erhöhte CO_2 -Konzentrationen wachsen die Pflanzen besser und in Folge der Klimaerwärmung wird die Vegetationszeit deutlich verlängert, d. h. der Moorwasserhaushalt wird zusätzlich belastet.

Eine weitere Belastung resultiert aus dem derzeitigen Zustand, in dem sich unsere Moore befinden: Torfabbau und Kultivierung verminderte stark ihre Fähigkeit zur Selbstregulation.

Klimagesteuerte Verschiebung in der Moorzonierung

Wenn es wärmer und trockener wird, reagiert insbesondere das wasserabhängige Ökosystem Moor sehr empfindlich. Am deutlichsten kommt dies in den neuartigen Vegetationsentwicklungen zum Ausdruck. Eine klimagesteuerte Verschiebung der Moorzonierung lässt sich mit den global stattfindenden Verschiebungen der Vegetationszonen um 400 bis 500 Kilometer nach Norden und den Verschiebungen der Höhenstufen um mehrere 100 Höhenmeter im Gebirge vergleichen. Im »Mikrokosmos Moor« verschieben sich die Vegetationsgürtel von außen nach innen:

Auf Grund von Mineralisierung durchlaufen die Moorrandwälder eine Sukzession in Richtung »Landwald«, die Vegetationsentwicklung erfolgt rasch und gerichtet.

Vom Randgehänge in Richtung Moorzentrum breiten sich zunehmend Fichtenbestände zu Lasten nasseverträglicher Baumarten (z. B. Spirke) aus. Häufig weisen diese Sekundärwälder dann nicht mehr die charakteristischen und nach der Fauna-Flora-Habitat (FFH) Richtlinie entsprechend ihrer Schutzbedürftigkeit gewürdigten moortypischen Artenausstattungen auf.

Zentrale offene Moorbereiche verheiden und wandeln sich in Folge zunehmender Gehölzsukzession in bewaldete Moore mit erhöhtem Wasserverbrauch. Schad- und Schwebstoffe aus der Atmosphäre werden in den Torfkörper über die Baumkronen eingetragen. Atmosphärischer Stickstoffeintrag aus angrenzenden Nutzflächen kann die Gehölzbesiedlung und -verschiebung noch weiter verstärken. Die Pflanzendecke wird reicher an Biomasse und verbraucht damit mehr Wasser. Für konkurrenzschwache Eiszeitreliktarten steigt die Gefahr, von Konkurrenten »überwachsen« zu werden.

Eigendynamische Prozesse beschleunigen diese Klimawandelbedingte Sukzession. Bleibt der Moorwasserstand im Jahresverlauf nicht mehr bei Flur, wird kein Torf mehr gebildet, sondern verbraucht. Die Torfmineralisierung setzt den in den Torfen über Jahrtausende gespeicherte Kohlenstoff und klimarelevante Gase wie Kohlendioxid (CO_2) oder das vielfach klimaschädlichere Lachgas (N_2O) frei. Vor dem Hintergrund einer globalen Betrachtung wird dieses scheinbar lokale »Problemchen«, schnell zu einem ausgewachsen (Klima-)Desaster. An dieser Stelle sei an die verheerenden Moorbrände in Südostasien im Jahr 1997 erinnert. Aus 1.400 Millionen Tonnen freigesetztem CO_2 resultierte der größte atmosphärische CO_2 -Anstieg seit 1957.



Foto: I. Miller BN Lindau

Abbildung 3: Mit dem Einbau schwerer Dielen wird der Entwässerungsgraben geschlossen und das Wasser im Moor zurückgehalten.

Was ist zu tun?

»Moore leben vom Wasser.« Dieses Zitat von Succow gibt den Handlungsschwerpunkt vor. Die hydrologischen Rahmenbedingungen für Moore müssen so günstig wie möglich gehalten werden. Das bedeutet konkret: entwässerungswirksame Gräben verschließen und mögliche Verbesserungsmaßnahmen im Einzugsgebiet intensiv prüfen.

Wenn hinsichtlich der Rahmenbedingungen alle möglichen Optionen realisiert wurden, sollte in den Moorkomplexen im Regelfall der ungestörten Entwicklung höchste Priorität zukommen. Das Moor strebt von selbst einen neuen Gleichgewichtszustand an, in den der Mensch nicht eingreifen sollte (Prozessschutz). Sinnlos ist es, Symptome einer noch vorhandenen Störung statt Ursachen zu bekämpfen. Entkusseln – das heißt das Beseitigen unerwünschten Gehölzanflugs (z. B. Moorbirke in Hochmooren) – als regelmäßige Pflegemaßnahme ist lediglich eine kurzfristige Option, die dem »Patienten Moor« langfristig eher schadet als nützt. Die Moorbirke ist in bayerischen Hochmooren ein bekannter »Störzeiger«. Diese jedoch durch zusätzlich verursachte Störungen beseitigen zu wollen, entspräche dem Kampf des Don Quichotte gegen Windmühlen. Derartige »Pflegemaßnahmen« verschwenden nicht nur Naturschutz-Fördermittel, sondern verursachen auch großen Schaden, indem sie die Funktionalität des Moores dauerhaft beeinträchtigen. Deshalb ist eine systematische und sorgfältige Recherche zu den Ausgangsbedingungen (Wie ist das Moor entstanden? Wie sah es ursprünglich aus?) und der aktuellen Situation des Moores und seines Einzugsgebietes (Was ist unter den heutigen Gegebenheiten überhaupt realistisch?) unerlässlich.

Daraus ist ein individuelles Leitbild für das jeweilige Moor bzw. Moorgebiet und eine Managementplanung zu erstellen. Hierbei ist die Wertschätzung gegenüber den Selbstregulierungskräften der Natur im Allgemeinen und dem Moor im Speziellen zu entwickeln und in das Naturmanagement einzubringen. Dem Praktiker wird ab dem Frühjahr 2009 ein anwenderfreundliches Hilfsmittel bei der Renaturierung von Mooren zur Verfügung stehen: das Entscheidungsunterstützungssystem WAMOS (WaldMoorSchutz). Über einfache und mit zusätzlichen Informationen hinterlegten Ja/Nein-Abfragen kann dann für individuelle Waldmoore eine optimal angepasste Handlungsempfehlung abgeleitet werden (www.dss-wamos.de).

Lassen Sie uns nicht vergessen, dass Moore schon seit Jahrtausenden ein natürlicher Bestandteil unserer Landschaft sind und schon allein aus diesem Grund unsere höchste Aufmerksamkeit verdienen!

Dr. Helge Walentowski leitet das Sachgebiet »Naturschutz« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. wai@lwf.uni-muenchen.de

Heike Lotsch und Ron Meier-Uhlherr sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Forschungsprojekt »DSS-WAMOS – Ein Entscheidungsunterstützungssystem für das Management von Waldmooren« der Humboldt-Universität Berlin bzw. der Fachhochschule Eberswalde. projekt@dss-wamos.de



Foto: I. Miller BN Lindau

Abbildung 4: Der Graben ist erfolgreich geschlossen. Das Wasser kann sich vor dem »Stauwehr« aufstauen.



Foto: H. Talhammer, BN Traunstein

Abbildung 5: Die Beseitigung unerwünschter Gehölze ist nur kurzfristig und als begleitende Maßnahme eine Option. Langfristig müssen die ursächlichen Störungen beseitigt werden.

Nitrat im Trinkwasser aus einem bewaldeten Wassereinzugsgebiet

Stickstoff aus Luftverunreinigungen belasten die Wasserversorgung immer stärker

zusammengefasst von Alexandra Wauer und Michael Mößnang

Obwohl das Wassereinzugsgebiet für ihre Trinkwasserversorgung zu drei Vierteln bewaldet ist, ermittelten die Stadtwerke Fürstenfeldbruck eine hohe Belastung ihres Grundwassers mit Nitrat. Die Wälder im gesamten Einzugsgebiet sind bereits mit Stickstoff gesättigt und können den Nährstoff nicht weiter aufnehmen. Auf Grund ihrer großen Oberfläche filtern Fichten besonders effektiv Stickstoff aus der Luft aus und geben ihn in das Grundwasser ab. Buchenbestände wirken sich hingegen wesentlich günstiger auf die Nitrat-Belastung aus. Daher ist ein rascher Waldumbau zu laubbaumreichen Bestockungen geboten.

An den im Westen von Fürstenfeldbruck im Staatswald gelegenen Brunnen der städtischen Wasserversorgung stiegen die Nitrat-Werte von 1996 bis 1998 um bis zu 150 Prozent auf Werte über 30 Milligramm NO_3 pro Liter (mg/l). Da das Einzugsgebiet der Brunnen zu etwa drei Vierteln bewaldet ist, standen die hohen Nitrat-Konzentrationen im Grundwasser jedoch im Widerspruch zu den Erwartungen, die sich angesichts der für die Grundwasserreinhaltung als optimal angesehenen Landnutzungsform Wald ergeben. Nachdem in dem Einzugsgebiet der Wasserversorgung auf großer Fläche durchforstet worden war, wurde der Nitrat-Anstieg zunächst mit diesen Hiebsmaßnahmen in Verbindung gebracht. Im Jahre 1999 ergaben Wasseranalysen in einem siebzijährigen Fichtenbestand eine hohe Belastung des waldbürtigen Sickerwassers von durchschnittlich $45 \text{ mg NO}_3/\text{l}$. Die außerordentlich hohen Nitrat-Konzentrationen im Sickerwasser warfen eine Reihe von Fragen auf, die die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft in weiteren Forschungsarbeiten klären sollte:

- Sind die hohen Nitrat-Austräge zeitlich begrenzt?
- Sind die Waldbestände im Untersuchungsgebiet mit Stickstoff gesättigt?
- Welchen Einfluss hat die Baumart?
- Wie groß ist die Belastung des Einzugsgebietes mit Stickstoff-Verbindungen aus Luftverunreinigungen?

Um diese Fragen zu beantworten, wurden die Untersuchungen räumlich und zeitlich ausgedehnt. Die räumliche Verteilung der Sättigungserscheinungen wurde 2003 mit Hilfe einer Bodeninventur im Einzugsgebiet erfasst. Gleichzeitig wurde eine zweite Messkampagne (2003/04) in dem siebzijährigen Fichtenbestand begonnen. Die Deposition von Stickstoff-Verbindungen aus Luftverunreinigungen wurde an fünf Standorten im gleichen Zeitraum bestimmt. Sowohl bei der Bodeninventur als auch bei der Depositionsmessung berücksichtigte man die im Gebiet vorkommenden Hauptbaumarten Fichte, Kiefer und Buche.

Das Einzugsgebiet – Fichte auf Schotter

Das 1.000 Hektar große Einzugsgebiet ist zu drei Vierteln bewaldet. Der Wald ist größtenteils in Staatsbesitz. Mit 66 Prozent sind im Staatswald Fichtenbestände am häufigsten, gefolgt von Kiefern- (22 %) und Buchenbeständen (9 %). Bestände anderer Baumarten spielen eine untergeordnete Rolle.

Der geologische Untergrund besteht aus bis zu 40 Meter mächtigen Niederterrassenschottern, die einen sehr ergiebigen Grundwasserkörper bilden. Ein seitlicher Zustrom aus den angrenzenden Gebieten und die Exfiltration von Oberflächenwasser der Amper in den Grundwasserleiter bestimmen neben der Versickerung die Grundwasserbildung. Die sandigen Kiese sind sehr wasserdurchlässig. Das Grundwasser ist kaum gegen Verunreinigungen geschützt, eingedrungene Schadstoffe werden rasch im Grundwasserleiter verteilt.

