



# Schutzwald in Österreich – Wissensstand und Forschungsbedarf



 Bundesministerium  
Landwirtschaft, Regionen  
und Tourismus

ISBN 978-3-903-258419

Copyright 2021 by BFW  
Juli 2021

Der Bericht "Schutzwald in Österreich - Wissensstand und Forschungsbedarf" wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus erstellt (GZ: 2020-0.560.379).

Nachdruck nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung seitens des Herausgebers gestattet.

**Presserechtlich verantwortlich:** DI Dr. Peter Mayer, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien, Österreich; Tel. +43-1-87838 0

**Projektleitung:** Bundesforschungszentrums für Wald (BFW) in Kooperation mit der Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Alpine Naturgefahren.

Inhaltlich verantwortlich für die einzelnen Kapitel sind die jeweiligen Erstautor\*innen.

**Layout:** Johanna Kohl, BFW

**Fotos:** [1] F. Winter; [5] BMLRT/P. Gruber; [15, 65, 66, 75] G. Frank; [12] J. T. Fischer; [14] cls.fr; [18] G. Wieser; [26] S. Smidt; [34, 43] BFW; [32, 36] FAST Greifenburg; [38, 39, 40] Ch. Scheidl; [42] L. Lackoova; [50] pikist.com/free-photo; [54] Th. Cech; [28, 45, 60] A. Freudenschuß; [9, 17, 31, 49, 47, 57, 63, 64, 69, 71, 73, 79] Ph. Toscani; [23] G. Markart; [27] T.W. Berger; [53] G. Hoch; [55] Th. Kirisits; [61] H. Fladenhofer; [71] shutterstock\_1514664833

**Bezugsquellen:** Bibliothek des BFW; Tel.: 01-878 38 1216; Fax: 01-878 38 1250; E-Mail: bibliothek@bfw.gv.at; Online-Bestellung und Download: bfw.ac.at/webshop

**Zitierung:**

Freudenschuß, A.; Markart, G.; Scheidl, C. und Schadauer, K. (Hrsg.). 2021: Schutzwald in Österreich - Wissensstand und Forschungsbedarf. Bundesforschungszentrum für Wald, Wien: 80 S., ISBN 978-3-903-258419

Freudenschuß, A.; Markart, G.; Scheidl, C. und Schadauer, K. (Ed.). 2021: Protective Forest in Austria – State of Knowledge and Research Needs. Austrian Research Centre for Forests, Vienna: 80 p, ISBN 978-3-903-258419



**Bundesministerium**  
Landwirtschaft, Regionen  
und Tourismus

Vorwort .....	5
Executive Summary .....	6
Zusammenfassung .....	7

## Schutzwald – Grundlagen

Michaela Teich, Frank Perzl, Sven Fuchs, Maria Papatoma-Köhle und Christian Scheidl Schutzfunktion und Schutzwirkung des Waldes: Schutzgüter, Risikoanalyse und Bewertung .....	10
Klemens Schadauer, Alexandra Freudenschuß, Ambros Berger und Thomas Gschwantner Schutzwaldmonitoring und Geoinformation .....	13

## Schutzwald – Ökologie

Michael Englisch, Eduard Hochbichler, Georg Kindermann, Klaus Klebinder, Ralf Klosterhuber, Roland Köck und Thomas Ledermann Ökosystem Bergwald: Wachstums- und Standortfaktoren, Waldtypisierung und Wachstumsmodelle .....	18
Gerhard Markart, Herbert Hager, Klaus Katzensteiner, Helmut Schume und Bernhard Kohl Wasserhaushalt und Bodenschutz .....	22
Torsten W. Berger, Alfred Fürst, Herbert Hager und Robert Jandl Schutzwald und Immissionen – Waldsterben .....	25

## Schutzwald – Bewirtschaftung

Manfred J. Lexer, Christian Scheidl, Silvio Schüler, Harald Vacik, Norbert Putzgruber und Frank Perzl Schutzwaldbau und Schutzwaldbewirtschaftung .....	30
Kurt Ramskogler, Silvio Schüler, Raphael Klumpp und Matthias Hofer Forstgenetik für Schutzwälder, Pflanzgut .....	33
Johann Zöschner, Nikolaus Nemestothy, Karl Stampfer und Dieter Seebacher Forsttechnik und Waldarbeit im Schutzwald .....	35
Christian Scheidl, Jan-Thomas Fischer, Peter Höller, Frank Perzl und Michael Brauner Schutztechnik zur Unterstützung der Schutzwirkung des Waldes .....	37
Thomas Weninger, Peter Strauß, Christian Steiner, Kerstin Michel und Erwin Szlezak Windschutzanlagen .....	41
Philipp Toscani, Walter Sekot und Hermann Peyerl Forstbetriebliche und steuerliche Aspekte der Schutzwaldbewirtschaftung .....	44



Florian Rudolf-Miklau  
Leiter der Abteilung III/4 - Wildbach- und Lawinen-  
verbauung und Schutzwaldpolitik im Bundesministerium  
für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus

## Schutzwald – Klimawandel

Marc Olefs, Katharina Enigl, Klaus Haslinger, Christoph Matulla und Georg Pistotnik Klimawandel mit Blick auf den Schutzwald .....	48
Harald Vacik und Mortimer Müller Waldbrandprävention, -bekämpfung und Nachbehandlung von Waldbrandflächen.....	50
Gernot Hoch, Thomas Kirisits, Peter Baier und Thomas Cech Forstschutz im Schutzwald – biotische Schadfaktoren (Insekten, Pilze, Eipilze) .....	53

## Schutzwald – gesellschaftliche Aspekte

Gerhard Weiß und Karl Hogl Governance von Nutzungskonflikten .....	58
Heimo Schodterer, Friedrich Reimoser, Fritz Völk und Josef Zandl Wildökologie – Wildmanagement - Wildeinfluss im Schutzwald.....	60
Georg Frank, Harald Vacik, Herfried Steiner, Matthias Kropf und Monika Kriechbaum Natur- und Landschaftsschutz.....	63
Gerhard Weiß, Walter Seher und Karl Hogl Raumordnerische Ansätze in der Schutzwaldpolitik .....	68

## Schutzwald – Internationales

Gerfried Gruber und Stefanie Brandstetter Politische Einflussfaktoren der internationalen und europäischen Ebene auf den Schutzwald .....	72
--	----

## Autor\*innen-Verzeichnis

Leadautor*innen .....	76
Co-Autor*innen .....	77

Der Schutzwald als sogenannte „grüne Infrastruktur“ dient dem Schutz des Lebens-, Kultur- und Wirtschaftsraumes in Österreich. Er ist ein wesentlicher Teil eines integralen Naturgefahrenmanagements. Auf steilen, oft unzugänglichen alpinen Lagen verhindert oder mindert er Naturgefahrenprozesse wie Muren, Lawinen, Steinerschlag und Rutschungen. Zusätzlich dämpft der Wald Hochwasserspitzen und kann vor allem im Osten des Landes den Boden vor Winderosion schützen. Um diese vielfältigen Schutzwirkungen auch optimal erfüllen zu können, bedarf es neben einer konsequenten Verjüngungsstrategie auch sehr häufig gezielter Pflege- und Nutzungseingriffe. Ebenso wichtig ist der Schutz des Schutzwaldes vor biotischen und abiotischen Schadensrisiken, wie Sturm, Schneedruck, Trockenheit, Waldbrand, Borkenkäfern oder hohen Schalenwildständen.

Das Thema Schutzwald ist geprägt durch seine vielfältigen Verknüpfungen zu anderen Themen, die eine integrale Betrachtungsweise bedingen. Das von der Bundesregierung 2019 initiierte Aktionsprogramm „Wald schützt uns!“ beinhaltet daher nicht nur konkrete Meilensteine und Projekte, auch das Thema Forschung ist zentral im Leuchtturm „Schutzwald beobachten und erforschen“ enthalten. Erst das Aufzeigen von Forschungslücken, das Feststellen von Problemen und Herausforderungen in vielen verschiedenen Thematiken und daraus abgeleitet der zukünftige Forschungs- und Entwicklungsbedarf kann zur nachhaltigen Verbesserung des Schutzwaldes in Österreich beitragen.

Es ist mir daher eine besondere Freude, die österreichweit erste, umfassende und zukunftsgerichtete Analyse und Zusammenstellung des derzeitigen Standes der Forschung und Entwicklung zum Thema Schutzwald präsentieren zu können. Er beinhaltet auch Forschungsfragen als Grundlage für die Programmierung einer integralen Schutzwaldforschung und die Bereitstellung der erforderlichen Forschungsfinanzierung. Darüber hinaus sollen interdisziplinäre Wissenschaftsnetzwerke etabliert werden, welche die Forschungsfragen präzisieren und robuste Lösungen für die zukünftigen Herausforderungen entwickeln. Grundlegende und angewandte Forschung leitet nicht nur die Lehre und Ingenieurpraxis an, sondern berät auch die Politik in den Weichenstellungen für den Schutzwald der Zukunft. Governance basierend auf wissenschaftlicher Evidenz ist der einzige Weg, den globalen Herausforderungen des klimatischen und gesellschaftlichen Wandels zu begegnen und gleichzeitig die regionalen Wirkungen und Ansprüche an den Wald zu balancieren. Der Schutzwald ist auch Lebensraum, Eigentum und Umwelt vieler Personen in Österreich, die von seiner Funktionsfähigkeit abhängig sind.

Besonderer Dank gilt dem hochkarätigen Redaktionsteam aus renommierten Vertreterinnen und Vertretern aus Wissenschaft, Verwaltung und Praxis und damit einer beeindruckenden Zusammenschau aller Sektoren, die im und um den Schutzwald forschen, analysieren, Notwendigkeiten entdecken und Zukunftsfragen zur Lösung seiner Herausforderungen in den Raum stellen. Ebenso richte ich meinen Dank an das Schutzwaldteam meiner Abteilung im BMLRT (Andreas Pichler, Alexander Starsich und Christoph Lainer), welches dieses Projekt hervorragend koordiniert und rasch zur Umsetzung gebracht hat.

Ihr Florian Rudolf-Miklau

# EXECUTIVE SUMMARY

In the present report "Protective Forests in Austria - State of Knowledge and Research Needs", 65 scientists from various Austrian research institutions have contributed their expertise. The report explains the current state of knowledge, describes knowledge deficits, and defines the future research needs for Austria's protective forests in a total of eighteen topical areas, divided into fundamentals, ecology, management, climate change, and socially relevant aspects. The final chapter deals with international framework conditions that affect the protective forest.

Austria is inextricably linked with the landscape of temperate forests. They are the basis for economic independence and prosperity, improve the quality of life, and offer protection from the abrasive forces of nature. If forests are managed sustainably, they fulfil many socially relevant functions such as soil protection, protection from natural hazards, renewable raw materials and energy sources, job creation, climate protection, preservation of ecosystems and thus the preservation of the alpine landscape. Forests therefore also have a significant influence on Austria's cultural identity.

The present report regards the forest as a defining element of the alpine landscape, which offers natural protection against natural hazards. For thousands of years, the mountain forests have been subject to a variety of demands and uses (forest pasture, litter use, snowfall, temporary arable farming, intensive use of wood for mining, etc.), which became particularly intense at the end of the Middle Ages. It was not until the end of the 18<sup>th</sup> century that French scientists recognized intensive use and clearing in the mountains as the cause of major floods "in the lowlands". This knowledge was soon generalized and applied to the entire Alpine region. Historically, the Alpine region has been leading in dealing with protective forests since the 19<sup>th</sup> century. Management techniques can be seen as part of the European cultural heritage. Protective forests make an important contribution to protecting human life, infrastructure, and resources from catastrophic

events - caused by natural hazards such as floods, debris flows, snow avalanches or rockfall. In Austria and South Tyrol, around 30% - and in Switzerland around 40% - of the forest area are designated as forests that have the primary function to prevent these natural hazard processes.

Like all forests, protective forests are also in constant interaction with a changing biosphere. They are increasingly confronted with demands of renewable raw materials and resource-oriented technologies as well as societal changes. In this sense, climate change in its various forms, such as extreme precipitation, drought, and an increase in disturbances, represents a massive ordeal for our protective forests. It confronts us with challenges that can only be mastered through a heuristic approach including transdisciplinary and interdisciplinary efforts.

Furthermore, delayed reforestation in protective forests is a major problem in many places. Concepts are urgently required for optimizing the choice of tree species, timely rejuvenation and optimal forest structure, minimizing the risk of natural hazards, optimized wildlife management, adapting and improving road construction and harvesting methods as well as for the development of appropriate handling and management instructions and their anchoring through increased training in practice. Monitoring and scientific studies on various topics, such as origin tests of seeds, soil chemistry - substance input, water balance, development after disturbances, review of the protective effect after natural hazard processes and the collection of comprehensive data on protective forests, e.g., forest typification, should urgently be intensified. Above all, the proceeding in the legal domain on questions of forest policy, spatial planning and socio-economy will be crucial.

# ZUSAMMENFASSUNG

Im vorliegenden Bericht „Schutzwald in Österreich – Wissensstand und Forschungsbedarf“ haben 65 Wissenschaftler\*innen aus verschiedenen österreichischen Forschungsinstitutionen ihre Fachkompetenz eingebracht. Der Bericht erläutert den aktuellen Wissensstand, beschreibt Wissensdefizite und definiert den künftigen Forschungsbedarf für Österreichs Schutzwälder in insgesamt achtzehn Themenbereichen, unterteilt in Grundlagen, Ökologie, Bewirtschaftung, Klimawandel sowie gesellschaftsrelevante Aspekte. Im abschließenden Kapitel werden wesentliche internationale Rahmenbedingungen, die den Schutzwald betreffen, behandelt.

Österreich ist untrennbar mit dem Landschaftsbild temperierter Wälder verbunden. Sie sind Grundlage für wirtschaftliche Unabhängigkeit und Wohlstand, verbessern die Lebensqualität und bieten Schutz vor abtragenden Kräften der Natur. Wenn Wälder nachhaltig bewirtschaftet werden, erbringen sie viele gesellschaftsrelevante Leistungen wie Bodenschutz, Schutz vor Naturgefahren, erneuerbare Rohstoff- und Energiequelle, Schaffung von Arbeitsplätzen, Klimaschutz, Erhaltung von Ökosystemen und damit den Erhalt der alpinen Landschaft. Wälder beeinflussen daher zu einem erheblichen Teil auch die kulturelle Identität Österreichs.

Der vorliegende Bericht betrachtet den Wald als prägendes Element der alpinen Landschaft, der einen natürlichen Schutz vor Naturgefahren bietet. Diese Bergwälder unterliegen seit Jahrtausenden, besonders intensiv aber seit dem ausgehenden Mittelalter, einer vielfältigen Beanspruchung und Nutzung (z.B. Waldweide, Streunutzung, Schneitelung, temporärer Ackerbau, intensive Holznutzung für Bergbau). Erst Ende des 18. Jahrhunderts wurden intensive Nutzung und Rodung im Gebirge von französischen Wissenschaftlern als Ursachen großer Überschwemmungen „im Unterland“ erkannt. Bald schon wurde diese Erkenntnis generalisiert und auf den ganzen Alpenraum übertragen. Seit dem 19. Jahrhundert ist die Alpenregion im Umgang mit Schutzwäldern historisch führend und Bewirtschaftungstechniken können als Teil des europäischen Kulturguts betrachtet werden.

Schutzwälder leisten einen wichtigen Beitrag zum Schutz von Menschenleben, Infrastruktur und Ressourcen vor katastrophalen Ereignissen - verursacht durch Gefahrenprozesse wie Hochwasser, Murgänge, Schneelawinen oder Steinschlag. So sind in Österreich sowie Südtirol ca. 30 % der Waldfläche und in der Schweiz um die 40 % der Waldfläche als Wälder ausgewiesen, deren primäre Funktion die Verhinderung dieser Naturgefahrenprozesse ist.

Wie alle Wälder stehen auch Schutzwälder in ständiger Wechselwirkung mit einer sich verändernden Biosphäre. Sie werden zunehmend mit Anforderungen an nachwachsende Rohstoffe und ressourcenorientierte Technologien sowie gesellschaftlichen Veränderungen konfrontiert. In diesem Sinne bedeutet der Klimawandel in seinen unterschiedlichen Ausprägungen, wie Extremniederschläge, Trockenheit oder einer Zunahme von Störungen, eine massive Bewährungsprobe für unsere Schutzwälder. Er stellt uns vor Herausforderungen, welche nur durch eine heuristische Herangehensweise im Sinne trans- und interdisziplinärer Anstrengungen bewältigt werden können.

Weiters stellt die verzögerte Wiederbewaldung im Schutzwald vielerorts ein großes Problem dar. Konzepte für die Optimierung der Baumartenwahl, rechtzeitige Verjüngung und optimale Waldstruktur, Minimierung des Naturgefahrenrisikos, optimiertes Wildtiermanagement, Anpassungen und Verbesserungen bei Wegebau und Ernteverfahren sowie für die Entwicklung entsprechender Handlungs- und Bewirtschaftungsanleitungen und deren Verankerung über mehrfache Schulung in der Praxis sind dringend erforderlich. Monitoring und wissenschaftliche Studien zu verschiedenen Themen, wie Saatgut-Herkunftsversuche, Bodenchemie - Stoffeinträge, Wasserhaushalt, Entwicklung nach Störungen, Überprüfung der Schutzwirkung nach Naturgefahrenprozessen und die Erhebung flächendeckender Daten zum Schutzwald, z.B. über die Waldtypisierung, wäre dringend zu intensivieren. Vor allem wird die Behandlung des legislativen Bereiches zu Fragen der Forstpolitik, Raumplanung und der Sozioökonomie entscheidend sein.



## Schutzwald – Grundlagen

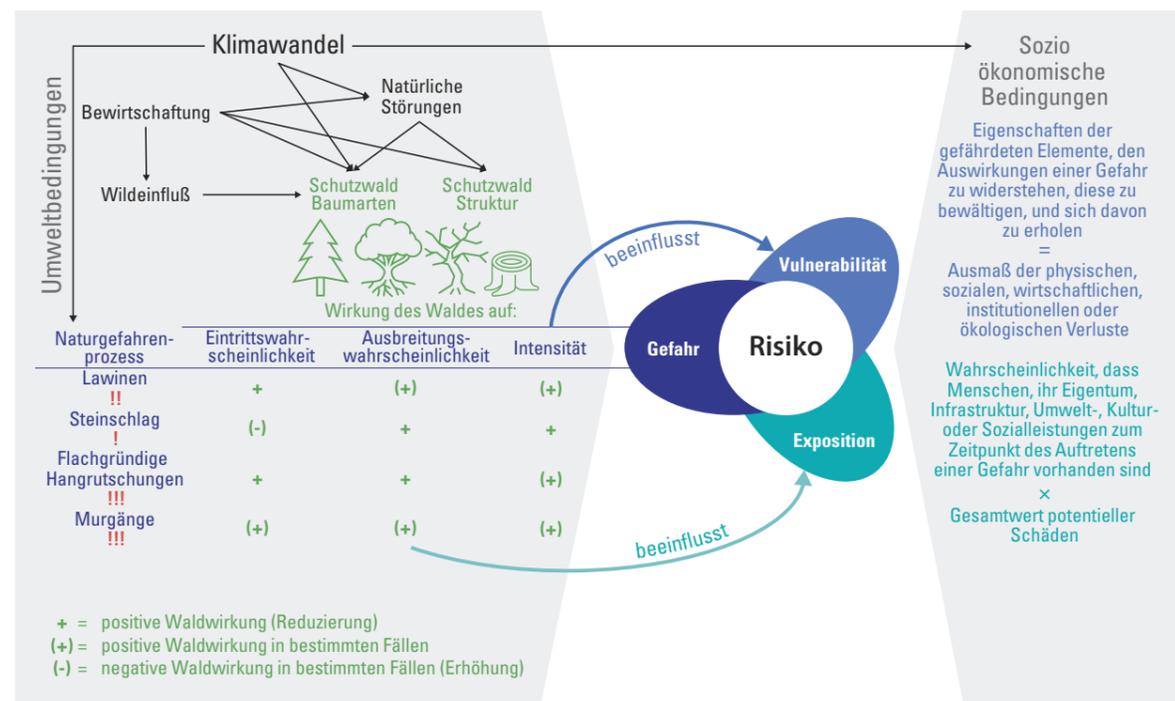
## Schutzfunktion und Schutzwirkung des Waldes: Schutzgüter, Risikoanalyse und Bewertung

Michaela Teich, Frank Perzl, Sven Fuchs, Maria Papathoma-Köhle und Christian Scheidl

### Stand des Wissens und Kernaussagen

Risiko ergibt sich aus der Schnittmenge von Gefahr, Exposition und Vulnerabilität. Wald ist eine effiziente Risikoreduktionsmaßnahme; jedoch werden technische Schutzmaßnahmen im integralen Risikomanagement zur Prävention vor Schäden durch Naturgefahren bevorzugt eingesetzt, da sie allgemein als effektiver und schneller umsetzbar angesehen werden. Ebenso existieren derzeit nur wenige Methoden in

Forschung und Praxis, um die Wirkung von Wald auf das Naturgefahrenrisiko zu quantifizieren. Eine kürzlich veröffentlichte Literaturstudie hat gezeigt, dass nur 60 von insgesamt 10.357 zwischen 1980 und 2019 veröffentlichten peer-reviewten Publikationen, die sich mit dem Risikomanagement von gravitativen Naturgefahren (Lawine, Steinschlag, flachgründige Hangrutschungen, Murgänge) beschäftigen, auch ökosystembasierte Risikoreduktionsmaßnahmen mit einbeziehen. Von diesen 60 Studien wurde nur eine in Österreich durchgeführt.



Konzeptionelle Darstellung der klimatischen, ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Rahmenbedingungen, die das Risiko von gravitativen Naturgefahrenprozessen im Gebirge beeinflussen, welches sich aus den Wechselwirkungen von Gefahren (dunkelblau) mit der Exposition (hellblau) und Vulnerabilität (blau) ergibt. Die Wirkungen des Waldes auf die drei Gefahrenkomponenten (Eintrittswahrscheinlichkeit, Ausbreitungswahrscheinlichkeit, Intensität) ist in grün (+/-) hervorgehoben und der Forschungsbedarf zu Wald-Prozess-Interaktionen in rot (!).

Wald beeinflusst das Risiko in Abhängigkeit von seiner Struktur und je nach Naturgefahrenprozess vor allem durch seine Wirkung auf eine oder mehrere der drei Gefahrenkomponenten: Eintrittswahrscheinlichkeit, Ausbreitungswahrscheinlichkeit und Intensität. Aber auch Exposition und Vulnerabilität hängen zu einem gewissen Grad durch die Ausbreitungswahrscheinlichkeit bzw. die Intensität eines Gefahrenereignisses vom Wald ab (siehe Abbildung).

Im Risikokontext ist es dabei nicht nur entscheidend, wie ein Wald einen Naturgefahrenprozess aufgrund seiner Struktur beeinflusst (Schutzwirkung), sondern auch wo (Schutzfunktion). Mit der neuen Hinweiskarte Schutzwald in Österreich und der auf Modellierungen basierenden Ausscheidung von Wäldern mit Objektschutzfunktion wurde somit ein wichtiges Instrument zur risikobasierten Schutzwaldbewirtschaftung im Rahmen eines integralen Naturgefahren-Risikomanagements geschaffen, das vor allem hilft, Ressourcen bestmöglich zu verteilen und Prioritäten zu setzen.

Untersuchungen zur Schutzwirkung von Wäldern vor Naturgefahrenprozessen haben speziell im europäischen Alpenraum eine lange Tradition. Deren Ergebnisse werden häufig für die Kartierung von Schutzwäldern und die Erstellung von zielgerichteten Bewirtschaftungskonzepten verwendet. Für Österreich fehlt allerdings bis heute eine umfassende bzw. offizielle Schutzwaldbewirtschaftungsrichtlinie, wobei ein kürzlich durchgeführter Vergleich der in den Europäischen Schutzwaldbewirtschaftungsrichtlinien veröffentlichten Zielvorgaben für „schützende“ Waldparameter mit denen von tatsächlich aufgetreten Naturgefahrenereignissen im Wald zeigt, dass die meisten Richtlinien die Schutzwirkung des Waldes insbesondere gegen Lawinen überschätzen. Dies kommt daher, dass je nach Naturgefahrenprozess der Stand des (quantitativen) Wissens zur Wirkung des Waldes sehr unterschiedlich ist und lässt sich vor allem damit erklären, dass – je nach betrachtetem Naturgefahrenprozess – der Aufwand von Feld-, Labor- und Modellierungsstudien verschieden und in der Umsetzung oft limitiert ist. In Risikoanalysen, welche Wald einbeziehen,

stellt vor allem die Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit eine große Herausforderung dar, weil Langzeitbeobachtungen fehlen und die damit verbundenen statistischen Unsicherheiten groß sind. Numerische Simulationsmodelle oder empirische Vorhersagemodelle werden benutzt, um Intensität und Ausbreitungswahrscheinlichkeit von Naturgefahren abzuschätzen. Dies geschieht in der Regel durch Erhöhen (Lawine, flachgründige Hangrutschungen, Murgänge) oder Hinzufügen von Rauigkeitsparametern (Steinschlag), durch die Modellierung der Energiedissipation (Steinschlag) oder dem Entzug von Masse (Detrainment; Lawine). Je nach Modellierungsansatz ist es mehr oder weniger möglich, die Wirkung unterschiedlicher Waldstrukturen abzubilden; die Entscheidung für einen Ansatz basiert oft auf einem Kompromiss zwischen vollständiger Berücksichtigung der Schutzwirkung (Genauigkeit) und dem damit verbundenem Rechenaufwand, wobei auch hier die „Genauigkeit“, mit der die Wechselwirkungen zwischen Wald und Naturgefahrenprozess simuliert wird, von derzeit verfügbaren physikalischen Studien und Beobachtungen abhängt.

### Defizite

Die Berücksichtigung von Schutzwäldern im integralen Risikomanagement sowie die Entwicklung von risikobasierten Schutzwaldbewirtschaftungskonzepten sind interdisziplinäre Aufgaben, die Wissen, Erfahrung und Methoden aus verschiedenen Forschungs- und Praxisbereichen erfordern. Forschungsdefizite bestehen dabei vor allem in folgenden Bereichen:

- Quantifizierung der Wirkung von Bäumen und Wäldern auf Naturgefahrenprozesse;
- Entwicklung von ganzheitlichen risikobasierten Bewertungsverfahren/Risikoanalysen, welche die Wirkung des Waldes besser einbeziehen/quantifizieren;
- Berücksichtigung von Waldstandorten sowie den sozio-ökonomischen Bedingungen als dynamische (Öko-)Systeme, was längerfristig dynamische Methoden und die Darstellung der damit verbundenen Unsicherheiten erfordert.