Die Böden im Nordteil des Einzugsgebietes sind Parabraunerden geringer bis mittlerer Entwicklungstiefe, im Süden sind sie etwas tiefer entwickelt. Die eigentlichen sandig-lehmigen Bodenhorizonte sind meist nur 40 bis 60 Zentimeter mächtig. Wegen der Flachgründigkeit, der geringen Durchwurzelungstiefe, der sehr hohen Durchlässigkeit und dem geringen Sorptionsvermögen verändert sich die Sickerwasserbeschaffenheit im Bereich des kiesigen C_v -Horizontes nur noch wenig. Die hier gemessene Wasserqualität ist der Beschaffenheit des in den Grundwasserkörper eindringenden Wassers sehr ähnlich. Unter diesen Bedingungen und wegen der hohen Sauerstoffsättigung des Grundwassers findet im Grundwasserleiter kein nennenswerter Nitratabbau mehr statt.

Sickerwasseranalysen und Bodeninventur

Die Sickerwasseranalysen zeigten, dass sich nach zweijähriger Unterbrechung die Nitrat-Konzentrationen nahezu verdoppelten und die mittleren Konzentrationen knapp über 100 mg/l lagen (Abbildung 1). Die Maximumwerte übersteigen sogar den Wert von 200 mg/l . Für die Steigerung der Nitrat-Konzentrationen im Sickerwasser gibt es keine äußerlich, z. B. an der Bestandsstruktur, erkennbare Ursache. Bis auf ein-

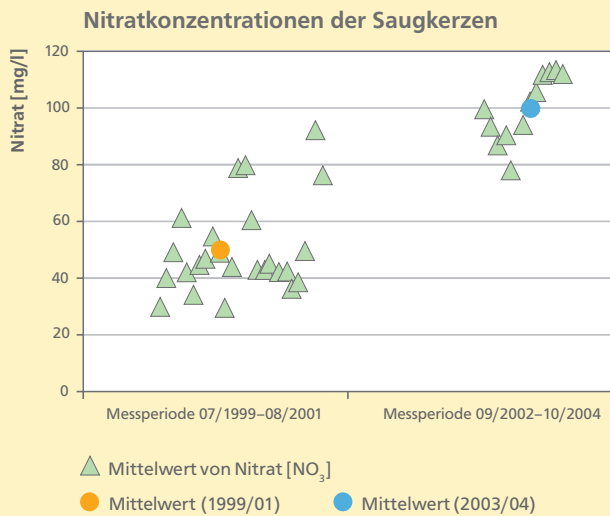


Abbildung 1: Mittlere Nitrat-Konzentrationen der Saugkerzen im Sickerwasser eines siebzijährigen Fichtenbestandes und Periodenmittel (Messstiefe: C_v -Horizont)

zelle Anrisse auf Grund von Windwurf und Käferbefall ist der Bestand größtenteils geschlossen und macht einen vitalen Eindruck.

An 158 Stichprobenpunkten des Einzugsgebietes wurden im Jahr 2003 Bodenproben entnommen. Die Inventurpunkte liegen schwerpunktmäßig in Fichtenbeständen. Die aus den Bodenextrakten bestimmten Nitrat-Konzentrationen in dem untersuchten siebzijährigen Fichtenbestand stimmen sehr gut mit den mit Hilfe von Saugkerzen gewonnen Sickerwasserproben überein. Die bei der Bodeninventur bestimmten Nitrat-Konzentrationen bilden die Konzentrationsverhältnisse im Einzugsgebiet zum Zeitpunkt der Probenahme also realistisch ab.

Die in den einzelnen Tiefenstufen gemessenen Nitrat-Konzentrationen gehen beim Übergang vom A- zum B-Horizont deutlich zurück. Die Baumwurzeln nehmen Nitrat auf und vermindern die sehr hohen Konzentrationen des Oberbodens von über 70 mg NO_3/l . Deshalb weisen die tieferen Bodenhorizonte weitaus niedrigere Konzentrationen (unter 35 mg NO_3/l) auf. Die unterhalb des Hauptwurzelschizontes vorhandenen Nitrat-Mengen werden mit dem Sickerwasserstrom an das Grundwasser weitergegeben. Weil auf der weiteren Fließstrecke kaum noch Nitrat durch Baumwurzeln oder biologische Prozesse entzogen wird, entspricht die unterhalb des Hauptwurzelschizontes bestimmte Nitrat-Konzentration weitgehend derjenigen der Grundwasserneubildung. Aus allen 120 Proben des C_v -Horizontes (Fichtenbestände) wurde ein Mittelwert von 35 mg NO_3/l bestimmt. Damit ist eine hohe Flächenbelastung des Waldsickerwassers mit Nitrat auf der gesamten Fläche nachgewiesen.

Die Buchenbestände weisen die signifikant niedrigsten Nitrat-Gehalte auf (Abbildung 2), obwohl die Mehrzahl der untersuchten Buchenbestände besonders nah an den Emissionsquellen der landwirtschaftlichen Bodennutzung liegen. Re-

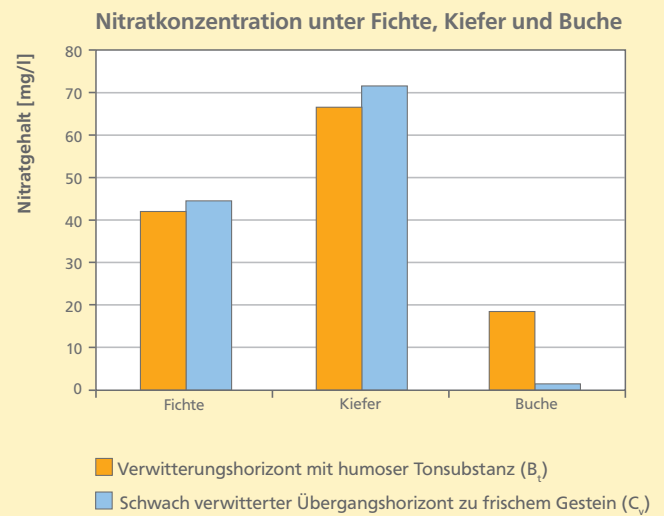


Abbildung 2: Nitrat-Konzentrationen im Bodenextrakt unterhalb des Hauptwurzelschizontes (B_e - und C_v -Horizont)

gelmäßig wird festgestellt, dass unter Buchenbeständen das Nitrat besser zurückgehalten wird als unter Fichte. Hauptursachen sind die geringere Stickstoff-Deposition in Laubholzbeständen, die höhere Stickstoff-Aufnahme der Laubholzbestände, eine höhere Speicherung im Humus sowie Unterschiede in der Denitrifikation.

Deposition von Stickstoffverbindungen

Um die Quellen für die großflächige Nitratbelastung zu identifizieren, wurde von September 2003 bis Oktober 2004 an fünf Messstellen die Deposition von Ammonium (NH_4) und Nitrat (NO_3) im Bestandesniederschlag bestimmt (Abbildung 3).

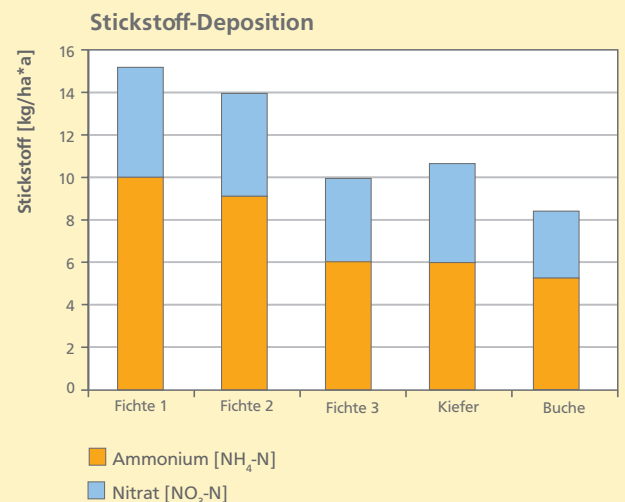


Abbildung 3: Ammonium und Nitrat-Deposition mit dem Bestandesniederschlag an den fünf Messstellen 2003/2004

Die höchsten Jahreseinträge mit über 15 Kilogramm Stickstoff pro Hektar verzeichnet die Messfläche Fichte 1 in dem siebzehnjährigen Fichtenbestand. Diese Fläche wies auch überraschend hohe Nitrat-Konzentrationen im Sickerwasser auf. Mit abnehmendem Alter sinken die Stickstoff-Frachten in den Fichtenbeständen auf 14 bzw. 10 Kilogramm pro Hektar ab. Auch die Entfernung zu landwirtschaftlich genutzten Flächen scheint die Höhe der Deposition zu beeinflussen. Die Messstelle Fichte 3 liegt nicht nur im jüngsten der drei untersuchten Fichtenbestände, sondern auch am weitesten von den Emissionsquellen entfernt mitten im Waldgebiet. Mit 8,5 Kilogramm pro Hektar und Jahr weist der Niederschlag im Buchenbestand die niedrigste Befrachtung mit Stickstoff-Verbindungen auf. Ammonium-Anteile von über 60 Prozent weisen zudem deutlich auf einen beträchtlichen Anteil Emissionen aus landwirtschaftlichen Quellen hin.

Luftverschmutzung für Nitratbelastung verantwortlich

Die zu Beginn dieser Studie gestellten Fragen lassen sich nun beantworten:

- Die Nitrat-Austräge dauern über einen mehr als fünfjährigen Zeitraum an.
- Bei dem untersuchten Bestand handelt es sich um keinen Einzelfall, die Sättigungserscheinungen sind im gesamten Einzugsgebiet verbreitet.
- Zwischen Fichte und Buche besteht ein deutlicher Unterschied bei den Nitrat-Konzentrationen im Boden.
- Das Einzugsgebiet ist durchschnittlich mit Stickstoff-Verbindungen aus Luftverunreinigungen belastet. Die Stickstoff-Frachten ins Grundwasser sind am höchsten in waldrandnaher Position und in alten Fichtenbeständen. Die geringste Befrachtung wies der untersuchte Buchenbestand auf.

Die beobachteten Sättigungserscheinungen sind das Ergebnis einer über Jahrzehnte hinweg dauernden Belastung des Waldgebietes mit Stickstoff. Die große Kronenoberfläche der Fichtenbestände stellt eine besonders wirkungsvolle Falle für Luftverunreinigungen dar. Zusätzlich haben die meist über vierzigjährigen Bestände ihre Hauptwachstumsphase bereits hinter sich, ihr Stickstoffbedarf sinkt in diesem Alter deutlich ab. Der reichlich vorhandene Stickstoff kann nicht mehr aufgenommen werden und sickert durch den durchlässigen Boden rasch in Richtung Grundwasser.

Sanierungsmöglichkeiten

Die Hauptursache für die hohen Nitrat-Konzentrationen liegt in der Belastung des Gebietes mit Luftschadstoffen. Der Anteil des nahtransportierten Ammoniums ließe sich mit emissionsmindernden Maßnahmen in den landwirtschaftlichen Betrieben senken. Der Anteil des Nitrates ist bei vorherrschendem Ferntransport der Vorläufersubstanzen (Stickoxide) nur mit Hilfe grenzüberschreitender Maßnahmen der Emissionsreduktion im Verkehr und in der Industrie zu senken. Die Besserung der Immissionssituation dürfte allerdings kaum so rasch und nachhaltig erfolgen, dass damit das Problem der Nitrat-Belastung des Grundwassers im Einzugsgebiet in absehbarer Zeit zu lösen wäre. Nach der jahrzehntelangen Befrachtung des Gebietes sind hohe Mengen an Stickstoff im System (Pflanzen, Böden, Sickerwasserleiter, Grundwasserleiter) gespeichert.

Im Rahmen waldbaulicher Umbaumaßnahmen sollte der Laubbaumanteil des Gebiets forciert auf über 50 Prozent gesteigert werden. Dabei sollte auf Kahlhiebe grundsätzlich verzichtet werden. Der Übergang in die nächste Waldgeneration ist vielmehr unter Schirm möglichst nahtlos zu vollziehen. Der frühzeitige Umbau der mittelalten Fichtenbestände verringert auch das mit dem Alter zunehmende Risiko des großflächigen Zusammenbruchs auf Grund von Windwurf oder Borkenkäferbefall.

Die Fallstudie Fürstenfeldbruck offenbart in eindrücklicher Weise die Folgen der Stickstoff-Sättigung von Waldbeständen als Resultat der andauernden Belastung mit Luftschadstoffen. Im Gegensatz zu vielen anderen Studien wurde in Fürstenfeldbruck ein direkter und plausibler Zusammenhang zur Grundwasserbeschaffenheit und zur Trinkwasserversorgung hergestellt. In Anbetracht der nur langfristig zu erzielenden Sanierungserfolge erscheint rasches Handeln bei der Emissionsreduktion und beim Waldumbau dringend geboten. Der bevorstehende Klimawandel dürfte sich auch mittelbar (Vitalitätseinbußen vor allem der Fichte) und unmittelbar (Steigerung der Nitrat-Freisetzung) auf den Stickstoff-Haushalt der Wälder auswirken.

Dr. Alexandra Wauer und Michael Mößnang sind Mitarbeiter im Sachgebiet »Wissenstransfer und Waldpädagogik« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. awa@lwf.uni-muenchen.de, mng@lwf.uni-muenchen.de

Dieser Beitrag basiert auf einem Forschungsprojekt der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, dessen Ergebnisse im Jahre 2006 veröffentlicht wurden: Karl-Heinz Mellert, Christian Kölling (2006): Nitratbelastung des Sickerwassers in einem bewaldeten Wassereinzugsgebiet der Trinkwasserversorgung Fürstenfeldbruck. Wasser und Abfall, Heft 1/2, S. 48–54

Schalenwild auf der Durchreise

Elchplan informiert über Strategien zum Umgang mit wandernden Elchen

Fiona Schönfeld

Seit einigen Jahren bekommt Rehwild in Ostbayern hin und wieder Besuch von seinem nächsten Verwandten, dem Elch. Die größte Hirschart der Erde wird der Unterfamilie der Trug- oder Neuwelthirsche zugeordnet, zu der auch das zierliche Rehwild gehört. Das Erscheinen dieser beeindruckenden Wildart wirft jedoch viele Fragen auf. Daher hat das Bayerische Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten den »Elchplan für Bayern« entwickelt. Der Plan klärt den rechtlichen Status des Elchs, stellt verlässliche Regeln für einen ausgewogenen Umgang mit dieser Wildart auf und bildet die Grundlage für die Etablierung des Elchmonitorings.

Die »bayerischen« Elche stammen vermutlich aus einer kleinen Population in der Tschechischen Republik, die sich in den 1960er Jahren in der Grenzregion zu Deutschland im Gebiet des Moldau-Stausees etabliert hat. Im Jahr 2006 wurden bereits neun Mal Elche registriert, im Jahr 2007 waren es mehr als zwanzig Meldungen, und auch in diesem Jahr wurde bereits mehrmals die Anwesenheit von Elchen festgestellt.

Monitoring für Elche

Nicht nur Fährten im Schnee oder Losung verraten den Elch, auch vom Küchenfenster aus wurden Tiere beobachtet oder am helllichten Tag friedlich äsend auf einem Wildacker fotografiert. Bisher liegen Elchmeldungen aus den drei ostbayerischen Bezirken Niederbayern, Oberpfalz und Oberfranken vor.

Um zukünftig Elchnachweise in Bayern standardisiert erfassen zu können, richtete das Bayerische Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten ein unkompliziertes Monitoringsystem ein. Elchmeldungen nehmen die örtlich zuständigen unteren Jagdbehörden entgegen, denen das Amt für Landwirtschaft und Forsten Regensburg als kompetenter Berater zur Seite steht. Alle fachkundigen Personen sind aufgerufen, sich am Monitoring zu beteiligen und über ihre Beobachtungen, Fährten- und Losungsfunde oder andere Nachweise zu berichten. Alle Meldungen fließen in der Elch-Datenbank der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) zusammen, die eine kontinuierliche Dokumentation gewährleistet. Ein grenzübergreifendes Monitoring gemeinsam mit Tschechien nimmt bereits konkrete Formen an.

Rechtlicher Status und Elchschäden

Jeder Wildschaden, den Schalenwild verursacht, ist grundsätzlich ersatzpflichtig. Dies gilt somit auch für jene Schäden, die das ganzjährig geschonte Elchwild hervorruft. Bisher sind zwar noch keine gravierenden Elchschäden bekannt geworden, dennoch muss die Anwesenheit einer weiteren Schalen-



Foto: C. Webert

Abbildung 1: Nur die männlichen Elche tragen ein Geweih. Neben den typischen »Elchschauflern« treten häufig Exemplare mit Stangengeweih auf.

wildart in unseren Wäldern äußerst kritisch beobachtet werden. Genau dies bezweckt das Monitoring. Es soll nicht nur aufdecken, wie viele Elche Bayern ungefähr durchstreifen und in welcher Intensität sie zuwandern, sondern es dient auch dazu, gezielt den Einfluss des Elchwildes auf die Vegetation zu erfassen.

Ausgewachsene Elche wiegen etwa 500 Kilogramm, sie benötigen täglich durchschnittlich 25 Kilogramm pflanzliche Nahrung. Weichlaubhölzer wie Weide oder Pappel stellen die bevorzugte Nahrung dieser Wiederkäuer dar, sie beäsen aber auch Edellaubholz, Eiche oder Tanne. Zwar gleichen sich die Schadbilder der verschiedenen Schalenwildarten stark, doch nur Elchwild kann Bäume in einer Höhe von mehr als zwei Metern verbeißen. Zusätzliche Hinweise auf den Verursacher liefern Trittsiegel, Losung oder Haarfunde in der Umgebung der geschädigten Pflanzen. Auch Fraßspuren an wirtschaftlich

unbedeutenden Baumarten sollten dokumentiert werden. Im Aufnahmeformular für Elchmeldungen können in einer eigenen Rubrik die Spuren vermerkt werden, die Elche an der Vegetation hinterließen.

Exot oder Spätheimkehrer?

Nachdem Elchwild über Jahrhunderte hinweg aus Deutschland verschwunden war, wandert die Hirschart wieder selbstständig in die Bundesrepublik ein und taucht inzwischen unregelmäßig in Bayern sowie in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern auf (Görner 2004); in Brandenburg leben sogar circa acht bis zehn Stücke als Standwild. Abgesehen von der relativ isolierten Elchpopulation am Moldau-Stausee in der Tschechischen Republik befinden sich die nächsten großen Elchpopulationen derzeit im Osten Polens und den östlich angrenzenden Gebieten sowie in Schweden und nördlich davon.

Der Elch wird heute als typischer Bewohner der nördlichen Hemisphäre wahrgenommen. Doch er ist kein Exot in Bayern, sondern war einst Teil der Fauna Mitteleuropas. Informationen zu Elchvorkommen im früheren Germanien überlieferten unter anderem Plinius und Caesar. Im Mittelalter war Elchwild noch relativ weit verbreitet. Nachweise liegen vor allem aus Brandenburg und Sachsen vor. Sogar das Nibelungenlied berichtet von einer Elchjagd Siegfrieds im Odenwald. Eine relativ vitale Population scheint im Umfeld der Elbe bis ins 11. oder 13. Jahrhundert existiert zu haben. Bejagung, Wilderei und der Verlust geeigneter Lebensräume ließ die Zahl der Elche schrumpfen und führte zur Verinselung der letzten verbliebenen Teilpopulationen (Schmölcke und Zachos 2005). Bis ins 20. Jahrhundert wurden zahlreiche Wiederansiedlungsversuche unternommen, die jedoch alle fehlschlagen. Im Jahr 1746 soll der vorerst letzte deutsche Elch in Sachsen erlegt worden sein.

Auch im übrigen Verbreitungsgebiet erfuhr der Elch zahlreiche Reduktionsphasen. In Kriegszeiten wurde die Wildart als wertvolle Nahrungs- und Lederquelle besonders intensiv bejagt. Zar Peter der Große kleidete Anfang des 18. Jahrhunderts seine Armee fast ausschließlich mit Elchleder ein, der Bedarf überstieg mehrere 10.000 Häute jährlich und führte binnen kurzer Zeit nahezu zur Ausrottung des Elchbestandes (Joachim 2003). Auch aus Polen und Skandinavien sind Phasen bekannt, in denen das Elchwild extrem dezimiert wurde.

Elche sind extrem mobil und anpassungsfähig

Dass das Elchwild trotzdem nicht ausstarb, ist auf seine perfekte Anpassung an unbeständige Lebensbedingungen zurückzuführen. Die Hirschart besiedelt mit Vorliebe von kontinuierlicher Veränderung geprägte Lebensräume. Gerade nach Waldbränden, Windwürfen und Kahlschlägen entsteht eine üppige Sukzessionsflora, die den großen Pflanzenfressern ausreichend Energie liefert. Doch solche Areale bilden sich plötzlich und erfordern eine spontane, schnelle Besiedlung. Als ausdauernder Läufer, der im Durchschnitt 15 Kilometer täglich wandert, wenn nötig aber auch Distanzen bis zu 80 Kilometern zurücklegt, kann Elchwild in kurzer Zeit in bisher unbesiedelte Gebiete vordringen. Es gibt kaum natürliche Hindernisse, die einen wandernden Elch aufhalten könnten. Die Tiere sind gute Schwimmer und können dank ihrer spreizbaren Schalen auch sumpfiges Gelände leicht durchqueren (Joachim 2003).

In optimalen Lebensräumen verhält sich die Wildart aber durchaus standorttreu. Im Winter können sich lockere Rudel bilden. Die Tiere profitieren allerdings nicht vom Leben in der Gruppe – im Gegenteil, aggressive Interaktionen treten in Elchgruppen sogar besonders häufig auf. Die rudelartige Ansammlung ist hauptsächlich auf das geklumpfte Auftreten von Nahrungsressourcen in Kieferndickungen zurückzuführen, die im Winter gleichzeitig Einstand und Hauptnahrungsquelle für Elche bilden.

Das für ein Tier dieser Größe ungewöhnlich hohe Reproduktionspotential sowie die frühe Geschlechtsreife sind ebenfalls Zeichen für die stammesgeschichtliche Anpassung der Elche an die Schnelllebigkeit ihres Lebensraumes. Elchtier sind – gute körperliche Verfassung vorausgesetzt – bereits im Jahr nach ihrer Geburt fortpflanzungsfähig und können jedes Jahr ein bis zwei Kälber gebären.

Wählerische Allesfresser

Die Ernährungsphysiologie der Elche ist ebenfalls extrem darauf ausgerichtet, ein saisonal stark schwankendes Nahrungsangebot optimal auszunutzen. Als Konzentratsselektierer äsen Elche vor allem energiereiche, leicht verdauliche Nahrung wie Knospen, Blätter und junge Triebe, während Gräser und anderes Raufutter keine bedeutende Rolle in der Ernährung spielen. Sie sind aber keinesfalls auf eine bestimmte Pflanzengat-



Foto: M. Berg, fotolia.de

Abbildung 2: Elche haben ein hohes Reproduktionspotential. Bereits im Jahr nach der Geburt können Elchtier fortpflanzungsfähig sein und jährlich ein bis zwei Kälber gebären.