Für die angeführten Punkte stellen fehlende, inhomogene und nicht aktuelle Datengrundlagen die größte Herausforderung dar. Zum Beispiel wurde beim Erarbeiten der Hinweiskarte Schutzwald in Österreich sehr deutlich, dass die derzeit verfügbaren Geodaten nicht auf die Ableitung von Risiken vor Naturgefahrenprozessen ausgerichtet sind. Insbesondere sind die räumlichen Daten zu den Schutzgütern zur Bestimmung der Exposition inhomogen, unvollständig und oft nicht aktuell. Bestehende Planungsgrundlagen und Bewirtschaftungsrichtlinien basieren zwar auf dem derzeitigen Stand des Wissens, unterscheiden sich aber teilweise stark und könnten mit mehr Daten von gut dokumentierten Ereignissen überarbeitet werden bzw. müssen mittel- bis langfristig an sich verändernde Situationen angepasst werden.

Fehlende Daten und Studien sind auch ein Grund für bestehende Defizite im Prozessverständnis - besonders in der Interaktion zwischen Naturgefahrenprozess und Wald. Ein fundiertes Prozessverständnis ist jedoch notwendig, um bestehende Modelle zu verbessern oder neue Modellierungsansätze zu entwickeln.

## Forschungsthemen

- „Optimale“ Waldstruktur zur Risikominimierung: Vor allem für die Prozesse Lawine, flachgründige Rutschungen und Murgänge fehlen Datengrundlagen, welche durch (länderübergreifende) harmonisierte Aufnahmeprotokolle zur Datenerhebung und -dokumentation, einheitliche Datenspeicherung und Feldstudien ergänzt werden sollten.
- Bewertung von Schutzfunktion und Schutzwirkung: Es fehlen Konzepte und Datenmodelle, um mit Hilfe der bestehenden Geodateninfrastruktur Schutzziele (Schadenspotenziale) standardisiert abzubilden. Diese gilt es zu entwickeln und zu implementieren und die erforderlichen Geodaten zu verbessern sowie Modelle zur großflächigen Schätzung der potenziell möglichen Prozessausbreitung und des Schadenspotenzials weiterzuentwickeln.

- Schutzwirkung und Klimawandel: Die Veränderung der Schutzwirkung nach natürlichen Störungen wie Windwurf, Borkenkäfer oder Feuer sollte in Feldstudien untersucht werden, um daraus Handlungsempfehlungen ableiten zu können.
- Zukünftige Entwicklung des Naturgefahrenrisikos: Risiko ändert sich fortlaufend durch sich ändernde klimatische (z.B. Niederschlagsform und -intensität, natürliche Störungen), ökologische (z.B. Baumartenzusammensetzung, Wild), wirtschaftliche (z.B. Waldbewirtschaftung, Holzpreise), politische (z.B. Richtlinien, Subventionen) und soziale Bedingungen (z.B. Bau neuer Infrastruktur, Ausweitung der Siedlungsfläche, Erweiterung von Skigebieten), die alle Komponenten des Risikos beeinflussen. Deshalb bedarf es dynamischer Methoden auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen, um Entwicklungsszenarien darstellen und fortlaufend aktualisieren zu können.
- Entscheidungshilfen für die Forstwirtschaft: Praktische und anwendbare „Decision Support Tools“ (Karten, Computermodelle, Richtlinien, etc.) für ein risikobasiertes Schutzwaldmanagement müssen durch die Forschung in enger Zusammenarbeit mit der Praxis erarbeitet und von der Politik unterstützt werden.



## Schutzwaldmonitoring und Geoinformation

Klemens Schadauer, Alexandra Freudenschuß, Ambros Berger und Thomas Gschwantner

Querschnittsmaterie mit Beiträgen aus den anderen Themenbereichen des Berichtes

### Grundsätzliches

Modernes Naturraummonitoring erfordert eine optimierte Nutzung und Kombination aller relevanten Datenquellen. Wichtig ist, dass die Daten der Funktion eines Monitorings entsprechen, also Veränderungen über der Zeit einheitlich abbilden können. Bei den klassischen Vorortmethoden ist das öfter gewährleistet als beim Einsatz moderner Fernerkundungsmethoden, deren Weiterentwicklung relativ rasch und oft ohne Einfluss der Nutzer\*innen vor sich geht. Über das naturräumliche Monitoring des Schutzwaldes hinaus sind auch sozial- und wirtschaftswissenschaftliche Aspekte und entsprechende Monitoringverfahren wesentlich. Diese sind in den jeweiligen Kapiteln dieses Berichtes behandelt und werden hier nicht weiter ausgeführt.

### Wissensstand

Die Herausforderungen für ein effizientes Schutzwaldmonitoring sind im Allgemeinen bekannt: Die Hauptfrage für jedes Naturraummonitoring betrifft die Kombination aus räumlicher, zeitlicher und sachlicher Skalierung der Daten.

Welche Parameter werden auf welchen Flächen erhoben und wie oft werden die Erhebungen wiederholt? Im Normalfall stehen diese drei Skalen zueinander in Konkurrenz. Je feiner eine Skala gewählt wird, umso gröber müssen die anderen sein, da in der praktischen Umsetzung eines Monitorings hauptsächlich die Kosten der limitierende Faktor sind. Daraus ergibt sich klar die Forderung nach einem Monitoringsystem,



Kolorierte 3D Punktwolken aus Luftbildern sind ein wichtiges Werkzeug für ein flächendeckendes Schutzwaldmonitoring.

das aus verschiedenen Komponenten mit unterschiedlichen Skalierungstiefen besteht und dabei die verfügbaren Mittel optimal einsetzt.

Moderne Technologien ermöglichen, die Skalierung der erhobenen Parameter relativ kostengünstig zu verbessern. So liefern z.B. die Sentinel2-Satelliten pro Jahr zwischen 5 und 30 brauchbare Aufnahmen für jedes 10x10 m Pixel, wobei das gesamte Bundesgebiet abgedeckt ist. Die stichprobenbasierten Erhebungen der Österreichischen Waldinventur (ÖWI) haben dagegen einen Erhebungszyklus von sechs Jahren und decken mit den Probeflächen 0,08 Promille der Waldfläche ab. Dieser im Verhältnis zu Sentinel2 relativ groben Skalierung in Raum und Zeit stehen ein großer sachlicher Umfang mit hoher Detailliertheit und der Stichprobencharakter der Daten gegenüber. Mit Hilfe von statistischen Modellen und künstlicher Intelligenz können sachlich tiefgehende detaillierte Daten mit räumlich und zeitlich fein skalierten Daten verknüpft werden. Dadurch erhält man insgesamt ein Monitoringsystem, das in allen drei Skalen hoch aufgelöst ist.

Für ein adäquates Schutzwald-Monitoringsystem ist der sachliche Umfang der ÖWI jedoch bei weitem nicht ausreichend. Es müssen darüber hinaus für verschiedenste Themenbereiche zu-



Satellitenbilder liefern zeitnahe Informationen über den Waldzustand

sätzliche Fachmonitoringverfahren eingesetzt werden. Wenn z.B. die Schutzwirkung des Waldes gegenüber Lawinen laufend evaluiert werden soll, sind die entsprechenden Indikatoren und deren Schwellwerte in einem eigenen Monitoring zu erarbeiten bzw. zu schärfen, damit sie dann großräumig, z.B. bei der ÖWI, eingesetzt werden können.

Für ein Schutzwaldmonitoring gelten spezielle Bedingungen, da steile Lagen sowohl für Vorortmethoden als auch für die Fernerkundung Herausforderungen mit sich bringen. So gelten etwa 40 % der ÖWI-Probeflächen im Standort-Schutzwald als unbegebar. Für die spektrale Fernerkundung mittels Luft- oder Satellitenbildern sind steile Gebiete aufgrund von Schatten ebenfalls mit Schwierigkeiten verbunden, aber auch bei Laserscanningverfahren ist die Lagegenauigkeit im steilen Gelände geringer als im Flachland.

Eine weitere Besonderheit sind einerseits langsam ablaufende Pflanzenwachstums- oder Zersetzungsprozesse und andererseits abrupte und täglich mögliche Ereignisse gravitativer Massenbewegungen. Dieses breite Band an zeitlicher Skalierung muss für ein Schutzwald-Monitoringkonzept mitgedacht werden. Für eine feine räumliche Skalierung spielen auch Luftbildbe-

fliegungen in Kombination mit Image Matching und Laserscanning eine wichtige Rolle. Wie immer bei Fernerkundungsverfahren gibt es hier einen Trade-off zwischen räumlich extrem hochauflösenden Verfahren wie den terrestrischen Methoden (z.B. personengetragenes Laserscanning) oder den Großraumbefliegungen mit größerer Pixelauflösung aber einer bundesweiten Abdeckung. Die drohnengetragenen Systeme stehen hier dazwischen. Generell ist aber die räumliche Auflösung auch schon bei der österreichwei-

ten Befliegung mit Pixelgrößen von 20x20 cm hoch. Bei der Anwendung von Fernerkundungsdaten muss vor allem in orographisch herausfordernden Lagen, wie im Schutzwald, die Datenqualität in Form der räumlichen Lagegenauigkeit und spektralen Homogenität berücksichtigt werden. Dabei spielen auch die großen Datenmengen und deren aufwändige Verarbeitung eine wichtige Rolle.

Neben den klassischen drei Skalen Raum, Zeit und Sache bringt die Kostendimension zusätzliche Herausforderungen mit sich. Kosten-Nutzen-Analysen von Monitoringverfahren sind generell schwierig, vor allem, wenn es auch um die Schaffung von Bewusstsein in der Politik und der Öffentlichkeit geht. Semiquantitative Wirkungsanalysen sind leichter möglich.



Auf die Erhebungen vor Ort kann nicht verzichtet werden.

## Forschungsbedarf

- Entwicklung eines integralen Schutzwald-Monitoringsystems im Objekt- und Standort-schutzwald
  - » Prüfung der Integration von vorhandenen Systemen, z.B. ÖWI, BIN, Biosoil und Hora, Abschätzung des Zusatzbedarfes
  - » Qualitätsanalysen für Kartenprodukte
  - » Kosten- und Wirkungsanalysen verschiedener Monitoringvarianten

### Subthemen - Monitoringverfahren:

- Evaluierung der Skalentiefe unterschiedlicher Methoden und Vergleiche mit dem Monitoringbedarf
- Analyse der Wirkung technischer Weiterentwicklung auf die Qualität von Zeitreihen

### Subthemen - Sachmonitoring:

Konzepte für Monitorings

- zur Entwicklung neuer und Absicherung bekannter Indikatoren zur Beurteilung der Schutzwirkbarkeit, getrennt nach Gefahrenprozessen inklusive Verjüngung
  - für detailliertere Information zu Gebietsabfluss bei Stark- und Dauerregenereignissen
  - auf Waldbrandflächen
  - von Borkenkäfermassenvermehrungen in schwer zugänglichen Schutzwäldern
  - von Kalamitäten zur Erhebung des Saatgutbedarfes
  - von invasiven Arten und Neobiota – neue biotische Schadfaktoren im Schutzwald
  - von Windschutzanlagen
- und Prüfung der Überlappungen und Synergien zwischen den einzelnen Sachmonitoring-Methoden

### Subthemen - Beispiele mit Innovationspotenzial:

- Einsatz von Drohnen für detaillierte Waldstrukturerehebungen
- Verjüngungsmonitoring mit automatischen Kameras und photogrammetrischer Auswertung
- Funksensorik im Schutzwald: z.B. Bodenfeuchte, Bodentemperatur



## Schutzwald – Ökologie

## Ökosystem Bergwald: Wachstums- und Standortfaktoren, Waldtypisierung und Wachstumsmodelle

Michael Englisch, Eduard Hochbichler, Georg Kindermann, Klaus Klebinder, Ralf Klosterhuber, Roland Köck und Thomas Ledermann

### Stand des Wissens

Im Ökosystem Bergwald sind das Klima, welches den Wärmehaushalt treibt, der Wasserhaushalt sowie der Nährstoffhaushalt die wesentlichen Faktoren, die das Baumwachstum, das Baumartenartenvorkommen und die Eigenschaften eines Standortes prägen. Von besonderer Bedeutung sind im Bergwald abiotische und biotische Risikofaktoren, die teilweise anthropogen überprägt werden, sowie direkte menschliche Einflüsse.



Diese Faktoren wurden bislang zumindest über eine Umtriebszeit als relativ konstant angesehen; mit dem Klimawandel verändern sich der Wärmehaushalt, der Wasserhaushalt (Transpiration, ggf. Niederschlag und -verteilung) und in geringerem Ausmaß der Nährstoffhaushalt. Zum erwarteten Ausmaß der Veränderung von klimatischen Parametern wird auf das Kapitel Klimawandel verwiesen.

Diese Veränderungen bewirken eine Verschiebung der Waldgrenze bzw. der klimatischen Höhenstufen um mehrere 100 m nach oben (+0,65° C ~ +100 m). Damit werden wesentliche, laufende Veränderungen der Waldtypen bzw. der Baumartenzusammensetzung, aber auch des Waldwachstums am konkreten Waldort in unterschiedlichem Ausmaß in kurzer Zeit erwartet. Generell besseres Wachstum und erhöhte Produktion von Biomasse ist gerade in höheren Bergwaldlagen ebenso zu erwarten wie Veränderungen der Wuchsrelationen und der Konkurrenzsituation zwischen den bestimmenden Baumarten sowie in der Folge veränderte Schutzfunktionalitäten. Im Bereich des Schutzwaldes werden sich die Wuchsbedingungen der Fichte verbessern, wie dies neuere Untersuchungen zeigen. Neben Einzeluntersuchungen über Modellrechnungen stehen für einige Regionen des Bergwaldes auch höher auflösende Informationen zur Resilienz und Vulnerabilität des Bergwaldes zur Verfügung. Rückkoppelungen zwischen den einzelnen Störungsfaktoren (z.B. Borkenkäfer, Windwurf) sind zu erwarten.

Kritische, nicht reversible Systemveränderungen im Bergwald (etwa von Nadelwaldgesellschaften

zu Laubwaldgesellschaften) können bei einer Temperaturzunahme von 2 °C auftreten.

Die klimabedingte Waldgrenze und deren Veränderung können mit den vorliegenden Parametern sehr genau modelliert werden; daneben spielen edaphische Faktoren und die Nutzungsgeschichte ebenso eine Rolle wie die Vegetationsdynamik. Das Höhersteigen von Gefäßpflanzen wird intensiv untersucht, eine Aufwärtswanderung von einigen 10-er-Metern gilt als gesichert; bei den Baumarten gilt hier die Zirbe als bestuntersucht (100-200 m).

Erhöhte Luft- und damit Bodentemperaturen führen im Allgemeinen zu signifikanten Bodenkohlenstoffverlusten durch raschere Umsetzung organischer Substanz bzw. Ausgasung (klima-relevante Treibhausgase), besonders auf Humusböden der Nördlichen Kalkalpen (1-3 t.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup>), oft verstärkt durch nicht standortsangepasste Bewirtschaftung oder Störungen (<10 t.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup>). Stickstoffimmissionen spielen nach wie vor eine bedeutende Rolle: Einerseits führen sie zusammen mit steigenden Temperaturen zu besserem Waldwachstum, teils werden die negativen Effekte historischer Waldnutzungen ausgeglichen; andererseits wird die Zusammensetzung der Bergwaldökosysteme verändert. Sensible Indikatoren (Flechten, Moose) sind regional bedroht.

Neuere Arbeiten weisen darauf hin, dass Überschiebungen, Schuttbedeckungen und äolische Einträge im Bergwald eine wesentlich größere Fläche einnehmen, als bislang angenommen, und daher einen entsprechend höheren Stellenwert bei der Beurteilung von Nährstoff- und Wasserhaushalt besitzen. Neben klimatischen Einflüssen stellt die Pedosphäre auch in Bezug auf den Wasserhaushalt eine maßgebliche Größe bei der Charakterisierung von Waldstandorten dar. Die Speicherwirkung des Bodens ist dabei ein starker Modifikator zum Niederschlagsangebot.

Da die Anwendung von Ertragstabellen in gemischten und ungleichaltrigen Beständen auf Grenzen stößt, wurde in Mitteleuropa etwa ab der Mitte der 1980er Jahre mit der Entwicklung von empirischen Einzelbaum-Waldwachstumsmodellen

begonnen. WASIM, MOSES, PROGNAUS und CALDIS sind vier österreichische Vertreter solcher Modelle. Während die Entwicklung von WASIM und MOSES auf Daten von waldwachstumskundlichen Versuchsflächen basiert, wurde für die Entwicklung von PROGNAUS und CALDIS auf die Daten der Österreichischen Waldinventur (ÖWI) zurückgegriffen. Aus diesem Grund sind die beiden Letztgenannten für Anwendungen auf Inventurdaten besonders geeignet und bilden die Basis für österreichweite Projektionen zu Waldentwicklung und Holzaufkommen. Neben den genannten Modelltypen steht auch das hybride Waldökosystemmodell PICUS zur Verfügung, das klimasensitiv ist sowie integrierende Störungsmodulare für Borkenkäfer und Sturmschäden beinhaltet. PICUS kann sehr gut auf Basis von Inventurdaten (ÖWI) für österreichweite Projektionen eingesetzt werden.

### Defizite

Erhebliche Wissensdefizite bestehen im Bereich der Waldtypisierung als Grundlage zur nachhaltigen, wissensbasierten Waldbewirtschaftung und Risikoabschätzung im operativen Maßstab, insbesondere im Hinblick auf die zu erwartenden Veränderungen im Klimawandel. Existierende Kartierungen sind nicht flächendeckend; die wissenschaftliche Methodik stammt aus den 50-er- und 60-er Jahren des vorigen Jahrhunderts. Neuere Kartierungen umfassen nur die Bundesländer Tirol und Steiermark. Eine dynamische Waldtypisierung ist derzeit nur in der Steiermark in Arbeit.

Wesentliche Wissensdefizite bestehen im Bereich der räumlich expliziten Charakterisierung der standörtlichen Grundlagen: Derzeit fehlen großmaßstäbige geologische Karten im Maßstab für ca. ein Drittel des österreichischen Staatsgebietes. Flächige Informationen zum durchwurzelbaren Substrat, insbesondere Überschiebungen und Schuttbedeckungen stehen nur aus der Waldtypisierung Tirol, seit neuestem der Steiermark und - eingeschränkt - in Vorarlberg zur Verfügung. Des Weiteren fehlen flächige Bodeninformationen im Wald in allen Bundesländern außer Tirol, der Steiermark und Wien.

Bodeninformationen, die chemische und physikalische Analysen beinhalten, stehen im (Berg)wald nur lokal und vereinzelt aus Forschungsprojekten und österreichweit nur aus den Daten der Waldboden-Zustandsinventur, dem Netz von ICP-Forests, Beregnungsversuchen und den Messtellen des hydrographischen Diensts zur Verfügung. Bodenansprachen mit eingeschränktem Parametersatz sowie ohne chemische und physikalische Daten sind darüber hinaus österreichweit nur aus den Erhebungen der ÖWI vorhanden. Bodenkundliche Informationen aus Flächen über der Waldgrenze gibt es kaum. Räumlich explizite Darstellungen der Wasserspeicherung und des Nährstoffumsatzes im Bergwald fehlen weitgehend.

Die forstliche Wuchsgebietsgliederung beruht auf einer überholten Klimazeitreihe aus der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts, vor der jüngsten intensiven Erwärmungsphase. Die in der Wuchsgebietsgliederung definierten Höhenstufengrenzen orientieren sich an Klimadaten der 1960er Jahre und an zum Teil noch älteren vegetationskundlichen Karten. Die statische Darstellung der Wuchsgebietsgliederung von Österreich mit den abgegrenzten Wuchsgebieten und Höhenstufen hinkt demnach hinter dem Erwärmungstrend der letzten Jahrzehnte – in den Alpen im Jahresdurchschnitt um ca. 1 °Celsius – hinterher und bedarf einer aktualisierten dynamischen Darstellung.

Der Nährstoffhaushalt als Wachstums- und Standortfaktor kann für Standorte gut charakterisiert werden und könnte über Pedotransferfunktionen räumlich explizit dargestellt werden, wenn die oben angesprochenen Datendefizite beseitigt würden. Zu Bodenprozessen auf Sonderstandorten existieren nur vereinzelte Untersuchungen (z.B. Bodenbiologie ↔ klimatische Extreme ↔ Verfügbarkeit von Schlüsselnährstoffen; Veränderung des C und N-Kreislaufs durch Bewirtschaftung und Klimawandel; C-Speicherung im Schutzwald; alpine Humusformen; Umsetzung von organischer Substanz im alpinen Raum). Auch hier existieren erhebliche Datendefizite.

Im Kontext des Klimawandels ist über die Dynamik des Ansteigens der Waldgrenze und der Kampfzone als Ursprungsort für viele erosive Prozesse (Lawinen, Muren, Steinschlag, etc.) wenig bekannt, speziell im Hinblick auf mögliche Hindernisse für diesen Prozess.

Auch bei Beurteilung der Baumarteneignung existieren Wissenslücken bez. Autökologie (Ökophysiologie der Baumarten) wichtiger Baumarten im Schutzwald, ebenso ist die Synökologie wenig erforscht.

Zum Wasserumsatz in Schutzwäldern (Kronenraum und Bodenwasserhaushalt) fehlen geostatistisch fundierte Messansätze, welche die Inputgrößen mit entsprechender räumlicher und zeitlicher Auflösung darstellen können. Interzeptionsgewinne durch Nebelniederschläge und Raueisanhänge im Kronenraum von Schutzwäldern sind kaum quantifiziert (z.B. winterliche Interzeptionsmessung mit Mikrowellenextinktion).

Wenig entwickelt sind Verfahren zur flächigen Erfassung und zum flächigen Monitoring der Bodenfeuchte, von Wasserflüssen in Waldböden und der Erfassung physikalischer Bodeneigenschaften (z.B. Skelettgehalt, Gründigkeit). Dies ist derzeit mit Satelliten-Daten, über Aerogeophysik bzw. andere Verfahren nicht seriös möglich. Flächige Informationen zur Winter- und Schmelzfeuchte im Schutzwald fehlen weitgehend.

Für die Parametrisierung von Waldwachstumsmodellen wurden bislang nur Daten aus dem Ertragswald verwendet, die Daten von etwa 500.000 ha Schutzwald außer Ertrag standen bisher nicht zur Verfügung, obwohl gerade in diesem Bereich die Waldfläche stark zugenommen hat. Ob die aus den Versuchen in tieferen Lagen abgeleiteten Behandlungskonzepte auch auf den Berg- bzw. Schutzwald übertragen werden können, ist nicht eindeutig geklärt. Darüber hinaus kommen im Schutzwald oftmals verschiedene Formen der Dauerwaldbewirtschaftung mit kleinflächigen Behandlungseinheiten und Verjüngung aus der Randstellung zur

Anwendung. Eine umfassende waldwachstumskundliche Untersuchung solcher Bewirtschaftungsformen fehlt.

## Forschungsthemen

### Digitalisierung und dynamische Waldtypisierung

- Dynamische, digitale Kartierung der Waldtypen im Bergwald im operativen Maßstab als Grundlage zur nachhaltigen Bewirtschaftung und Risikoabschätzung im Bergwald, insbesondere im Hinblick auf die dauernde Erhaltung von Schutzfunktionalitäten.
- Digitale Kartierung (Digital soil mapping) von hochqualitativen Datengrundlagen zum Boden und zum Untergrundssubstrat sowie zum Wassereinfluss (Stau-, Grund- und Hangwasser) unter Verwendung von datenbasierten Modellen.
- Räumliche explizite Darstellung über die aktuelle und zukünftige Baumarteneignung und die Projektion zentraler Waldgesellschaften im Regionalmaßstab auf Grundlage von Baumartenverbreitungsdaten nationaler Forstinventuren und überregionaler Vegetationskarten und von flächigen Klimaindikatoren („dynamisierte Wuchsgebietsgliederung“).
- Waldtypisierung von Grabenstandorten in Hinblick auf Vermeidung beziehungsweise Milderung von Erosionsprozessen im Zuge von Extremereignissen; räumlich explizite Aussagen zur Stabilisierung der Bewaldung von Grabenstandorten;
- Dynamik des Ansteigens der Waldgrenze und der Kampfzone der Waldökosysteme, mögliche Hindernisse für diesen Prozess. (land use change; Charakterisierung und räumlich explizite Darstellung „neuer“ Waldstandorte)

### Anlage von Versuchsflächen

- Untersuchungen zum Einfluss der Begründungstammzahl und der weiteren Stamm-

zahlhaltung auf Wachstum und Stabilität von Schutzwäldern durch Anlage von Versuchsflächen.

- Vergleich von Wachstum, H/D-Wert-Entwicklung und Verjüngung im Plenterwald sowie bei Femel- und Saumschlagbewirtschaftung.

### Waldwachstumsmodellierung

- Aufgrund der standörtlichen Besonderheiten von Neubewaldungsflächen ist es dringend erforderlich, das Waldwachstumsmodell CALDIS dahingehend zu adaptieren. Zuwachsdaten aus dem Schutzwald außer Ertrag stehen ab dem Jahr 2022 laufend zur Verfügung.
- Das Wachstum von Bäumen ist immer ein Kampf um Ressourcen. Ein wichtiger Aspekt in jedem Wachstumsmodell ist daher die Modellierung der Konkurrenzsituation von Bäumen. Ob in der Hochlage der Faktor „Konkurrenz“ die gleiche Wirkung auf das Baumwachstum hat wie in den tiefen Lagen, ist bisher nicht geklärt.
- Wachstumsmodelle für (Natur-)Verjüngung für Bäume mit einem BHD unter 5 cm zur Abschätzung von Verjüngungszeiträumen insbesondere in Hinblick auf den zeitlichen Verlauf der Schutzwirkung.

### Schutzfunktionalität

- Analyse und Entwicklung von Pedotransferfunktionen zur Bewertung der Wasserspeicherkapazität von alpinen Waldböden. Dies betrifft insbesondere Standorte, an denen die Wasserspeicherkapazität vorwiegend über die Humusaufgabe abgedeckt wird.
- Optimierung der zeitlichen und räumlichen Schutzfunktionalitäten im subalpinen Raum in Hinblick auf die Hauptbaumarten (Fichte, Zirbe, Lärche)
- Wasserschutzfunktion von Waldökosystemen (Wasser-Schutzgebiete, Wasser-Schongebiete und Hochwasser-Vermeidungs-Projektgebiete) unter Benutzung des Wald-Hydrotop-Modells.