Foto: F. Schönfeld

Abbildung 3: Ausgewachsene Elche benötigen täglich durchschnittlich 25 Kilogramm Pflanzennahrung.

tung oder -art festgelegt, sondern nehmen im Jahresverlauf die unterschiedlichsten Pflanzen auf (Joachim 2003). Der Elch besetzt dennoch eine exklusive Nahrungsnische. Dank ihrer Körpergröße kann die Wildart Pflanzen in bis zu drei Metern Höhe beäsen. Dies ist keiner anderen Schalenwildart möglich (Sunde und Olesen 2007). Jüngere Bäumchen kann der Elch mit seinem Körper niederdrücken, um an die frischen Triebe in der Krone zu gelangen. Im Winter kann es jedoch zu Konkurrenz mit Rotwild und anderen Hirscharten kommen, die außerhalb der Vegetationsperiode ebenfalls Zwergsträucher, Knospen, Nadeln und Rinde äsen und somit die gleichen Nahrungsressourcen wie der Elch nutzen (Mysterud 2000). Allerdings sinkt in dieser Phase der Nahrungsbedarf der großen Tiere auf ein Minimum, auch die Stoffwechseltätigkeit wird reduziert (Claus 2000). Deshalb ermöglicht ein relativ karges Nahrungsangebot wie z. B. Rinde und Jahrestriebe der Kiefer das Überleben.

Unauffällige Färbung und mangelndes Fluchtverhalten

Auf ihren ausgedehnten Wanderungen müssen Elche immer wieder Verkehrswege überqueren. Wildsperrzäune an bayerischen Autobahnen sind konzipiert für heimische Wildarten, insbesondere Reh- und Rotwild. Für Elchwild stellen diese Zäune kein unüberwindliches Hindernis dar. Allerdings dürfen die Zäune eine gewisse Leitlinienfunktion bzw. einen Barriereeffekt besitzen. Elche folgen dem Zaunverlauf zunächst und überspringen Zäune vermutlich nur in besonderen Situationen. Am Zaunende und an Unterbrechungen des Zaunverlaufs besteht eine erhöhte Kollisionsgefahr mit Elchen, aber auch mit anderen Wildtieren.

Elche sind auf Grund ihrer unauffälligen Färbung für Verkehrsteilnehmer oft schwer zu erkennen. Sie tauchen meist unerwartet auf der Fahrbahn auf und verharren dann oftmals einen Augenblick. Vermutlich hat diese Wildart kein ausgeprägtes Fluchtverhalten entwickelt, da sie außer Wölfen und Bären nahezu keine natürlichen Feinde besitzt; auch könnte bei Elchen die Fähigkeit, Geschwindigkeiten einzuschätzen, aus diesem Grund geringer ausgebildet sein. In Bayern werden in der aktuellen Situation noch keine zusätzlichen Präventionsmaßnahmen wie z. B. erhöhte Zäune oder neue Verkehrsschilder zur Warnung vor Elchen für erforderlich gehalten, da Unfälle mit Elchen bisher extrem selten auftreten.

Umgang mit dem Elch

Der Elchplan ist auf die aktuelle Situation zugeschnitten, in der Elche Bayern nur durchwandern. Der Plan sieht daher vor, dass die natürliche Zuwanderung des Elchwildes stattfindet, aber nicht aktiv gefördert wird. Sollte sich die Situation grundlegend verändern, beispielsweise indem Elchschäden erheblich ansteigen, kann der Plan angepasst und die Einführung einer Jagdzeit erörtert werden.

Der Elchplan, die Formulare für das Elchmonitoring sowie umfangreiche Hintergrundinformationen rund um das Thema »Elch« sind erhältlich im Internet unter www.forst.bayern.de/jagd/30832/index.php

Literatur

- Claus, M. (2000): *Fütterungspraxis in der Haltung von Elchen (Alces alces)*. Dissertation Ludwig-Maximilians-Universität München, Schöningh Verlag, Münster, 223 S.
- Görner, M. (2004): *Elche (Alces alces) in Ostdeutschland und mögliche Lebensräume*. Säugetierkundliche Informationen 5, S. 477–492
- Joachim, H.-F. (2003): *Elch (Alces alces Linnaeus, 1758)*. In: Ahrens, M.; Dobias, K.; Goretzki, J.; Greiser, G.; Joachim, H.-F.; Nösel, H. (2003): Heimkehrer und Neubürger unter den wildlebenden Säugetieren Brandenburgs. Hendrik Bäßler Verlag, Berlin, 103 S.
- Mysterud, A. (2000): *Diet overlap among ruminants in Fennoscandia*. Oecologia 124, S. 130–137
- Schmölcke, U.; Zachos, F.E. (2005): *Holocene distribution and extinction of the moose (Alces alces, Cervidae) in Central Europe*. Mammalian Biology 70, S. 329–344
- Sunde, P.; Olesen, C.R. (2007): *Elg i Danmark? Vurdering af mulighederne for og konsekvenserne af etablering dansk elg-bestand*. Faglig rapport fra DMU nr. 617. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 50 S. (Dänisch mit englischer Zusammenfassung)

Fiona Schönfeld ist Mitarbeiterin der Obersten Jagdbehörde des Bayerischen Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten.
fiona.schoenfeld@stmf.bayern.de

Effektiv und nachhaltig – kein Widerspruch

5. Bayerischer Waldbesitzertag in Freising-Weihenstephan

Kurt Amereller und Ludwig Holly

Zum fünften Mal veranstaltete die LWF mit dem Zentrum Wald-Forst-Holz in Weihenstephan den Bayerischen Waldbesitzertag. 230 Teilnehmer, überwiegend Geschäftsführer forstlicher Zusammenschlüsse, forstliches Beratungspersonal und interessierte Waldbesitzer, informierten sich über neue Entwicklungen rund um die Wertschöpfungskette Wald-Forst-Holz.

Der 5. Bayerische Waldbesitzertag am 2. Oktober 2008 stand unter dem Motto »Wald, Holz, Leben – nachhaltig bewirtschaften, effektiv bereitstellen, ökonomisch handeln«. Voraussetzung für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung ist eine wirtschaftlich zufrieden stellende Situation der Waldbesitzer und der gesamten Wertschöpfungskette »Wald-Forst-Holz«. Damit dies erreicht wird, sind effiziente Organisationsstrukturen, eine bedarfsgerechte Beratung, kurze und transparente Wege im Holzdatenverkehr, innovative Logistikkonzepte und eine nachhaltigkeitsgerechte Forsttechnik notwendig.

In seiner Eröffnungsrede betonte der bayerische Forstminister Josef Miller die Eigenverantwortung der bayerischen Waldbesitzer angesichts des Klimawandels. Die Bewirtschaftung der Wälder habe erhebliche Bedeutung für unsere Gesellschaft. Doch nur wenn Waldbesitzer Interesse an ihrem Wald haben und sich die Waldbewirtschaftung lohnt, würden die Wälder gepflegt, erklärte Josef Miller. Eine maßgebliche Rolle kommt dabei den forstlichen Zusammenschlüssen zu. »Die Zusammenarbeit zwischen den Zusammenschlüssen muss weiter optimiert werden, um Schlagkraft und Effizienz als Dienstleister der Waldbesitzer zu steigern«, betonte Miller im Hinblick auf die nachfolgenden Fachbeiträge.

Schlagkräftige Waldbesitzervereinigungen

Der Geschäftsführer der WBV Landshut, Andreas Schwaiger, schilderte am Beispiel der durch den Sturm Emma verursachten Schäden, wie eine effizient organisierte WBV solche Herausforderungen bewältigen kann. Erster Schritt vor einer Aufarbeitung war demnach die Sicherung der Holzvermarktung. Vertraglich nicht gesicherte Hieben wurden zurückgestellt, bestehende Vermarktungsmöglichkeiten konsequent ausgenutzt und zusätzliche Abnehmer erschlossen. Dabei bringen auch lokale klein- und mittelständische Sägewerke eine nicht zu unterschätzende Entlastung. Die Aufarbeitung des Sturmwurfs erforderte den Einsatz aller vereinten Kräfte von Waldbesitzern, Unternehmer und der Maschinenringe. Große Bedeutung bei der Aufarbeitung maß Schwaiger der Bildung von Gebietseinheiten und Schwerpunkten in einer festgelegten zeitlichen und räumlichen Reihenfolge bei. Auch wenn einzelne Waldbesitzer dabei zeitlich hintanstehen müssen, können nur so die verfügbaren Kapazitäten optimal ausgenutzt

werden. Für eine zügige Holzabfuhr ist entscheidend, dass rechtzeitig Frachtkapazitäten gesichert wurden. In der WBV Landshut sorgt zusätzlich ein WBV-eigener LKW für eine kontinuierliche Abfuhr. Eine wesentliche Aufgabe der WBV-Geschäftsführer bei der Bewältigung der Sturmschäden bestand schließlich in der psychologischen Betreuung der betroffenen Waldbesitzer, z.B. wenn es darum ging, beruhigend zu wirken oder Nachbarschaftsprobleme zu lösen.

Die Ausgangsbedingungen für die Forstzusammenschlüsse sind in Bayern allerdings schwierig, wie Dr. Michael Lutze (LWF) feststellte. Kennzeichen sind eine ungünstige Besitzstruktur im Kleinprivatwald, Konzentrationsprozesse in der Holzindustrie mit steigender Dominanz der großen Sägewerke, zunehmende Konkurrenz durch forstliche Dienstleistungsunternehmen und starke Preisschwankungen auf dem Holzmarkt. Trotzdem sind die FGBen/WBVen in Bayern in den letzten zehn Jahren durch Anstellung von forstlich ausgebildeten Geschäftsführern und durch wirtschaftlich orientierte Rechtsformen professioneller und effizienter geworden. So gelang seit Mitte der neunziger Jahre eine Vervielfachung des Holzverkaufs der Zusammenschlüsse.

Die Mehrzahl der Zusammenschlüsse vermarkten zwischen 10.000 und 40.000 Festmeter (fm) pro Jahr. Damit ist ihre Marktposition in der Regel noch zu schwach, um angemessene Konditionen am Holzmarkt zu erreichen. Der Trend muss daher zu überregionalen Vermarktungsorganisationen gehen.

Schneller Holzdatentransfer zum Nutzen aller

»Logistik ist ein entscheidender Schlüssel für den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens und auch für die »Forst-Holz-Kette«. Ein schneller fehlerfreier Datenfluss über Verkaufs- und Transportvorgänge ist ebenso wichtig wie eine intelligente, auf Software gestützte Tourenplanung mit innovativen Transportsystemen«, stellte Thomas Huber (LWF) fest.

Der traditionelle Datenaustausch zwischen Wald und Werk mit manueller Aufzeichnung der Holzdaten auf Papier am Polter bis zum Datenrücklauf des Werksmaßes ist zeitaufwändig und fehleranfällig. Mobile elektronische Datenerfassungsgeräte und elektronische Verarbeitung verkürzen die Durchlaufzeit und verringern die Fehlerquote.

Weitere Rationalisierungsmöglichkeiten bietet der elektronische Datenaustausch über Internet. Dabei liegen die Programme für die Warenwirtschaft und den Datenaustausch zwischen allen Partnern zentral auf Servern. Der einzelne Betrieb braucht nur noch einen Internetanschluss. Stets aktuelle Daten erlauben jederzeit eine Kontrolle über den Stand der Lieferung, die Abfuhr und die Abrechnung. Die einmalige Erfassung der Daten reduziert Übermittlungs- oder Eingabefehler. Gerade für die kleinteilig strukturierte Forst- und Holzwirtschaft bietet dies bedeutende Kostenvorteile. So errechnete sich für eine oberbayerische WBV mit 100.000 fm verkaufter Jahresmenge, dass bei der Datenerfassung mindestens 40 Prozent eingespart werden kann.

Werkvermessung

Der heute immer üblicher werdende Rundholzverkauf auf der Grundlage eines Werksmaßes stellt eine Besonderheit dar: »In kaum einer anderen Geschäftsbeziehung werden wesentliche Preis bestimmende Größen nicht durch den Verkäufer, sondern durch die vom Käufer bereitgestellten Einrichtungen ermittelt und dokumentiert«, erklärte Dr. Udo Hans Sauter von der Forstlichen Versuchsanstalt Baden-Württemberg.

Um größtmögliche Transparenz durch solide Zertifizierungs- und Controllingverfahren zu schaffen, haben der Deutsche Forstwirtschaftsrat und der Verband der deutschen Säge- und Holzindustrie die »Rahmenvereinbarung für die Werkvermessung von Stammholz« erarbeitet. Inzwischen wurden über 90 Rundholzvermessungsanlagen im In- und Ausland nach diesem Regelwerk zertifiziert. Einzelheiten dieser Vereinbarung und eine Aufstellung der zertifizierten Anlagen findet man im Internet unter www.werkvermessung.org. Bei der elektronischen Vermessung wird nahezu die gesamte Stammoberfläche messtechnisch erfasst und das Holzvolumen präziser als mit anderen Messverfahren ermittelt. Die elektronische Stammholzvermessung am Werkseingang stellt daher ein optimal an den Logistikprozess angepasstes, präzises und rationelles Verfahren dar, betonte Sauter. Für eine breite Anwendung der Werkvermessung und zur Schaffung transparenter Verhältnisse zwischen allen Marktpartnern müssen aber gemeinsame Standards konsequent umgesetzt und weiterentwickelt werden.

Moderne Logistik

Martin Müller von der Bayerischen Staatsforsten (BaySF) stellte dar, wie der größte mitteleuropäische Waldbesitzer seine Logistikprozesse organisiert hat. Im ersten Geschäftsjahr der BaySF 2006 fiel die strategische Entscheidung, den Holzverkauf der forstbetriebsübergreifenden Vermarktung Zug um Zug auf die Auslieferung frei Werk umzustellen. Ziel ist, die Durchlaufzeiten zu reduzieren, die Produktqualitäten hoch zu halten und die Wertschöpfung entlang der Holzlieferkette zu erhöhen. Die BaySF lieferte im Geschäftsjahr 2008 etwa 1.800.000 Festmeter (Vorjahr: 920.000 Festmeter) frei Werk.

Mittlerweile arbeitet die Logistik der BaySF mit Tageskontingenten oder noch kurzfristigeren Zeitfenstervorgaben. Hilfsmittel wie die Hinterlegung von Wareninformationen auf Barcode und genau definierter Datenschnittstellen mit den Kunden gewährleisten einen reibungslosen Waren- und Datenfluss. Zur Überwachung der Holzbewegungen und zur Erhebung von Kontrollmaßen zum Werkseingangsmaß wird das System sScale der Firma Dralle A/S (»Dralle-Mobil«) eingesetzt. Dieses liefert sozusagen im »Vorbeifahren« umfangreiches und exaktes Datenmaterial von Holzpoltern.

Forsttechnik und Nachhaltigkeit

Moderne Forsttechnik birgt große Möglichkeiten der Rationalisierung, aber auch Risiken, die sie an die Grenzen der Nachhaltigkeit stoßen lassen kann. So besteht bei der aus Bodenschutzgründen empfohlenen Anlage von Reisigmatten auf der Rückegasse die Gefahr einer erheblichen Nährstoffumverteilung. Dr. Wendelin Weis von der TU München präsentierte hierzu erste Ergebnisse einer Studie. Unter Rückegassen ohne Reisigmatte ist erwartungsgemäß die Wasseraufnahmefähigkeit der Waldbäume wegen der starken Bodenverdichtungen und dem damit verbundenen Abscheren der Feinwurzeln stark beeinträchtigt. Mächtige Reisigmatten wirken hier deutlich abmildernd. Erhöhte Nitratauswaschung im Sickerwasser oder damit einhergehende Verluste von Calcium, Magnesium oder Kalium ließen sich unter den Reisigmatten nicht feststellen. Die Nährstoffe werden offenbar durch die nicht verletzten Wurzeln aufgenommen und teilweise durch den Nadelabfall der Bäume wieder in den Bestand verfrachtet.

Das von Dr. Herbert Borchert (LWF) vorgestellte Projekt befasste sich mit den Folgen einer maschinellen Durchforstung für den Boden und die Holzqualität. Dabei wurden die Auswirkungen der Holzernte auf die Bodenstruktur der Rückegassen, die dabei verursachten Wurzelverletzungen an den Rückegassen-Randbäumen und der von diesen Verletzungen ausgehende Befall mit holzerstörenden Pilzen untersucht und in seinen finanziellen Folgen bewertet. Im Ergebnis sind Raupenfahrwerke gegenüber Radfahrzeugen hinsichtlich der Bodenbelastung im Vorteil. Raupenfahrwerke verursachen aber im allgemeinen schwerere Wurzelverletzungen als Radfahrzeuge. Wurzelverletzungen sind Eintrittspforten für Fäulepilze, die eine Holzentwertung zur Folge haben können, z.B. Rotfäule in Fichtenbeständen. Die kalkulierte Erlösminde- rung beim Rundholz liegt zwischen 720 und 1.040 Euro pro Hektar. Eine größere Gefahr von Stammfäulen bei Verwendung von Raupenfahrwerken konnte in dem Versuch jedoch nicht bestätigt werden, da ein Teil der Rückegassen-Randbäume auch ohne Befahrung schon von Rotfäule befallen war. Für genauere Aussagen sind weitere Untersuchungen notwendig.

Kurt Amereller leitet das Sachgebiet »Wissenstransfer und Waldpädagogik« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. amer@lwf.uni-muenchen.de
Ludwig Holly ist freier Journalist in München.

Die Weißtanne – ein Baum mit Zukunft

Die Weißtanne ist ein Hoffnungsträger für den Waldbau im Klimawandel

Peter Muck, Herbert Borchert, Wolfram Elling, Jürgen Hahn, Thomas Immler, Monika Konnert, Helge Walentowski und Annette Walter

Die Weißtanne ist optimal an das mitteleuropäische Klima angepasst. Ihr tiefreichendes Wurzelsystem erschließt auch schwere Böden. Sie ist daher weniger trockenheitsanfällig und gleichzeitig sturmfester als die Fichte. Auf geeigneten Standorten ermöglicht sie hohe Erträge bei begrenztem Anbaurisiko. Das gilt auch bei Jahresniederschlägen von 600 bis 700 Millimetern, wie etwa in Mittelfranken. Gerade unter den sich gegenwärtig ändernden Klimaverhältnissen ist die Tanne auf einem großen Teil der Waldstandorte eine Baumart mit Zukunft. Das Produktionsziel ist hochwertige Blochware mit Durchmessern von 60 bis 80 Zentimetern.

Seit der deutlichen Reduktion der hohen Schwefeldioxidbelastungen der Luft erholt sich die Weißtanne zunehmend und bietet sich gerade im Zeichen des Klimawandels auf einem Großteil der Waldstandorte als eine Baumart mit Zukunft an. Sie erschließt im Gegensatz zur Fichte mit ihrem tiefreichenden Wurzelsystem auch schwere Böden, ist weniger trockenheitsanfällig und widersteht Stürmen deutlich besser. Bei begrenztem Anbaurisiko werden hohe Erträge auf geeigneten Standorten möglich sein.

Standort und Herkunft

Die Weißtanne ist eine Baumart der Alpen und der höheren Mittelgebirge. Vor allem auf kalten, nassen oder tonigen Böden ist sie anderen heimischen Baumarten überlegen. Die Weißtanne ist an die in Bayern herrschenden Klimaverhältnisse sehr gut angepasst. Die klimatischen Ansprüche der Tanne stimmen mit dem gegenwärtigen Klima in Bayern gut überein (Abbildung 1). Fast überall in den Waldgebieten herrschen Kombinationen aus Temperatur und Niederschlag, wie sie auch im natürlichen Verbreitungsgebiet der Tanne vorkommen. Auf Grund der Klimaerwärmung wird sich die Tanne zwar in einigen Waldregionen nicht mehr wohlfühlen, aber weite Teile Bayerns werden auch in Zukunft gute Klimabedingungen für sie aufweisen. Hierzu gehören Nordost- und Südbayern, die von Natur aus zu den Tannengebieten zählen. Lediglich in Teilen Unter- und Mittelfrankens wird die Tanne zunehmend in Bedrängnis geraten.

Heute finden wir die Tanne insbesondere noch in den Alpen und im Bayerischen Wald. Aus den übrigen ostbayerischen Mittelgebirgen – Fichtelgebirge, Frankenwald und Oberpfälzer Wald – ist sie leider fast völlig verschwunden. Sowohl dort als auch in den Gebieten mit intaktem Bergmischwald könnten die Schwerpunkte des künftigen Tannenbaus liegen.

Die Tannenherkünfte unterscheiden sich im Vergleich zu anderen Baumarten in ihrer genetischen Ausstattung und damit ihrer speziellen Anpassungsfähigkeit an lokale Umweltbedingungen teils erheblich voneinander. Beispielsweise kom-

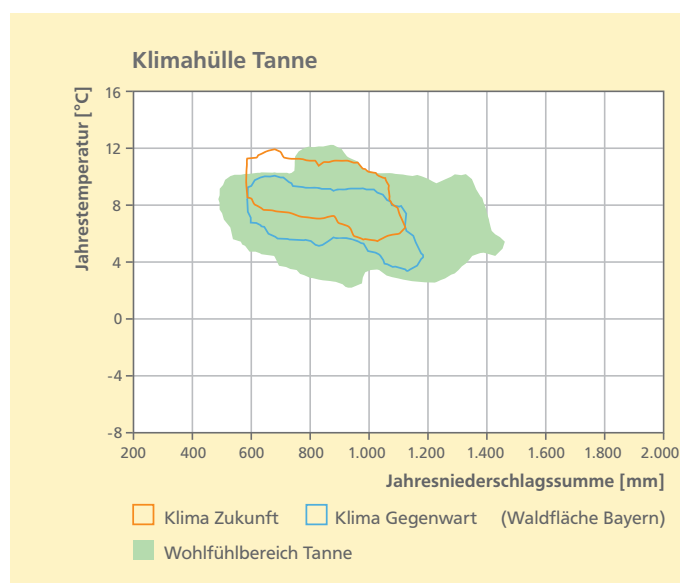


Abbildung 1: Klimahülle der Weißtanne im gegenwärtigen (1950–2000) und im zukünftigen (2071–2100) Klima auf der Waldfläche Bayerns

men Tannen mit spezifischen Erbmerkmalen nur in bestimmten Regionen, teilweise sogar getrennt nach sonn- und schattseitiger Hanglage, vor. Die Häufigkeit ihres Auftretens kann nach geographischer Lage stark schwanken. Tannenvorkommen aus dem Alpenraum weisen eine deutlich stärkere Vielfalt in ihrem Erbgut auf als solche aus Nordostbayern. Für den erfolgreichen Anbau der Weißtanne müssen die Unterschiede bei den Tannenherkünften unbedingt beachtet werden. Leider führte der starke Rückgang dieser Baumart in vielen Regionen Bayerns zu einem Schwund des ursprünglich wesentlich reichhaltigeren Genmaterials.

Um die genetische Vielfalt solcher Vorkommen wieder zu erhöhen, müssen zusätzlich zur natürlichen Verjüngung Tannen gepflanzt werden. Bei der künstlichen Einbringung ist regional geeignetes Vermehrungsgut mit hoher genetischer Vielfalt zu verwenden. Die vom Amt für Saat- und Pflanzenzucht in Teisendorf erarbeiteten Herkunftsempfehlungen tragen diesen Gesichtspunkten Rechnung und sind für die staatliche fi-

nanzielle Förderung relevant. In Ostbayern ist die genetische Ausstattung der heimischen Tanne stark verarmt. Deshalb werden für dieses Gebiet zum Beispiel auch Tannenherkünfte aus der Slowakei empfohlen. Sie haben sich in bayerischen Anbauversuchen neben Herkünften aus Rumänien sehr gut bewährt.