## Wasserhaushalt und Bodenschutz

Gerhard Markart, Herbert Hager, Klaus Katzensteiner, Helmut Schume und Bernhard Kohl

### Stand der Forschung

Der Abfluss in Einzugsgebieten wird maßgeblich von den Faktoren Niederschlag, Temperatur, Bodenfeuchte und Verdunstung beeinflusst. Im Wald ist die freie Wasserspeicherkapazität des Bodens deutlich höher als außerhalb, weil Bäume einen höheren Verdunstungsanspruch im Vergleich zu niedriger Vegetation haben. Darüber hinaus transpirieren die im Schutzwald überwiegenen immergrünen Nadelbaumarten gegenüber Laubbaumarten auch im Winter erhebliche Wassermengen. Damit ist die Abflussdisposition von Nadelwäldern im Vergleich zum Laubwald und insbesondere zum umgebenden Freiland im beginnenden Frühjahr und im Spätherbst geringer.

Humus in Laubholzbeständen weist sehr kurze Eindringzeiten für Niederschläge auf, diese sind bei Koniferen (Fichte, Kiefer) deutlich höher, bis zum Strohdacheffekt in dichten Fichtenbeständen ohne Unterwuchs. Dagegen wirkt eine raue Oberfläche mit Totholz, dichter Bodenvegetation oder Schlagabraum Abfluss verzögernd (siehe Abbildung). Ein großer Teil des Niederschlages sickert insbesondere bei Baumarten mit Stammablauf entlang der Wurzeln in den Boden ein. Diese und Makroporen im Boden ermöglichen rasche Versickerung, jedoch auch den raschen Zwischenabfluss zum Vorfluter. Daher bestimmt die jeweilige Baumart über ihr Durchwurzelungsmuster die Wasserverteilung im Boden und die rasche Tiefensickerung entscheidend mit.

Hochwasserspitzen in kleinen bewaldeten Einzugsgebieten (< 10 km<sup>2</sup> Fläche) treten gegenüber waldfreien Einzugsgebieten deutlich verzögert auf und sind generell niedriger. Aus der Kombination hohe Niederschlagsmengen, hohe Vorfeuchte und hoher Zwischenabfluss kann jedoch auch für Waldstandorte eine „Über-

lastungssituation“ entstehen. In solchen Fällen nähert sich das Abflussverhalten von Waldflächen jenem der umgebenden waldfreien Bereiche an.

Waldbewirtschaftung und Landnutzung können den Zeitpunkt und die Menge des Wassers, das über die verschiedenen Abflusswege (Oberflächenabfluss, Zwischenabfluss, Tiefensickerung) in den Vorfluter eingeleitet wird, und vor allem die Fließwege selbst, massiv verändern. Kahlschläge führen zu einem deutlich erhöhten Abfluss, Eingriffe in geringer Stärke (bis 20 % des Vorrates) zeigen kaum Effekt. Bei rascher natürlicher Wiederbewaldung nimmt die nach der Hiebsführung häufig erhöhte Vorfeuchte im Boden in den meisten Fällen innerhalb von 3-10 Jahren aufgrund der Verdunstungsleistung der sich einstellenden Schlagvegetation und der aufkommenden Verjüngung wieder ab.

Großflächige Kalamitäten, insbesondere Windwürfe, mit nachfolgender Räumung der Kahlfäche haben besonders auf (flachgründigen) Karbonatstandorten einen deutlichen Humuschwund zur Folge. Bei fehlender Wiederbewaldung ist innerhalb weniger Jahre ein großer Teil des Kohlenstoff-Vorrates abgebaut. Erschwerte Wiederbewaldung, deutlich reduzierte Filterwirkung des verbleibenden Bodenkörpers sowie erhöhter Nährstoffaustrag (z.B. Nitratauswaschung) sind die Folge. Vorverjüngung unter Schirm und mehrstufiger Bestandaufbau sind eine Möglichkeit, negative Störungseffekte - wie sie unter dem Klimawandel intensiver und häufiger auftreten - auf die Humusdynamik und den Bodenwasserhaushalt zu minimieren.

Insbesondere feinerdereiche Waldböden vertragen mechanische Belastung, z.B. durch Befahren, Anlage von Rückegassen oder Schipisten schlecht. Sie reagieren mit Verlust an Wurzeln



Starkregensimulation mit 100 mm/h in einem Fichtenbestand mit dichter Zwergstrauchheide. Die raue Oberfläche und der lockere, stark durchwurzelte Boden ermöglichen rasche Einsickerung, es entsteht kein Oberflächenabfluss.

und drämfähigem Porenraum, Dichtlagerung, Verschlammung, erhöhtem Oberflächenabfluss und Erosion. Auf Forstwegen können Abtragsraten wie auf intensiv genutzten Ackerflächen erreicht werden. Steil abfallende Harvestergassen im geneigten Gelände sind oft als Erosionshotspots zu erkennen.

Besonders an steilen Hängen können mehrschichtige Bestände mit dichtem Unterwuchs das Risiko von Rutschungen verringern und durch Tropfenauerschlag hervorgerufene Erosion wirksam reduzieren. In vielen Fällen trägt die seitliche Wurzelverbreitung deutlich mehr zur Stabilisierung gegen flache Rutschungen bei als die vertikale Wurzelentwicklung. Bei verzögerter Wiederaufforstung geht dieser stabilisierende Effekt spätestens innerhalb zweier Dekaden verloren. Die armierende Wirkung der Baumwurzeln fehlt jedoch auf weitere Jahrzehnte, weil die Wurzeln des abgetriebenen Bestandes abgebaut werden und die des neuen Bestandes erst ab der Stangenholzphase beginnen Hang stabilisierend zu wirken.

Die Wahrscheinlichkeit für Erosion und Rutschungen wird durch den Klimawandel in Gebieten mit erhöhter Häufigkeit und/oder Intensität von Kalamitäten und Starkregenereignissen zunehmen. In sonnseitigen Hanglagen ist auch mit häufigeren Waldbränden zu rechnen. Dies kann auf Erosionsprozesse und Bodenwasserhaushalt besonders gravierende Auswirkungen haben.

Trockenheit und geringe Nährstoffverfügbarkeit limitieren das Wachstum von Buche, Esche, Tanne und Fichte sehr stark, dagegen von Kiefer und Eiche nur wenig. Bei Arten mit geringer Trockenheitstoleranz bewirkt schon ein geringer Anstieg der Wasserspannung im Boden eine deutliche Minderung der Wasseraufnahme, sie wurzeln weniger tief und weisen eine geringere Wurzelmasse auf als trockenheitstolerantere Baumarten, z.B. Flaumeiche. Trockenheit ist im Klimawandel daher der bedeutendere Faktor für das Baumwachstum und die Artenverteilung als höhere Temperaturen.

## Defizite

Solche gibt es bei der Erfassung und kontinuierlichen Messung von Niederschlägen vor Ort, Interzeptionsverlusten, Nebelniederschlägen, Rausanhängen im Kronenraum und des Bodenwasserhaushaltes in Schutzwäldern (besonders im Winterhalbjahr).

Nachholbedarf besteht beim Thema Waldwirkung auf das Abflussverhalten in Einzugsgebieten. Es fehlen Dauerbeobachtungsgebiete mit Fokussierung auf die Erfassung der Waldwirkung bzw. die Effekte der Landnutzung. Auch die Prozesskenntnis zum Komplex Waldwirkung – Rutschungen – Einfluss verschiedener Baumarten / Wurzelsysteme und Bewirtschaftungsarten auf Zwischenabfluss und Hangstabilität ist ungenügend.

Weiters fehlen geostatistisch fundierte Messansätze für die Darstellung der Komponenten des Wasserhaushalts in entsprechender räumlicher und zeitlicher Auflösung (Regionalisierung).

Eine Evaluierung der hydrologischen Wirkung bisheriger flächenwirtschaftlicher Maßnahmen und von Hochlagenaufforstungen im Speziellen ist bis dato kaum erfolgt.

Auch die Auswirkungen von Störungen (Windwurf, Waldbrand, Schneebruch, Käferkalamitäten) auf den Wasserhaushalt, Massenbewegungen, Erosion und Wasserqualität sind bisher nur ungenügend untersucht.

## Wichtige offene Forschungsthemen

### Waldwirkung und Wasserhaushalt

- Zur Objektivierung der Frage der Waldwirkung auf den Gebietsabfluss bei Stark- und Dauerregenereignissen sind verstärkt Dauerbeobachtungen in kontinuierlich beobachteten Einzugsgebieten mit entsprechender Messausstattung notwendig.
- Der Einfluss von Baumartenkombination, standortswidrigen und klimasensitiven

Baumarten im Schutzwald auf Bodeneigenschaften, Vorfeuchte, Abflussbildung und Hangstabilität ist dringend abzuklären.

- Auch die Prozesskenntnis zum Einfluss verschiedener Baumarten/Wurzelsysteme, unterschiedlicher Bewirtschaftungsverfahren, invasiver Neophyten, u.a. auf Stoff- und Wasserhaushalt, Zwischenabfluss und Erosion sollte rasch verbessert werden.
- Die Auswirkungen von Störungen (Windwurf, Schneebruch, Käferkalamitäten, Waldbrand u.a.), verschiedenen Nutzungsarten, verzögerter Wiederbewaldung und technischen Eingriffen, z.B. (Forst)Straßen, Rückgassen, Schipisten u.a., auf Wasserumsatz, Abflussgeschehen, Bodenentwicklung, Hangstabilität, Geschiebe-/Murenpotenzial und die Wasserqualität (z.B. Feststoffbelastung, Eutrophierung von Quellwässern aufgrund verstärktem Humusabbau nach dem Ereignis) im Schutzwald, insbesondere in steilen Grabeneinhängen, sind dringend zu quantifizieren.
- Dringend notwendig ist auch die Erstellung und Weiterentwicklung von entsprechenden Handlungs- und Bewirtschaftungsanleitungen und deren Verankerung über vermehrte Schulung in der Praxis (z.B. für hydrologisch optimierte Waldbewirtschaftung und einen optimierten Forststraßenbau).

### Hochlagen

- Hier ist die Evaluierung der hydrologischen Wirkung (Änderung des Wasserumsatzes) der bisher durch die Wildbach- und Lawinerverbauung (WLV) und Forstdienste erfolgten Hochlagenaufforstungen in Wildbacheinzugsgebieten bzw. in Gebieten mit hohem Abflusspotenzial im Hinblick auf den Klimawandel dringend erforderlich.

### Physiologie

- Wie wirken sich vergangene Trockenperioden auf die Bäume aus? Eine ökophysiologische Evaluierung von Anfälligkeit, Schädigung und auch Vorschädigung von Baumarten des Schutzwaldes durch Trockenperioden – in Interaktionen mit der Baumernährung – ist dringend notwendig.

## Schutzwald und Immissionen – Waldsterben

Torsten W. Berger, Alfred Fürst, Herbert Hager und Robert Jandl

### Ist-Zustand bzw. Stand des Wissens

In inneralpinen Inversionslagen, sowohl im Nahbereich von Emittenten als auch in emittentfernen Gebieten, wurden in der Vergangenheit eine Vielzahl von Studien zur Höhe des Schadstoffeintrags sowie zur Auswirkung dieses Eintrages auf den Wald und den Boden durchgeführt, z.B.: Arnoldstein, Lavanttal, Aichfeld/Murboden, Brixlegg, Leoben/Donawitz, Hochfilzen, Gleinalm, Höhenprofil Zillertal und Achenkirch, FIW-Studien Glein, Böhmerwald und Außerfern. Anhand dieser durch das Waldsterben der 80er Jahre initiierten Forschungen konnten wichtige Kenntnisse zur kleinräumigen Heterogenität der Schadstoffbelastung und Sensibilität des Bergwaldes gewonnen werden, welcher einen Großteil des Schutzwaldes umfasst.

Aktuell lassen sich mit dem Österreichischen Bioindikatornetz mittels Blatt- und Nadelanalysen Schwefelimmisionseinwirkungen sowie Veränderungen in der Nährstoffversorgung und der Schwermetallbelastung (z.B., Quecksilber, Chrom, Nickel) im österreichischen Wald feststellen. Es liegen die Ergebnisse von 505 Punkten ab 1983 bis heute vor. Während Schwefel als primärer Schadstoff deutlich an Bedeutung verloren hat (33,1% der Punkte mit Grenzwertüberschreitungen der Schwefelgehalte in den Nadeln bzw. Blättern im Jahr 1983, 0,8% im Jahr 2019), beeinflussen andererseits nach wie vor Stickstoffeinträge, der gestiegene Kohlendioxidgehalt und längere Vegetationszeiten infolge der Klimaerwärmung das Wachstum der Bäume. Durch die damit verbundene verstärkte Bildung von Biomasse werden Nährstoffmängel – insbesondere Phosphor und teilweise Magnesium und Zink – induziert, die mittelfristig ein Problem für das weitere Baumwachstum darstellen.

Internationale Maßnahmen zur Reduktion der Schwermetallemissionen spiegeln sich auch im Moosmonitoring wider: Bis auf Arsen (Schwerpunktgebiet im Nordosten Österreichs aufgrund des landwirtschaftlichen Einsatzes von Pestiziden) und Chrom (ebenfalls Schwerpunktgebiet im Osten Österreichs, zurückzuführen auf durch Düngemittel bedingtes Chrom) ist ein Rückgang der Schwermetalldepositionen zu verzeichnen. An dieser Stelle sei betont, dass viele Wälder im landwirtschaftlich genutzten Nordosten Österreichs häufig auf „Flugsand- oder Flugerdeböden“ stocken und deshalb im Sinne des Bundesgesetzes als Standortschutzwälder ausgeschrieben wurden.

Die atmosphärische Deposition (Regen und Schnee) im Wald wird in Österreich auf derzeit 16 ICP-FORESTS/Level II Standorten ab 1995 erfasst. Auf den meisten Standorten zeigt sich bis heute eine Abnahme der Schwefeldeposition, die Stickstoffeinträge bleiben zumeist gleich. Diese Depositionsdaten spiegeln den Trend der Emissionen von Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) wider. So sind die Emissionen in Österreich von 1990 bis 2018 für SO<sub>2</sub> um 84 % (von 73.700 t auf 11.800 t) und für NO<sub>x</sub> um 31 % (von 217.200 t auf 150.900 t) gesunken.

Die Stoffkreisläufe werden auf 6 ICP-FORESTS/Level II Core Plots nur punktuell erfasst. Untersuchungen zum Stickstoffhaushalt auf dem LTER Standort Zöbelboden im Kalkalpin mit Messserien seit 1992 zeigen, dass Boden und Waldbestand große Mengen an Stickstoff speichern können und Verluste über Nitratauswaschung mit dem Bodenwasser kein großflächiges Problem darstellen, solange keine Waldstörungen auftreten. Auf seichtgründigen Kalkstandorten können Störungen (Windwurf, Borkenkäfer, etc.) oder Schlägerungen durch gemeinsame Auswaschung des Nitrats mit Kalium die verfüg-



Nadelprobenahme im Herbst (Österreichisches Bioindikatornetz)

baren Kaliumvorräte rasch erschöpfen, da die Freisetzung aus der Verwitterung minimal ist.

Aus dem Vergleich von Bodendaten der Österreichischen Waldzustandsinventur der Jahre 1987-1989 mit einer Wiederholungsaufnahme im Rahmen des EU-Projektes BioSoil in den Jahren 2006-2007 in 139 österreichischen Waldbeständen sind Luftreinhaltemaßnahmen ableitbar. Die Abnahme der Sauren Deposition (Saurer Regen aus den korrespondierenden Säuren Schwefel- und Salpetersäure) hat zu einer Erholung der Böden geführt. So sind die Boden-pH-Werte auf den carbonatbeeinflussten Flächen bis in 40 cm Tiefe signifikant, auf den silikatischen Böden jedoch nur bis 10 cm Tiefe gestiegen. Der Vergleich von Bodenanalysen von 97 Buchenbeständen im Wienerwald zwischen

den Jahren 1984 und 2012 zeigt, dass sich der Oberboden leicht erholt hat, aber die Versauerung in tieferen Horizonten aufgrund der gegenwärtigen Freisetzung von historischem Schwefel im Ökosystem sogar teilweise weiterhin voranschreitet. Negative Input-Output-Bilanzen von Sulfatschwefel werden für unsere Wälder für die nächsten Jahrzehnte prognostiziert, weshalb das „Saure Regen“-Problem auch heute noch aktuell ist.

Ein weiterer Grund für die abnehmenden Nährstoffgehalte der Nadeln bzw. Blätter mag in der Tatsache begründet sein, dass aufgrund der abnehmenden Säureeinträge die Ionenkonzentrationen der Bodenlösung (insbesondere K, Mg und Ca) verdünnt werden und die Pflanzenverfügbarkeit von Phosphor abnimmt.



Despositions-messung im Winter

Die Filterwirkung (trockene Deposition) des (Schutz)waldes kann methodisch aus dem Vergleich von chemischen Stoffflussmessungen unter dem Kronendach und einer benachbarten Freifläche geschätzt werden. Stäube, die häufig den Schwermetallen zuzuordnen sind, können über Blattanalysen oder Streufalldaten ermittelt werden. Schwermetalle werden in Österreich im Rahmen von den oben angeführten Monitoringprogrammen erfasst. Zusammenfassend zeigt sich, dass eine unmittelbare und akute Gefährdung der Waldvegetation durch Schwermetalleinträge nur an Hotspots zu erwarten ist. Trotzdem ist nicht auszuschließen, dass vor allem akkumulierende Schwermetalle (z.B. Quecksilber, Cadmium, Blei) langfristig gesehen auch in wenig immissionsbelasteten Gebieten zu physiologischen Beeinträchtigungen führen könnten.

## Defizite

Fast alle der eingangs erwähnten Erhebungen wurden zwar im Wald durchgeführt, aber es fehlen Auswertungen nur auf Schutzwaldflächen. Es gibt auch keine nach forstlichen Wuchsgebieten und Seehöhenstufen stratifizierten Analysen. Ebenso fehlen Wiederholungsaufnahmen der historischen Studien zur Feststellung der heutigen Ist-Situation.

Mit dem verfügbaren Datenmaterial sollen die Schutzwaldflächen und die Punkte der Monitoringprogramme verschnitten werden. Manche der angeführten Untersuchungen (z.B. Schwermetalleinträge über Streufall auf belasteten Standorten im Schutzwald) wurden bis dato nicht erhoben. Wir fassen somit zusammen, dass Kenntnisse über folgende Forschungsthemen für eine nachhaltige Schutzwaldbewirtschaftung fehlen:

## Forschungsthemen

### Waldernährung und atmosphärische Einträge

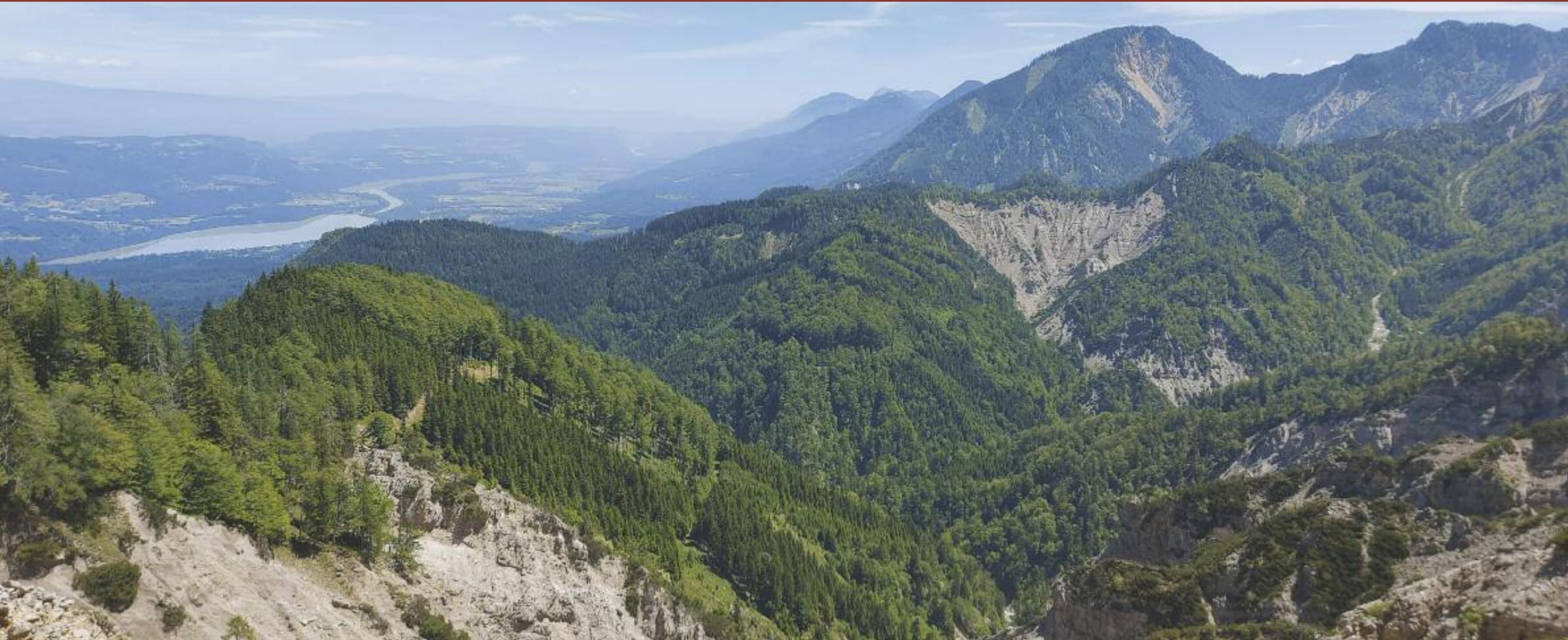
- Bioindikationsverfahren
- Langzeitwirkung und Erholung von historischen Schadstoffeinträgen
- Kritische Phosphor-, Magnesium- und Zinkversorgung
- Schwermetallkontaminationen

### Monitoring der Bodenchemie als Indikator für atmosphärische Einträge

- Veränderung der Basensättigung und pH-Werte als Folge der Deposition
- Phosphorversorgung und Bindungsformen
- Untersuchung von Kalkstandorten auf Kaliummangel

### Filterwirkung des Schutzwaldes

- Vergleich traditioneller Luftschadstoffgebiete mit gering belasteten Hintergrundstandorten
- Windschutzstreifen in Hinblick auf Filterwirkung von Agrarchemikalien



## Schutzwald – Bewirtschaftung

## Schutzwaldbau und Schutzwaldbewirtschaftung

Manfred J. Lexer, Christian Scheidl, Silvio Schüller, Harald Vacik,  
Norbert Putzgruber und Frank Perzl

### Stand des Wissens

Im Schutzwald ist das Aufeinandertreffen unterschiedlicher Nutzungsinteressen besonders augenscheinlich. Voraussetzung für zielorientierte Planung, Umsetzung und Förderung von waldbaulichen Bewirtschaftungskonzepten im Schutzwald sind konsistente und operationalisierte Zielsetzungen. Die Kenntnis der Austauschbeziehungen („trade-offs“) zwischen den Nutzungsinteressen ist die Grundlage von situationsangepassten Bewirtschaftungskonzepten. Häufig sind die Interessen der Landnutzergruppen nicht explizit in derzeit praktizierte Schutzwaldbewirtschaftungskonzepte eingeflossen.

Die etablierten (natürlichen) Waldtypen in weiten Bereichen des österreichischen Gebirgswaldes sind Fichten-, Fichten/Lärchen-, Fichten/Tannen-, Fichten/Tannen/Buchen- und Buchenwälder. Die Fichte nimmt aktuell laut Österreichischer Waldinventur über alle diese Standortseinheiten hinweg den bei weitem dominierenden Anteil ein. In einem wärmeren Klima wird daher die Störungsintensität und -häufigkeit durch Borkenkäfer deutlich zunehmen und in Verbindung mit Sturm- und Schneebruchschäden die Störungsregime generell verändern und intensivieren. Um geforderte Waldökosystemleistungen, insbesondere die Schutzwirkung gegen gravitative Naturgefahren in einem wärmeren Klima, nachhaltig zu sichern, wird es notwendig sein, den Mischbaumartenanteil (Lärche, Tanne, Buche, Bergahorn, Bergulme, Esche, Weißkiefer, Eberesche, Birke) zu erhöhen. Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob auch nicht-heimische Baumarten (z.B. Douglasie bis in mittlere Lagen, Küstentanne auch in höheren Lagen), die bereits bei vergangenen Schutzwaldaufforstungen erprobt wurden, auch zur

Diversifizierung des Baumartenspektrums und einer Erhöhung der Resilienz beitragen können.

Bundesweite Monitoringverfahren (Österreichische Waldinventur, Wildeinflussmonitoring) zeigen auf, dass im Schutzwald signifikante Verjüngungsdefizite bestehen, für die maßgeblich zu hoher Verbissdruck durch Schalenwild verantwortlich ist. Teilweise resultiert der mangelnde Verjüngungserfolg aber auch aus nicht situationsadäquaten Hiebsformen zur Einleitung und Förderung der Verjüngung, oder Verjüngungsmaßnahmen fehlen gänzlich. Wegen der besonderen ökologischen Bedingungen in Gebirgswäldern ist die undifferenzierte Anwendung flächiger Hiebsformen (Saumschläge, Kahlschläge) zur Waldverjüngung und -nutzung kein adäquater Bewirtschaftungsansatz.

Angesichts der Notwendigkeit, Stabilität und Resilienz von Schutzwäldern wegen sich im Klimawandel intensivierender Störungsregime und der damit verbundenen negativen Auswirkungen auf die Schutzwirkung zu verbessern, zeigt dieser Befund mittel- bis langfristig beträchtliche Risikopotenziale und davon abgeleiteten akuten Handlungsbedarf an.

### Wissensdefizite

Für die Schutzwaldbewirtschaftung erscheinen derzeit folgende Bereiche besonders wichtig:

Angesichts der vielfachen Nutzungsansprüche sind die Möglichkeiten und Grenzen von multifunktionalen Schutzwaldbewirtschaftungskonzepten zu evaluieren, insbesondere in Abstimmung mit Konzepten zur Wildbewirtschaftung,



Regulierung des Wildeinflusses auf die Waldverjüngung und zur Stabilität von Schutzwäldern. Erfolgversprechende Bewirtschaftungskonzepte im Schutzwaldbereich bedürfen der Abstimmung aller raumwirksamen Interessen oder der funktionalen Trennung, die im Allgemeinen schwer umzusetzen ist. Dies umfasst die Holzproduktion (in der Regel durch den Grundeigentümer vertreten), Jagdausübung (Jagdausübungsberechtigte) sowie Naturschutz, Tourismus und Erholungsindustrie. Um Prioritäten und Konzepte umsetzen zu können, müssen auch die Schutzfunktion und die Schutzwirkung objektiv und nachvollziehbar festgestellt und kommuniziert werden. Inwieweit und wo funktionale Trennungen umsetzbar und einem multifunktionalen Ansatz überlegen wären, ist fraglich.