Unter naturschutzfachlichen Aspekten betrachtet stellt die Tanne standortsökologisch die deutlich bessere Alternative als die Fichte dar.

Die Tanne ist im Gegensatz zur Fichte auch in tiefer gelegenen Regionen heimisch. Sie erschließt im Vergleich zur Fichte einen enormen Wurzelraum mit seinen Wasser- und Nährstoffvorräten, ist deshalb weniger trockenheitsanfällig und belebt die Nährstoffkreisläufe in Waldökosystemen. Außerdem eignet sie sich wegen ihrer Schattentoleranz als ideale Mischbaumart zur Buche.

Waldbauliche Ziele und Konzepte

Das Produktionsziel der Tanne ist hochwertige Blochware – geastete, circa sechs Meter lange Stammteile aus dem unteren Stammabschnitt. Ihr Brusthöhendurchmesser soll bei 60 bis 80 Zentimetern liegen und das Holz eine gleichmäßige Jahringstruktur aufweisen. Dies lässt sich am besten in einem stufig aufgebauten Mischwald aus Buche, Fichte und Tanne unterschiedlicher Höhe, Stammdurchmesser und Altersklassen erreichen. Die Tanne verträgt Schatten sehr gut und ist in der Lage, bis ins hohe Alter (130 Jahre und darüber) deutlich an Masse zuzulegen.

Sofern keine Tannen-Naturverjüngung ausgenutzt werden kann, ist die Tanne truppweise auf einer Fläche mit 15 bis 20 Metern Durchmesser der Fichte oder Buche beizumischen. Der meist unregelmäßige Pflanzverband (circa 2 x 2 Meter) wird dabei dem Kleinstandort angepasst. Gut zu verwenden sind fünfjährige, 20 bis 40 Zentimeter große Baumschulpflanzen bzw. vier- bis sechsjährige mit Ballen gestochene Wildlinge gleicher Größe. Die Tanne eignet sich hervorragend für den Voranbau und soll im Schutz des Altbestandes mehrere Jahre vor der Hauptbaumart gepflanzt werden, um ihr einen Wuchsvorsprung zu sichern. Sie kann auch unter vorgewachsenen Pionierbaumarten wie Birke, Aspe oder Roterle, jedoch nicht auf reinen Kahlflächen, eingebracht werden. Pflanzgeräte wie Rhodener Pflanzhaue oder Hohlspaten sowie frisches Pflanzgut aus geeigneten Herkünften gewährleisten den Anwuchserfolg.

Bis zum Erreichen der Dickungsphase soll die Tanne den Wuchsvorsprung vor Fichte und Buche halten. Ab einer Bestandesmittelhöhe von 12 Metern werden wüchsige, hochwertige Zukunftsstämme im Abstand von zehn Metern ausgewählt und konsequent von bedrängenden Bäumen befreit. Ab einer mittleren Höhe von 16 Metern wird mit der Astung auf sechs Meter in zwei Stufen begonnen.



Foto: M. Mößnang

Abbildung 2: Die »Wastlhüttener Tanne« im Nationalpark Bayerischer Wald ist über 50 Meter hoch, 2 Meter dick und circa 400 Jahre alt.

Waldschutz

Primärschädlinge an Tanne erlangen selten wirtschaftliche Bedeutung. Die Baumart reagierte in den 1980er Jahren empfindlich auf Umwelteinflüsse. Auftretende Vitalitätsprobleme sollten zuerst auf die richtige Standortwahl oder auf Effekte der waldbaulichen Behandlung hin geprüft werden. Die Tanne ist winterfrosthart, Spätfröste im Frühjahr gefährden sie aber mehr als die meisten anderen heimischen Baumarten. Bei den Orkanen Vivian und Wiebke im Jahr 1990 fielen 3,3 Prozent des Holzvorrats der Fichte und nur 0,7 Prozent der Tanne als Sturmholz an.

Wild bevorzugt Tannennadeln auf Grund ihres Nährstoffreichtums und ihrer leichteren Verdaulichkeit. Auf dem Weg zu angepassten Wildbeständen können Zäunung bzw. Einzelschutz eine Zwischenlösung darstellen.

Der Krummzähne Tannenborkenkäfer befällt Anfang April mittlere und obere Stammbereiche geschwächter und absterbender Tannen. Bei anhaltendem Trockenstress der Bäume kann er primär werden und auch gesunde Tannen befall-

len. In den dünnrindigen Stammbereichen und Ästen brütet meist gleichzeitig der Kleine Tannenborkenkäfer. Er neigt bei günstigen Witterungsbedingungen und ausreichender Vorschädigung der Tanne zur Massenvermehrung. Borkenkäfer an Tanne spielen im Vergleich zur Fichte und ihren Borkenkäferproblemen eine untergeordnete Rolle.

Nach milden Wintern fallen Schäden durch die Tannen-trieblaus (*Dreyfusia nordmannianae* Eckst.) auf. Betroffen sind vor allem Jungpflanzen ohne ausreichende Beschattung wie Voranbauten und Naturverjüngungen nach Verlust des schützenden Altholzschirms. Die Saugaktivität der Läuse an den diesjährigen Trieben und Nadeln, insbesondere auch an den Terminaltrieben, führt zu auffälligen Nadelverkrümmungen bis hin zum Absterben des gesamten Triebes. Bei mehrjährigem starkem Befall kann es zu einem partiellen Absterben der Pflanze von oben herab und letztlich auch zum Ausfall der befallenen Pflanze kommen.

Pilze können für junge Tannen in feuchten Muldenlagen oder zu dichten Kulturen Probleme schaffen. Der Hallimasch vermag Tannen jeden Alters zu befallen, worauf sie schnell absterben.

Die Weißtanne ist gegen Schwefeldioxid (SO_2) weitaus empfindlicher als jede andere heimische Waldbaumart. Zwischen 1960 und 1990 wurden sehr große Mengen dieses Schadgases freigesetzt. Deshalb starben viele Tannen ab. Die langjährige SO_2 -Belastung löste bei ihr ein ganzes Bündel von Erkrankungen aus. Ihre Widerstandskraft gegen scharfe Winterfröste nahm stark ab. Als Folge der Schwächung verursachten Pilze Wurzelfäulen. Der Verlust großer Teile des Wurzelsystems ließ die Tannen empfindlich gegen Trockenperioden werden. Nachdem im Lauf der 1980er Jahre die Entschwefelung der Großfeuerungsanlagen wirksam geworden war, erholten sich die meisten Tannen. Ihre Benadelung nahm wieder zu, ihre Jahrringbreiten stiegen deutlich an. Die vom SO_2 ausgehende Schädigung der Tanne veränderte ihre Eigenschaften.



Foto: P. Dimke

Abbildung 3: Die Tanne ist sehr verbissgefährdet. Der Einzelschutz der Tannenverjüngung ist bei einem jährlichen Höhenzuwachs von etwa 15 cm etwa zehn Jahre lang notwendig.

Das brachte ihr den Ruf ein, eine »Mimose« zu sein. Nun kehrt die Tanne offenbar wieder zurück zur alten Widerstandskraft, für die sie im 19. Jahrhundert bekannt war. Nach Jahren der Erholung setzte die Dürre von 2003 der Tanne nur wenig zu.

Wirtschaftlichkeit und Vermarktung

In der Verwendung ist das Holz der Weißtanne dem der Fichte ähnlich. Ein wichtiger Unterschied zum Fichtenholz ist das Fehlen von Harzkanälen und Harzgallen. Das fast weiße Holz ist stumpf und glanzlos. Es ist auch spröder und damit anders zu bearbeiten als Fichtenholz. Tanne hat häufig einen Nasskern, deshalb braucht das Holz länger zum Trocknen. Daher bereiten Mischsortimente aus Tanne und Fichte hinsichtlich der Verwendung häufig Probleme. Es empfiehlt sich, Tanne in einem separaten Los zu verkaufen.

Im Wasserbau ist Tannenholz dem der Fichte deutlich überlegen, da es unter Wasser recht dauerhaft ist. Auch im Erdreich ist das Holz bei vollständiger Bedeckung sehr haltbar. Da sich Tannenholz gut spalten lässt, zählt die Herstellung von Holzschindeln zu den klassischen Verwendungsarten. Auch als Bau- und Konstruktionsholz eignet sich die Tanne gut. Sie ist tragfähig und weist eine gute Biege- und Druckfestigkeit auf. Tannenholz lässt sich außerdem gut verleimen und imprägnieren. Hochwertiges Tannenholz ohne Schwarzäste ist im Innenausbau für Vertäfelungen, Fußböden, Fenster und Türen sehr gefragt. Wegen ihres guten Stehvermögens wird es auch im Instrumentenbau verwendet.

Die Erlöse für Tannen-Stammholz sind etwas niedriger als die für Fichte. Holzverkäufer aus der Forstwirtschaft nennen für Tanne einen Abschlag von zehn Prozent auf den Fichtenpreis. Ein Vergleich der Stammholzerlöse von Tanne und Fichte im Staatswald Baden-Württembergs und Bayerns bestätigt, dass die Erlöse für Tanne je nach Stärke- und Güteklasse zwischen fünf und 15 Prozent unter dem der Fichte liegen. Bei der Tanne kann aber der Waldbesitzer meist selbst entscheiden, wann er die Bäume erntet und das Holz verkauft. Bei der Fichte bestimmt häufiger der Sturm den Holzverkauf mit der Folge ungünstiger Preise. Nach den Orkanen 1990 lagen die Erlöse bei der Fichte im Durchschnitt der folgenden drei Jahre um 47 Prozent unter denen der Jahre davor. Nach dem Orkan Lothar Ende 1999 brach der Fichtenpreis in Bayern um 24 Prozent ein. Die übliche Preisdifferenz der Tanne gegenüber dem Fichtenpreis lässt sich leicht ausgleichen, wenn die Tanne in Jahren hoher Preise genutzt wird.

Dr. Monika Konnert leitet das Bayerische Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht in Teisendorf.

Dr. Herbert Borchert, Thomas Immler und Dr. Helge Walentowski sind Sachgebietsleiter der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF).

Dr. Wolfram Eling (†) war Professor für Bodenkunde, Standortlehre und Ökologie der Waldbäume an der Fachhochschule Weihenstephan.

Jürgen Hahn, Peter Muck und Annette Walter sind Mitarbeiter der LWF.

Ein Manifest für die Bodenreinertragslehre

Vor hundert Jahren schied der »Antrag Toerring« die forstlichen Geister

Wolfgang Mantel

Vor einem Jahrhundert stellte der Reichsrat Graf zu Toerring-Jettenbach unter dem Einfluss der Bodenreinertragslehre den Antrag, die Altholzvorräte im bayerischen Staatswald verstärkt zu nutzen und damit die Staatseinnahmen um circa 20 Millionen Mark jährlich zu mehren. Nach einer fünf Jahre dauernden Prüfung und zahlreichen Diskussionen lehnte der Bayerische Landtag den Antrag im Jahre 1914 ab.

Am 7. Februar 1908 stellte der Reichsrat und Landtagsabgeordnete Graf zu Toerring-Jettenbach in der damaligen Ersten Kammer des Bayerischen Landtages den Antrag, »die königliche Staatsforstverwaltung möge veranlasst werden, die Erhöhung der Nutzungen aus den bayerischen Staatswäldern in Erwägung zu ziehen, da die bisherigen Nutzungen bei Berücksichtigung des Alterklassenverhältnisses, des Zuwachses und der vorhandenen überschüssigen, rückgängigen Altholzvorräte als ungenügend zu erachten seien.«

Der Antrag war damals eine Sensation nicht nur für die Forstleute in Bayern, sondern auch in den anderen deutschen Ländern. Sogar die Bevölkerung wurde hellhörig, denn nach den Berechnungen versprach der Antrag eine Mehrung der Einnahmen aus den Staatswäldern von 20 Millionen Mark pro Jahr. Eine beträchtliche Summe, vor allem wenn man bedenkt, dass die Zinslast der bayerischen Staatsschulden damals circa elf Millionen Mark betrug.

Die Forderung ging als »Antrag Toerring« in die Forstpolitik und Forstgeschichte ein. Der Antrag beeindruckte zunächst überall, denn er beruhte auf klaren mathematischen Begründungen sowie einer neuen Art und Weise, ertragskundliche Daten statistisch auszuwerten. Er schwelgte geradezu in eingehenden Berechnungen, weit ausholenden Periodenaufstellungen und komplizierten Formeln. All dies täuschte eine hohe Genauigkeit vor, die aus den in der Natur des Waldes gelegenen, bekannten Gründen jedoch nicht gegeben sein konnte.

Über die Zweckmäßigkeit des Antrages gab es insgesamt gesehen keine großen Meinungsverschiedenheiten. Die Regierung gab Mängel im Forstwesen zu, »die aber zu beseitigen die K. Staatsregierung auf dem Wege sei«. Der Einspruch wurde sofort erhöht, da sich tatsächlich auf Grund von Fehlern in der Forsteinrichtung Altholzvorräte angesammelt hatten. Eine vom Landtag eingesetzte Kommission überprüfte in den Folgejahren die Realisierbarkeit des Antrages Toerring und legte schließlich 1914 die amtliche Entgegnung dazu vor. Darin wird vor allem aus Gründen der Nachhaltigkeit eine raschere Abnutzung der Altholzvorräte abgelehnt. Außerdem habe die natürliche Verjüngung im Walde größere Vorzüge als die künstliche und die Erziehung gemischter Bestände solle gefördert werden.



Abbildung 1: Graf zu Toerring-Jettenbach (Ölgemälde)

Bei dem Antrag Toerring ging es um den schon seit Jahrzehnten andauernden Streit zwischen Boden- und Waldreinertragslehre. Hinter dem Antrag stand in erster Linie Professor Max Endres, Inhaber des Lehrstuhles für Forstpolitik in München und eifriger Verfechter der Bodenreinertragslehre. Er initiierte und unterstützte diesen Antrag und sorgte für seine Verbreitung in der Öffentlichkeit. Mit dem Antrag Toerring ist ein weiterer Name fest verbunden: Geheimrat Dr. Karl Rebel. Wohl allen bayerischen Forstleuten ist sein Werk »Waldbauliches aus Bayern« bekannt. Es entstand überwiegend aus den Berechnungen, mit denen Rebel betraut wurde, um die Durchführbarkeit des Antrages prüfen zu können.

Der Landtag beschloss den Antrag Toerring nicht. Daher kann nur vermutet werden, wie die bayerischen Wälder heute aussehen würden, wenn der Antrag in vollem Umfang durchgesetzt worden wäre.

Wolfgang Mantel ist Mitglied des Arbeitskreises »Forstgeschichte in Bayern«. Wolfgang-Mantel@t-online.de

Nachrichten

Nachrichten

Nachrichten

Nachrichten

Fischadler in den Bayerischen Staatsforsten



Foto: M. Kälbel

Seit nunmehr 30 Jahren kann sich der Fischadler auch in Deutschland wieder erholen und ist hier vereinzelt anzutreffen, erfreulicherweise auch im bayerischen Staatswald. Bevorzugt lebt der Greifvogel in lichten Kiefern-Altholzresten größerer geschlossener Waldgebiete. Ein Fischgewässer in seinem Umfeld ist wichtig, denn auf seiner Nahrungssuche fliegt er ungern weiter als drei Kilometer. Das klingt ganz nach der typischen Oberpfälzer Landschaft. Deshalb schufen Förster in den neunziger Jahren an drei geeignet erscheinenden Standorten dem Fischadler Nistmöglichkeiten. Altholzreste wurden aufgelichtet, künstliche Nisthilfen angebracht und abgestorbene Altbäume belassen. Diese Bemühungen tragen nun Früchte. Im Jahre 2000 wurde ein Horst am Großen Rußweiher im Stadtwald Eschenbach bezogen. Seit 2007 nistet ein junges Paar im Hessenreuther Wald, 2008 meldete auch der Manteler Wald zwei neue Bewohner. Außerdem lebt ein Brutpaar bereits seit einigen Jahren auf dem Truppenübungsplatz in Grafenwöhr. In diesem Jahr wurden in der Oberpfalz sieben Jungadler beringt.

K. Weidmann

Bayerns Waldfläche wächst

Die Waldfläche in Bayern stieg im vergangenen Jahr um 417 Hektar. In der Waldflächenbilanz stehen Rodungen von 277 Hektar einer Erstaufforstungsfläche von 694 Hektar gegenüber. Die bayernweite Zunahme der Waldflächen für das Jahr 2007 entspricht etwa 584 Fußballfeldern. Die seit 1981 anhaltende Tendenz setzt sich damit weiter fort. In diesem Zeitraum ist die Waldfläche deutlich über 15.000 Hektar angewachsen – eine Fläche fast doppelt so groß wie der Chiemsee. Diese Zahlen belegen die erfolgreiche Umsetzung einer wesentlichen

Vorgabe der bayerischen Forstpolitik: den Erhalt und die Mehrung der Waldfläche. Der Wald ist mit seinen vielfältigen Schutz- und Erholungsfunktionen vor allem in Großstadtnähe und in waldarmen Bereichen von immenser Bedeutung. Besonders erfreulich ist deshalb die Zunahme der Waldfläche in Regionen wie Landshut, München, Regensburg oder der Industrieregion Westmittelfranken.

red

Weitere Informationen, Zahlen und Diagramme zur Waldflächenbilanz unter www.forst.bayern.de

50. Holzmesse in Klagenfurt bricht alle Rekorde



Foto: Die Kärntner Messen

»Die Internationale Holzmesse Klagenfurt hat sich heuer endgültig zur Leitmesse für die Holz- und Forstwirtschaft in Mittel- und Südost-Europa entwickelt«, freuen sich Messepräsident Walter Dermuth und Geschäftsführer Erich Hallegger über die gelungene Jubiläumsmesse in diesem Jahr. Sie sorgte bereits im Vorfeld mit einer Rekordzahl an Ausstellern für Gespräch. 453 Firmen aus 22 Nationen deckten die Themen Holz, Forst, Säge, Transport, Holzbau und Bioenergie ab.

Nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ hat sich die »Internationale Holzmesse 2008« gesteigert. 21.000 Besucher wurden gezählt, 1.000 mehr als letztes Jahr. Bereits jeder dritte Besucher kam aus dem Ausland. Den Auslandsteil führen die deutschen Fachbesucher mit 35 Prozent an, gefolgt von Italien mit 33 Prozent und Slowenien mit 20 Prozent. Eine Zunahme wurde auch aus der Schweiz, Kroatien, Serbien, Bosnien und Ungarn festgestellt

mer

BaySF optimiert Jagdstrategie im Bergwald



Foto: M. Wolf

»Die Jagd ist generell der Erfolgsgarant für das Aufwachsen von neuem Jungwald«, sagt Reinhardt Neft, zuständiger Fachvorstand der Bayerischen Staatsforsten (BaySF). »Da die BaySF dem Gemeinwohl besonders verpflichtet ist, haben wir auch eine besondere Verantwortung für den Schutz und Erhalt des Bergwaldes und der Schutzwälder«.

Die Stichprobenaufnahme der BaySF ließ einen Anstieg der Verbissbelastung durch Schalenwild erkennen. Auch Erkenntnisse der Fachstellen für Schutzwaldmanagement der Bayerischen Forstverwaltung deuten in die gleiche Richtung. Diese Entwicklung war wegen der großen jagdlichen Anstrengungen der letzten Jahre nicht zu erwarten. Im zurückliegenden Jagdjahr wurden in der Regiejagd der sechs bayerischen Hochgebirgsforstbetriebe der BaySF mit über 9.000 Stück Schalenwild die bisherigen Abschusszahlen nochmals übertroffen. Die BaySF, verantwortlich für circa 60 Prozent der bayerischen Bergwälder in den Alpen, wird ihre jagdlichen Anstrengungen in den besonders sensiblen Schutzwäldern deutlich erhöhen.

Der nun erarbeitete Maßnahmenkatalog soll den Jagdbetrieb weiter optimieren. Kernstück ist die Einteilung der Jagdflächen in Zonen unterschiedlicher Bejagungsintensität. In der Zone 1, dies sind im Wesentlichen die Sanierungsgebiete, wird die Bejagung weiter verschärft. Restriktionen, die einer effizienten Jagd im Wege stehen, werden abgebaut. So sollen hier erfahrene, leistungsfähige und ortskundige Jägerinnen und Jäger sogar kostenlos jagen können. Die Zone 2 umfasst die übrigen Flächen des Bergwaldes. Auch hier hat die Jagd eine natürliche Verjüngung des Bergwaldes sicherzustellen. In Gamshabitaten oberhalb der Waldgrenze (Zone 3) wird die Jagd extensiviert, soweit keine Beeinträchtigung von Schutzwald und Sanierungsflächen zu erwarten ist.

Bis Dezember wird die Wirksamkeit des neuen Konzeptes evaluiert. Die Streckenergebnisse und die im Herbst vorliegenden Inventurergebnisse der Bayerischen Forstverwaltung in den Sanierungsgebieten werden zur Nachjustierung genutzt. Auch eine personelle Verstärkung auf jagdlichem Gebiet wird vorgenommen.

BaySF

»Ramsar-Diplom« für Bayerische Wildalm



Foto: StMUGV

Staatssekretär Huber (re.) und der Tiroler stellvertretende Landeshauptmann Hannes Gschwentner bei der Urkundenübergabe zum grenzüberschreitenden Ramsargebiet

Die Bayerische Wildalm – ein Moorgebiet im Mangfallgebirge an der deutsch-österreichischen Grenze – und der Wildalmfilz auf Tiroler Seite bilden das erste grenzüberschreitende Ramsargebiet zwischen Deutschland und Österreich. Das gemeinsame Schutzgebiet ist ein wichtiger Schritt bei der engen Vernetzung des Naturschutzes in Tirol und Bayern.

Feuchtgebiete zählen zu den weltweit am meisten gefährdeten Lebensräumen. Die Bayerische Wildalm ist ein ausgedehnter Moorkomplex in einer großen Karstwanne, einer Polje, im Südosten der Halserspitz im Blaubergkamm. Das Gebiet liegt auf etwa 1.430 Metern Höhe und zeichnet sich auf Grund seiner Topographie durch ein eigenes Mikroklima und einen besonderen Wasserhaushalt aus. Hier entwickelte sich eine Fülle typischer Pflanzengesellschaften der Moore und Sümpfe mit einer Vielzahl von Rote-Liste-Arten wie z. B. dem äußerst seltenen Traunsteiner Knabenkraut.

In Bayern sind bereits sieben Moor- und Feuchtgebiete als Ramsar-Gebiete ausgewiesen. Die »Bayerische Wildalm« als achttes bayerisches Ramsargebiet ist bereits FFH- und europäisches Vogelschutzgebiet.