Hiebsformen wie Schlitz- und Lochhiebe unterschiedlicher Größe und Form sind in der Praxis der Waldbewirtschaftung entweder nicht bekannt oder sie werden wegen der oft vermuteten mangelnden forsttechnischen Umsetzbarkeit bzw. aus Kostengründen im Seilgelände nicht angewendet. Kenntnis und Anwendung solcher Waldbautechniken sind notwendig, um das not-

wendige Baumartenspektrum für klimafitte Wälder zu generieren und Objektschutzwirkung nachhaltig sicherzustellen.

Eine Veränderung des Baumartenspektrums macht auch die Beurteilung der Auswirkungen auf die Schutzwirkung von Waldflächen gegen gravitative Naturgefahren (Steinschlag, Lawinen, Hangrutschung und Erosion) erforderlich.

Im Bereich der Waldpflege sind Durchforstungskonzepte wegen zunehmender Wuchsleistung von Schutzwäldern zu überarbeiten, um die Einzelbaumstabilität sicherzustellen. Dies betrifft sowohl Zeitpunkte als auch Intensität und Art von Pflegeeingriffen.

Wissenslücken zum Management des sogenannten „protection gaps“ (das Zeitfenster ungenügender Schutzwirkung bzw. der Zeitbedarf für die Wiederherstellung der Schutzwirkung) nach Störungen in Objektschutzwäldern in Verbindung mit technischen Maßnahmen sind angesichts der erwarteten Zunahme von Störungen dringend zu schließen.

Schließlich stellt das Management des Rekrutierungsrisikos von Wildholz in gerinnenahen Schutzwaldflächen und die Erhaltung der Hangstabilität und Retentionskapazität durch Waldvegetation eine spezifische Wissenslücke im Schutzwaldmanagement dar.

## Forschungsthemen

- Möglichkeiten und Grenzen der Integration von multiplen Waldökosystemleistungen im Schutzwald. Dies umfasst u.a. die Kenntnis der Abtauschbeziehungen („trade-offs“) zwischen Nutzungsinteressen (Waldökosystemleistungen) im Schutzwald bzw. die Beeinflussung anderer Waldleistungen bei prioritärer Schutzfunktion.
- Verbesserung der Aussage der Monitoringssysteme zu Schutzwirkung, Waldverjüngung und Wildeinfluss (Mittel- bis Langfristinterpretation der Ergebnisse des WEM, Schutzwaldmonitoring).



- Auswirkungen von kleinflächigen, räumlich verteilten Hiebsformen und Eingriffsstärken auf die Schutzwirkung, die Resistenz und die Resilienz von Gebirgswäldern.
- Auswirkungen unterschiedlicher kleinflächiger Hiebsformen auf Schneeakkumulation, Schneedeckendauer und Schneedeckenbewegung auf die Waldverjüngung.
- Analyse der Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Naturverjüngung von Hochstauden-Fichten-(Tannen-)Wäldern und tiefsubalpinen Fichtenwäldern unter Berücksichtigung von Konkurrenzvegetation, Lichtmangel, Mangel an Totholz und anderer Hemmfaktoren.
- In Bezug auf die praktische Umsetzung werden Demonstrationsflächen benötigt, die anhand gut dokumentierter und wissenschaftlich begleiteter Fallbeispiele aufzeigen, wie kleinflächige Hiebsformen im Seilgelände zu Holzernte und Verjüngung eingesetzt werden können und welche Effekte damit generiert werden.
- Abschätzung des Einflusses verschiedener Waldpflege- und Durchforstungskonzepte auf die Schutzwirksamkeit und deren Integration in Schutzwaldbewirtschaftungskonzepte.
- Schutzwirksamkeit von Baumarten- und Mischbeständen inklusive nichtheimischer Baumarten in Bezug auf gravitative Naturgefahren und fallweise Anpassung der Indikatoren der Schutzwirksamkeit.
- Oberflächenrauigkeit und Schutzwirkung von Jungwuchs in Lücken, Schlag- und Borkenkäferstörungsflächen in Bergwäldern (inklusive stehendes und liegendes Totholz).
- Entwicklung von Entscheidungshilfen für die Behandlung von Störungsflächen (z.B. Räumen, Belassen, Aufforsten, Verbauung) in Abhängigkeit von Standort, Baumart, Flächengröße und möglicher Naturgefahr.
- Priorisierung von Gerinneabschnitten hinsichtlich ihrer Wildholz-Vulnerabilität.
- Identifizierung idealer gerinnenaher Bestandestypen und des damit verbundenen Managements unter aktuellen und zukünftigen Klimabedingungen.
- Entwicklung von Richtlinien für ein optimiertes Wildholz-Management.

## Forstgenetik für Schutzwälder, Pflanzgut

Kurt Ramskogler, Silvio Schüler, Raphael Klumpp und Matthias Hofer

### Herausforderungen

Auf rund zwei Drittel der Schutzwaldfläche ist laut Österreichischer Waldinventur (ÖWI) Verjüngung notwendig, die auf 70 - 80 % dieser Fläche allerdings fehlt. Große Schutzwaldflächen sind alt und daher nimmt die Stabilität ab. In Zukunft muss aufgrund des Klimawandels auch im Schutzwald mit großflächigen Kalamitäten gerechnet werden. Die insbesondere zwischen 1950 und 1980 durchgeführten Hochlagenaufforstungen wurden nicht im erforderlichen Ausmaß weitergeführt. Obwohl die Klimaerwärmung zu einem Anstieg der Waldgrenze führt, wird dadurch weder das steigende Naturgefahrenrisiko kompensiert noch ein adäquater Schutz für Infrastruktur und Standorte gewährleistet. Daher sollten auf Basis eines österreichweiten Monitorings Flächen für zusätzliche Aufforstungen identifiziert werden.

In der Vergangenheit wurde bei Naturverjüngung auf die Ausgangsgenetik der reproduzierenden Bäume, die genetische Vielfalt und Baumartenwahl kaum Rücksicht genommen. Bei Aufforstungen wurde zum Teil auch genotypisch nicht geeignetes oder standortsangepasstes Herkunftsmaterial verwendet. Ursachen dafür sind:

- insgesamt geringer Pflanzenbedarf im Vergleich zu Wirtschaftswäldern, weil u.a. zu wenige Verjüngungsmaßnahmen gesetzt werden;
- erschwerte Saatgutversorgung, aufgrund seltener Fruktifikation in Hochlagen;
- fehlende Samenplantagen für Hochlagenherkünfte,
- kostenintensivere Pflanzenproduktion, da Herkünfte geringwüchsig und einen längeren Zeitraum in der Produktion brauchen;

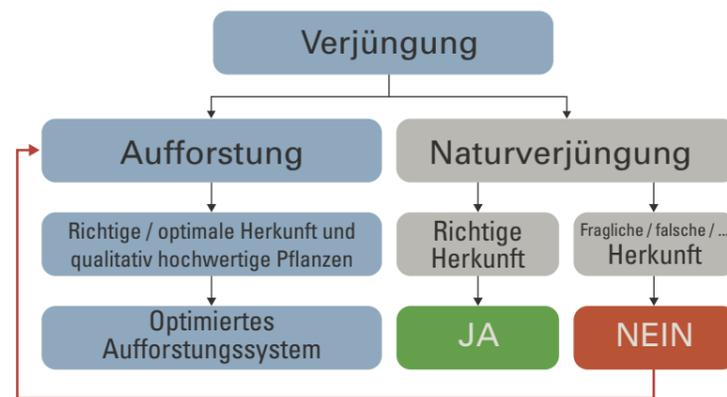
- Beschaffungspraxis von Pflanzgut erfolgt meist auf Basis der geringsten Kosten pro Pflanze;
- bei der Produktion von Forstpflanzen wird auf eine möglichst ungestörte und baumartenspezifische Wurzelentwicklung (Wurzel als Fundament des Baumes) nicht ausreichend Rücksicht genommen.

Für den Schutzwald herrschen bezüglich forstgenetischer Aspekte wie auch im Hinblick auf Quantität- und Qualitätsanforderungen von Saat- und Pflanzgut Defizite in Praxis, Ausbildung und Forschung. Es fehlt an:

- Baumarten- und Herkunftsempfehlungen im Klimawandel,
- einem Saatgutversorgungskonzept hinsichtlich Menge und geeigneter Saatgutqualitäten,
- einem Konzept zu Forstpflanzenbedarf und -verfügbarkeit,
- Krisenplänen für die Verjüngung großflächiger Kalamitätsflächen,
- einer allgemeinen Richtlinie zum Einschätzen der jeweiligen Lage vor Ort bezüglich Naturverjüngung oder Aufforstung, wie beispielsweise die Schweizer „Vollzugskontrolle NaiS“,
- einer ausreichenden Beachtung epigenetischer Effekte (Auswirkung der Umwelt und des Genotyps auf die Forstpflanzen und die zukünftigen Schutzwälder), da eine rein phänotypische Ansprache allein bei der Verjüngungsentscheidung nicht reicht,
- einer Anleitung zum aktiven Transfer von Saat- und Pflanzgut aus benachbarten Höhenstufen, Wuchsgebieten und Nachbarländern im Rahmen von unterstütztem Genfluss (assisted gene flow) bzw. unterstützter Migration (assisted migration) von bisher nicht vorhandenen heimischen und nichtheimischen Baumarten zur Verjüngung von Schutzwäldern.

## Entwicklungs- und Forschungsbedarf:

Im Klimawandel ist eine nachhaltige, aktive, standortsangepasste Bewirtschaftung unerlässlich. Beim Entscheidungsprozess Schutzwaldverjüngung ist zukünftig die Genetik stärker zu beachten:



## Folgende Projekte sind für klimafitte und resiliente Schutzwälder daher notwendig:

### Thema 1: Kommunikation, Aus- und Weiterbildung

- Ein nationales Konzept für die Schutzwaldverjüngung (inkl. Hochlagenaufforstung).
- Das Wissen über die Bedeutung der Herkunftswahl und Genetik von Forstpflanzen für den Schutzwald muss vor allem unter dem Aspekt des Klimawandels verfügbar gemacht werden (z.B. Forstgenetiktagung, Demonstrationsflächen, gezielte Schulung / Unterweisung der Praktiker).

### Thema 2: Saatgutversorgung und Forstpflanzen

- Erfassung und Quantifizierung des Bedarfs an zusätzlichen Schutzwäldern insbesondere in Hochlagen.
- Flächenspezifische Erfassung und Quantifizierung des Verjüngungsbedarfs in bestehenden Schutzwäldern.
- Bedarfsanalysen für Saat- und Pflanzgut auf Basis von Risikoanalysen für potenzielle großflächige Störungen (Sturm, Käfer) in Schutzwäldern im Klimawandel.
- Ein zukunftsorientiertes Saatgutversorgungskonzept (Erntebestände, Samenplantagen, Plus-Baum-Netze).
- Ein modernes Samenplantagenkonzept unter Beachtung des Klimawandels (kontinuierlicher Umbau, markergestützte Optimierung).
- Qualitätsanforderungsempfehlung für Forstpflanzen, Verfügbarkeitsanalyse und Veretzungsverfahren.

### Thema 3: Baumarten- und Herkunftswahl

- Prüfung aller bisherigen Herkunftsversuche auf Schutzwald-Eignung im Klimawandel
- Neuanlage von Herkunftsversuchen heimischer und nichtheimischer Baumarten auf der Grundlage von Klimaprognosen.
- Neue Baumarten- und Herkunftsempfehlungen im Klimawandel (Trockenresistenz, Frostresistenz, Austriebsverhalten).

### Thema 4: Schutzwaldverjüngung, Pflanzung und Pflege

- Entwicklung von getrennten Entscheidungshilfen (Decision support tools) zur Beurteilung von
  - » Verjüngungs- bzw. Bestockungszielen,
  - » Naturverjüngung und
  - » Aufforstung.
- Entwicklung von Entscheidungshilfen (Decision support tools) zur Auswahl von Pflanzgut und Pflanzverfahren für den Schutzwald im Klimawandel.

## Forsttechnik und Waldarbeit im Schutzwald

Johann Zöscher, Nikolaus Nemestothy, Karl Stampfer und Dieter Seebacher

Die Bewirtschaftung von Wäldern, speziell aber die Behandlung von Schutzwäldern, wird gesellschaftlich sehr oft kritisch gesehen. Intensive Planung und professionelle Organisation von Holzernteeinsätzen und Behandlungsmaßnahmen müssen daher die Grundlage für Maßnahmen bilden. Schutzwaldpflege und -bewirtschaftung orientieren sich an langfristigen Prozessen. Oberstes Ziel ist die Entwicklung der Stabilität von Beständen.

## Stand des Wissens

### Technische Möglichkeiten bei der Behandlung von Schutzwald

Jeder Eingriff in das Ökosystem Wald stellt eine gewisse Belastung für Boden und verbleibenden Bestand dar. Mit moderner Forsttechnik können waldbauliche Eingriffe möglichst boden-, verjüngungs- und bestandesschonend umgesetzt werden. Österreich hat im Bereich waldschonender Holzerntetechniken für das Gebirge höchste Kompetenz mit Weltruf.

Prinzipiell steht für Interventionen im Schutzwaldbereich eine Reihe von forsttechnischen Möglichkeiten zur Auswahl. Die Auswahl eines Holzerntesystems oder -verfahrens wird von mehreren Parametern abgeleitet: Erschließungsdichte mit Forststraßen, Befahrbarkeit des Geländes, Bodentragfähigkeit und Oberflächenrauigkeit sowie Bestandaufbau. Die Holzfällung erfolgt im Schutzwald hauptsächlich mit der Motorsäge. Für die Rückung werden Schlepper oder Mastseilgeräte eingesetzt, die von der Forststraße aus arbeiten. Das Holz wird meist mit der Motorsäge oder mit Prozessoren aufgearbeitet. Bei fehlender Erschließung oder auch aus Gründen der Forsthygiene und Arbeitssicherheit ist der Helikopter eine

Alternative für die Holzurückung. Bei der Verfahrenswahl im Schutzwald ist ökologischen Kriterien (Bestandespfleglichkeit, Bodenschäden, Nährstoffhaushalt usw.) gegenüber ökonomischen der Vorrang zu geben.

Forststraßen sind die Basis für eine zielgerichtete Schutzwaldbewirtschaftung. Beim Forststraßenbau im Gebirgs- und Schutzwald sind die Eingriffe ins Ökosystem Wald möglichst gering zu halten, um mögliche negativen Folgewirkungen (Erosion, Rutschungen usw.) zu vermeiden. Mit der Baggerbauweise können sowohl technische als auch ökologische Anforderungen an den Forststraßenbau optimal realisiert werden. Durch den Einsatz von Baggern können auch notwendige Sicherungsbauten, wie Steinschichtungen oder „bewehrte Erde“, problemlos errichtet werden. Die Erhaltung der Forststraßen ist eine der größten zukünftigen Herausforderungen, wobei auf die schadlose Ableitung der Oberflächenwässer größtes Augenmerk gerichtet sein sollte.

### Arbeitssicherheit und Unfallverhütung bei Arbeiten im Schutzwald, Rahmenbedingungen, Aus- und Weiterbildung

Bei der Umsetzung von Waldarbeiten und Behandlungsmaßnahmen im Schutzwald muss – wie in jedem Arbeitsprozess – die Arbeitssicherheit prioritär bewertet und es müssen übliche Maßnahmen zur Erreichung von Arbeitssicherheit umgesetzt werden. Genaue Erkenntnisse zu besonderen Gefährdungspotenzialen liefert die Evaluierung der Einsatzorte mit genauer Dokumentation. Sie ist Grundlage für die Unterweisung sämtlicher an der Maßnahmenumsetzung beteiligter Personen.

Besondere Geländeformationen, speziell extremes Steilgelände, bringen enorme Herausforderungen für die Umsetzung von Verjüngungs-



Pflege- und Ernteeingriffen. Gerade in Schutzwaldbereichen ist schwieriges Gelände in Kombination mit zusätzlichen Gefahrenpotenzialen eher die Regel als die Ausnahme. Einer genauen Definition der Schlagordnung (Fällrichtung, Arbeitsfortschritt) sowie einer detaillierten Beschreibung etwaiger sonstiger begleitender Maßnahmen (Stockhöhe, Sicherungsmaßnahmen) kommt dem entsprechend hohe Priorität zu.

Grundlage für sicheres Arbeiten unter schwierigen Bedingungen ist eine umfassende Kompetenz. Methodisch richtige Waldarbeit fördert die Arbeitssicherheit, die Ergonomie und die Effizienz. Qualifizierte Aus- und Weiterbildung aller Akteure zur Umsetzung von Interventionen im Schutzwald ist deshalb alternativlos. In Analogie zur umzusetzenden Arbeit sind adäquate Aus- und Weiterbildungsangebote bedarfsorientiert wahrzunehmen.

## Forschungsbedarf

Der Forschungsbedarf orientiert sich nach der Notwendigkeit zur Entwicklung eines waldbaulich-forsttechnischen Optimalverfahrens zur Ver-

jüngung und zur Behandlung der Gebirgswälder. Die zu entwickelnden Verfahren sollen eine kleinflächige Verjüngung von Gebirgswäldern in Steillagen zu möglichst umfassender Aufrechterhaltung der Schutzwirkung bei gleichzeitig geringen Erntekosten gewährleisten.

## Innovationen im Verfahren

- Planung: Personengetragene Laserscanner (PLS) zur Optimierung von Seillinienplanung, Bauwerksaufteilung und -konstruktion
- Optimierung der Abfolge der Seillinien (forsttechnisch/waldbaulich)
- Entwicklung neuer und Weiterentwicklung bestehender Arbeitsverfahren mit Seiltechnik
- Ergonomie und Arbeitssicherheit
- Entwicklung neuer und Weiterentwicklung vorhandener Querfälltechniken
- Sensoriksysteme zur Personenerkennung im forstlichen Sperrgebiet
- Ergonomische Untersuchungen zur Belastungs- und Beanspruchungsreduktion
- Neue Technologien bei der Seilrückung (z.B. rekuperierende Laufwagen, Hybridtechnologien)
- fortschreitende Automatisierung der einzelnen Prozesse bei der Seilrückung

## Schutztechnik zur Unterstützung der Schutzwirkung des Waldes

Christian Scheidl, Jan-Thomas Fischer, Peter Höller, Frank Perzl und Michael Brauner

### Stand des Wissens

Waldökosysteme unterliegen einer nicht aufzuhaltenden natürlichen Sukzession, weshalb oftmals, vor allem in Bergwäldern, technische Maßnahmen zur Unterstützung der Schutzwirkung erforderlich sind. Zusätzlich fördern solche Maßnahmen auch die Fähigkeit, natürliche Eigenschaften und Funktionen des Ökosystems „Bergwald“ gegenüber Störungen aufrecht zu erhalten. Da eine direkte Evaluierung der Schutzwirkung von Wäldern im Allgemeinen und von gezielten unterstützenden Maßnahmen im Besonderen entweder sehr aufwändig oder gar unmöglich ist, setzt man immer häufiger auf Szenarien-Analysen, welche einerseits die Wirkung des Waldes und andererseits technische Unterstützungsmaßnahmen auf ihre Effektivität beurteilen. Dabei beruhen Szenarien-Analysen im Grunde auf Simulationen von Naturgefahrenprozessen unterschiedlichster Komplexität im Kontext veränderbarer Einflussfaktoren und erlauben es, auf zukünftige Systemänderungen (z.B. Klima oder Landnutzung) und deren direkte Auswirkungen einzugehen.

### Technische Schutzmaßnahmen im Wald

Konzepte technischer Maßnahmen zur Risikoreduktion von Naturgefahrenprozessen sind grundsätzlich auch auf Waldflächen anwendbar, wenn aufgrund von Störungen die Schutzwirkung der lebenden Bestockung verloren gegangen oder fraglich geworden ist. So kann stehendes und liegendes Holz für einen bestimmten Zeitraum die Schutzwirkung vor Lawinenanbrüchen oder Steinschlag übernehmen und zeigt auch für Abflussprozesse geringer bis mittlere Intensität eine rückhaltende Wirkung.

Solche naturbasierten Maßnahmen, oft bezeichnet als „Querfällungen“ oder „Verankerungen“, stellen theoretisch eine kostengünstige und biologische Alternative zu bautechnischen Lösungen dar. Die Praxis zeigt jedoch auch negative Effekte von schutzwirksamem Totholz aufgrund der Massenvermehrung und Verbreitung von Forstschädlingen oder der Erhöhung des Wildholzanteils in Wildbächen. Unklar ist, ab welchem Stadium der Jungwuchs die Schutzwirkung, in Relation zum Zerfallsstadium des Totholzes, voll übernehmen kann. Für jeglichen Einsatz von Schutztechniken zur Unterstützung der Schutzwirkung des Waldes ist daher eine Abschätzung der Entwicklungsdynamik der Verjüngung erforderlich. So stellt sich zum Beispiel für Steinschlagschutzwälder die Herausforderung, dauerhafte Bestände mit wirksamer Stabilität im Starkholz bei stammzahlreichem Jungholz und vitaler Verjüngung zu erhalten. Eine niederwaldorientierte Bewirtschaftung könnte hier eine mögliche Alternative darstellen. Ein weiteres, speziell in den mittleren bis tieferen Lagen in den Vordergrund tretendes Problem ist die stabilisierende Behandlung alter Schutzwaldbestände mit stark vorwüchsigen Individuen oder mit durch biotischen oder abiotischen Stress ausfallende Baumarten. In steilen, offenen oder mit Blößen durchzogenen Wäldern sowie auf Standorten mit glatten Bodenoberflächen (z.B. Lärchenwiesen) sind außerdem Schneegleitbewegungen ein bekanntes Verjüngungshemmnis.

Die meistverbreiteten technischen Maßnahmen, die eine Verjüngung in Bergwäldern fördern, dienen der künstlichen Erhöhung der Bodenrauigkeit (Erdhöcker, Bermen) bzw. der Verankerung der Schneedecke (Gleitschneeböcke, Pfählungen). Andere Maßnahmen beeinflussen wiederum die Akkumulation von Schnee (Winddrift) oder ver-



Natürliche Schutzwirkung zur Förderung der Verjüngung aufgrund von liegendem Totholz nach Lawinenabgang. Urwald Rothwald

hindern direkte Schäden aufgrund von Steinschlag (einfache Steinschlagnetze). Solche technischen, unterstützenden Maßnahmen kommen vor allem im Zuge der Hochlagenaufforstungen sowie in allen Höhenlagen mit Gleitschneeproblematik und geeigneter Waldgesellschaft zur Anwendung. Eine intensiviertere Anwendung ist in den mittleren bis unteren Lagen (800 – 1400 m Seehöhe), auf Grund der sich intensivierenden Gleitschnee- und früh- bis spätwinterlichen Nassschneezyklen, zu erwarten. Erforderlich sind daher Untersuchungen zum Ausmaß kritischer Lückengrößen, die Entwicklung von Modellen zur Abbildung von Gleitschneebewegungen (bis hin zu Lawinen) in Bestandeslücken und die Bestimmung von Gleit-Reibungswerten nicht nur für technische Maßnahmen, sondern auch für Geländestufen und natürliche Hindernisse wie junge Bäume, Totholz oder Strauchwerk. Hier ist auch der zeitliche Verlauf der Einwirkung der Schneedecke auf Vegetation und Schutzkonstruktion von Interesse, um Verband und Bemessung der verjüngungsfördernden

Maßnahmen zu optimieren. Entsprechende Erkenntnisse auf diesem Gebiet würden es erlauben, den Einsatz technischer Maßnahmen einzugrenzen und bestehende Schutzmaßnahmen auf bevorstehende Änderungen zu adaptieren.

### Simulationen zur Gefahrenabgrenzung und Wald

Auf lokaler Ebene (räumliche Skala: Wildbacheinzugsgebiet, einer oder mehrere Lawinen- bzw. Steinschlagpfade) werden hierfür meist prozessbasierte (physikalisch-dynamische) Modellansätze und deren Simulationswerkzeuge verwendet. Bei der Modellierung auf regionaler Ebene (räumliche Skala: Talschaften bis Regionen) können jedoch die benötigten Eingabeparameter sowie die erforderliche Rechenzeit die Anwendung von anspruchsvollen physikalisch-dynamischen Modellen erschweren.



Triebsschneezaun

Im Vergleich mit anderen Naturgefahren wurde die Reduktion der Reichweite von Steinschlag durch den Wald schon sehr früh analysiert. Die Lawinenforschung konzentrierte sich tendenziell auf die Reduktion der Anbruchswahrscheinlichkeit durch den Wald. Heute werden diese Erkenntnisse in den meisten, dem Stand der Technik entsprechenden Steinschlagsimulationsmodellen berücksichtigt. Und auch in der Lawinensimulation werden bereits einzelne Effekte von räumlichen Unterschieden in den Waldstrukturen, explizit z.B. durch Massenverlust (Detrainment) oder erhöhte Fließwiderstandsparameter, berücksichtigt. Trotzdem ist das Wissen über die Schutzwirkung von Wäldern immer noch wesentlich geringer als das Wissen über die technischen Maßnahmen. Dies gilt, neben Steinschlag und Lawinen, vor allem für Naturgefahrenprozesse wie oberflächennaher Abfluss und Rutschungen. Die Quantifizierung der durch Schutzwälder gebotenen Verringerung von solchen Naturgefahrenprozessen hängt auch von der langfristig betrachteten Walddynamik ab. So werden die Waldreaktion bzw. Selbstoptimierungskapazität nur ungenügend betrachtet. Weiters hat die Maßnahmenbemessung unter Zuhilfenahme von Simulationsmodellen immer das Bemessungsereignis im Fokus, und da ist die Waldwirkung üblicherweise überlastet bzw. wird gar nicht erst berücksichtigt. Dies gilt

jedoch nicht für das häufigere Ereignis, wo die Waldwirkung sehr wohl von hoher Relevanz ist, da sie die Dauerhaftigkeit und den Instandhaltungsaufwand von technischen Maßnahmen maßgeblich beeinflusst. Da die statische Berücksichtigung der Waldwirkung in überwiegend extremwertstatistisch ausgelegten Bemessungsmodellen zu einer systematischen Unterschätzung der Waldwirkung führt, welche ja eine dauerhafte Wirkung darstellt, sollte der Fokus auf den durchschnittlichen, häufigen Gefahrenprozess mit geeignet kalibrierten Prozessmodellen gestärkt werden.

Im Allgemeinen muss betont werden, dass zur Darstellung der gefahrenmindernden Wirkung des Waldes eine dynamische Berücksichtigung des Waldes (z.B. durch physiologische Waldmodelle, welche Naturgefahr als abiotischem Störfaktor einbinden) erforderlich ist. Damit kann die Wirkung des Waldes bzw. des Waldmanagements gegenüber Objektschutz technischen Maßnahmen monetarisiert verglichen werden und es können Hinweise auf sinnvolle Steuerungsmaßnahmen oder technische Maßnahmen gegeben werden. Momentan kann die Schutzwirkung des Waldes selten direkt in eine Kosten-Nutzen-orientierte Risikoanalyse einbezogen werden.



Analoger Steinschlagsimulator für die Bewußtseinsbildung in Schulen

## Forschungsschwerpunkte

### Technische Schutzmaßnahmen im Wald

- Erhebung der Schutzwirksamkeit des Jungwuchses bei verschiedenen Standorts- und Bestandesverhältnissen (Altbestand, Totholz)
- Untersuchung der Auswirkung von Größe und Zustand unbestockter Flächen im Wald auf die Schutzwirkung und damit auf die Notwendigkeit technischer Begleitmaßnahmen
- Einbeziehung von Waldparametern in Gleit-Reibungswerte
- Zeitlich und räumlich aufgelöste Ermittlung der Gleit-Reibungsbeiwerte sowie der Einwirkungen der Schneedecke auf Vegetation und Schutzkonstruktion unter Berücksichtigung typischer Waldparameter und Verjüngungssituation.
- Untersuchungen zu einer optimalen Gestaltung der technischen Maßnahmen zur Förderung der Verjüngung sowie deren Verbandsstruktur

- Versuche zur gezielten Behandlung von Schutzwäldern mit vorwüchsigen oder durch biotischen/abiotischen Stress ausfallenden Stabilitätselementen
- Verfahren zur Abschätzung der Jungwuchsentwicklung mit und ohne technische Begleitmaßnahmen

### Simulationen zur Gefahrenabgrenzung und Wald

- Aufbau von Datenbeständen welche als empirische Grundlage zur Verbesserung, Entwicklung und Validierung von Simulationsmodellen hinsichtlich der Quantifizierung der Schutzwirkung des Waldes dienen.
- Gezielte Feld- sowie physikalische Untersuchungen zur Unterstützung der empirischen Datenerhebung.
- Kombination von Naturgefahrensimulationen zur Gefahrenabgrenzung mit zum Beispiel Landschafts-, Landnutzungs- oder Klimamodellen zur Abschätzung zukünftiger Entwicklungsszenarien.

## Windschutzanlagen

Thomas Weninger, Peter Strauss, Christian Steiner, Kerstin Michel und Erwin Szlezak

### Stand des Wissens

#### Schutzgüter und Schutzwirkung von Windschutzanlagen

Im Vergleich zu geschlossenen Waldbeständen entfalten Windschutzanlagen (WSA) als vollumfängliche Ökotope ihre Schutzwirkung multidimensional. Neben ihrer Standortschutzfunktion, meist in der unteren Kampfzone des Waldes, minimieren WSA Erosionsschäden durch Wind in der angrenzenden Agrarlandschaft. Die Wirkung von WSA beruht dabei sowohl auf der Verringerung der bodennahen Windgeschwindigkeit als auch auf einer direkten Beeinflussung der Bodenfeuchte im Umfeld, da feuchter Boden weniger erosionsanfällig ist. In Folge wird auch das pflanzenverfügbare Bodenwasser im Jahresverlauf als Schutzgut angesehen. Ähnliches gilt für die Biodiversität, die durch die Einbindung der WSA als Korridore in ein Biotopverbundsystem günstig beeinflusst wird. Nährstoffkreisläufe in der Agrarlandschaft werden vor allem durch die Bindung von Kohlenstoff (durch Biomasse und Humusaufbau) und Stickstoff (längerfristige Bindung durch Erhöhung des C:N-Verhältnisses) durch Windschutzanlagen positiv stimuliert.

Bisherige Studien zeigen, dass für eine Beurteilung der Wirkungen von WSA eine integrale Betrachtung verschiedener räumlicher Skalenniveaus wichtig ist. Diese reicht von einer punktförmigen (Bodenprofil) oder linienhaften (einzelne Grenzfläche) Betrachtung über eine kleinflächige (Feld) bis hin zur regionalen Betrachtung (Landschaft). Die Dichte von WSA in der betrachteten Region ist hier entscheidend und die größte Windschutzwirkung wird erzielt, wenn es gelingt, die Winddynamik durch ausreichende WSA und ähnliche Strukturelemente

von der Bodenoberfläche abzuheben. Für die technische Wirksamkeit der einzelnen WSA sind Charakteristika wie Geometrie, Vitalität, Stabilität sowie Standortangepasstheit ausschlaggebend. Die Artenzusammensetzung ist höchst relevant, da die laufenden Veränderungen der klimatischen Bedingungen vor allem im sommerwarmen Osten (also dem Kerngebiet der Windschutzthematik) den Fortbestand von vieljährigem holzigem Bewuchs vor große Herausforderungen stellen (Stichwort untere Wald-/eventuell sogar Baumgrenze).

#### Erhalt und Ausbau der Schutzwirkung

In der waldbaulichen Forschung ist die Frage nach zukünftigen Möglichkeiten für eine funktionierende Forstwirtschaft in der unteren Kampfzone des Waldes und vor dem Hintergrund der Klimaveränderungen durchaus präsent. Die klimatische Entwicklung bedingt, dass es noch schwieriger werden wird, längerfristig vitale und funktionelle WSA anzulegen und aufzubringen. Der Erhaltung von bestehenden WSA sollte also Priorität eingeräumt werden. Die Pflege von WSA zur Sicherung von langfristiger Vitalität wird in Österreich von den Erhaltungsverpflichteten (Gemeinden, Erhaltungsgemeinschaften, Private) kaum praktiziert, in einzelnen Bundesländern wird dafür jedoch Unterstützung angeboten (z.B. NÖ Agrarbezirksbehörde). Der derzeitige Stand des Wissens beruht daher meistens auf Experteneinschätzungen, über die Anforderungen an optimal wirksame WSA wurde noch nicht umfassend geforscht.

Neben dem Einfluss klimatischer Veränderungen spielen auch sozio-ökonomische und politische Rahmenbedingungen eine wesentliche Rolle, vor allem in der Installation neuer und Instandhaltung bzw. Erweiterung bestehender WSA.



Bodenrückhalt durch Windschutzanlage

Durch die Installation von neuen WSA erfährt der Bewirtschafter gewisse Bewirtschaftungseinschränkungen, vor allem der Verlust an Flexibilität in der Bewirtschaftung durch den nach Forstgesetz eintretenden Schutzwaldstatus wird oft als Hemmnis genannt. Diese Nachteile werden durch Förderungen und andere positive Effekte von WSA nur teilweise kompensiert.

Vereinzelte Versuche, diese Situation zu verbessern, wie etwa über die Förderung von Kurzumtriebsflächen, die ähnliche Wirkungen haben können, erzielten bisher keine großen Erfolge. Die gedankliche Trennung von Land- und Forstwirtschaft scheint in Österreich besonders stark zu sein und dürfte hier als Hürde wirken. In vielen Nachbarländern gibt es mittlerweile intensive Bemühungen und Fördermaßnahmen für Agroforstsysteme, die diese beiden Wirtschaftszweige verknüpfen und hohe Schutz-

aber auch Ertragsleistungen versprechen. Die dahingehende Entwicklung befindet sich in Österreich erst am Anfang (siehe Modell der Mehrnutzungshecke [www.unserboden.at](http://www.unserboden.at) und [www.arge-agroforst.at](http://www.arge-agroforst.at)).

Internationale Forschungsarbeiten zielen immer mehr auf eine gesamtheitliche Betrachtung von Landschaften und vor allem Landschaftselementen wie WSA und deren vielfältigen Wirkungen ab. Es zeigt sich in den meisten Fällen, dass der Nutzen durch erhöhte Bodenfruchtbarkeit, Bestäubungsleistung, reduzierte Verdunstung, etc. in hochwertigen Ökosystemen den kurzfristigen monetären Nachteil aufwiegen kann. Eine wesentliche Herausforderung für das schutzwirksame Management dieser Schutzwaldform liegt neben der naturwissenschaftlichen Komponente auch im Schaffen von Bewusstsein und von politischen Rahmenbedingungen.



## Wissensdefizite und Forschungsthemen

Zukünftige Forschungs- und Innovationstätigkeit muss über die technische Ebene hinaus ganzheitliche Ansätze zugrunde legen, die vor allem die sozio-ökonomische Komponente mit einbeziehen. In die Entscheidung, ob eine WSA bestehen bleiben kann oder neu angelegt wird, fließen Faktoren wie Ökonomie, gesellschaftliche Akzeptanz bzw. gesellschaftlicher Druck, gesetzliche Einschränkungen und Ähnliches ein. Die genauen Grundlagen der Entscheidungen sind jedoch nicht bekannt und sollten in interdisziplinären Forschungsarbeiten beleuchtet werden. Technisch basierte Forschung kann die höchste Wirksamkeit erzielen, wenn die regionale oder überregionale Ebene behandelt wird, vor allem zur Ausweisung von Gebieten mit geringer Ausstattung an WSA. Das waldbauliche Wissen ist hier der Umsetzung bereits deutlich voraus.

Konkrete wissenschaftliche Initiativen sollen in folgende Richtungen gesetzt werden:

- Erfassung des IST-Zustands von Windschutzanlagen in Österreich, WSA-Kataster  
Trotz der Wichtigkeit von WSA in ihrer multifunktionalen Schutzwirkung gibt es zurzeit keine einheitliche und umfassende Datenquelle, die Aufschluss über den mengenmäßigen und qualitativen Umfang und Zustand von WSA in Österreich liefert. Die rasante Entwicklung neuer Fernerkundungsmethoden eröffnet mittlerweile die Möglichkeit, eine Einrichtung eines WSA-Katasters konkret ins Auge zu fassen. Grundlagen dafür wären z.B. im Waldentwicklungsplan (WEP) oder der Bodenschutz-Datenbank gegeben. Enthaltene und aufbauende Forschungsthemen dazu sind:
  - » Methodenentwicklung und Validierung zur automatisierten Ausweisung des WSA-Kataster
  - » Ausweisung von Regionen mit hohem Zusatzbedarf an Strukturelementen
  - » regionale Analysen durch Verschneidung des WSA-Katasters mit zunehmend verfügbaren räumlichen Daten, z.B. Bodenfeuchte, Erosionsgefährdung, Wassergüte, etc.
- Analyse des Entscheidungsverhaltens für/ gegen WSA-Bewirtschaftung und Aufbereitung der in die Entscheidung einbezogenen Kriterien.
- Best Practice-Beispiele für angewandte interdisziplinäre Forschung und Wissenschaftskommunikation  
Ein Netzwerk aus wissenschaftlich begleiteten Praxisbeispielen (Best Practice) kann auf anschauliche Weise die mittel- und langfristigen Effekte verschiedener Techniken in der Bewirtschaftung von WSA aufzeigen. Dies gilt sowohl auf regionaler als auch auf Betriebsebene. Demonstrationsbetriebe oder -regionen können durch Förderung von wissensbildenden Maßnahmen forciert werden (Lighthouse-Farms, KLAR-Regionen o.ä.). Zudem ist die Schaffung politischer Rahmenbedingungen und Kommunikation zur Überwindung der „Gedankenschanke“ AgrarForst erforderlich.

## Forstbetriebliche und steuerliche Aspekte der Schutzwaldbewirtschaftung

Philipp Toscani, Walter Sekot und Hermann Peyerl

### Einleitung

Der Zustand des österreichischen Schutzwaldes signalisiert einen sehr großen und vielfach auch dringlichen Handlungsbedarf. Hochlagenaufforstung, Verjüngung und Pflege der Schutzwälder sind Aufgaben, die auf großer Fläche abseits der vom Dienstzweig der Wildbach- und Lawinerverbauung betreuten Hotspots herantreten und nur in Abstimmung mit bzw. unmittelbar durch die überwiegend privaten Waldeigentümer\*innen bewerkstelligt werden können. In Ergänzung zu den forstrechtlich normierten Verpflichtungen braucht es zusätzliche, insbesondere ökonomische Leistungsanreize sowie auf betrieblicher Ebene wirksame Hilfestellungen, um die notwendige Intensivierung zu erzielen.

### Stand des Wissens

Für einen effizienten Einsatz öffentlicher Mittel gilt es, die Ökonomie der Schutzwaldbewirtschaftung auf betrieblicher Ebene im Detail zu verstehen. Die Testbetriebserhebungen im Großwald erlauben Auswertungen auf einzel- und überbetrieblicher Ebene, bilden aber keine innerbetrieblichen Differenzierungen, insbesondere zwischen Wirtschafts- und Schutzwaldbewirtschaftung, ab. Der überbetriebliche Vergleich forstökonomischer Kennzahlen von Gebirgslagen und außeralpinen Regionen belegt lediglich die generelle Erschwernis der Forstwirtschaft im Bergland vor allem in Bezug auf die Kostenstellen Erschließung und Holzernte.

Neben dem Einsatz öffentlicher Mittel kommen auch gezielte Entlastungen in Betracht, um die

Waldeigentümer zu den für sie sonst unwirtschaftlichen, gesellschaftlich aber umso erwünschteren Maßnahmen zu motivieren. Steuerliche Begünstigungen können flankierende Maßnahmen zur Intensivierung der Schutzwaldbewirtschaftung sein und gesellschaftlich erwünschtes Verhalten fördern. Bislang ist allerdings das Gegenteil der Fall: Im Rahmen der forstlichen Einheitsbewertung werden auch de facto unproduktiven Schutzwäldern (solchen ohne Holznutzung) pauschal positive Ertragswerte zugeordnet, sodass das Eigentum an Schutzwald zu der an der Einheitsbewertung anknüpfenden Abgabenlast beiträgt. Die mittel- und langfristige forstliche Betriebsplanung (Forsteinrichtung) behandelt den Schutzwald wegen seiner in der Regel geringen Ertragsfähigkeit nur extensiv. Soweit es sich nicht um Schutzwald in Ertrag handelt, werden diese Flächen von betrieblichen Inventur- und Planungsmaßnahmen überhaupt nicht erfasst. Die Einbeziehung von Freiwilligenarbeit in gesellschaftlich relevante Tätigkeiten hat sowohl ökonomisches als auch soziales Potenzial.

### Wissensdefizite

Die Länder der DACH-Region (Deutschland, Österreich und Schweiz) haben eine lange Tradition im forstökonomischen Monitoring auf Basis von Testbetriebsnetzen. Im Unterschied zu den Ansätzen in Deutschland und der Schweiz adressiert das forstökonomische Monitoring in Österreich die Schutzwaldbewirtschaftung nach wie vor nicht explizit. Dafür wäre eine innerbetriebliche Differenzierung des Rechnungswesens erforderlich. Zudem erstreckt sich das Testbetriebsnetz im österreichischen Großwald



nicht auf die Bundesländer Tirol und Vorarlberg und hinsichtlich der ökonomischen Verhältnisse im Kleinwald liegen nur Daten einer kleinen Beurteilungsstichprobe vor.

Im Hinblick auf die Schutzwaldpflege fehlen konkrete Konzepte für steuerliche Anreizsysteme sowie entsprechende Kenntnisse hinsichtlich ihrer zweckmäßigen Ausgestaltung und potenziellen Wirksamkeit.

Es fehlen Konzepte für eine effiziente Datenbeschaffung und Maßnahmenplanung im Hinblick auf die Sicherung bzw. Verbesserung der Schutzwirkung für verschiedene betriebliche Konstellationen.

Es ist nicht bekannt, welche Erfahrungen österreichische Waldbesitzer\*innen mit der Freiwilligenarbeit im alpinen Gelände bisher gemacht haben und wie sie dieser in Bezug auf eine allfällige Unterstützung der Schutzwaldpflege gegenüberstehen.

## Potentielle Forschungsthemen

Forschungsfeld 1:

### Forstökonomisches Monitoring (Priorität 1)

Vor dem Hintergrund der Gegebenheiten in Österreich sowie der Erfahrungen in den beiden Nachbarländern sind die Möglichkeiten einer spezifischen Detaillierung bzw. Erweiterung des forstökonomischen Monitorings zu untersuchen.

Forschungsfeld 2:

### Steuerrechtliche Aspekte (Priorität 1)

Es sind konkrete Möglichkeiten aufzuzeigen, wie Forstbetrieben und auch Dritten entsprechende Anreize spezifisch in Bezug auf die Schutzwaldpflege vermittelt werden könnten. Forschungsfragen ergeben sich etwa hinsichtlich der Ausgestaltung einer steuerlichen Investitionsprämie („Schutzwaldprämie“) und der steuerlichen Begünstigung von Bewirtschaftungsgemeinschaften. Insbesondere für Kleinwaldbesitzer\*innen könnte ein Konzept für die steuerliche Abzugsfähigkeit von Bewirtschaftungsmaßnahmen als Sonderausgaben oder außergewöhnliche Belastungen erarbeitet werden.

Forschungsfeld 3:

### Forstliche Betriebsplanung (Priorität 2)

Es ist zu untersuchen, wie spezifische, betriebliche Planungsgrundlagen für die Schutzwaldbewirtschaftung und dabei insbesondere die Erhaltung bzw. Verbesserung der Schutzfunktion geschaffen werden können. Dazu sind Konzepte und Praktiken der Österreichischen Bundesforste in der Schutzwaldbewirtschaftung zu erheben und hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf kleinere Betriebe unter Bezugnahme auf andere, speziell schweizerische Erfahrungen zu prüfen.

Forschungsfeld 4:

### Freiwilligenarbeit (Priorität 3)

Bisherige Erfahrungen mit sowie die grundsätzliche Haltung von Waldeigentümer\*innen bzw. Forstbetrieben gegenüber der Freiwilligenarbeit sind in Erfahrung zu bringen, die wesentlichen, insbesondere rechtlichen Rahmenbedingungen sind abzuklären und Konzepte zur praktischen Umsetzung sind transdisziplinär zu erarbeiten.



## Schutzwald – Klimawandel

## Klimawandel mit Blick auf den Schutzwald

Marc Olefs, Katharina Enigl, Klaus Haslinger, Christoph Matulla und Georg Pistotnik

### Stand des Wissens und Kernaussagen

Der Mensch ist zu dem stärksten Klimaantrieb geworden, mehr als die Hälfte der globalen Erwärmung seit 1950 ist menschengemacht und dieser Anteil steigt mit den wachsenden Emissionen klimawirksamer Treibhausgase weiterhin an. In Österreich ist die Lufttemperatur dabei seit Ende des 19. Jahrhunderts um knapp 2 °C in etwa doppelt so stark angestiegen wie im globalen Mittel (+20 % im Vergleich zu den globalen Landflächen). Ein weiterer Temperaturanstieg von +1,3 °C bis zum Jahr 2050 (unabhängig vom Emissionsszenario) bzw. unter 2 bis 4 °C (tiefgreifende globale Emissionsreduktionen (Paris-Ziel) bzw. keine Maßnahmen) bis zum Jahr 2100 ist zu erwarten. Die Erwärmung geht einher mit einer Zunahme der Hitzebelastung (längere und intensivere Hitzewellen).

Aufgrund der in der Zukunft weiter erwarteten Zunahme der Verdunstung ist insbesondere ohne Klimaschutz mit häufigeren und intensiveren Dürreereignissen im Laufe des 21. Jahrhunderts zu rechnen.

Die natürliche Schneedeckendauer und Schneehöhe haben insbesondere im Westen und Süden Österreichs seit 1960 langfristig signifikant in allen Höhenlagen abgenommen. Abhängig von der Höhenlage muss mit einer weiteren langfristigen Abnahme im Ausmaß von 10–40 % bzw. 50–90 % (drastische globale Klimaschutzmaßnahmen bzw. keine Maßnahmen) bis ans Ende des 21. Jahrhunderts gerechnet werden.

Großräumige (flächige) Starkniederschläge zeigen in der Vergangenheit über ganz Mitteleuropa kaum signifikante, aber mehr positive als

negative Trends. Die Zahl der Tage mit starken bis extremen Niederschlägen hat in Österreich zulasten der Zahl an Tagen mit schwachen bis moderaten Niederschlägen zugenommen. Eine Zunahme der Niederschlagsintensitäten von etwa 7 % pro °C Erwärmung wird für die Zukunft erwartet.

Über die vergangene langfristige Entwicklung von kleinräumigen (konvektiven) Extremereignissen (lokale Starkregen, Gewitter, Hagel) sind derzeit nur indirekte Aussagen möglich, dabei hat sich das Potenzial für deren Bildung erhöht. Insbesondere für die ferne Zukunft (2071–2100) und ohne globale Klimaschutzmaßnahmen zeigt sich eine deutliche und signifikante Zunahme der Intensität von konvektiven Extremereignissen, die vor allem im Sommer unregelmäßiger aber intensiver auftreten können. Dabei erhöhen sich die Intensitäten stärker als bei flächigen Niederschlagsereignissen.

Das häufigere Auftreten von Starkniederschlagsereignissen in Kombination mit dem beobachteten und weiter erwarteten Temperaturanstieg führt im europäischen Alpenraum zu einer Zunahme des Potenzials für gravitative Massenbewegungen (Hangrutschungen, Muren).

Untersuchungen über das Sturmklima zeigen für Mitteleuropa in der Vergangenheit starke jährliche und dekadische natürliche Schwankungen, aber keine signifikanten langfristigen Trends. Für die Klimazukunft wird derzeit von einer Zunahme der Sturmintensität bei ähnlicher Anzahl von Stürmen ausgegangen. Über die Veränderung kleinräumiger Stürme in der Vergangenheit lassen sich aufgrund der Datenlage derzeit keine Aussagen machen, für die Zukunft wird ein erhöhtes Risiko kleinräumiger konvektiver Stürme erwartet.



Das Ausmaß dieser Klimarisiken in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts ist dabei wesentlich durch den Menschen beeinflussbar (drastische und rasche globale Klimaschutzmaßnahmen sowie regionale und sektorale Anpassungsmaßnahmen).

### Defizite

Großer Forschungsbedarf herrscht beim generellen Zusammenhang zwischen dem Klimawandel und der atmosphärischen Zirkulation (z.B. mögliche erhöhte Persistenz von Hitzewellen mit Trockenheit im Sommerhalbjahr, die eine Saison prägen können). Des Weiteren gilt es, die Ursachen und Dynamiken von Extremereignissen und deren statistische Einordnung besser verstehen zu lernen (z.B. konvektive Starkniederschläge und Wetterlagen). Aussagen zur mittleren Temperaturentwicklung sind relativ zuverlässig.

Aussagen zur Niederschlagsentwicklung sind dagegen mit größeren Unsicherheiten behaftet. Hier besteht dringender Bedarf, die Datenlage zu verbessern, vor allem für höher gelegene Gebirgsregionen und komplexes Gelände. Um die Niederschlagsentwicklung zuverlässiger einschätzen zu können, sind weitere Erkenntnisse über den Prozess der Niederschlagsbildung insbesondere im Gebirge notwendig. Deutliche Verbesserungen bei den saisonalen und dekadischen Wetter- und Klimaprognosen sind Voraussetzung zur Einschätzung der künftigen, kurz- und mittelfristigen Variabilität der Schneedecke oder anderer Parameter im Klimasystem.

### Forschungsfragen

- Wie gut können State of the Art-Klimamodelle Prozesse der natürlichen Klimavariabilität in Hinblick auf Trockendekaden abbilden?
- Wie gut können künftige Klimamodelle den Niederschlag – speziell dessen Extreme - im topographisch komplexen Terrain abbilden, um die derzeitige Unsicherheit von Änderungen im Auftreten hydrologisch ausgelöster Naturgefahrenereignisse zu verringern?
- Wie verhalten sich sub-tägliche bis sub-stündliche Niederschlagsextreme in Österreich und dem Alpenraum im Zuge des Klimawandels?
- Wie sehr können kombinierte oder aufeinanderfolgende Extremereignisse (z.B. Stürme und Starkniederschläge, die zu Verklausungen führen, oder Eisbruch und folgende Trockenheit/Hitze – Beispiel Waldviertel 2014/15) die auftretenden Schäden gegenüber solitären Extremen aufschaukeln, und wie kann man die Schutzwälder resilienter gegenüber solchen Einwirkungen gestalten?
- Wie lassen sich Schadensinformationen aus vielfältigen Quellen möglichst vollständig zusammenführen, um die besten „Übersetzungsschlüssel“ zwischen meteorologischen Extremen und auftretenden Schäden zu erhalten?

## Waldbrandprävention, -bekämpfung und Nachbehandlung von Waldbrandflächen

Harald Vacik und Mortimer Müller

### Stand des Wissens

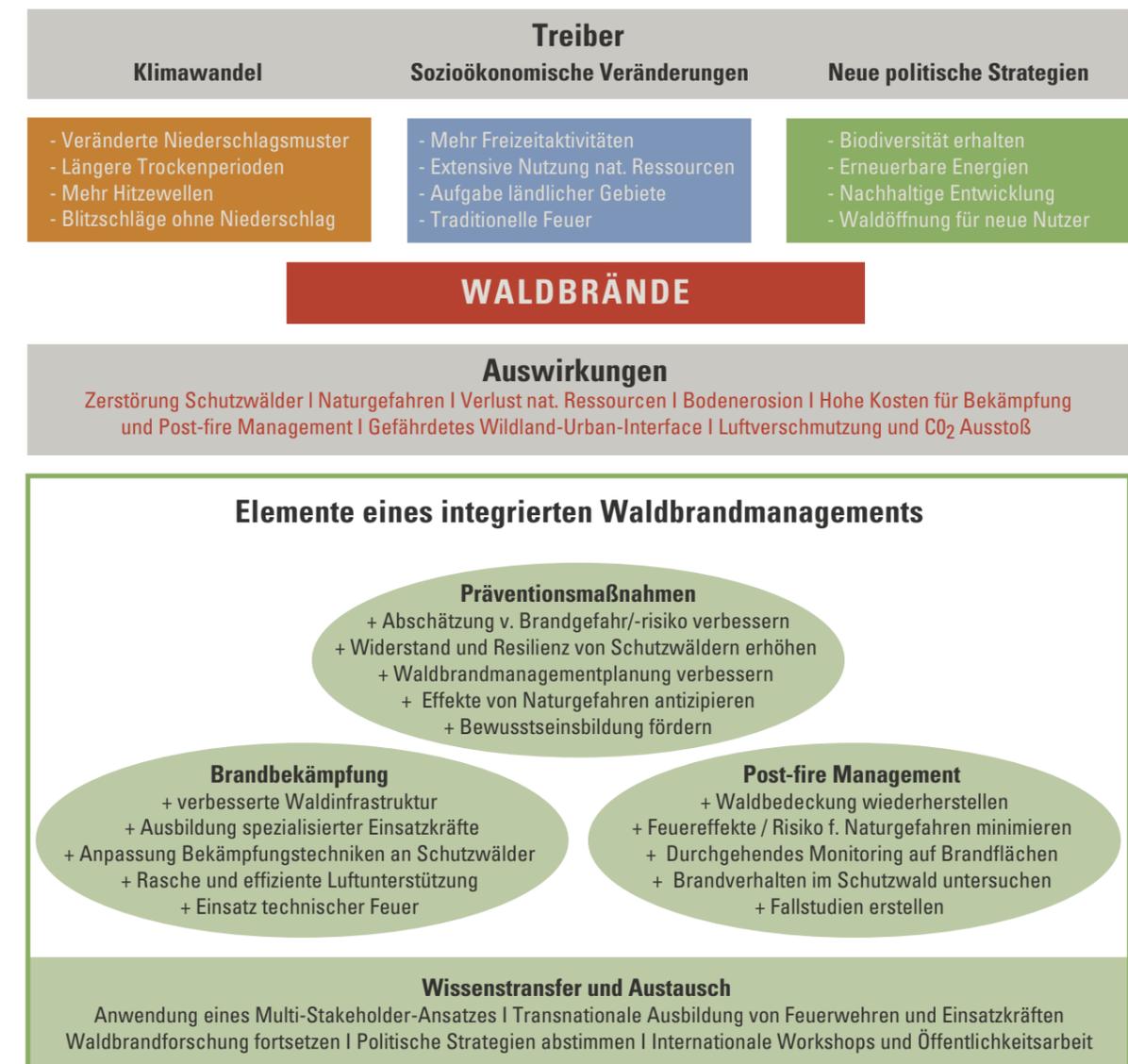
Unkontrollierte Vegetationsbrände stellen ein weltweit zunehmendes Problem dar. Als Haupttreiber für das Auftreten und Verhalten von Waldbränden in Europa und im Alpenraum sind

- der Klimawandel in Verbindung mit höheren Temperaturen, Hitzewellen, längeren Trockenperioden, starkem Wind und abiotischen/biotischen Störungen sowie
- die sich ändernden sozioökonomischen Faktoren und eine extensive Waldbewirtschaftung zu nennen.

Derzeit treten in Österreich etwa 250 Waldbrände pro Jahr auf, mit einem Schwerpunkt im Frühjahr und Hochsommer. 85 % aller Waldbrände werden direkt oder indirekt durch den Menschen ausgelöst. Als häufigste Brandursachen gelten weggeworfene Zigaretten, Feuer außer Kontrolle, ausgebrachte heiße Asche und

Brandstiftung. 15 % der jährlichen Waldbrände in Österreich werden durch Blitzschläge ausgelöst. In den Sommermonaten kann der Anteil bis zu 50 % betragen. Die meisten Waldbrände ereignen sich in Niederösterreich, Tirol, der Steiermark und Kärnten, wobei in den alpinen Landesteilen häufig Schutzwälder betroffen sind.

Bei einem Großteil der österreichischen Waldbrände handelt es sich um kleinflächige Schwelbrände und Bodenfeuer geringer Intensität, die lediglich die Bodenvegetation verbrennen und eine Brandfläche von weniger als 0,3 Hektar aufweisen. Für österreichische Verhältnisse extreme Waldbrände ( $\geq 30$  Hektar) treten im Schnitt alle fünf Jahre auf. In Südeuropa, aber auch im Alpenraum, gewinnt das Wildland-Urban-Interface (WUI) immer mehr an Bedeutung. Hierbei handelt es sich um jene Bereiche, bei denen die Vegetation direkt an Siedlungen und kritische Infrastrukturen grenzt, wodurch eine hohe Entstehungsgefahr mit einem hohen



Elemente eines integrierten Waldbrandmanagements, adaptiert für österreichische Verhältnisse

Schadenspotenzial zusammenfällt. Für die umfassende Behandlung der Waldbrandthematik im Alpenraum wird von den politischen Entscheidungsträgern, den Einsatzorganisationen, den Behörden und der Waldbrandforschung ein integriertes Waldbrandmanagement mit Maßnahmen zur Prävention, zur Brandbekämpfung sowie zur Nachbehandlung von Brandflächen angestrebt (siehe Abbildung). Hierbei sollen sowohl die Treiber für das Auftreten von Waldbränden als auch deren mögliche Auswirkungen berücksichtigt und der Wissenstransfer zwischen den Akteuren unterstützt werden.

### Defizite

In Österreich werden derzeit kaum Maßnahmen zur Waldbrandprävention umgesetzt. Besonders wichtig sind eine verbesserte Abschätzung der Waldbrandgefahr und des Waldbrandrisikos und gezielte Maßnahmen zum Schutz gefährdeter Schutzwälder, um die Bewaldung sicherzustellen und Naturgefahren zu vermeiden. Es fehlen zielgerichtete waldbauliche Maßnahmen zur Waldbrandvermeidung oder zur Senkung des Waldbrandrisikos, wie beispielsweise eine geänderte Baumartenwahl und angepasste Pflegemaß-

nahmen. Neben der Abstimmung mit Naturschutzaktivitäten, wobei hier die Verteilung von Totholzmassen eine große Rolle spielt, sind eine aktive, zielgruppen- und mediengerechte Bewusstseinsbildung und Öffentlichkeitsarbeit zur Steuerung des Verhaltens von Touristen und Erholungssuchenden entscheidend.

In Österreich fehlen die empirischen Grundlagen zum Verhalten von Waldbränden in unterschiedlichen Vegetationstypen im Gebirge. Speziell sollten die verfügbaren Brennstoffmengen und die Vegetationsstruktur im Schutzwald explizit erfasst werden. Daneben benötigt es eine räumlich hochaufgelöste und umfassende Risikobewertung mit Einbezug der Vulnerabilität von Wäldern, Siedlungen und Infrastrukturen, um Präventionsmaßnahmen im Schutzwald priorisieren zu können. Hierfür müssen auch Wasserentnahmestellen und Löschteiche, Landeplätze für Hubschrauber sowie die Walderschließung erfasst werden. Waldfachpläne mit Berücksichtigung der Thematik Waldbrand existieren in Österreich nur vereinzelt und beziehen keine Vulnerabilität, klimatischen Veränderungen oder Extremszenarien mit ein.

Bei der Restaurierung von Waldbrandflächen nach großflächigen, die Vegetationszusammensetzung verändernden Waldbränden fehlen Erfahrungswerte für eine kosteneffektive und sinnvolle Vorgehensweise zur Sicherstellung der Wiederbewaldung und Schutzwirkung. Demonstrationsflächen sollten angelegt werden, um langfristige Erfahrungen durch ein integrales Monitoring hinsichtlich Mortalität, Wiederbewaldung, Erosion, etc. sammeln zu können.

Bei Extrembränden oder dem gleichzeitigen Auftreten mehrerer Großbrände kann es in Zukunft erforderlich sein, die Einsatzplanung, Einsatzsicherung sowie die Bekämpfungsstrategien der Einsatzkräfte zu adaptieren. Darunter fallen eine angepasste Ausrüstung, mehr Spezialkräfte oder der Einsatz von technischen Feuern zur Brandbekämpfung. Die Entwicklung von regionalen Konzepten zur Waldbrandbekämpfung unter Berücksichtigung des WUI und der Vulnerabilität ist somit vordringlich.

## Forschungsthemen

Aufgrund des skizzierten Stands des Wissens und der Defizite lassen sich folgende Forschungsbereiche definieren:

### Waldbrandgefahr und Risiko

- Analyse der räumlichen und zeitlichen Veränderung der Waldbrandgefahr unter Berücksichtigung des Klimawandels und eine integrierte Abschätzung des Waldbrandrisikos auf der Basis von Entstehungsgefahr, Waldbrandverhalten und Vulnerabilität von Wäldern, Siedlungen und Infrastrukturen.
- Analyse der Bedeutung des Wildland-Urban-Interface (WUI) und die Entwicklung von Extremszenarien für die Waldbrandprävention und bei der Waldbrandbekämpfung sowie die Erarbeitung geeigneter Maßnahmen.

### Waldbrandverhalten

- Untersuchung des Waldbrandverhaltens und der Vulnerabilität österreichischer Waldgesellschaften mithilfe eines Waldbrand-simulators für Gebirgswälder und Abschätzung von Kaskadeneffekten (z. B. Sturm – Borkenkäfer – Waldbrand – gravitative Naturgefahren).

### Waldbrandprävention

- Evaluierung von präventiven waldbaulichen Maßnahmen im Schutzwald hinsichtlich der Bedeutung der Baumartenwahl und der Bestandesstruktur für die Entstehung und Ausbreitung von Waldbränden.
- Analyse der unterschiedlichen Zielpräferenzen und der Bedeutung von Waldfunktionen für die Ableitung von Maßnahmen zur Waldbrandprävention und Möglichkeiten zur Schaffung geeigneter rechtlicher Rahmenbedingungen im Hinblick auf die Multifunktionalität der Wälder.

## Forstschutz im Schutzwald – biotische Schadfaktoren (Insekten, Pilze, Eipilze)

Gernot Hoch, Thomas Kirisits, Peter Baier und Thomas Cech

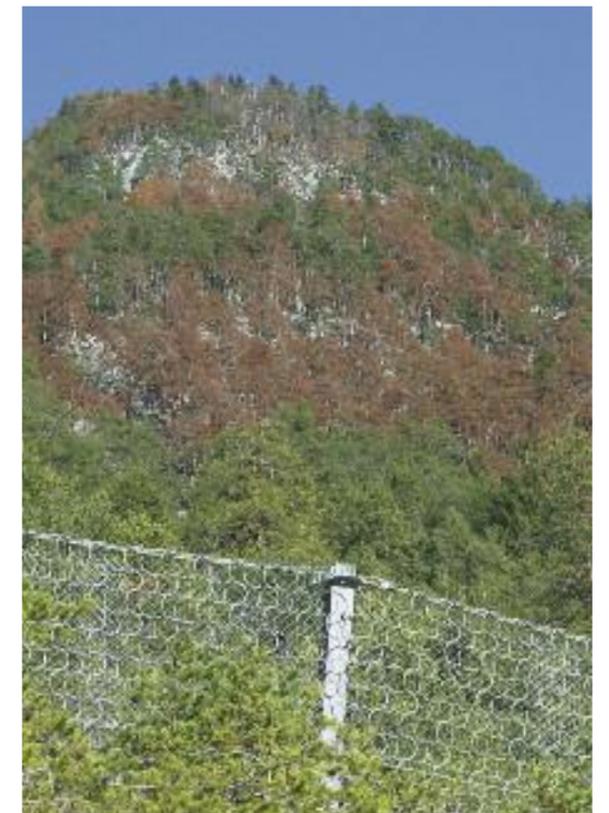
### Zustand und Stand des Wissens

Änderungen der klimatischen Bedingungen können für die Baumarten im Schutzwald zu vermehrtem abiotischen Stress führen, die Lebensbedingungen für Schadorganismen verändern und deren Wechselwirkungen mit den Wirtsbäumen modifizieren. Invasive Schadorganismen – eingeschleppt durch internationalen Waren- oder Personenverkehr oder eingewandert in Folge der Klimaänderung – setzen viele Baumarten unter Druck. Ein effektives Schädlingsmanagement erfordert insbesondere durch die vielfältigen Ansprüche an den Schutzwald und durch häufig erschwerte Zugänglichkeit der Flächen einen hohen Aufwand.

In den letzten Jahren manifestierten sich Auswirkungen des Klimawandels in Form von Massenvermehrungen verschiedener Borkenkäferarten. An der Fichte profitierte der Buchdrucker von schnellerer Entwicklung bei höheren Temperaturen, auch in Hochlagen nimmt die Zahl der Generationen pro Jahr zu und damit steigt das Vermehrungspotenzial. Ein erhöhtes Brutholzangebot nach abiotischen Schadereignissen fördert Borkenkäferkalamitäten. Der Zusammenhang zwischen Temperatur und Entwicklung ist gut untersucht und findet in Form von Modellen in der Forstschutzpraxis Anwendung. Tannen- und Kiefernborkeäfer sorgen nach extremer Trockenheit für erhöhte Baumsterblichkeit.

Der Sechszählige Kiefernborkeäfer (*Ips acuminatus*) brachte Kiefern auf einem steilen, felsigen Hang zum Absterben. Steinschlagnetze müssen die verlorene Schutzwirkung kompensieren.

Die Bedeutung von Wundfäulen (bedingt durch Schäl-, Ernte- und Steinschlagschäden) ist seit Jahrzehnten unvermindert hoch. Wurzel- und Stammfäulen sind insbesondere in alten Schutzwäldern bedeutende Mortalitätsfaktoren bzw. wirken prädisponierend für abiotische und biotische Störungen. Zur biologischen Kontrolle des Wurzelschwamms gibt es erfolgversprechende Untersuchungen, die aber in Österreich bislang keine Umsetzung in die Praxis fanden. Weitere Baumkrankheiten, die durch klimatische Faktoren stark beeinflusst werden, können Hochlagenaufforstungen massiv beeinträchtigen und ein erhebliches Hindernis für die natürliche Verjüngung darstellen.





Starker Befall von Latschen in einem Schutzwald mit der Lecanosticta-Nadelbräune (Erreger: *Lecanosticta acicola*). Der Nadelverlust kann bis zum Absterben von Pflanzen führen.

Nicht heimische, invasive Pathogene und Insekten stellen auch für Schutzwälder eine Gefahr dar. Temperaturerhöhung ermöglicht das Einwandern bzw. die Etablierung neuer Arten. Die Ulmenwelke oder das Eschentriebsterben bedrohen wichtige Baumarten in ihrer Existenz. In den letzten Jahren zeigte die Lecanosticta-Nadelbräune eine vermehrte Ausbreitung mit starkem Schadauftreten an Spirken und Latschen. Dothistroma-Nadelbräune nahm ebenfalls an Zirbe aber auch Latsche zu. Phytophthora-Arten sind als bestandesbedrohende Erreger von Wurzelhalsfäulen bekannt. In den letzten Jahren wurden weltweit zahlreiche neue Arten dieser Gattung von verschiedenen Wirtsbäumen beschrieben. Studien zeigen die weite Verbreitung dieser Pathogene auch an Pflanzenmaterial und in den Produktionsstätten.

## Defizite

Die Wirkung klimatischer Faktoren, die Wechselwirkung mit dem Wirtsbaum sowie der Zu-

sammenhang mit Standorts- bzw. Bestandesfaktoren sind nur bei wenigen Schadorganismen hinreichend bekannt. Diese Kenntnisse bilden jedoch die Basis für die (Weiter-)Entwicklung von Managementkonzepten und -werkzeugen. Im Falle nichtheimischer, invasiver Arten sind darüber hinaus die Klärung der Mechanismen der Ausbreitung und möglicher Einschleppungspfade von großer Bedeutung.

## Forschungsthemen

### Borkenkäfermassenvermehrungen im Schutzwald

- Analyse der durch Klimawandel bedingten Veränderungen von Interaktionen zwischen Wirtsbaum, Schaderreger und Antagonistenkomplex in nadelholzdominierten Schutzwäldern und des abiotischen Störungsregimes
- Schaffung von flächendeckenden Datengrundlagen (Wald – Boden – Klima) zur Erstellung von Modellen zur Abschätzung der

Gefährdung durch Borkenkäfer und der Befallsausbreitung als Entscheidungsgrundlage für das zukünftige Schutzwaldmanagement

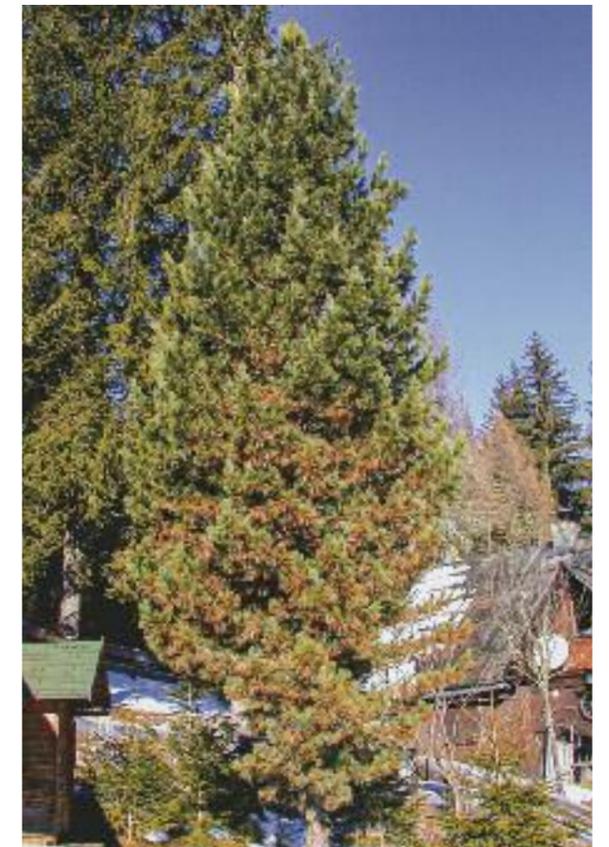
- Evaluierung von Totholzbeständen nach Borkenkäferbefall hinsichtlich Schutzwirksamkeit gegenüber Naturgefahren, Boden- und Humusschutz, Resilienz (Verjüngung) und Biodiversität im Schutzwald
- Evaluierung, Adaptierung und Neuentwicklung von Forstschutzroutinen, Monitoring- und Bekämpfungsmaßnahmen gegen Borkenkäfermassenvermehrungen, insbesondere in schwer zugänglichen Gebirgsschutzwäldern

### Phytopathogene Pilze im Schutzwald

- Wurzel- und Stammfäulen: Analyse des Vorkommens und der Vorschädigungen, der Auswirkungen auf Bestandesstabilität gegenüber Sturm- und Schneeschäden, der Trockenheitsresistenz und Interaktion mit biotischen Schadfaktoren (z.B. Borkenkäferbefall); Entwicklung integrierter Managementkonzepte (z.B. Baumartenwahl und Vermeidung mechanischer Schäden, biologische und chemische Stockbehandlung)
- klimatisch gesteuerte Epidemien (Zirben- und Lärchentriebsterben, Lärchenkrebs) in Hochlagenaufforstungen unter Berücksichtigung standörtlicher und mikroklimatischer Gegebenheiten bei der Bestandesbegründung
- klimatisch bedingte Änderungen der Infektionsvoraussetzungen bei einheimischen Nadelpathogenen (Fichtennadelrost) und Bedeutung der Wirtsbaumresistenz
- Erhöhung der Anfälligkeit gegenüber Windbruch durch unsachgemäße Aufforstungspraktiken und Wahl nicht geeigneter Provenienzen (z.B. Lärchenkrebs)
- erhöhte Krankheitsanfälligkeit trockenheitsempfindlicher Laubbaumarten im Klimawandel

### Invasive Arten und Neobiota – neue biotische Schadfaktoren im Schutzwald

- invasive Nadelpathogene als Schadfaktoren an Kiefernarten (*Lecanosticta*- und *Dothi-*



Starker Befall einer Zirbe mit der Dothistroma-Nadelbräune (Erreger: *Dothistroma septosporum*), einer Nadelkrankheit, die vermehrt auch in Hochlagen zu beobachten ist.

stroma-Nadelbräune), Untersuchung der befallsfördernden Wirkung von Klima- und Standortfaktoren und der Ausbreitungsmechanismen

- Phytophthora-Arten als bestandesbedrohende Erreger von Wurzelhalsfäulen bei Schutzwaldbaumarten wie z.B. bei Erlenarten und Rotbuche
- Krankheitsverlauf und Intensität des Eschentriebsterbens auf unterschiedlichen Standorten, Auslese von krankheitsresistenterem Vermehrungsgut, künftige Bedrohung durch den Asiatischen Eschenprachtkäfer
- Einwanderung des Pinienprozessionsspinner in Südosterreich infolge höherer Wintertemperaturen; Ausbreitung könnte zu mehrjährigen Schädigungen bei Kiefern insbesondere an steilen, sonnigen Schutzwaldstandorten führen



## Schutzwald – gesellschaftliche Aspekte

## Governance von Nutzungskonflikten

Gerhard Weiß und Karl Hogl

Das Kapitel behandelt Nutzungskonflikte im Schutzwald und deren Regelungsmöglichkeiten. Diese „Governance“-Fragen werden im Aktionsprogramm Schutzwald für die Lösung von Schutzwaldproblemen als grundlegend angesehen - der Forschungsbedarf ist vielfältig.

### Stand des Wissens

Zentrale Probleme für den Schutzwald entstehen aus ungelösten Nutzungskonflikten und damit zusammenhängenden Barrieren in der Politikumsetzung. Die Anstrengungen der Schutzwaldpolitik seit den 1970er-Jahren reichen für eine erfolgreiche Regelung bisher nicht aus, wobei Lösungen neben der komplexen Ökologie vor allem durch die komplexen Interessenslagen erschwert werden. Diese Problematik spitzt sich mit dem Klimawandel und neuen gesellschaftlichen Veränderungen zu. Die verstärkte Freizeitnutzung des Schutzwaldes oder die aktuelle europäische Naturschutzpolitik und sich ändernde wirtschaftliche Rahmenbedingungen sind Beispiele dafür.

Die Grundproblematik im Schutzwald ist die Abstimmung und Regelung von Leistungen des Waldes, die primär im privaten Interesse liegen (z.B. Holzproduktion und Jagd) mit dem öffentlichen Nutzen wie etwa dem Schutz vor Naturgefahren und der Biodiversität. Zu deren Sicherung sind politische Instrumente notwendig.

Diese müssen dabei

- klare Regelungen schaffen, z.B. klar definierte Eigentumsrechte. Im österreichischen Forstgesetz sind solche Definitionen enthalten, doch erschwert die Komplexität des Ökosystems deren Umsetzung.

Für das Design effektiver politischer Instrumente bedarf es

- einer klaren Analyse der Interessenlagen der Beteiligten. Hier sehen wir bei verschiedenen Instrumenten Verbesserungsbedarf.

Ob die Instrumente für eine zielorientierte Schutzwaldbehandlung erfolgreich sind, hängt

- sehr wesentlich von den Interessen der betroffenen Gruppen ab und inwieweit sie in die Politikumsetzung einbezogen werden. Neben Öffentlichkeits- und Stakeholderbeteiligung spielt dabei auch die finanzielle Beteiligung der Nutznießer eine wichtige Rolle. Im Fall von Objektschutzwäldern sind insbesondere die Interessen der Unterlieger einzubeziehen, im Fall von Standortschutzwäldern vor allem die Waldeigentümer\*innen, um deren aktives Eigeninteresse sicherzustellen.

Zu den unterschiedlichen Nutzungsinteressen kommen oft Wertekonflikte hinzu, etwa zwischen Forst und Jagd oder Naturschutz. Strategien, wie eine frühzeitige Einbindung von Betroffenen und die Versachlichung von Konflikten, sind wichtig, um einer Eskalation vorzubeugen. Emotionalisierte und polarisierende Konfrontationen erschweren Lösungen erheblich.

Die Handlungsweisen der öffentlichen Akteur\*innen und die Umsetzung der Schutzwaldpolitik wurden in der Vergangenheit sehr umfassend untersucht. Die Evaluierung der Bannwaldregelung ergab einen Rückgang der Bannwaldfläche zwischen 1975 und 1995 um mehr als die Hälfte. Viele schutzwirksame Wälder sind nicht ausgewiesen und auch in erklärten Bannwäldern war keine verbesserte Waldbewirtschaftung beobachtbar. Während die grundsätzlichen Bestimmungen zu den Eigentumsrechten im Bannwald unverzichtbar sind, bleiben Fragen zur Finanzierung und Motivation der Waldbewirtschaftung in den Bann- oder Objektschutzwäldern offen.

Die Analyse der Förderungen von Hochlagenaufforstungen und der Schutzwaldsanierung zeigte eine bescheidene Wirksamkeit hinsichtlich der Aufforstungserfolge und Verbesserung des Waldzustandes. Als wesentliche Gründe werden

angeführt, dass die Ursachen für die mangelnde Verjüngung der Bestände – die überhöhten Wildstände und nicht angepasste Jagdbewirtschaftungsmethoden – nur selten bereinigt werden konnten. Der Vergleich von Schutzwaldsanierungsprojekten der Forstdienste und von flächenwirtschaftlichen Projekten des Forsttechnischen Dienstes der Wildbach- und Lawinerverbauung (WLV) ergab, dass die Projektgeber entsprechend ihrer primären Arbeitsaufgaben sehr unterschiedlich an die Schutzwaldsanierung herangehen. Der Forstdienst orientiert sich eher am Standortschutzwald, die WLV mehr am Objektschutzwald.

In jüngerer Zeit wurden verstärkt neuere Governance Ansätze verfolgt, wie etwa die Einrichtung von Schutzwaldplattformen. Diese wurden allerdings meist nur für Bewusstseinsbildung eingesetzt, kaum zur Konfliktregelung. Zu den neueren Entwicklungen in der Schutzwaldpolitik gibt es nur vereinzelt Untersuchungen.

### Wissensdefizite

- Einsatz und Erfolg neuerer Instrumente nach 1999, bspw. zu den Schutzwaldplattformen, Schutzwaldpartnergemeinden und Förderungen.
- Konflikte und Konfliktregelungen sowie Interessen, Werthaltungen und Motivationen der Nutzergruppen im Schutzwald, vor allem der Waldeigentümer\*innen, Schutzbegünstigten, Jagdtausübenden, Naturschutzvertreter\*innen, Freizeitnutzer\*innen sowie deren Interessenvertretungen und der Öffentlichkeit.
- Neue Governance-Ansätze in der Schutzwaldpolitik (z.B. intersektorale Kooperation, Partizipation), neue Finanzierungsformen, neue institutionelle Ansätze und Kooperationsmodelle oder soziale Innovationen in der Schutzwaldbewirtschaftung.
- Auswirkungen gesellschaftlicher Veränderungen auf die Vulnerabilität gegenüber Naturgefahren und die Relevanz internationaler Politiken für den Schutzwald.

### Forschungsthemen

- Aktualisierte Analysen der Schutzwaldpolitik, insbesondere zur Formulierung und Umsetzung neuer regulativer, finanzieller und informationeller Instrumente.
- Konfliktanalysen und Lösungsansätze, im Spannungsfeld mit der Jagd, dem Naturschutz und der Freizeit- und Tourismusnutzung.
- Einfluss des gesellschaftlichen Wandels auf die Schutzwaldpolitik:
  - » Untersuchung der Interessen, Werthaltungen und Motivationen von Nutzergruppen und der Öffentlichkeit im Gebirgswald;
  - » Auswirkungen gesellschaftlicher Veränderungen auf die Vulnerabilität gegenüber Naturgefahren und der sich damit verändernden Rolle der Schutzwälder;
  - » Auswirkungen der sich ändernden Waldbesitzstrukturen auf die Schutzwaldbewirtschaftung und die Wirksamkeit der eingesetzten politischen Instrumente.
- Wirkungsmechanismen, Erfolgsfaktoren und Anwendungsmöglichkeiten neuer Governance-Ansätze in der Schutzwaldpolitik (intersektorale Kooperation, Partizipation, Bewusstseinsbildung).
- Potenzial neuer Finanzierungsformen (integrierte Förderungsmodelle, private Ko-Finanzierung, Versicherungsmodelle, Patenschaften, Sponsoring, etc.).
- Einsatzmöglichkeiten neuer institutioneller Betreuungsformen, integrierter Planung und Kooperationsmodelle (Schutzwaldpartnerschaften, Schutzwaldgemeinschaften, Einzugsgebietsbewirtschaftung, Genossenschaften, Eigentumserwerb, etc.).
- Rolle und Potenzial sozialer Innovationen (z.B. Model-Forests, Volunteering).
- Bedeutung internationaler Ebenen für die Weiterentwicklung der Schutzwaldpolitik, beispielsweise der Europäischen Union oder der Alpenkonvention.

## Wildökologie – Wildmanagement – Wildeinfluss im Schutzwald

Heimo Schodterer, Friedrich Reimoser, Fritz Völk und Josef Zandl

### Stand des Wissens

#### Problematik

Viele Schutzwälder weisen eine mangelhafte Waldverjüngung auf, das belegen die Auswertungen der Österreichischen Waldinventur: Auf etwa der Hälfte der verjüngungsnotwendigen Schutzwaldfläche ist keine Verjüngung vorhanden und nur auf etwa 30 % der Schutzwaldflächen mit notwendiger und vorhandener Verjüngung wird kein Wildschaden ausgewiesen.



Während sich durch die Klimaerwärmung die Standortbedingungen für Baumarten und Waldgesellschaften verändern, und es vermehrt zu Stürmen, Trockenperioden und Schädlingsbefall kommt, werden Schutzwälder zunehmend Rückzugsgebiete für Schalenwild. Die ohnehin hohen und nicht an die Tragfähigkeit der vorhandenen Habitats angepassten Schalenwildbestände von Rot-, Reh- und Gamswild weichen immer öfter in die für Menschen schwer zugänglichen und damit relativ ruhigen Schutzwaldbereiche aus; sei es, um dem Jagddruck oder der zunehmenden Störung durch die Freizeitgesellschaft zu entgehen. Auf den oft seichtgründigen, steilen oder vergrasteten Schutzwaldstandorten wird das Aufkommen von Verjüngung durch den Wildeinfluss stark verzögert oder ganz verhindert. Auch bei standörtlich günstigeren Verjüngungsbedingungen wird eine zügige Waldverjüngung oft durch Verbiss, Vertritt, Fegen oder Schlagen durch Wild oder Weidevieh unmöglich gemacht. Das betrifft vor allem verbissbeliebte Mischbaumarten, wie Tanne und viele Laubbaumarten.

#### Einflussgrößen der Wildlenkung

Immer häufiger ist zu beobachten, dass das Wild weg von Wirtschaftswaldbereichen in Lagen außerhalb des Waldes oder schwer zugängliche Schutzwaldbereiche gelenkt und dort konzentriert wird. Das kann bewusst geschehen, um bei Erhaltung eines hohen Jagdwertes die Wildschäden aus dem Wirtschaftswald in den Schutzwald „abzuleiten“, damit dem Betrieb kein kurzfristiger, betriebswirtschaftlicher Schaden droht. Sehr oft geschieht es aber unbewusst, etwa durch Maßnahmen in Rahmen:



- des Jagdbetriebes:
  - » Die Anlage oder das Auflösen von Fütterungen, Kirtungen, Salzlecken, Äsungsflächen, Anlage von Wintergattern wirken sich ungewollt auch auf den Schutzwald aus.
  - » Die Art der Bejagung wie z.B. regelmäßige Ansitzjagd, die für das Wild bei oftmaliger Wiederholung vorhersehbar wird, oder oftmalige Jagdgänge außerhalb schadenskritischer Flächen und Zeiträume oder erhöhter Jagddruck außerhalb des Schutzwaldes führen dazu.
- der forstlichen Bewirtschaftung: Alle forstlichen Eingriffe oder Unterlassungen beeinflussen das Angebot von Nahrung und Deckung und somit auch die räumliche Verteilung des Wildes.
- der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung: Grünlandbewirtschaftung und Weidehaltung können Nahrungsangebot für Schalenwild außerhalb des Waldes schaffen oder das Wild von diesem ausschließen.
- die Tourismus- und Freizeitwirtschaft: Diese Aktivitäten beeinflussen Wild und dessen Lebensraum direkt und indirekt durch die Er-

richtung von Infrastruktur und flächige Beunruhigung.

- durch Besiedlung, Gewerbe und Infrastruktur: Diese verkleinern die Wildlebensräume und unterbrechen die Wildwechsel und verändern damit die Wildverteilung.

Das Hauptproblem besteht in der mangelnden integralen Herangehensweise an die Wald-Wild-Thematik. Meist herrscht eine rein sektorale Betrachtungs- und Handlungsweise der einzelnen Akteure vor. Die Maßnahmen werden unabhängig von allen anderen Raumnutzern geplant und durchgeführt, anstatt aus der Gesamtschau heraus koordiniert zu handeln. Zudem wird Wild sehr oft nur als Schadensverursacher wahrgenommen und zu wenig als Standortfaktor in forstliche Überlegungen der Schutzwaldbewirtschaftung mit einbezogen. Maßnahmen werden oft nur mit Fokus auf kurzfristig monetäre Wirksamkeit und nur mit geringem Bewusstsein für langfristige landeskulturelle und ökologische Schäden getroffen. Von den einzelnen Akteuren wird die Verantwortung für eine Problemlösung oft an die anderen Sektoren abgeschoben: Forstwirtschaft an Jagd, Jagd an Almwirtschaft

und Tourismus, Tourismus an Forstwirtschaft und Jagd. Den Grundeigentümer\*innen, die als Erste auf die einzelnen Sektoren Einfluss nehmen können, kommt hier eine Schlüsselrolle zu.

Monokausale Sichtweisen begründen bzw. verstärken sich häufig durch sektorale Ausbildungen und Gesetze, die sektorale Sichtweisen fördern und sektorale Maßnahmen fordern. Die bestehende Rechtskultur trägt hier zur Problempflege bei. Sofern ein Schaden nachgewiesen werden kann, besteht das Recht auf Entschädigung, damit aber indirekt auch das Recht auf Schädigung. Was fehlt, ist eine rechtliche Verpflichtung zur Schadensvermeidung bzw. -vermeidung, die alle Landnutzer\*innen in die Pflicht nimmt. Die komplizierte Rechtslage durch die Aufsplitterung in regionale und überregionale Kompetenzen und Zuständigkeiten erschwert eine integrale Herangehensweise zusätzlich. So kollidieren z.B. im einzelnen Schutzwaldstandort internationales EU-Recht (z.B. FFH-Richtlinie zur Gams), nationales Forstrecht, einzelne Jagdrechte der Länder, Alm-/Weiderecht, Naturschutz-, Nationalpark- und Tourismusgesetze, Gesetze über die Wegfreiheit im Bergland. Sie alle verteidigen die Interessen des eigenen Sektors.

## Forschungsdefizite

Der Wissensstand für die Herbeiführung eines tragbaren Wildeinflusses im Schutzwald wird als weitgehend ausreichend angesehen, die limitierenden Faktoren liegen auf juristisch-soziologisch-politischer Ebene.

Darüber hinaus mangelt es an interdisziplinärer Forschung. Einzelne Beispiele liefern gute Ansatzpunkte, es fehlen aber vor allem die strukturellen und gesetzlichen Voraussetzungen zur verpflichtenden Umsetzung der bestehenden Wissensbasis. Derzeit ergeben sich nachhaltig positive Beispiele des Schutzwald-Schalenwild-Managements nur bei langfristig guter Kooperation aller beteiligten Interessengruppen auf ausreichend großer Fläche.

## Forschungs- und Umsetzungsbedarf

- Vertiefende Untersuchungen zum Gamswild: Soziologie und jagdliche Behandlung; Ursachen des Rückgangs in manchen alpinen Hauptlebensräumen bei gleichzeitig verstärktem Vorkommen in Waldgebieten
- Die Problemlösung im Schutzwald erfordert eine umfassende Betrachtung und Abstimmung der Sektoren Wildbach und Lawinverbauung, Forst, Jagd, Landwirtschaft, Freizeit/Tourismus sowie Siedlung/Gewerbe und Infrastruktur im gesamten „Wild-Einzugsgebiet“ des betreffenden Schutzwaldes. Alle Maßnahmen müssen räumlich und zeitlich koordiniert werden (Raumplanung).
- Beispiele gesamtheitlicher Behandlung der Problematik (z.B. alle Sektoren in einer Hand oder aufeinander abgestimmt) bieten sich an, die jeweiligen Schlüsselfaktoren für effiziente Problemlösungen bei verschiedenen Ausgangslagen besser zu erforschen.
- Sektorübergreifende Umsetzung benötigt sektorübergreifende Gesetzesgrundlagen.
- Sektorübergreifende Betrachtungsweise muss in den einzelnen Fachausbildungen verstärkt werden. (z.B. keine Forstausbildung ohne Wildbiologie und umgekehrt).
- Monitoring: Gemeinsame Verbissaufnahmen und Bewertung der Ergebnisse in den einzubeziehenden Jagdrevieren mit allen Beteiligten (z.B. nach oberösterreichischem Vorbild) als Grundlage für die zu setzenden Maßnahmen.
- Ableitung und/oder Anpassung der Maßnahmen und der Koordinierung auf Grundlage der Ergebnisse des Monitorings (adaptive Management).

## Natur- und Landschaftsschutz

Georg Frank, Harald Vacik, Herfried Steiner, Matthias Kropf und Monika Kriechbaum

### Hintergrund - Problemstellung

Biotop- und Artenschutz im Wald gewinnt zunehmend an Bedeutung. Die Europäische Biodiversitätsstrategie sieht, im Einklang mit dem globalen Ambitionsniveau, strengen Schutz für mindestens 10 % der Landfläche und 10 % der Meeresfläche vor. Neben der Erfassung und dem strengen Schutz aller verbliebenen Urwälder und Primärwälder werden die Mitgliedstaaten für die Ausweisung von zusätzlichen geschützten und streng geschützten Gebieten verantwortlich sein.

Die Ausweisung sollte entweder zur Vervollständigung des Natura-2000-Netzes beitragen oder im Rahmen nationaler Schutzprogramme erfolgen. Für alle Schutzgebiete müssen klar definierte Erhaltungsziele und -maßnahmen festgelegt werden. Die EU-Biodiversitätsstrategie sieht aber auch die Verbesserung der

Quantität, der Qualität und der Resilienz der Wälder vor, insbesondere im Hinblick auf Brände, Dürren, Schädlinge, Krankheiten und andere Bedrohungen, die durch den Klimawandel voraussichtlich zunehmen werden.

Neben der EU-Biodiversitätsstrategie bestehen verbindliche übernationale Rechtsnormen (FFH-Richtlinie, Vogelschutzrichtlinie, subsumierbar unter Natura 2000; Alpenkonvention und Protokolle hierzu), welche auf nationaler Ebene durch die neun Landes-Naturschutzgesetze implementiert werden. Neben den gesetzlichen Vorgaben gibt es eine Reihe politischer Absichtserklärungen (z.B. die Resolutionen der Ministerkonferenz zum Schutze des Waldes in Europa - Forest Europe, Sustainable Development Goals oder die nationale Biodiversitätsstrategie), welche alle auf den Schutz der Biodiversität, auch im Schutzwald, abzielen.



## Stand des Wissens und Forschungsbedarf

### Naturschutz-Strategien

Naturschutz im Wald kann nach zwei grundsätzlich verschiedenen Strategien erfolgen: entweder durch eine strikte räumliche Trennung von Schutz und Nutzung (Segregation) oder durch eine weitgehende Einbeziehung von Erhaltungsmaßnahmen in Bewirtschaftungskonzepte auf ein und derselben Fläche (Integration). Eine dritte Möglichkeit ist die Kombination beider Strategien, mit dem Ziel einer Balance zwischen Totalschutzgebieten für Arten und Lebensräume, die sehr hohe Habitatkontinuität erfordern, und biodiversitätserhaltenden Maßnahmen oder Unterlassungen in der verbleibenden Wald-Matrix.



Schutzgebiete alleine, welche der segregativen Strategie entsprechen, können die „Erhaltung und angemessene Erhöhung der Biodiversität“, wie sie in internationalen Vereinbarungen angestrebt wird, nicht gewährleisten. Nach derzeitigem Stand beträgt der Anteil strenger Waldschutzgebiete (MCPFE Class 1.1 und 1.2) in Österreich weniger als 1 % der gesamten Waldfläche. Es bedarf daher zusätzlich planmäßiger, angemessener und effizienter Naturschutzmaßnahmen auf der Fläche. Diese sind mit erforderlichen waldbaulichen Maßnahmen zur vorbeugenden und langfristigen Erhaltung der Wirkung von Schutzwäldern abzustimmen.

Neuere, empirische Studien zur SLoSS (Single Large or Several Small)-Debatte sprechen dafür, dass eine Vielzahl kleiner Schutzgebiete zumindest den gleichen Effekt auf die Erhaltung von Arten haben wie wenige große. Dies wäre in einer an sich fragmentierten Landschaft wie im österreichischen Schutzwald ein Vorteil und steht aber der Forderung der NGOs nach großflächigen Schutzgebieten, insbesondere großen Wildnisgebieten, entgegen. Überdies spricht dieser Befund dafür, dass eine Vielzahl kleinerer, vernetzter Schutzgebiete (Naturwaldreservate, Habitatwälder, Biodiversitäts-Hotspots) die Kombination von segregativen und integrativen Maßnahmen ermöglicht.

### Forschungsbedarf

- Wieviel segregativer Schutz ist durch die Ausweisung welcher Kategorien von Waldschutzgebieten zur Erreichung von Erhaltungszielen nötig? Wieviel ist genug?
- Inwieweit können Erhaltungsziele auch durch integrative Maßnahmen erreicht werden?
- Wie können integrative und segregative Maßnahmen optimal kombiniert werden?
- Welche Anpassungen sind notwendig, dass bestehende Monitoringsysteme den Zustand und die laufende Veränderung der Biodiversität in Raum und Zeit über alle Schutzkategorien abbilden können?

## Nutzungsverzicht oder Schutzwaldpflege

Vor dem Hintergrund der Europäischen Biodiversitätsstrategie (Vorgabe 10 % der Waldfläche streng geschützt) stellt sich die Frage, ob und welche Schutzwälder eine Außernutzungstellung - somit die Einstellung der Schutzwaldpflege - zulassen, ohne dass ein Verlust der Schutzwirkung in Kauf genommen werden muss.

Diese Überlegung ist nicht neu, so wurde schon 1997 vorgeschlagen, großflächige Naturwaldreservate im Schutzwald, und zwar sowohl im Schutzwald im Ertrag als auch im Schutzwald außer Ertrag einzurichten. Abzüglich gut erschlossener und daher bewirtschaftbarer Bereiche, stark verbissener Wälder und stark mit Holznutzungsrechten belasteter Gebiete wurden 300.000 ha als theoretisch dafür geeignet angesehen. Dem Vorschlag wurde entgegengehalten, dass er dem Segregationsmodell entspricht und als Alibihandlung der Forstwirtschaft interpretiert werden würde und die Erhaltung der Schutzwirkung durch aktive Maßnahmen Vorrang habe. Dabei sind auch der oft unterschiedlich ausgeprägte Funktionserfüllungsgrad der Schutzwälder und die wechselnde Bedeutung der Naturgefahren zu beachten. Lokal können einzelne Teilflächen aufgrund des vorhandenen Bestandesaufbaus die Schutzwirkung noch Jahrzehnte ohne Eingriff erhalten, während gleichzeitig ein dringender Handlungsbedarf auf anderen Teilflächen gegeben ist.

Die Abgrenzung von Objektschutzwald zu Standortschutzwald ohne direkte Schutzwirkung ist schwierig, die taxative Aufzählung im Forstgesetz vermag die Bandbreite der Standortschutzwälder nicht klar abzugrenzen. Eine eindeutige Definition und Bestandsaufnahme des Standortschutzwaldes sollte Klarheit schaffen.

Aus naturschutzfachlicher Sicht sind Standortschutzwälder in der Regel auf besonderen Standorten angesiedelt und dies bedingt häufig spezielle Biototypen, seltene Waldgesellschaften und eine besondere Artenausstattung.

Standortschutzwälder stehen häufig auch nahe der unteren, hygriisch bedingten Waldgrenze und damit in einem besonders sensiblen Bereich. Sie haben deshalb eine besondere Funktion im Klimawandel, insbesondere unter dem Aspekt des sich verändernden Baumartenspektrums.

Integrative Maßnahmen, aber auch die Ausweisung von kleineren Waldschutzgebieten bedürfen einer Differenzierung sowohl des Standortschutzwaldes als auch des Objektschutzwaldes nach Waldgesellschaften und Bestandestypen.

Konfligierende Interessen müssen erkannt und berücksichtigt werden: Die berechtigte Forderung nach Wildruhezonen könnte zu verstärktem Verbiss und damit Unterbrechung des Verjüngungszyklus führen. Verbissempfindliche Waldgesellschaften wie Eschen-Ahorn-Schlucht- und Hangwälder, Tannen-dominierte Waldgesellschaften, Schneeheide-Kiefernwald und bodensaure Eichenwälder wären besonders betroffen. Es gibt aber auch Zielkonflikte innerhalb des Naturschutzes. So stellen durch Wildverbiss oder Beweidung entstandene lichte Wälder besondere Refugien für licht- und wärmeliebende Tier- und Pflanzenarten dar. Natürliche Abläufe mit einsetzender Verjüngung würden mittel- bis langfristig zum Verschwinden dieser besonderen Bedingungen und assoziierten Arten führen. In ähnlicher Weise kann das Offenhalten von Almflächen aus Artenschutz- oder Landschaftschutzgründen (u.a. Lärchwiesen) berechtigt sein, aber gleichzeitig zu ungünstigen Abflussverhältnissen führen.



## Forschungsbedarf

- Im Naturschutz-Kontext soll abgeschätzt werden, welche Waldgesellschaften und Bestandestypen unter welchen Bedingungen (u. a. Schalenwilddichten) sich selbst überlassen werden können - Gefährdungsanalyse und Risikoabschätzung. Prioritätenreihung, wo verstärkter Handlungsbedarf besteht. Berücksichtigung von Veränderungen im Klimawandel.
- Welche Standort-Schutzwälder haben gleichzeitig direkte Objektschutzfunktion, welche sicher nicht?
- Standortschutzwälder als Waldschutzgebiete? Reicht es, wenig produktive Standortschutzwälder als Biodiversitäts-Vorrangflächen auszuweisen? Brauchen auch Standortschutzwälder eine gezielte Bewirtschaftung? Welche Standortsschutzwälder? Welche Bewirtschaftungsmaßnahmen?

## Schutzwald als Lebensraum

Nicht jede Außernutzungstellung führt zwangsläufig zu Instabilität und flächigem Zusammenbruch. Es kommt auf die Ausgangssituation an. Gestufte und strukturierte Bestände können sich auch nach Störungen rasch regenerieren, wenn die Verjüngung sich bereits in Wartestellung befindet und nicht erst durch Naturverjüngung oder künstliche Aufforstung herbeigeführt werden muss. Umso mehr gewinnt die kontinuierliche Verjüngung an Bedeutung.



Das Forschungsprojekt ELENA - Empfehlungen für die Naturverjüngung von Gebirgswäldern – eine Studie zur natürlichen Regeneration in Naturwaldreservaten hat gezeigt, dass es keine allgemeingültigen Bedingungen gibt, wann und wo die Verjüngung ankommt. Größtmögliche Vielfalt der Kleinstandorte schafft Voraussetzungen für spontanes Ankommen der Verjüngung.

Eine zentrale Maßnahme des Biodiversitätsschutzes auch im Schutzwald ist die Anreicherung mit Totholz, insbesondere starkem stehendem Totholz. Starkes Totholz ist für Arten mit jahrelangem Entwicklungszyklus essenziell, weil darin konstante Feuchte- und Temperaturverhältnisse gewährleistet werden. Zielkonflikte entstehen bei der Anreicherung von liegendem Totholz im unmittelbaren Gewässerbereich. Es gibt hochspezialisierte Arten, die im Uferbereich von Wildbächen leben, z.B. Schwarzer Grubenlaufkäfer (*Carabus variolosus nodulosus*) oder das Kärntner Spatenmoos (*Scapania carinthiaca*) auf Totholzstämmen, die an Wasserfällen und in Schluchten periodisch überspült werden. Beide Arten sind prioritäre Arten im Sinne der FFH-Richtlinie.

Liegendes Totholz in fortgeschrittenen Zersetzungsstadien kann in Hochstauden-reichen Waldgesellschaften eine Voraussetzung für die Ansamlung und das Aufkommen der Waldverjüngung sein. Über solche speziellen Verhältnisse der Konkurrenzvegetation hinausgehend, hat jedes Totholz positive Auswirkungen auf die Struktur und Wasserspeicherung von Böden und damit auf die Resilienz von Waldökosystemen. Borkenkäferkalamitäten sind die wesentlichen Treiber des Totholzangebotes in montanen und subalpinen Nadelwäldern. Verbesserte Risikoabschätzung von Gradationen und angepasstes Management könnten den Zwang zu flächigen Nutzungen verringern.

Neben der Anreicherung mit Totholz gibt es eine Reihe weiterer integrativer Maßnahmen, wie den gezielten Schutz von Kleinbiotopen (Naßgallen, Trockenstandorte etc.), Förderung seltener Baumarten (mit oft nicht genügend bekannter Funktion im Waldökosystem) und das Belassen von Habitatbäumen bis zur Entstehung von Totholz.

## Forschungsfragen

- Wie kann ein besseres Verständnis der Biologie und Ökologie xylobionter Insekten und Pilze in Hinblick auf ihre naturschutzfachliche Bedeutung erlangt werden?
- Welche Möglichkeiten der gezielten Vorlage von Totholz bzw. gezielter Förderung von Totholz (Ringeln, Querschlägern), um eine raschere Anreicherung mit Totholz zu erreichen, sind im Schutzwald umsetzbar, wie könnten Leitlinien entwickelt werden?
- Welche Synergieeffekte können bei der Totholz-anreicherung als Naturschutzmaßnahme und Maßnahme der Schutzwaldpflege (u.a. Steinschlagschutz, Wildholz) identifiziert werden?
- Wie können weiterführende Untersuchungen zu Verjüngungsökologie und Moderholz einen Beitrag zur Erhöhung der Schutzwirkung - unter Berücksichtigung sich ändernder Klimabedingungen - leisten?
- Welche Möglichkeiten des integrativen Naturschutzes lassen sich im Schutzwald unter Berücksichtigung der Erreichung von anderen Waldökosystemleistungen umsetzen (Totholz, Kleinstandorte, seltene Baumarten, Habitatbäume)?

## Synergieeffekte des integrativen Naturschutzes und der Schutzwaldpflege im Klimawandel

Sowohl der Naturschutz als auch die Schutzwaldpflege verfolgen als übergeordnetes Ziel die Resilienz von Schutzwäldern, insbesondere im Klimawandel. Resilienz ist nicht Widerstandsfähigkeit, sondern die Fähigkeit eines Systems, nach einer Störung rasch wieder in seinen Ausgangszustand zurückzukehren.

Es ist zu erwarten, dass die steigende Wahrscheinlichkeit für einen Temperaturanstieg, dem Auftreten von Hitzewellen und Dürreperioden sowie die Abnahme der Schneedeckendauer und die Zunahme von Starkniederschlägen zu einer erhöhten Frequenz von Störungen des

Waldökosystems Schutzwald führen werden. Störungen können von vielfältiger Art sein: Windwurf, Waldbrand, Schneebruch, Trockenschäden, Insektenkalamitäten.

Gemeinsames Ziel von Naturschutz und Schutzwaldpflege muss es sein, die Biodiversität, also Verschiedenartigkeit der Waldökosysteme, so zu ermöglichen, dass diese in der Lage sind, auf unvermeidbare Störungen zu reagieren.

Voraussetzung dafür sind

- die strukturelle Diversität, also vielfältige Waldaufbauformen mit Verjüngung in Wartestellung,
- die Artendiversität, wobei nicht nur die Baumarten gemeint sind und
- die funktionale Diversität, als Ausdruck für das komplexe Zusammenwirken aller Organismen in einem Waldökosystem.

Einer der Hauptstreitpunkte zwischen Naturschutz und Gebirgsforstwirtschaft ist der Wegbau. Jede Forststraße ist eine Barriere, aber gleichzeitig ein Korridor. Der aus Naturschutzsicht häufig geforderte Ausschluss naturschutzfachlich besonders sensibler Schutzwaldbereiche führt zwangsläufig zur De-facto-Nutzung als Wildruhezone und zur Begehrlichkeit für Jagdzwecke. Die Vereinbarkeit mit den Zielsetzungen des Naturschutzes ist nicht gegeben, da dies zwangsläufig zur Beeinträchtigung der Verjüngung und damit der Unterbrechung der Walddynamik führt.

## Forschungsfragen

- Wiederbewaldung nach Störungen (Windwurf, Insektenkalamitäten, Brand) - wann und wo sind aktive Maßnahmen erforderlich? Wo nicht?
- Welche Rolle hat die räumliche Verteilung und zeitliche Dynamik von gefährdeten/prioritären Arten und Mikrohabitaten?
- Welche Rolle spielt die Mykorrhiza für die Funktionalität von Waldökosystemen?
- Welche Rolle spielt der Verzahnungsbereich Wald-Almen auf Landschaftsebene (Waldränder, Waldgrenzbereiche)?

## Raumordnerische Ansätze in der Schutzwaldpolitik

Gerhard Weiß, Walter Seher und Karl Hogl

Für die Abstimmung der vielfältigen Nutzungen im Schutzwald sind neue Ansätze nötig. Dafür braucht man sektorübergreifende, regionale Instrumente, die im sehr ambitionierten Aktionsprogramm Schutzwald auch angestrebt werden. In der Forschung sind die damit verbundenen sozialwissenschaftlichen Aspekte allerdings stark unterrepräsentiert. Integriertes Naturgefahren- oder Risikomanagement benötigt einerseits den abgestimmten Einsatz von Instrumentenbündeln (Baukastensystem), andererseits die gezielte Berücksichtigung der Umsetzungsprozesse, so etwa iterative Planung, überinstitutionelle Abstimmung, Verhandlungsstrategien in realen Machtverhältnissen sowie Risikokommunikation, Beteiligungsprozesse und Risikokultur (Governance).

### Stand des Wissens

**Waldentwicklungsplan (WEP) und andere forstliche Raumplanungsinstrumente:** Der WEP ist in der forstbehördlichen Tätigkeit in erster Linie ein Informationsinstrument, das mit einem sektoralen Planungsansatz nur sehr begrenzt zur intersektoralen Koordination beiträgt. Mit den Länderschutzwaldkonzepten gelang in Kooperation mit dem Forsttechnischen Dienst der Wildbach- und Lawinerverbauung (WLV) ein Planungsinstrument für den zielgerichteten Einsatz von Fördermitteln in der Schutzwaldsanierung. Der Waldfachplan hat bislang wenig Bedeutung, könnte allerdings für regionale Schutzwaldmanagementpläne dienen.

**Bannwald, Schutzwaldsanierung und flächenwirtschaftliche Projekte:** Zur Klärung der Rechte und Pflichten der Waldeigentümer\*innen und Unterlieger\*innen sind die gesetzlichen Bestimmungen zum Bannwald wichtig, allerdings ist ihr Erfolg für eine zielgerichtete Schutzwaldbewirtschaftung in der Praxis bisher sehr beschränkt.

Bannlegungen könnten allerdings in Kombination mit Waldsanierungs- bzw. flächenwirtschaftlichen Projekten zweckmäßig sein. Für eine effektive Förderung und Planung von Schutzwaldprojekten ist konzeptionell eine Unterscheidung je nach Problemsituation (Standorts- oder Objektschutzwald) wesentlich (z.B. die finanzielle Einbindung von Waldeigentümer\*innen vs. Unterlieger\*innen). Integrierte Planungsansätze mit breiter Beteiligung Betroffener und der Öffentlichkeit könnten zum Erfolg der Maßnahmen beitragen, die konsequente Umsetzung der rechtlichen Instrumente aus dem Forst- und Jagdrecht kann damit jedoch nicht ersetzt werden.

**Gefahrenzonenplanung (GZP):** Die GZP ist ein zentrales Instrument im vorbeugenden Ansatz des forsttechnischen Systems zum Schutz vor Wildbächen und Lawinen. Wirksamkeitsdefizite ergeben sich durch die Revision der Gefahrenzonen nach erfolgten Schutzverbauungen, wenn die geschützten Flächen in der Flächenwidmungsplanung zur Ausweitung von Siedlungen genützt werden. Dabei bleiben Restrisiken häufig unberücksichtigt und die gewonnene Sicherheit wird teilweise wieder aufgegeben (Revisionsflächenproblematik, Bebauungs-Verbauungsspirale). Um dieser Einschränkung der Gefahrvorsorge durch Entwicklungsinteressen entgegenzuwirken, wurden in der Praxis vereinzelt Ansätze in der GZP (Hinweis auf Restrisiken) und im Raumordnungsrecht entwickelt.

**Rechtliche Instrumente:** Integriertes Naturgefahrenmanagement erfordert die zweckmäßige Abstimmung und Kombination rechtlicher, finanzieller und informationeller Instrumente. Zur Durchbrechung der Bebauungs-Verbauungsspirale sind Regulierungen auf höheren Verwaltungsebenen notwendig, um lokalen Entwicklungsinteressen ein Gegengewicht entgegenzusetzen. Ausgelöst von größeren Schadergebnissen wurden die naturgefahrenbezogenen



Regelungen im Raumordnungs- und Baurecht in den jüngeren Jahren angepasst, wobei die Bundesländer unterschiedliche Ansätze verfolgen. Zudem wurde die Richtlinie für die GZP betreffend Lawinen mit strengeren Lawindruck-Grenzwerten für die Zonenausweisung adaptiert. Implementationsprozesse sind nur ansatzweise erforscht.

**Raumplanung und regionale Planungsansätze:** Aus kompetenzrechtlichen Gründen wird eine im Aktionsprogramm angedachte regionale und intersektorale Abstimmung informelle Formen der Kooperation finden müssen. Dafür bieten sich kleinregionale Kooperationen mit Fokus auf Naturgefahren an, etwa im Rahmen von Schutzwaldplattformen, Schutzwaldgemeinschaften oder Schutzwaldmanagementplänen.

### Wissensdefizite

- Beziehungen der Instrumente der forstlichen Raumplanung zu anderen Sektorplanungen und Instrumenten der Raumordnung;
- Erfolg bisheriger Governance-Ansätze in der Schutzwaldplanung (Wirkungen der Schutzwaldplattformen, Förderinstrumente, Dialogprozesse);

- Integriertes Naturgefahrenmanagement und Risikogovernance:
  - » Rolle der politischen Instrumente und der Akteure (inklusive Waldbesitzer\*innen);
  - » Beziehungen zwischen GZP und der Raumplanung;
  - » Umsetzung der Richtlinien der GZP und der EU-Hochwasserrichtlinie;
  - » Erfolge und Umsetzungsfaktoren in der GZP zur Durchbrechung der Bebauungs-Verbauungsspirale;
  - » Möglichkeiten nichtstaatlicher oder hybrider Instrumente in der Risikovorsorge, z.B. Versicherungslösungen.

### Forschungsthemen

- Beziehungen zwischen der forstlichen und anderen Sektorplanungen (Jagd/Wildökologie, Naturschutz, Freizeitwirtschaft) und der Raumplanung:
  - » formelle und informelle Beziehungen, Akteursanalysen;
  - » neue regionale und sektorübergreifende Planungs-Ansätze bzw. Abstimmungen im Bereich der Schutzwaldplanung.
- Erfolge, Umsetzungsfaktoren und die Rolle von öffentlichen und privaten Akteuren in der GZP zur Durchbrechung der Bebauungs-Verbauungsspirale, insbesondere:
  - » bei Wildbach- und Lawinengefahren (beispielsweise der neuen Bestimmungen für die Roten Zonen bei Lawinen), und in Bezug auf die Rolle des Schutzwaldes.
- Wirkungsanalyse und Umsetzungsprozesse neuerer integrierter Schutzsysteme, z.B.:
  - » Bedeutung und Anwendungsmöglichkeiten neuer Governance-Ansätze;
  - » Implementationsprozesse und -erfolge im Raumordnungs- und Baurecht;
  - » Akteursanalysen zu den Sichtweisen der Interessengruppen und Verwaltungen;
  - » Möglichkeiten nichtstaatlicher oder hybrider Instrumente in der Risikovorsorge, z.B. Versicherungslösungen.



## Schutzwald – Internationales

## Politische Einflussfaktoren der internationalen und europäischen Ebene auf den Schutzwald

Gerfried Gruber und Stefanie Brandstetter

Dem Schutzwald kommt in Österreich, speziell im alpinen Raum, eine überragende Bedeutung zu. Die verschiedenen Schutzfunktionen des Waldes werden folglich im Forstgesetz entsprechend definiert und damit ein klarer Ordnungsrahmen zur Erreichung der jeweiligen Schutzziele geschaffen. Der Schutzwald ist damit in die nationale Forstpolitik eingebettet und geregelt, ergänzt durch Strategien zur Weiterentwicklung und durch wissenschaftliche Bewertung. Wie die Wälder in ihrer Gesamtheit sind auch Schutzwälder Teil der internationalen Bemühungen, diese Ökosysteme in ihren vielfältigen Wirkungen zu erhalten. Schutzwälder sind durch ihre oft exponierte Lage auch stark vom Klimawandel und Wetterextremen beeinflusst, wobei die Folgen für die betroffene regionale Bevölkerung besonders schwer wiegen können.

Es besteht jedoch keine einheitliche, anerkannte Definition des Begriffs Schutzwald auf internationaler Ebene. Auch existiert kein umfassender, strategischer Rahmen für Schutzwaldpolitik. Es gilt allerdings, auf allen Ebenen Regelungen und Maßnahmen auszumachen, welche auf spezifische Charakteristika von Schutzwäldern Bezug nehmen und so für diese Wälder von Bedeutung sind.

Globale Einflussfaktoren benötigen auch eine globale, kooperative Sichtweise und Lösungsorientierung. Mit den Global Forest Goals (GFG) im Rahmen des UN Strategic Plan for Forests (UNSPF 2017-2030) besteht ein gesamthafter, globaler Rahmen für Aktivitäten auf allen Ebenen zur Erhaltung der Waldfunktionen und Verbreitung der nachhaltigen Waldbewirtschaftung. Die dort verankerten Ziele sind wiederum eingebettet in die nachhaltigen Entwicklungsziele der Vereinten Nationen (Sustainable Development Goals - SDG), von denen nahezu alle einen Bezug zu waldpolitischen Aufgaben auf-

weisen. Die einzelnen GFG adressieren gezielt auch die speziellen Funktionen der Schutzwälder, wie etwa die Stärkung der Widerstandsfähigkeit der Wälder gegen Klimawandel und Naturgefahren (GFG 1).

Die FAO stellt in ihren Aktivitäten u.a. auf Bergwälder (mountain forests) ab. Eine spezielle Arbeitsgruppe unter dem Schirm der European Forestry Commission (EFC) befasst sich mit Schutzwald-bezogenen Fragen (Working Party on the Management of Mountain Watersheds – WPMMW). Die wichtigsten Themen dieser von Österreich initiierten Gruppe sind der Umgang mit dem Klimawandel in der Schutzwaldbewirtschaftung, die dadurch auftretenden Risiken und Veränderungen, das Schutzwaldmanagement, auch abgestimmt auf die vorherrschende Naturgefahr, sowie der Konnex zu angrenzenden Themenbereichen, wie Naturgefahrenmanagement oder Raumplanung.

Im Rahmen des paneuropäischen, waldpolitischen Prozesses von FOREST EUROPE wurden Kriterien und Indikatoren für nachhaltige Waldbewirtschaftung entwickelt, welche unmittelbar für die Bewirtschaftung von Schutzwäldern von Relevanz sind. Ein eigener Abschnitt bezieht sich konkret auf Ziele für Schutzwälder (Criterion: Maintenance and Appropriate Enhancement of Protective Functions in Forest Management, notably soil and water). Die im Rahmen der zwischenstaatlichen Kooperation vereinbarten und von der EU unterstützten Kriterien und Indikatoren haben - basierend auf freiwilliger Umsetzung - Niederschlag in den nationalen Umsetzungsstrategien gefunden.

In Österreich ist hierfür derzeit die Waldstrategie 2020+ maßgebend, welche im Jahr 2021 evaluiert wird. Das Thema Schutzwald wird im Handlungsfeld 5 besprochen. Es wird die ge-

samte Schutzfunktion des Waldes unter Einschluss der Schutzwälder beleuchtet und detailliert in sieben strategische Ziele aufgeschlüsselt. Der konkreten Umsetzung dient das Arbeitsprogramm der Waldstrategie, wobei die Fortschritte regelmäßig überprüft werden.

Auch wenn die Forstwirtschaft dem Grunde nach eine nationale Kompetenz darstellt, so sind Wälder und Waldbewirtschaftung vielfach von Entwicklungen auf europäischer Ebene betroffen. Speziell im Wege der Ausübung von Kompetenzen betreffend die Umwelt- und Klimapolitik setzt die EU neue Maßstäbe, die sich direkt oder indirekt auf die Forstwirtschaft und den holzbasierten Sektor auswirken und somit auch Schutzwälder bzw. Schutzwaldpolitik beeinflussen.

Mit dem Green Deal hat die Europäische Kommission der EU einen neuen, umfassenden strategischen Rahmen für die Transformation zu einer „grünen Wirtschaft“ verpasst. Der Green Deal als Rahmen-Strategie sieht zur Erreichung dieses umfassenden Ziels die Erarbeitung einzelner Strategien und auch eine Überarbeitung des Rechtsbestandes vor. Er sieht zur Umsetzung der forstrelevanten Bereiche die Erneuerung der EU-Waldstrategie für die Zeit nach 2020 vor, um weiterhin einen koordinierenden, umfassenden Rahmen für Wälder und Waldbewirtschaftung bereitzustellen, und ist somit auch für die Schutzwälder relevant.

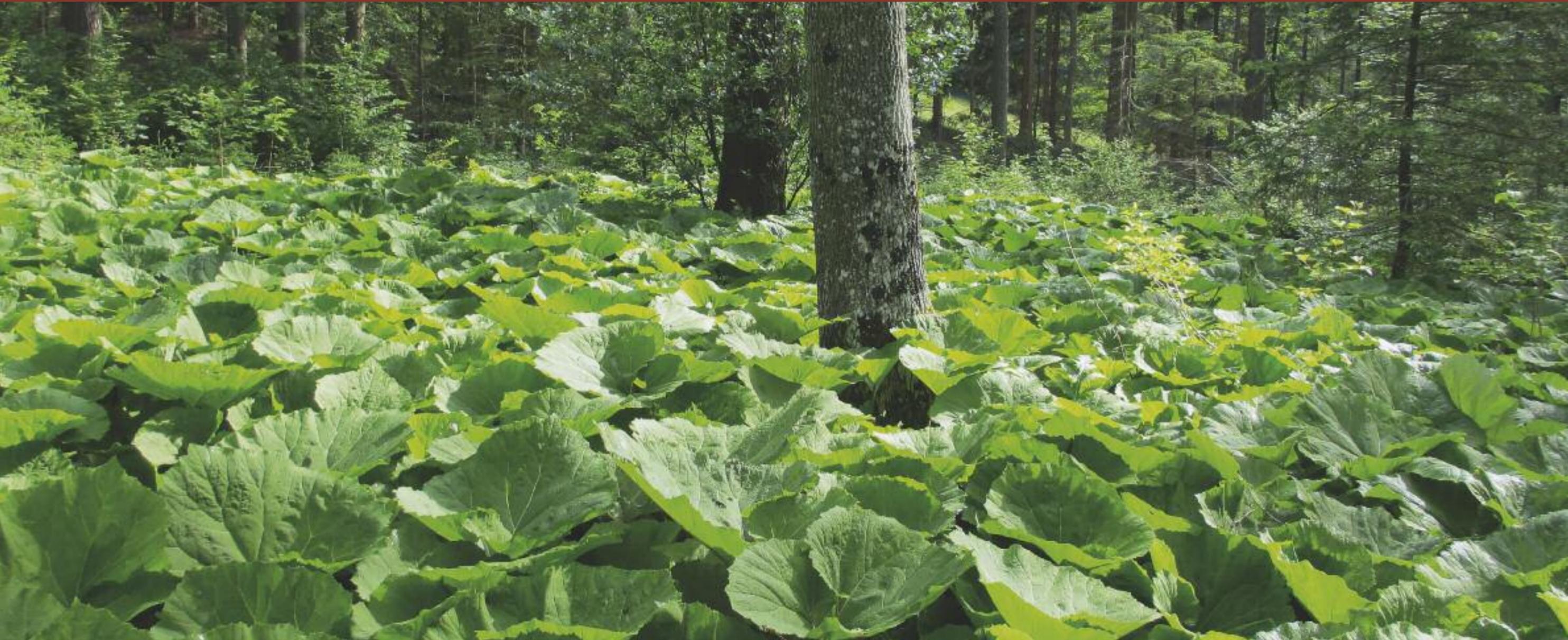
Ausgehend vom Pariser Klimaabkommen hat der Europäische Rat das Ziel formuliert, in der EU die Treibhausgase bis 2030 um 55 % zu reduzieren, für 2050 wird in der EU Klimaneutralität angepeilt. Hierfür wird ein eigener, rechtlicher Rahmen beschlossen, der auch Anpassungen von sektorspezifischen Rechtsakten beinhaltet. Die Wälder sowie Waldböden in ihrer Gesamtheit – und damit auch die Schutzwälder – stellen als die wesentliche CO<sub>2</sub>-Senke einen unverzichtbaren Baustein bei der Erreichung der globalen Klimaziele dar. Wie sich die Regeln auf die konkrete Waldbewirtschaftung auswirken werden, wird von der Ausgestaltung des EU-Klimapakets („fit for 55-package“) abhängen.

Hier sind vor allem die EU-Landnutzungs-VO (LULUCF-VO) sowie die Richtlinie erneuerbare Energie (RED) für den Forstbereich von besonderer Bedeutung.

Nicht minder wichtig sind die Vorhaben der EU beim Schutz der Umwelt. Vor allem die neue EU-Biodiversitätsstrategie 2030 beinhaltet dezidierte, waldpolitisch relevante Ziele, die sich auch direkt auf Bewirtschaftung von Schutzwäldern auswirken. So enthält die Strategie ambitionierte, quantitative Ziele wie der Vorgabe, 30 % der Land- und Wasserflächen zu schützen und davon ein Drittel (also 10 % gesamt unter strengen Schutz zu stellen. Außerdem soll die Waldfläche gesteigert werden (3 Mrd. Bäume pflanzen). In Ausarbeitung befinden sich des weiteren EU-Leitlinien für naturnahe (Wieder-) Aufforstung und Bewirtschaftungsformen (Guidelines „Closer to nature forestry“ sowie „afforestation and reforestation“). Überdies plant die EU im Herbst 2021 die Vorlage rechtsverbindlicher Ziele zur Wiederherstellung der Natur, die auch die Wälder beinhalten.

Weitere Initiativen der EU mit waldpolitischem Bezug betreffen u.a. Bodenschutz, Bioökonomie, Kreislaufwirtschaft und nachhaltige Finanzierung. Ein weiterer Rechtsakt der EU wird sich mit Maßnahmen zum globalen Schutz gegen Entwaldung und Walddegradation befassen. Hier stehen „entwaldungsfreie Lieferketten“ im Fokus der geplanten Regelungen. Grundsätzlich werden in allen forstbezogenen Maßnahmen und Rechtsakten der EU auch Schutzwälder mit umfasst.





## **Autor\*innen-Verzeichnis**

## Leadautor\*innen:

**Ao.Univ.Prof. DI Dr. Torsten W. Berger**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Waldökologie  
1180 Wien  
torsten.berger@boku.ac.at

**DI Dr. Michael Englisch**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Waldökologie und Boden  
1131 Wien  
michael.englisch@bfw.gv.at

**DI Dr. Georg Frank**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Waldbiodiversität und Naturschutz  
1131 Wien  
georg.frank@bfw.gv.at

**Mag. LL.M. Gerfried Gruber**  
Bundesministerium für Landwirtschaft,  
Regionen und Tourismus  
Sektion III, Abteilung 1 Waldpolitik,  
Waldökonomie und Waldinformation  
1030 Wien  
gerfried.gruber@bmlrt.gv.at

**Priv.-Doz. DI. Dr. Gernot Hoch**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Waldschutz  
1131 Wien  
gernot.hoch@bfw.gv.at

**Univ.Prof. DI Dr. Manfred J. Lexer**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Waldbau  
1180 Wien  
mj.lexer@boku.ac.at

**DI Dr. Gerhard Markart**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Naturgefahren  
6020 Innsbruck  
gerhard.markart@bfw.gv.at

**Dr. Marc Olefs**  
ZAMG – Zentralanstalt für Meteorologie und  
Geodynamik, Abteilung Klimaforschung  
1190 Wien  
marc.olefs@zamg.ac.at

**DI Dr. Kurt Ramskogler**  
BIOSA - Biosphäre Austria  
Verein für dynamischen Naturschutz  
1010 Wien  
kurt@ramskogler.info

**DI Dr. Klemens Schadauer**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Waldinventur, 1131 Wien  
klemens.schadauer@bfw.gv.at

**Priv.-Doz. DI Dr. Christian Scheidl**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Alpine Naturgefahren  
1180 Wien  
christian.scheidl@boku.ac.at

**DI Dr. Heimo Schodterer**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Waldinventur  
1131 Wien  
heimo.schodterer@bfw.gv.at

**Dr<sup>in</sup> Michaela Teich**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Naturgefahren  
6020 Innsbruck  
michaela.teich@bfw.gv.at

**DI Dr. Philipp Toscani**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Agrar- und Forstökonomie  
1180 Wien  
Philipp.Toscani@boku.ac.at

**Ao.Univ.Prof. DI. Dr. Harald Vacik**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Waldbau  
1180 Wien  
harald.vacik@boku.ac.at

**DI Dr. Gerhard Weiß**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Wald-, Umwelt- und Ressourcenpolitik  
1180 Wien  
gerhard.weiss@boku.ac.at

**DI Thomas Weninger**  
Bundesamt für Wasserwirtschaft  
Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt  
3252 Petzenkirchen  
thomas.weninger@baw.at

**DI Johann Zöschner**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach  
9570 Ossiach  
johann.zoescher@bfw.gv.at

## Co-Autor\*innen:

**DI Dr. Peter Baier**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und  
Forstschutz  
1180 Wien

**DI Ambros Berger**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Waldinventur  
1131 Wien

**Bsc Stefanie Brandstetter**  
Bundesministerium für Landwirtschaft,  
Regionen und Tourismus  
Sektion III, Abteilung 1 Waldpolitik,  
Waldökonomie und Waldinformation  
1030 Wien

**DI Dr. Michael Brauner**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Alpine Naturgefahren  
1180 Wien

**Dr. Thomas Cech**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Waldschutz  
1131 Wien

**Msc. Katharina Enigl**  
ZAMG – Zentralanstalt für Meteorologie und  
Geodynamik, Abteilung Klimaforschung  
1190 Wien

**Dr. Jan-Thomas Fischer**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Naturgefahren  
6020 Innsbruck

**DI<sup>in</sup> Alexandra Freudenschuß**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Waldinventur  
1131 Wien

**Priv.-Doz. Dr. Sven Fuchs**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Alpine Naturgefahren  
1180 Wien

**Ing. Alfred Fürst**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Waldschutz  
1131 Wien

**DI Dr. Thomas Gschwantner**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Waldinventur  
1131 Wien

**Ao.Univ.Prof.i.R. DI. Dr. Herbert Hager**  
Universität für Bodenkultur Wien,  
Institut für Waldökologie  
1180 Wien

**Dr. Klaus Haslinger**  
ZAMG – Zentralanstalt für Meteorologie und  
Geodynamik, Abteilung Klimaforschung  
1190 Wien

**Ao.Univ.Prof. DI. Dr. Eduard Hochbichler**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Waldbau, 1180 Wien  
Matthias Hofer  
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und  
Lawinenverbauung, Sektion Tirol  
6020 Innsbruck

**Univ.Prof. DI. Dr. Karl Hogl**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Wald-, Umwelt- und Ressourcenpolitik  
1180 Wien

**Priv.-Doz. DI Dr. Peter Höller**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Naturgefahren  
6020 Innsbruck

**Univ. Doz. DI Dr. Robert Jandl**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Waldökologie und Boden  
1131 Wien

**Ao.Univ.Prof. DI. Dr. Klaus Katzensteiner**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Waldökologie  
1180 Wien

**DI Dr. Georg Kindermann**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Waldwachstum, Waldbau und Genetik  
1131 Wien

**Univ.Prof. DI. Dr. Thomas Kirisits**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und  
Forstschutz  
1180 Wien

**Mag. Klaus Klebinder**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Naturgefahren  
6020 Innsbruck

**Mag. Ralf Klosterhuber**  
WLM Büro für Vegetationsökologie und  
Umweltplanung  
6020 Innsbruck

# AUTOR\*INNEN-VERZEICHNIS

**Ass. Prof. Dipl.-Forstwirt Dr. Raphael Klumpp**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Waldbau  
1180 Wien

**DI Dr. Roland Köck**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Waldbau  
1180 Wien

**Mag. Dr. Bernhard Kohl**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Naturgefahren  
6020 Innsbruck

**Ao.Univ.Prof.in DI<sup>in</sup>Dr<sup>in</sup>. Monika Kriechbaum**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Integrative Naturschutzforschung  
1180 Wien

**Priv.-Doz. Dipl.-Biol. Dr. Matthias Kropf**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Integrative Naturschutzforschung  
1180 Wien

**DI Dr. Thomas Ledermann**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Waldwachstum, Waldbau und Genetik  
1131 Wien

**Priv.-Doz. Dr. Christoph Matulla**  
ZAMG – Zentralanstalt für Meteorologie und  
Geodynamik, Abteilung Klimaforschung  
1190 Wien

**DI<sup>in</sup> Dr<sup>in</sup> Kerstin Michel**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Waldökologie und Boden  
1131 Wien

**DI Mortimer Müller**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Waldbau  
1180 Wien

**DI Nikolaus Nemestothy**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Forstliche Ausbildungsstätte Traunkirchen  
4801 Traunkirchen

**Dr<sup>in</sup> Maria Papathoma-Köhle**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Alpine Naturgefahren  
1180 Wien

**DI Frank Perzl**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Naturgefahren  
6020 Innsbruck

**Assoc. Prof. DDr Hermann Peyerl**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Agrar- und Forstökonomie  
1180 Wien

**Mag. Georg Pistotnik**  
ZAMG – Zentralanstalt für Meteorologie und  
Geodynamik, Abteilung Klimaforschung  
1190 Wien

**DI Dr. Norbert Putzgruber**  
Österreichische Bundesforste AG  
Leiter Wald-Naturraum-Nachhaltigkeit  
3002 Purkersdorf

**Ao.Univ.Prof.i.R. DI. Dr. Friedrich Reimoser**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft  
1180 Wien

**Priv.-Doz. DI Dr. Christian Scheidl**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Alpine Naturgefahren  
1180 Wien

**Dr. Silvio Schüller**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Waldwachstum, Waldbau und Genetik  
1131 Wien

# AUTOR\*INNEN-VERZEICHNIS

**Ao.Univ.Prof. DI. Dr. Helmut Schume**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Waldökologie  
1180 Wien

**Ing. Dieter Seebacher**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach  
9570 Ossiach

**Ass.Prof. DI. Dr. Walter Seher**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Raumplanung, Umweltplanung und  
Bodenordnung  
1180 Wien

**Univ.Prof. DI. Dr. Walter Sekot**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Agrar- und Forstökonomie  
1180 Wien

**Univ.Prof. DI. Dr. Karl Stampfer**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Forsttechnik  
1180 Wien

**DI Dr. Christian Steiner**  
Agrarbezirksbehörde NÖ  
3109 St. Pölten

**Mag. Herfried Steiner**  
Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Waldbiodiversität und Naturschutz  
1131 Wien

**DI Dr. Peter Strauss**  
Bundesamt für Wasserwirtschaft  
Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt  
3252 Petzenkirchen

**DI Dr. Erwin Szlezak**  
Agrarbezirksbehörde NÖ  
3109 St. Pölten

**Ao.Univ.Prof. DI. Dr. Harald Vacik**  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Waldbau  
1180 Wien

**Dr. Fritz Völk**  
[www.bundesforste.at/leistungen/jagd](http://www.bundesforste.at/leistungen/jagd)

**Ing. Josef Zandl**  
Gutsverwaltung Fischhorn GmbH & Co.KG  
5671 Bruck a.d. Großglocknerstraße