Die 1971 in Ramsar/Iran unterzeichnete »Ramsar-Konvention« bietet ein Rahmenwerk für den Schutz und die Nutzung von Feuchtgebieten und ihren Ressourcen. Die Konvention unterzeichneten 158 Vertragsstaaten. Insgesamt sind weltweit 1.759 Ramsar-Gebiete ausgewiesen, 33 davon in Deutschland.

red

Mehr Infos unter: www.ramsar.org

48.700 Wildschweine in Bayern erlegt

Im vergangenen Jagdjahr erlegten Bayerns Jäger etwa 48.700 Wildschweine. Damit hat sich die Strecke im Vergleich zum Vorjahr mehr als verdoppelt und stellt das insgesamt dritthöchste in Bayern erzielte Ergebnis dar.

Schwarzwild durchwühlt bei der Nahrungssuche Wiesen und Äcker und richtet dabei in der Landwirtschaft zum Teil erhebliche Schäden an. Besonders betroffen sind Mais- und Getreidefelder. Die zunehmende Wildschweinpopulation führt zudem vermehrt zu Wildunfällen, auch steigt die Gefahr der sehr ansteckenden Schweinepest. Eine nachhaltige Reduktion ist daher oberstes Gebot. Dieses Ziel lässt sich angesichts der großräumigen Lebensweise der Wildschweine nur mit Hilfe gemeinsam organisierter Jagden über die Reviergrenzen hinweg erreichen.

Besonders erfolgreich war die Schwarzwildjagd der Bayerischen Staatsforsten. Im Rahmen ihrer Bejagungsoffensive erlegten die Mitarbeiter circa 8.000 Wildschweine. Bei einem Staatswaldanteil mit Schwarzwildvorkommen von etwa sieben Prozent an Bayerns Gesamtjagdfläche steuerten sie etwa 17 Prozent zur gesamten Schwarzwildstrecke bei. Fast 40 Prozent der Wildschweine wurden in den nicht verpachteten Staatswäldern auf großräumigen Bewegungsjagden erlegt.

red

Bayerische Clusterstudie Forst und Holz

Bayerns Holzwirtschaft steckt noch voller Potentiale. Zu diesem Resultat kommt die bayerische Clusterstudie der Forst- und Holzwirtschaft. Bayern bietet hervorragende Rahmenbedingungen für eine wirtschaftliche Weiterentwicklung des Forst-, Holz- und Papiersektors. Nach den Ergebnissen der Clusterstudie »Forst und Holz« wurde 2006 mit vier Millionen Festmetern über ein Viertel des in Bayern eingeschlagenen Nadelstamm- und Industrieholzes noch außerhalb des Freistaates verarbeitet. »Unser Ziel muss es sein, diese Mengen künftig im eigenen Land zu verarbeiten. Nur so lassen sich Wertschöpfung und Arbeitsplätze im ländlichen Raum erhalten und ausbauen«, betonte der bayerische Forstminister Josef Miller. Die Studie zeigt auch, dass pro Jahr nachhaltig rund 21 Millionen Festmeter Holz in den bayerischen Wäldern geerntet werden können. Während bei der Fichte kaum noch Einschlagsteigerungen möglich sind, ohne die Nachhaltigkeit zu gefährden, gibt es in den Buchen- und Kiefernbeständen noch zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten von jährlich rund drei Millionen Festmetern. Die Forst-, Holz- und Papierwirtschaft in Bayern ist schon heute wirtschafts- und gesellschaftspolitisch ein Schwergewicht: 200.000 Beschäftigte, rund 31 Milliarden Euro jährlicher Umsatz und 13,2 Milliarden Euro Wertschöpfung. Zur weiteren Stärkung des Sektors enthält die von Miller im Frühjahr 2007 in Auftrag gegebene Clusterstudie neben der Erfassung der Branchenkenndaten erstmals auch regionale Handlungsempfehlungen. Beispielsweise soll in Niederbayern im Rahmen einer »Laubholzzoffensive« künftig die Vermarktung von Laubholz regional übergreifend organisiert werden. Um das Interesse der urbanen Waldbesitzer an

der Bewirtschaftung ihrer weit ab vom Wohnort liegenden Wälder zu wecken, sollen darüber hinaus im zweijährigen Turnus in den Regierungsbezirken Waldinfotage abgehalten werden. Die wichtigsten Ergebnisse sind in einer 50 Seiten umfassenden Broschüre auf der Internetseite der Cluster-Initiative Forst und Holz in Bayern dargestellt.

red

Mehr über die Cluster-Initiative Forst und Holz in Bayern unter www.cluster-forstholzbayern.de

Wisent: »König der Wälder« ist Tier des Jahres



Foto: A. Gryko, fotolia.de

Der Wisent ist der letzte Vertreter wildlebender Rinderarten in Europa und gleichzeitig unser größtes Säugetier. Bei einer Schulterhöhe bis zwei Meter und einer Kopf-Rumpf-Länge bis zu 3,30 Metern bringt ein ausgewachsener Bulle ein Gewicht von einer Tonne auf die Waage.

Ursprünglich lebte der Wisent in den großen Waldgebieten Europas und Asiens. In Deutschland wurde der letzte Wisent im Jahre 1755 erlegt und in Europa (Polen) 1921 gänzlich aus der freien Wildbahn ausgerottet. Lediglich 57 Tiere lebten in Tierparks weiter. Bereits 1923 gründete sich die »Gesellschaft zur Rettung des Wisents« mit dem Ziel, den Wisent in Europa zu erhalten. 1928 wurde eine Zuchtstation im niedersächsischen Saupark Springe eingerichtet. Dort wurden seit 1935 über 250 reinrassige Wisente geboren und trugen zum Erhalt der Art bei. Auch in anderen Ländern wurden große Zuchterfolge verbucht. Deshalb begann man, Wisente wieder auszuwildern. Ausgangspunkt war 1956 das polnische Bialowieza, wo heute etwa 450 Tiere in freier Wildbahn leben. In Deutschland ist im Rothaargebirge eine Auswilderung von maximal 25 Tieren auf einer Fläche von etwa 4.300 Hektar geplant (www.wisente-rothaargebirge.de). Die größte Wisentherde Bayerns mit 17 Tieren befindet sich im Landkreis Neuburg/Schrobenhausen bei der Umweltbildungsstätte »Haus im Moos« (www.haus-im-moos.de). In den meisten Staaten sind die frei lebenden Wisente geschützt, in einigen werden aber auch wieder Abschlüsse gegen Entgelt vergeben.

Die Schutzgemeinschaft Deutsches Wild, eine Organisation zur Erhaltung der freilebenden Tierwelt, wählte den Wisent zum »Tier des Jahres 2008«.

fri

Bergahorn – Baum des Jahres 2009

Foto: T. Bosch

Der Bergahorn ist einer von vier in Bayern heimischen Ahornarten (Berg-, Spitz-, Feld- und Burgenahorn). Neben dem Bergahorn hat lediglich der Spitzahorn noch größere Bedeutung für die Forst- und Holzwirtschaft. Der Bergahorn ist typisch für die Bergmischwälder. Zusammen mit der Esche und der Sommerlinde kommen beide Ahornarten auch in Schluchtwäldern auf Felsblöcken und Schuttfeldern vor.

Im Herbst nehmen die Ahornblätter besonders intensive Gelb- und Rottöne an. Der Ahorn wächst in der Jugend sehr schnell und kann auf guten Standorten Höhen bis zu 40 Metern erreichen. Ein Bergahorn kann bis zu 500 Jahre alt werden. Er liefert ein mittelschweres bis schweres Holz mit guten Festigkeitseigenschaften und einer besonders hohen Abriebfestigkeit. Der hellfarbige Ahorn zählt zu den »hygienischen« Holzarten, da er sich auf Grund seiner Feinporigkeit leicht reinigen lässt. Wirtshaustische oder Brotzeiteller werden deshalb häufig aus Ahorn hergestellt.

red

Gemeinsame Waldforschung zum Klimawandel

Bayern und Thüringen werden künftig in der Waldforschung enger zusammenarbeiten. Forstminister Josef Miller und sein Thüringer Amtskollege Dr. Volker Sklenar haben dazu eine Kooperationsvereinbarung unterzeichnet. Wie Miller in München sagte, soll die Zusammenarbeit der Forstexperten vor allem Antworten auf die Fragestellungen des Klimawandels liefern. Die im Bereich »Wald und Hochwasserschutz« bereits bestehende erfolgreiche Zusammenarbeit der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) mit der Thüringer Landesanstalt für Wald, Jagd und Fischerei soll nun unter anderem auf die Themen »Klimawandel und Waldumbau« sowie »Sturmschäden und Borkenkäfer« ausgedehnt werden. Ähnliche klimatische Bedingungen und Standortverhältnisse in beiden Ländern machen Synergien bei der gemeinsamen Forschung möglich. Neue Impulse werden durch die Kooperation auch für den Wissenstransfer in die Praxis erwartet.

red

Nächste Ausgabe:

Waldbau – Planung, Pflege, Perspektiven

»Waldbau ist das Herzstück forstlicher Tätigkeit«. So formulierte es vor genau 30 Jahren der Münchener Waldbauprofessor Peter Burschel. »Waldbau ist immer dann nötig, wenn Ansprüche an den Wald gestellt werden. Damit der Wald diesen Ansprüchen gerecht wird, nimmt der Förster Einfluß auf den Wald«.

Die Ansprüche, die wir an den Wald stellen, sind sehr unterschiedlich und abhängig von dem jeweiligen »Nutzer«. Die Ansprüche unterliegen aber auch einem mal langsameren, mal schnelleren Wandel. Neue, große Herausforderungen an den Waldbau stellt zum Beispiel der Klimawandel. In unserer nächsten Ausgabe wollen wir uns unter anderem mit den Herausforderungen beschäftigen, die in unserer Zeit an den Waldbau gestellt werden. Aber auch ganz praxisnahe Themen wollen wir behandeln. So werden wir der Frage nachgehen, in welchem Umfang Großcontainerpflanzen eine waldbauliche Alternative bei der Wiederaufforstung extremer Standorte darstellen könnten. Die Pflege unserer Laubbaumkulturen auf den nun zehn bis 20 Jahren alten ehemaligen Sturm- und Borkenkäferflächen sind ebenso Thema wie und die Fichtenpflege oder der Umbau fichtenreicher Bestände in stabile und klimaangepasste Mischwälder.

red

Impressum

LWF aktuell – Magazin der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft und Mitgliederzeitschrift des Zentrums Wald-Forst-Holz Weißenstephan

LWF aktuell erscheint sechsmal jährlich zuzüglich Sonderausgaben. Erscheinungsdatum der vorliegenden Ausgabe: 14. November 2008. Namentlich gezeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung des Herausgebers wieder.

Herausgeber: Olaf Schmidt für die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft; Dr. Joachim Hamberger für das Zentrum Wald-Forst-Holz Weißenstephan

Am Hochanger 11, 85354 Freising
Telefon: 0 81 61 | 71-4881, Telefax: 0 81 61 | 71-4971

www.lwf.bayern.de und www.forstzentrum.de

redaktion@lwf.uni-muenchen.de

Chefredakteur: Michael Mößnang V.i.S.d.P.

Redaktion: Dr. Alexandra Wauer, Florian Mergler (Waldforschung aktuell)

Layout & Gestaltung: Christine Hopf

Druck: Kastner AG, Wolnzach

Auflage: 2.500 Stück

Papier: Gedruckt auf PEFC-zertifiziertem Papier

Bezugspreis: Abonnement: EUR 30,-; Einzelpreis: EUR 5,- zzgl. Versand für Mitglieder des Zentrums Wald-Forst-Holz Weißenstephan e.V. kostenlos (Mitgliedsbeitrag EUR 25,-/Studenten EUR 10,-)
ISSN 1435-4098

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, erwünscht, aber nur nach Rücksprache mit dem Herausgeber (schriftliche Genehmigung). Wir bitten um Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren.