



Wildbach- und Lawinerverbau

Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz
Journal of Torrent, Avalanche, Landslide and Rock Fall Engineering

Schutzwald – Waldwirkungen

verein der diplomingenieure
der wildbach und lawinenverbauung
österreichs

ISBN: 978-3-9504159-4-0

81. Jahrgang, Dezember 2017, Heft Nr. 180

Heft 180

Wildbach- und Lawinenverbau

Impressum:

Herausgeber:

Verein der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung
Österreichs, A-6900 Bregenz

Schriftleiter:

HR DI Siegfried Sauer Moser

Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Tirol,
Wilhelm-Greil-Straße 9, 6020 Innsbruck; +43 512 584288-60, +43 6641456506;
schriftleitung@die-wildbach.at; s.sauerm.sz@aon.at

Redaktion: Dipl.-Geogr. Susanne Mehlhorn, Dipl.-Ing. Claudia Sauer Moser

Layout & graphische Gestaltung: Studio Kopfsache – Kommunikation & Design, A - 5310 Mondsee

Druck & Versand: Friedrich Druck und Medien GmbH; A - 4020 Linz

Titelbild: Lawinenverbauung mit Stahlschneebrücken (Foto WLV Vorarlberg)

verein der diplomingenieure
der wildbach und lawinenverbauung
österreichs

ISBN: 978-3-9504159-4-0
81. Jahrgang, Dezember 2017, Heft Nr. 180

Verstärkung – 3. Bell 212/412 – zur optimalen Abdeckung des Bedarfs unserer Kunden



Rettungsflüge • **Film- und Fotoflüge**

Montagen • **Tierbergungen**

Lawinensprengungen • **Hüttenversorgung**

Holztransporte • **Leitungskontrollen**

Feuerbekämpfung • **VIP- und Shuttleflüge**



Heli Austria GmbH
A-5600 St. Johann im Pongau, Heliport
Tel +43 (0)6462 - 4200
Mail fly@heli-austria.at

Heli Tirol GmbH
A-6462 Karres, Tiroler Bundesstraße 1
Tel +43 (0)5412 - 61 421
Mail fly@heli-tirol.at

Inhalt Heft 180

Siegfried Sauer Moser:
Editorial

Gerhard Mannsberger:
Österreichische Schutzwaldstrategie

Claudia Kaulfuss, Sebastian Höllerl:
Die bayerische Schutzwaldstrategie

Günther Unterthiner, Florian Blaas:
Berg- und Schutzwald-Strategie in Südtirol

Arthur Sandri, Benjamin Lange, Stéphane Losey:
Vom Bannwald zur Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald

Manfred Kreiner, Josef Fuchs:
Schutzwaldstrategie in Tirol

Luuk Dorren, Christine Moos, Markus Stoffel, Daniel Trappmann:
Wirkung des Waldes bei Steinschlag

Massimiliano Schwarz, Erik Gasser, Christine Moos, Luuk Dorren:
Schutzwald und Rutschungen

Christian Rachoy:
Instandhaltung von Schutzwald entlang von Eisenbahntrassen

HAUPTBEITRÄGE zum Schwerpunktthema: Schutzwald – Waldwirkungen



Annaberg in Sulzbach/A

Sicher schalen.

Bauen auf schwierigem Terrain. Am Annaberg im Team erfolgreich:

Sicher bauen. Nach bestem

MEVA Schalungs-Systeme, Alzner Baumaschinen und die Wildbach- und

Wissen und Gewässer.

Lawinenverbau, GBL Pongau. Danke für's Teamwork.

www.meva.at • Tel. 02252 209000 • www.alzner.at • Tel. 06219 8065

... mehr als nur
Schalung



Inhalt Heft 180

HAUPTBEITRÄGE zum Schwerpunktthema: Schutzwald – Waldwirkungen

Gerhard Markart, Bernadette Sotier,
Leopold Stepanek, Veronika Lechner, Bernhard Kohl:
**Waldwirkung auf die Abflussbildung bei
unterschiedlichen Betrachtungsmaßstäben**

Seite 100

Peter Höller:
Die Bedeutung des Waldes beim Schutz vor Lawinen

Seite 116

Christian Amberger, Markus Wallner:
**Flächenwirtschaftliche Projekte – umfassende Schutzwaldsanierung
in Einzugsgebieten der Wildbach- und Lawinenverbauung am
Beispiel der Tiroler Waldpflegeprogramme – Ein Statusbericht**

Seite 126

Albert Pichler, Dieter Stöhr:
10 Jahre Wildbachbetreuung Tirol

Seite 134

Robert Briksi, Manfred Larcher, Christian Ihrenberger:
**Begründung und Pflege eines Schutzwaldes am
Beispiel der Elmer Mähder-Lawine**

Seite 142

Hermann Lederle:
**Erfahrungen in der Hochlagenaufforstung und Schutzwaldsanierung
Ein Praxisbericht**

Seite 154

Georg Pircher:
**Die Aufforstung des Vinschger Sonnenberges
und die Umwandlung in naturnahe Mischwälder**

Seite 168

Thomas L. Cech, Gernot Hoch:
**Hochlagen in den Ostalpen – Forstpathologische Herausforderungen
und Risiken der künstlichen Bestandesbegründung**

Seite 174




Markus Moser:
**Technische Maßnahmen als Garant für die Gewährleistung der Schutz-
funktion nach abiotischen/ biotischen Schäden in der Hochlagen-
aufforstung – Beispiele aus dem FWP Tauernrampe Süd**

Seite 186

Go ahead...

Wir sind Ihr absolut kompetenter Partner bei Planungen, Gutachten und Projektmanagement von...

- Wildbachverbauungen
- Schutzwasserbauten
- Böschungssicherungen
- Lawinenverbauungen
- Forst- und Güterwegen
- Landschaftspflegerische Begleitplanung
- Speicherteiche
- Schneeanlagengesamtplanung
- Skipistenbau
- Schneileitungssystemen
- Wasser- und Quellfassungen
- Wasserver- und entsorgung
- schiGIS[®]-Infosystem für Skigebiete
- uvm...

 Holzstützverbauung
 Forst- und Güterwegplanung
 Alperschönbach

www.klenkhart.at

Klenkhart & Partner Consulting
 A-6067 Absam · Salzbergstrasse 15
 Telefon: +43 (0) 50226-0 · Fax: +43 (0) 50226-20
 e-mail: office@klenkhart.at

KLENKHART & Partner Consulting

Inhalt Heft 180

HAUPTBEITRÄGE zum Schwerpunktthema: Schutzwald – Waldwirkungen	Michael Schiffer: Flächenwirtschaftliche Projekte sowie Bann- und Schutzwälder im Salzkammergut – Erfahrungen und Zukunftsperspektiven	Seite 198
	Rosemarie Stangl, Eduard Hochbichler, Julia Eisl, Michael Schiffer, Wolfram Bitterlich, Wolfgang Gasperl: Empfehlungen für die Evaluierung flächenwirtschaftlicher Projekte	Seite 208
	Walter Fürst, Sebastian Lipp, Robert Jandl, Silvio Schüler: Schutzwald im Klimawandel: Auswirkungen, Maßnahmen und Forschungsbedarf	Seite 220
	Jörg Heumader, Josef Neuner, Gerhard Markart: Evaluierung von Hochlagenaufforstungen in Österreich	Seite 232
	Jörg Heumader: High-elevation afforestation in subalpine areas of the European Alps	Seite 240
Kurzbeiträge zu anderen Themen	Stefan Ortner, Thomas Thaler, Sebastian Seebauer: Bottom-Up:Floods – Möglichkeiten und Herausforderungen von Bürgerinitiativen im Hochwasser- und Naturgefahrenmanagement	Seite 250
	Claudia Sauer Moser, Christof Seymann, Markus Moser, Gert Fischer: Murgänge am Tronitzerbach 2016 – Ereignisanalyse, Katastrophenmanagement und Stand der Verbauung	Seite 258
	Markus Moser, Johannes Kammerlander, Michael Tritthart, Stefan Janu, Hannes Burger: Abflussmessungen in Wildbachgerinnen mit FlowSens – Fließgeschwindigkeiten und abgeleitete Fließrauigkeiten	Seite 276
Praxis-Pinnwand	Christian Kienberger: Sperrenbau Hühnergraben	Seite 292

PP-MEGA-Rohr oder Drän

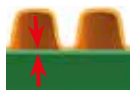
DN/ID 100 - 1200 mm

**ÖNORM
EN 13476-3
geprüft**

SN8



PP-MEGA-Rohr 8
DN/ID 100 - 1200 mm

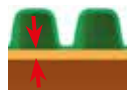


Wandstärke
ÖNORM EN 13476-3

SN12



PP-MEGA-Rohr 12
DN/ID 150 - 1200 mm



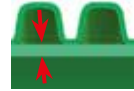
verstärkte Innenwand
≥ 3 mm

verstärkte
Innenwand

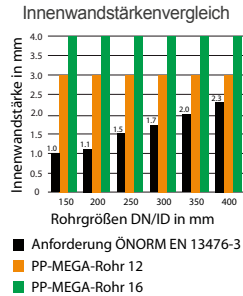
SN16



PP-MEGA-Rohr 16
DN/ID 150 - 1200 mm



verstärkte Innenwand
≥ 4 mm



Vorteile der verstärkten Innenwand bei SN12 und SN16

- höhere Lebensdauer durch die dickere Verschleißschicht hält starken Belastungen länger stand (Geröll, Schotter, Sand,...)
- höhere Stabilität auch bei geringerer Überschüttungshöhe
- geprüft auf die Reinigung mittels Kettenschleuderprüfung und Hochdruckreinigung
- höhere Längssteifigkeit

Einsatzgebiete:

- Straßen- und Autobahnbau
- Regen- und Mischwasserkanal, Sammelleitungen
- Graben- und Bachverrohrung



Spezialanfertigung

Gerne fertigen wir jegliche Sonderkonstruktionen für Sie an, wie z.B. Großtanks für Oberflächenwasser, individuell angefertigte Schächte oder speziell angefertigte Formstücke. Anzahl, Durchmesser, SN-Klasse, Rohrart, Länge bzw. Höhe sowie die Position aller Zu- und Abläufe sind frei wählbar.

Für ein unverbindliches Angebot benötigen wir nur eine Handskizze oder einen Plan.



Inhalt Heft 180

Praxis-
Pinnwand

Thomas Frandl, Wolfgang Schilcher: Schneedruckabwehr Gemeinde Schröcken

Aktuelles

PROTECTED oder die Auswirkung natürlicher Störungen im Schutzwald unter Berücksichtigung zukünftiger Klimaszenarien

Verzeichnis der Inserenten

Die ISSW - International Snow Science Workshop - ist die weltweit größte Fachkonferenz zum Thema Schnee und Lawinen.

save the date!

October 07-12
**ISSW
2018**
INNSBRUCK

Ihr Erfolg liegt im Motto:

„Forschung für die Praxis - Praxis für die Forschung“

Rund 1.000 lokale, nationale und internationale Teilnehmer aus Wissenschaft und Praxis werden auf der ISSW2018 erwartet.

Im thematischen Fokus liegen aktuelle Erkenntnisse aus der Wissenschaft, Erfahrungsberichte aus der Praxis und innovative Technologien auf internationalem Niveau.

Zu den generellen Themen zählen Lawinenwarnung und -dynamik, Schneekunde und -management, Bergrettung und -führung, Ingenieurspraxis und Risikomanagement.

Die Spezialthemen „Integrale Ingenieurlösungen“, „25 Jahre Lawinengefahrenskala“ und „IT im Schnee“ rücken bei der ISSW2018 in den Vordergrund.

Für weitere Informationen

click: www.issw2018.com

like: ISSW 2018 - International Snow Science Workshop

Einreichung Beiträge (Short Abstracts): Januar 2018

Registrierung: April 2018

Veranstaltungsort: Congress Innsbruck

organized by:



presented by:



SIEGFRIED SAUERMOSE

Editorial

Liebe Leserin, lieber Leser!

Seit der Gründung des Forsttechnischen Dienstes im Jahre 1884 bilden Aufforstungen und Schutzwaldsanierungen einen wesentlichen Teil der Tätigkeiten unseres Dienstzweiges. In Erwartung schneller Erfolge von Hochlagenaufforstungen wurden in den fünfziger und sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts zahlreiche große Integralmeliorationsprojekte durchgeführt, die heute fast in Vergessenheit geraten sind. Die erwarteten Erfolge sind weitgehend ausgeblieben, zu optimistisch waren die Erwartungen. Die Integralmeliorationen Vorderes und Mittleres Zillertal sind prominente Beispiele dieser Projekte. Also brauchen wir den Wald nicht mehr, oder? Die Technik mit schnellen Lösungen verleitet dazu, die langfristigen Ziele und Wirkungen des Waldes aus den Augen zu verlieren. Damit würde ein wesentlicher Teil unserer Philosophie verloren gehen. Allerdings müssen wir uns schon auch kritisch hinterfragen, wo liegen die Wirkungen des Waldes bei verschiedenen Naturgefahrenprozessen genau, was bringt ein gesunder, artenreicher, stabiler Schutzwald bei Steinschlag, Rutschung, Hochwasser, Mure oder Lawine und wie muss er strukturiert sein, damit er seine Wirkung am besten entfalten kann. Diese Fragen sind im Detail noch weitgehend ungeklärt, es ist eine vordringliche Aufgabe der Wissenschaft mit Unterstützung der Praxis sich diesen Fragestellungen zu widmen. Teure kostenintensive Aufforstungen nur der Aufforstung willen ist zu wenig, es muss dem Interessenten erklärt werden können, warum diese Maßnahmen so wichtig sind.

Diesen Fragestellungen ist das Heft 180 unseres Fachjournalles gewidmet. Es ist gelungen, namhafte Autoren dafür zu gewinnen. Die Schutzwaldstrategien von Österreich und den alpinen Nachbarländern Schweiz, Südtirol und Bayern zeigen, dass Schutzwald mittlerweile in allen Alpenländern ernst genommen wird und viel Geld dafür investiert wird, die Schutzfunktion der Wälder zu erhalten. Einige Beiträge widmen sich der speziellen Wirkung des Waldes bei verschiedenen Prozessen wie Rutschung und Steinschlag und letztlich werden ein paar interessante Projekte vorgestellt und Erfahrungen aus der Praxis beschrieben.

Das Schutzwaldheft soll auch zu einer kritischen Besinnung beitragen und uns auf die Wurzeln unseres Dienstzweiges zurückführen. Die Kombination von technischen und forstlich biologischen Maßnahmen, die sogenannte Flächenkompetenz war immer die Stärke der Wildbach- und Lawinenverbauung, sie sollte es auch in Zukunft bleiben.

Ich wünsche Ihnen viel Interesse beim Lesen und Studieren der Beiträge. Wenn Sie Anregungen für mich haben, welche Themen besonders interessant wären oder wie man ein Fachjournal noch besser gestalten könnte, so würde es mich freuen, von Ihnen zu hören

DI Siegfried Sauermoser
Schriftleiter

GERHARD MANNSBERGER

Österreichische Schutzwaldstrategie

Austrian Strategy for Protection Forests

Zusammenfassung:

In einem Gebirgs- und Waldland wie Österreich kommt der Bewirtschaftung der Schutzwälder zur effizienten und kostengünstigen Sicherung der Leben- und Wirtschaftsräume eine große Bedeutung zu. Die Erhaltung und Verbesserung der Schutzfunktion sind daher seit jeher wichtige Punkte auf der forst- und gesellschaftspolitischen Agenda. Mit den Leitsätzen der österreichischen Schutzwaldpolitik und den darauf aufbauenden strategischen Zielsetzungen in der Österreichischen Waldstrategie 2020+ wurden die notwendigen, breit abgestimmten Rahmenbedingungen für konkrete Maßnahmen und Programme geschaffen, um den großen Herausforderungen gerecht zu werden. Diese Maßnahmen werden im Arbeitsprogramm zur Österreichischen Waldstrategie 2020+ festgehalten und konsequent abgearbeitet.

Stichwörter: Schutzwaldstrategie, Walddialog, klimafitte Wälder

Abstract:

In countries with extensive mountains and forests, like Austria, the management of protection forests is of great importance for an efficient and cost effective protection of the inhabited and economic areas against natural hazards. Therefore, the maintenance and improvement of the protection function have been always of high priority on the forest and sociopolitical agenda. With the principles of the Austrian protection forest policy and the strategic goals within the Austrian Forest Strategy 2020+, which are based on this, the required and harmonized framework was established for ascertained actions and programs, to address the great challenges. Those certain actions are written down in the work plan of the Austrian Forest Strategy 2020+ and are processed consistently.

Keywords: Forest protection strategy, Forest Dialogue, climate fit forests

Fact Sheet Box:

- ca. 30 % (ca. 1.15 Mio. ha) der Waldfläche besitzen erhöhte oder hohe Schutzfunktion gemäß dem Waldentwicklungsplan (WEP) [BMLFUW 2016, Abteilung III/4, Waldentwicklungspläne].
- ca. 6 % (ca.240.000 ha) Waldfläche mit Wohlfahrtswirkung [BMLFUW 2016, Abteilung III/4, Waldentwicklungspläne].
- ca. 500.000 ha Waldfläche mit primärer Objektschutzwirkung BMLFUW 2016, Abteilung III/4, Waldentwicklungspläne].
- Fördermittel exklusiv auf Waldflächen mit Objektschutzwirkung (6 Mio.€/a, 1120 Projektgebiete) [BMLFUW 2016, Österreichisches Programm für ländliche Entwicklung 2007-2013].
- Gesamtinvestitionsvolumen in Flächenwirtschaftliche Projekte: ca. 10 Mio. €/a [BMLFUW 2016, Abteilung III/5].
- 56 % der Schutzwaldbestände sind stabil, wobei lokal starke Überalterung der Schutzwaldbestände zu labil-kritischen bis kritisch-instabilen Beständen führt [www.waldinventur.at, ÖWI 2007/09]
- Rund 34 % der Schutzwaldbestände befindet sich in der Terminal- bzw. Zerfallsphase [www.waldinventur.at, ÖWI 2007/09]
- Der Anteil durch Wildverbiss geschädigter verjüngungsnotwendiger und verjüngter Flächen im Schutzwald im Ertrag beträgt 76% und im Schutzwald außer Ertrag 68%. [ÖWI 2007/09, BFW 2011]
- 95.000 ha Auwälder leisten u.a. einen Beitrag zur Schutzwirkung von Hochwässern [BMLFUW 2011, Aueninventar Österreich – Bericht zur bundesweiten Übersicht der Auenobjekte].

Ausgangslage

Mit zwei Drittel der Staatsfläche an Gebirgs- bzw. Berganteil gehört Österreich zu den gebirgigsten Ländern Europas. In Österreichs alpin geprägter Landschaft sind Schutzwälder daher von ganz besonderer Bedeutung für die Sicherung des menschlichen Lebens- und Wirtschaftsraumes. Sie nehmen knapp ein Drittel der gesamten Waldfläche unseres Landes ein und bedürfen einer besonders sorgfältigen Planung und Bewirtschaftung, um ihren Beitrag zu der Abwehr von Naturgefahren, der Nutzung der Ressource Holz im Gebirgs-

bereich, der Sicherung von Trinkwasservorkommen, dem Erhalt des Landschaftsbildes und dem Klimawandel leisten zu können. Die Schutzfunktion ist daher neben der Nutzfunktion flächenmäßig, wie auch funktional die wichtigste Waldfunktion gemäß den Definitionen im Österreichischen Forstgesetz (siehe Abb.1). Von besonderer Bedeutung sind die sogenannten „Objektschutzwälder“, die dem direkten Schutz von Siedlungen, Infrastruktur, etc. dienen.

Gemäß Österreichischem Forstgesetz haben die Eigentümer von Schutzwäldern diese „entsprechend den örtlichen Verhältnissen jeweils so zu behandeln, dass ihre Erhaltung als möglichst

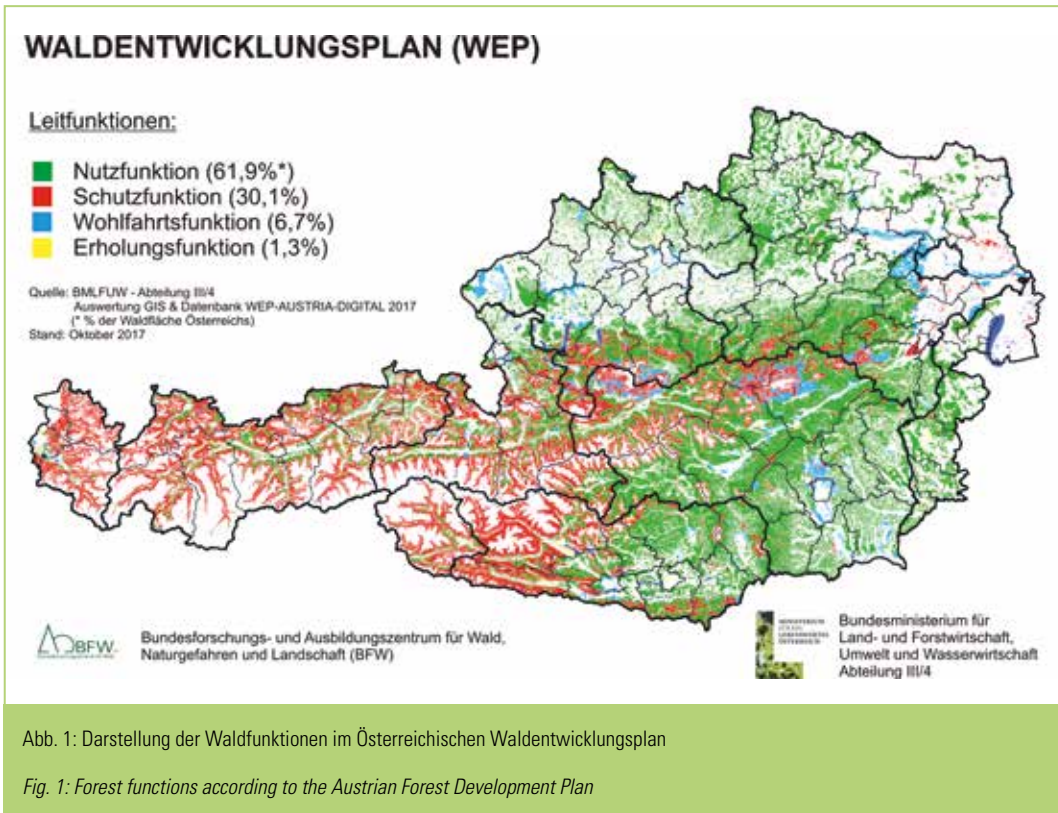


Abb. 1: Darstellung der Waldfunktionen im Österreichischen Waldentwicklungsplan

Fig. 1: Forest functions according to the Austrian Forest Development Plan

stabiler, dem Standort entsprechender Bewuchs mit kräftigem innerem Gefüge, bei rechtzeitiger Erneuerung gewährleistet ist“. Das Gesetz unterscheidet dabei seit der Novelle im Jahr 2002 zwischen Standortschutzwäldern und Objektschutzwäldern. Im Objektschutzwald sind Waldeigentümer nur insoweit zu Maßnahmen verpflichtet, als die Kosten durch öffentliche Mittel oder Zahlungen durch Begünstigte abgedeckt sind.

Nur eine vorrauschauende Koordination zwischen notwendigen forstlichen und technischen Planungen und Maßnahmen und eine Abstimmung zwischen den Vorhaben der Forstbehörden, den Dienststellen der Wildbach- und Lawinerverbauung, den Waldeigentümern, aber auch außerforstlichen Stakeholdern, kann den vielfältigen und wachsenden Ansprüchen gerecht werden.

Probleme und Herausforderungen

Anpassung der Wälder an den Klimawandel – klimafitte Wälder

Der Klimawandel und der nachhaltige Umgang mit knappen Ressourcen gehören zu den großen gesellschaftlichen Herausforderungen der Gegenwart. In diesem Zusammenhang spielen Wälder eine besonders bedeutende Rolle. Dies wurde auch in den Zielsetzungen des globalen Klimaabkommens von Paris bestätigt.

Damit der Schutzwald erhöhten Temperaturen, veränderten Niederschlagsverhältnissen und verstärktem Auftreten von Extremereignissen ausreichend widersteht, ist unter Berücksichtigung der natürlichen Waldgesellschaft und der

angestrebten Schutzwirkung ein möglichst klimafitter Schutzwald anzustreben. Gezielte Maßnahmen können die Widerstandskraft der heimischen Wälder sichern bzw. deutlich erhöhen. Gerade Klein- und KleinstwaldbesitzerInnen, insbesondere sogenannte „hofferne“ WaldbesitzerInnen, bedürfen besonderer Aufmerksamkeit bzw. Unterstützung bei der klimaangepassten nachhaltigen Bewirtschaftung ihrer Wälder. Gemeinsam mit der Kooperationsplattform Forst Holz Papier (FHP) startete daher Bundesminister Andrä Rupprechter am 26.10.2016 die Initiative: „Holz verwenden ist gut für das Klima – Wir machen unseren Wald klimafit!“ Insgesamt 14 Maßnahmenpakete bzw. -programme wurden im Rahmen dieser Initiative geschnürt und sind bereits in einer intensiven Umsetzungsphase.

Überalterte Wälder und fehlende Verjüngung

Damit Schutzwälder ihre Funktion voll erfüllen können, muss eine ungleichaltrige Struktur vorhanden sein. Nur so ist eine stabile Dauerbestockung möglich. Daher ist es besonders wichtig, ältere Bestände rechtzeitig zu verjüngen, bevor deren Schutzfunktion verloren geht. Für den Schutzwald im Ertrag besteht laut den Ergebnissen der Österr. Waldinventur (ÖWI) ein sehr hoher Verjüngungsbedarf: auf rd. 2/3 der Fläche sind Verjüngungsmaßnahmen notwendig. Davon ist jedoch auf mehr als 70 % keine Verjüngung vorhanden.

Im Schutzwald außer Ertrag sind ebenfalls 2/3 der Fläche verjüngungsnotwendig. Dort ist sogar in 80 % der Fälle derzeit keine ausreichende Verjüngung vorhanden. Hemmfaktoren, die einer ausreichenden Verjüngung entgegenstehen, sind vor allem Verbiss und Waldweide, teilweise auch Erosion oder zu dichte Bodenvegetation. Eine gezielte Sanierung vordringlicher

Flächen, eine möglichst rechtzeitige standortsgerechte Verjüngung, sowie die Beseitigung der Hemmfaktoren sind wichtige Ziele, die in Schutzwaldkonzepten und fundierten Detailprojekten umgesetzt werden müssen.

Um den Herausforderungen gerecht zu werden und die offenen Probleme zu lösen, wurden die „Leitsätze der österreichischen Schutzwaldpolitik“ vom Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft formuliert. Sie dienen bzw. dienen ihrerseits



Abb. 2: Nur ungleichaltrige, mehrschichtige und rechtzeitig verjüngte Schutzwälder erfüllen ihre Funktion nachhaltig; Beispiel Hallstatt (Foto: Kiessling)

Fig. 2: To fulfil their function effectively protection forests have to be heterogeneous, multilayered and rejuvenated in time. Example Hallstatt.

als politischer Leitfaden für verschiedene (Teil-) Strategien und Programme, wie z.B. der „Österreichischen Waldstrategie 2020+“, dem Forst-Jagd-Dialog, etc. Sie dienen aber auch dazu, bei konfliktären Themen die Prioritäten festzulegen und Vorgaben für die Entwicklung der verschiedenen Programme zu machen. Damit wurde die Bedeutung der Schutzwälder für die Bevölkerung und die vielen Gäste, vor allem in den alpinen Regionen, auch von Seiten der Politik klar und deutlich unterstrichen und ein zielgerichteter Weg zur Erhaltung und Verbesserung der Schutzfunktion vorgegeben.

Leitsätze der österreichischen Schutzwaldpolitik (BMLFUW, 2015)

Um dafür entsprechende Rahmenbedingungen zu schaffen, wurden seitens der Politik im Rahmen des österreichischen Walddialoges entsprechende Leitsätze formuliert:

1. Intakte Schutzwälder sind der nachhaltigste und kostengünstigste Beitrag zum Erhalt der alpinen Lebensräume.
2. Die Schutzwaldpolitik in Österreich folgt strengen, international vorbildhaften und den Grundsätzen der Nachhaltigkeit verpflichteten gesetzlichen Regelungen.
3. Ausreichend verjüngte und strukturreiche Schutz- und Bergwälder liefern – über die Aufgaben der Holznutzung weit hinausgehend – nachhaltige und kostengünstige Beiträge zur Beschäftigung, für den Tourismus, die Sicherung der Trinkwasserreserven und den Klimaausgleich.
4. Der Erhalt und die Verbesserung ihres Zustandes ist eine zentrale forst- und umweltpolitische Aufgabe und wesentliches Element der ländlichen Entwicklung

5. Bei der Schutzwaldplanung und Zustandserhebung erfolgt eine laufende Abstimmung zwischen den Forstbehörden in Bund und Ländern, der Wildbach- und Lawinenverbauung, sowie Forschung, Lehre und Verwaltung.
6. Notwendige Finanzmittel für Maßnahmen im Schutzwald werden – mit Focus auf objektschutzwirksame Wälder – langfristig gesichert und die Akzeptanz für Schutzwaldförderungen bei den Waldeigentümern und Partnern gestärkt. Die EU-Verordnung zur Entwicklung des ländlichen Raumes ist ein wesentliches Element der Finanzierung durch die öffentliche Hand (EU/Bund/Länder).
7. Die Maßnahmen der Schutzwaldpflege sind prozess- und wirkungsorientiert, entsprechen dem Stand der Technik und unterstehen einer permanenten Erfolgskontrolle.
8. Das Interesse von Zielgruppen außerhalb der Land- und Forstwirtschaft an den Schutz- und Bergwäldern und die fachübergreifende Zusammenarbeit im gesamten Schutzwaldbereich werden laufend gestärkt. Als Instrument dafür dienen u.a. regionale Schutzwaldplattformen.
9. Nachhaltige Lösungen für Problemfelder im Schutzwald (Wald-Wild-Problem, örtl. touristische Übernutzung etc.) werden im konstruktiven Dialog und durch fachübergreifende Zusammenarbeit angestrebt (z.B.: Forst & Jagd Dialog, regionale Schutzwaldplattformen, etc.).
10. Schutzwaldpolitik in Österreich ist in allen wesentlichen Politikprogrammen mit klar messbaren Zielen und Indikatoren integriert (→ Österreichischer Walddialog).



Abb. 3: Die forstpolitischen Leitsätze bilden den Rahmen für die Entwicklung von Maßnahmen und deren Umsetzung zur Sicherung und Verbesserung der Schutzfunktion unserer Wälder. Sie bilden die Basis für eine intensive Bearbeitung im österreichischen Walddialog. (Foto: Schima)

Fig. 3: The forest policy principles give the framework for the development of actions and their implementation to protect and improve the protection function of our forests. They form the basis for an intensive work of the Austrian Forest Dialogue, "Walddialog".

Die Österreichische Waldstrategie 2020+

Die zentrale Bedeutung der Schutzwaldthematik spiegelt sich unter anderem in der breiten und fundierten Diskussion des Themas im Österreichischen Walddialog wider. In der Österreichischen Waldstrategie 2020+ (BMLFUW, 2016) wurden im Handlungsfeld 5 „Schutzfunktionen der österreichischen Wälder“ auf Basis einer Vision „Wald und Schutz“ strategische Ziele, Schlüsselherausforderungen, Erfolgsfaktoren und strategische Schwerpunkte/Stoßrichtungen sehr umfassend formuliert. In das darauf aufbauende Österreichische Waldprogramm (Fertigstellung Ende 2017) wurde eine Fülle konkreter Maßnahmenvorschläge aufgenommen, um die Schutzfunktionen zu erhalten und zu verbessern, sowie

das Bewusstsein der Allgemeinheit für die Leistungen der Schutzwälder zu stärken und anhand klarer Ziele und einem sogenannten Indikatorenset objektiv nachvollziehbar zu machen (siehe <http://www.walddialog.at>).

Die Vision

Die „grüne Infrastruktur“ Wald in Österreich bietet nachhaltigen Schutz gegenüber Naturgefahren und daraus resultierender Risiken. Sie schafft, erhält und fördert die Resilienz gegenüber klimatischem und gesellschaftlichem Wandel. Die „grüne Infrastruktur“ Wald ist wesentlicher Regulator des natürlichen Wasserkreislaufes und schafft damit eine wichtige Grundlage für unsere Grundwasser-, Nahrungsmittel- und Energiesicherheit. (Österreichische Waldstrategie 2020+; BMLFUW, 2017)

Strategische Ziele und Schlüsselherausforderungen zur Schutzwaldbewirtschaftung in der Österreichischen Waldstrategie 2020+

Ziel 1: Erhaltung und Aufbau resilienter Waldökosysteme mit funktionierenden natürlichen Puffer-, Speicher- und Filterkapazitäten

Strategische Schlüsselherausforderungen:

- Degradierung der Böden
- globale Erwärmung und Klimawandel
- mögliche Zunahme von Störungseffekten durch Extremwetterereignisse
- strukturelle Überalterung
- funktional ausreichende Waldausstattung

Ziel 2: Schaffung der Rahmenbedingungen dafür, dass sich der Wald natürlich und ausreichend mit den Gehölzarten der potenziellen natürlichen Waldgesellschaft verjüngt

Strategische Schlüsselherausforderungen:

- Anpassung der Wildbewirtschaftung an die Erfordernisse der Schutzerfüllung
- Orientierung der Baumartenzusammensetzung an die potentielle natürliche Waldgesellschaft unter Berücksichtigung der Effekte des Klimawandels
- qualifizierte Waldbaumaßnahmen zur Erhaltung und Verbesserung der Schutzfunktion differenziert nach Gefahrenarten

Ziel 3: Stärkung der Wälder, damit sie ihren höchst möglichen Beitrag zum Objekt- und Standortschutz in und außerhalb von Waldgebieten leisten können

Strategische Schlüsselherausforderungen:

- Erhaltung und Verbesserung der Schutzwirkungen des Waldes
- Sicherung der schutzfunktionalen Waldbewirtschaftung

- Erhaltung und Revitalisierung der Auwälder einschließlich der Vernetzung mit dem Gewässer

Ziel 4: Schaffung von Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Sicherung des qualitativ und quantitativ ausreichenden Wasserangebots des Waldes

Strategische Schlüsselherausforderungen:

- Erhalt und Verbesserung der Quantität und Qualität des Wasserangebotes
- adäquate Verhinderung von Stoffeinträgen in Grund- und Oberflächengewässer

Ziel 5: Bereitstellung, Weiterentwicklung und Anwendung von effizienten, integrierten und partizipativen Planungs- und Managementinstrumenten zum Schutz vor Naturgefahren

Strategische Schlüsselherausforderungen:

- Entwicklung und Implementierung innovativer sektorübergreifender Planungs- und Managementinstrumente
- Einführung einer risikoorientierten Prioritätenreihung in der Schutzwaldbehandlung

Ziel 6: Verstärkte Sensibilisierung der Gesellschaft bezüglich der Bedeutung des Managements im Bereich Wald, Naturgefahren und Wasserhaushalt

Strategische Schlüsselherausforderungen:

- Umsetzung Risiko-Governance
- Beeinträchtigung von Schutzwäldern und Erschwernisse bei der Wildstandsregulierung durch touristische Nutzung
- ungenügende Eigenverantwortung und Eigenvorsorge
- Verwaltungsvereinfachung im Planungs- und Förderwesen

Ziel 7: Stärkung von Risiko-Governance-Ansätzen und deren Umsetzung im Bereich Wald, Naturgefahren und Wasserhaushalt

Strategische Schlüsselherausforderungen:

- Ober-/Unterlieger Problematik
- Umsetzung Risiko-Governance
- Verwaltungsvereinfachung im Planungs- und Förderwesen
- fehlende Betroffenheit
- „Vergessenskurve“ nach Ereignissen
- ungenügende PR und Beratung
- zersplitterte Eigentümerstruktur

Im Rahmen des Arbeitsprogrammes zur Österreichischen Waldstrategie wurden bisher 17 Maßnahmen beschlossen, weitere 16 sind noch in Diskussion. Etliche Maßnahmen in anderen Handlungsfeldern betreffen ebenfalls den Schutzwald. Rund 50 Maßnahmen werden dann voraussichtlich nach Abschluss der Arbeiten am Arbeitsprogramm für den Schutzwald vorgesehen werden.

Für eine sachgerechte und kosteneffiziente Abwicklung von Schutzwaldprojekten ist in Österreich eine enge Zusammenarbeit zwischen den Forstdiensten auf Bundes- und Länderebene, sowie der Wildbach- und Lawinenverbauung (hier besonders im Rahmen sogenannter flächenwirtschaftlicher Projekte) gelebte Praxis. Eine flächendeckende, bundeseinheitliche und maßnahmenorientierte Ausweisung und Beurteilung von „Objektschutzwäldern“ steht seit einigen Jahren im Focus der Schutzwaldplanung in Österreich. Aufbauend auf die planerischen Vorgaben des jeweiligen Waldentwicklungsplanes und die in der vorangegangenen Förderperiode (Gem. VOLE 07/13) gemachten vielfältigen Erfahrungen (siehe inbes. die „Initiative Schutz durch Wald“) werden gegenwärtig österreichweit sogenannte Bezirksrahmenpläne erstellt.

Darin werden erstmals flächendeckend „Objektschutzwälder mit Verbesserungsbedarf“ ausgewiesen und allfällig erforderliche Maßnahmen für ihren Erhalt nach objektiven Methoden und unter Abschätzung der Kosten und Berücksichtigung von Fördermöglichkeiten festgelegt. Zur bestmöglichen Abstimmung forstlicher und technischer Maßnahmen in den Projektgebieten werden dabei die zuständigen Stellen der Wildbach- und Lawinenverbauung eingebunden, um ihr wertvolles Knowhow einzubringen. Damit soll künftig die Leistungsfähigkeit und Stabilität objektschutzwirksamer Wälder noch gezielter erhalten und kosteneffektiv verbessert werden. Bereits im kommenden Jahr sollen diese Erhebungen österreichweit vorliegen und in die langjährigen Monitoringsysteme auf Bundesebene (inbes. die Österr. Waldinventur) aber auch der Länder entsprechend eingebunden werden.

Schutzwaldplattformen auf Bundes- und Länderebene, aber auch auf regionaler und lokaler Ebene bringen in regelmäßigen Abständen die Player „um den Schutzwald“ (Interessenvertretungen, Waldeigentümer, Gebietskörperschaften, Vertreter von Jagd, Wirtschaft, Tourismus, Schulen etc.) an einen Tisch, um das Bewusstsein für eine regionale Verankerung schutzwaldrelevanter Themen in Theorie und Praxis zu stärken. In Schutzwaldplattformen werden besonders die nötigen Maßnahmen für den Schutzwald in den Ländern und Gemeinden verdeutlicht, miteinander abgestimmt und der nötige Interessenausgleich herbeigeführt.

In den letzten Jahren wurden darüberhinausgehend eine Reihe bewusstseinsverbessernder Aktivitäten zum Thema „Schutzwald“ gesetzt (von der Etablierung von Schutzwaldpartnergemeinden, altersgerechte PR an Schulen oder mit Alpinen Vereinen, Aufforstungsaktionen, Auszeichnung vorbildhafter Projekte etc.). Die Umsetzung

erfolgt dabei unter Nutzung bestehender regionaler Strukturen so dezentral wie möglich; der Einbindung von Multiplikatoren und Stakeholdern (wie Gemeinden, Schulen, Tourismus- und Jagdverbänden) kommt dabei auch künftig besondere Bedeutung zu.

Lösungsorientierte und fachübergreifende Ansätze – nach den bereits bewährten Methoden des Österreichischen Walddialoges – zeigen auch bei den klassischen Konfliktthemen zunehmend Erfolge (siehe www.forstundjagddialog.at) Eine branchenübergreifende Vernetzung und Bewusstseinsbildung für den Schutzwald soll in den nächsten Jahren, als ganz wesentliche Ergänzung zu den oben skizzierten Fachplanungen, systematisch fortgesetzt und schrittweise im Rahmen des Österr. Waldprogrammes erweitert werden.



Abb. 4: Die Pflanzen, die du gesetzt hast, werden eines Tages deine Enkelkinder vor Gefahren schützen! (Foto: Schima)

Fig. 4: The plants that you seeded will protect your grandchildren against hazards one day!

Abschließend möchte ich Siegfried Sauer Moser für das ungewöhnliche Engagement und die hervorragende Zusammenarbeit danken und ihm für seinen neuen Lebensabschnitt alles Gute, viel Freude und Gesundheit wünschen!

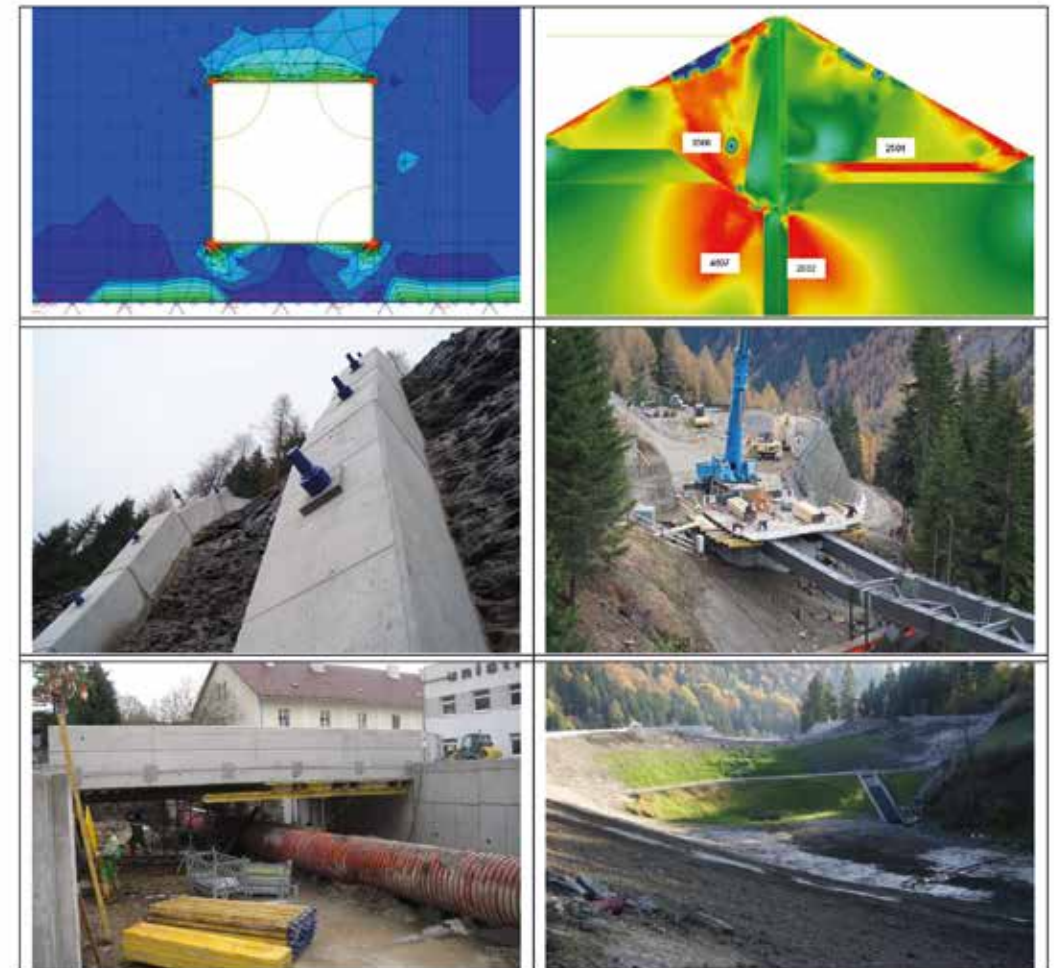
Anschrift des Verfassers / Author's address:

DI Gerhard Mannsberger
BMLFUW
Leiter der Sektion III Forstwirtschaft
Marxergasse 2, 1030 Wien
gerhard.mannsberger@bmlfuw.gv.at

alpinfra consulting + engineering gmbh :: Internationale Ingenieurkompetenz

Innovative Lösungen und Baustellenführung im anspruchsvollen alpinen Umfeld

- Statische und dynamische Strukturanalysen für Stahl- und Betonbauwerke
- Geotechnisch, grundbautechnische Sonderlösungen, Injektionstechnik
- Schutzwasserbau, Wildbach- und Lawinerverbauung
- Numerisch-Physikalische Modellierung von Lawinen, Muren und Felsstürzen



alpinfra consulting + engineering gmbh

Marktplatz 5 - 5163 Mattsee

office@alpinfra.com

www.alpinfra.com

+43 - 6217 - 20271

CLAUDIA KAULFUSS, SEBASTIAN HÖLLERL

Die bayerische Schutzwaldstrategie

The Bavarian strategy for protective forests

Zusammenfassung:

Die bayerische Schutzwaldstrategie beinhaltet die Sanierung von Schutzwäldern, die ihre Funktionen nicht mehr erfüllen können sowie die Pflege und Klimaanpassung dieser Wälder. Federführend bei der Schutzwaldsanierung in Bayern und zuständig gemäß Waldgesetz für Bayern ist die Bayerische Forstverwaltung, welche eng mit den Bayerischen Staatsforsten, der Wasserwirtschaftsverwaltung sowie der Straßenbauverwaltung zusammenarbeitet. Die Bayerische Forstverwaltung plant und evaluiert die Sanierungsmaßnahmen. Die Umsetzung erfolgt im Staatswald durch die Bayerischen Staatsforsten und im Privatwald durch die Forstverwaltung bzw. Unternehmer. Um das Entstehen neuer Sanierungsflächen zu vermeiden, werden die Schutzwälder gezielt gepflegt. Im Staatswald übernehmen dies die Bayerischen Staatsforsten. Die Waldbesitzer im Privat- und Körperschaftswald werden bei der Schutzwaldpflege durch die Bayerische Forstverwaltung beraten und finanziell unterstützt. Als Sonderprogramm wurde hierfür die Bergwaldoffensive ins Leben gerufen. Mit einem gezielten Maßnahmenbündel werden hier die Bergwälder im Privat- und Kommunalwald für den Klimawandel fit gemacht.

Stichwörter: Schutzwald, Schutzwaldsanierung, Bergwaldoffensive, Bayern

Abstract:

The Bavarian strategy for protective forests includes restoration of protective forests, which are no longer capable to fulfill their purpose as well as managing and preparing them for climate change. The Bavarian forest administration is responsible by law for the restoration of protective forests. They work closely in co-operation with Bayerische Staatsforsten, the administration of water management and administration of road works. The Bavarian forest administration

plans and evaluates the restoration measures. The execution in state forests takes place by Bayerische Staatsforsten and in private forests by the forest administration or entrepreneurs. The management of protective forests is the key to prevent the development of new sanitation areas. In state forests it is done by the Bayerische Staatsforsten. Private and municipal forest owners get financial support and consulting from the forest administration. A special program to support forest management is the so called „Bergwaldoffensive“. Its purpose is to help private and municipal forest owners to prepare their forests for climate change.

Keywords: Protective forests, restoration, Bavaria

Einleitung

In Bayern sind verschiedene Akteure für den Wald und die Bergwälder zuständig. Die Bayerische Forstverwaltung ist hoheitlich zuständig für alle Waldbesitzarten in Bayern. Sie stellt auf Grundlage des Waldgesetzes für Bayern (BayWaldG) die sachgemäße und nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder sicher. Die Bewirtschaftung und Pflege des bayerischen Staatswaldes erfolgt durch die Bayerischen Staatsforsten als Anstalt öffentlichen Rechts, welche gemäß dem BayWaldG zur vorbildlichen Bewirtschaftung verpflichtet ist. Für den Privat- und Körperschaftswald erfolgt eine Beratung und Förderung durch die Bayerische Forstverwaltung. In vielen Bereichen sind die privaten Waldbesitzer in forstlichen Zusammenschlüssen organisiert. Die Notwendigkeit zum Schutz des Bergwaldes wurde in Bayern schon frühzeitig erkannt und 1984 im bayerischen Landtag im sog. Bergwaldbeschluss verankert. Dieser besagt, dass der Schutz des Bergwaldes grundsätzlich Vorrang vor allen anderen Nutzungsansprüchen hat. Er bildet noch heute den Rahmen für die Pflege und den Erhalt der Bergwälder. Darin werden unter anderem Vorgaben zur Information der Bevölkerung über die Bedeutung des Bergwaldes, zu seiner Bewirtschaftung und zu angepassten

Schalenwildbeständen gemacht. 1986 wurde im bayerischen Landtag beschlossen, den Zustand der Schutzwälder zu erfassen, das Gefährdungspotenzial zu ermitteln und erforderlichenfalls festgestellte Defizite zu beheben. Das war der Grundstein für die Schutzwaldsanierung, die nun seit über 30 Jahren in Bayern erfolgreich praktiziert wird. 2008 wurde zusätzlich die Bergwaldoffensive (BWO) ins Leben gerufen. Sie unterstützt mit einem gezielten Maßnahmenbündel die privaten und kommunalen Waldbesitzer bei ihrem Bemühen, den Bergwald für den Klimawandel fit zu machen, bevor dieser zum Sanierungsfall wird, nach dem Motto „Vorbeugen statt Heilen“.

Zahlen und Fakten zum Bergwald

Die Waldfläche im bayerischen Alpenraum beträgt rund 260.000 Hektar. 147.000 Hektar der bayerischen Bergwälder sind Schutzwälder nach dem Bayerischen Waldgesetz. Knapp 10 % der Schutzwälder in den bayerischen Alpen sind in ihren Schutzfunktionen beeinträchtigt und müssen saniert werden. Aufgrund der Waldbesitzverteilung im Gebirge liegen 70 % von diesen insgesamt etwa 14.000 Hektar Sanierungsfläche im Staatswald, 21 % im Privatwald und 9 % im Kommunalwald.

Schutzwald und Schutzwaldsanierung in Bayern

Der Schutzwaldbegriff ist in Bayern eindeutig im BayWaldG definiert. Im Artikel 10 Absatz 1 des BayWaldG heißt es wie folgt:

„Schutzwald ist Wald

- in den Hoch- und Kammlagen der Alpen und der Mittelgebirge,
- auf Standorten, die zur Verkarstung neigen oder stark erosionsgefährdet sind,
- der dazu dient, Lawinen, Felsstürzen, Steinschlägen, Erdabrutschungen, Hochwassern, Überflutungen, Bodenverwehungen oder ähnlichen Gefahren vorzubeugen oder die Flussufer zu erhalten.“

Das Waldgesetz für Bayern beinhaltet für den Schutz und die Verbesserung des Zustandes der Schutzwälder bestimmte Regelungen. So ist die Erlaubnis zur Rodung von Schutzwald grundsätzlich zu versagen, wenn Nachteile für die Schutzfunktion zu befürchten sind. Kahlhiebe in Schutzwald sind grundsätzlich erlaubnispflichtig. Wie im Waldgesetz aufgeführt, erfüllt der alpine Schutzwald unterschiedliche Schutzfunktionen. In erster Linie soll alpiner Schutzwald die Menschen und Infrastruktureinrichtungen in den Alpen vor den Naturgefahren des Gebirges schützen. Gleichzeitig soll er auch seinen eigenen Standort sichern. Die Schutzwirkung reicht über den unmittelbaren Objektschutz weit hinaus, den der Wald Siedlungen oder Verkehrswegen, beispielsweise vor Stein Schlag oder Lawinen, bietet. Intakte Schutzwälder besitzen eine nicht zu unterschätzende Bedeu-



Abb. 1: Zum Schutz vor Erosion erfolgen Pflanzungen und temporäre Verbauungen, Quelle: M. Hildebrandt

Fig. 1: Plantings and temporal measures for erosion protection

tung für den vorbeugenden Hochwasserschutz entlang von Wildbächen und der Alpenflüsse. Der intensiv durchwurzelte Waldboden vermag große Niederschlagsmengen zu speichern und den Oberflächenabfluss zu verhindern. Durch diese indirekte Schutzwirkung im Einzugsbereich der Bäche und Flüsse kommt es zu einem verzögerten Abfluss und zu einer merklichen Verminderung der Hochwasserspitzen. Auch wenn absolute Extremereignisse hierdurch nicht abgepuffert werden können, ist dies ein Effekt, der mit vermehrten Starkregenereignissen im Zuge des Klimawandels künftig noch an Bedeutung gewinnen wird.

Schutzwaldsanierungsgebiete und -flächen

Als sanierungsnotwendig gelten Schutzwälder in Bayern, wenn ihre Funktionstauglichkeit deutlich gestört ist und diese im Rahmen einer regulären Waldbewirtschaftung nicht wieder hergestellt werden kann. Dies trifft vor allem zu bei:

- verlichteten Schutzwäldern ohne ausreichende Verjüngung,
- überalterten Schutzwäldern mit einem Durchschnittsalter von über 200 Jahren und mehr als einem Drittel kümmernder, absterbender oder toter Bäume in der Oberschicht ohne ausreichende Verjüngung,
- durch Sturmwurf, Borkenkäfer oder Schälschäden beeinträchtigten Schutzwäldern und
- wegen hoher Verbisschäden oder Weidebelastung nicht entwicklungsfähigen Schutzwaldverjüngungen.

Hier werden Sanierungsflächen und Sanierungsgebiete ausgewiesen. Sanierungsflächen sind die Flächen, auf denen konkrete Pflanzungs- und Verbauungsmaßnahmen stattfinden. Einzelne, in einem räumlichen Zusammenhang stehende

Sanierungsflächen werden zu Sanierungsgebieten zusammengefasst. Sie umfassen zum Beispiel alle Sanierungsflächen einer Bergflanke oder eines Wildbacheinzugsgebiets. Auf Ebene der Sanierungsgebiete werden notwendige flankierende Maßnahmen wie zum Beispiel großräumige Jagd- und Wildmanagementkonzepte koordiniert.

Sanierungsgebiete sind großräumige Bereiche mit hohen Anteilen an Schutzwäldern in denen auf Teilflächen, den Sanierungsflächen, Sanierungsmaßnahmen erforderlich sind. Zusätzlich werden für die Sanierungsgebiete Prioritäten festgelegt, diese sind in fünf Stufen untergliedert.

Die Planung der Schutzwaldsanierung auf den Sanierungsflächen erfolgt in Bayern durch die zuständigen Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und deren Fachstellen für Schutzwaldmanagement. Die Umsetzung auf der Fläche erfolgt dann, auf Staatswaldflächen durch die Bayerischen Staatsforsten AÖR, im Privat- und Körperschaftswald durch die mit der Sanierung betrauten Fachstellen bzw. Unternehmer. Durchgeführte Maßnahmen auf den Flächen sind Erschließung, Pflanzung sowie temporäre und permanente Verbauungen. Die Erschließung erfolgt mittels Steigbau zur Verbesserung der Erreichbarkeit. Die Pflanzung ist Arbeitsschwerpunkt der Schutzwaldsanierung. Die Baumartenwahl richtet sich dabei in erster Linie nach dem Standort, dem noch vorhandenen Altbestand und der natürlichen Waldgesellschaft. Auch die vom jeweiligen Bestand zu erfüllenden Schutzfunktionen beeinflussen die Auswahl der Baumarten. Temporäre Verbauungen zum Schutz der Pflanzungen führt die Bayerische Forstverwaltung durch. Die permanenten Verbauungen dienen nicht nur dem Schutz der Pflanzungen sondern dem Objektschutz und werden von den Wasserwirtschafts- und Straßenbauverwaltungen durchgeführt. Flankierende Maßnahmen sind die Trennung von Wald und

Weide in besonders sensiblen Bereichen und vor allem ein angepasstes Schalenwildmanagement. Die Bayerischen Staatsforsten haben zum Beispiel innerhalb ihrer Regiejagd Zonen mit unterschiedlichen Jagdintensitäten ausgewiesen und eine intensive Schwerpunktbejagung in Schutzwäldern eingeführt. Im Gegenzug wird in anderen Bereichen, z.B. Hochlagen oberhalb der Waldgrenze, der Jagddruck deutlich reduziert. Vor allem südseitig exponierte Sanierungsflächen werden gerne vom Wild genutzt, da diese Flächen relativ schneearm sind und ein für die Tiere günstiges Kleinklima aufweisen. Um den Verbissdruck ganzjährig möglichst gering zu halten, wird im Rahmen einer Verordnung der Regierung von Oberbayern für bestimmte Sanierungsgebiete und Sanierungsflächen die Schonzeit aufgehoben. Die dort getätigten Abschnitte erfolgen im Rahmen der regulären Abschnusplanung und machen nur einen geringen Anteil an der Strecke aus. Ziel ist es, ausreichende Vergrämungseffekte dahingehend zu erzielen,

dass diese Flächen vom Wild möglichst gemieden werden. Die Verordnung zur Aufhebung der Schonzeit hat jeweils eine Laufzeit von fünf Jahren und wird unter Beteiligung aller involvierten Interessengruppen sach- und fachgerecht beurteilt. Sie hat sich als wichtiges Instrument zur Sicherung der Schutzwaldsanierung bewährt.

Der Ettaler Berg – Beispiel für eine gelungene Schutzwaldsanierung

Die bayerische Strategie basiert auf gesetzlichen Grundlagen und Vorgaben zur Schutzwaldsanierung. Konkret bedeutet Schutzwaldsanierung auch immer die Zusammenarbeit der verschiedenen Institutionen und Beteiligten. Wie die Umsetzung in der Praxis erfolgt, wird am Beispiel des Sanierungsgebietes Ettaler Berg erläutert. Primäres Ziel der Sanierung am Ettaler Berg ist die Wiederherstellung und Erhaltung der Lawinen- und Steinschlagschutzfunktion.

Das Sanierungsgebiet Ettaler Berg umfasst insgesamt 248 Hektar, davon sind neun Flächen als Sanierungsflächen ausgewiesen. Das Sanierungsgebiet hat die Priorität 1, da im Bereich des Ettaler Berges die Bundesstraße B23 an mehreren Stellen durch Waldlawinen und Steinschlag akut gefährdet ist. Es besteht daher ein sehr hohes Gefährdungspotential. Die Bayerische Forstverwaltung in Zusammenarbeit mit den Bayerischen Staatsforsten, sowie die Wasserwirtschaftsverwaltung arbeiten mit Lawinenverbauungen, Gleitschneeverbauungen, Pflanzungen und Schutzwaldpflegemaßnahmen daran, die Schutzfunktionen wieder herzustellen.

Aufbau und Zustand des Schutzwaldes

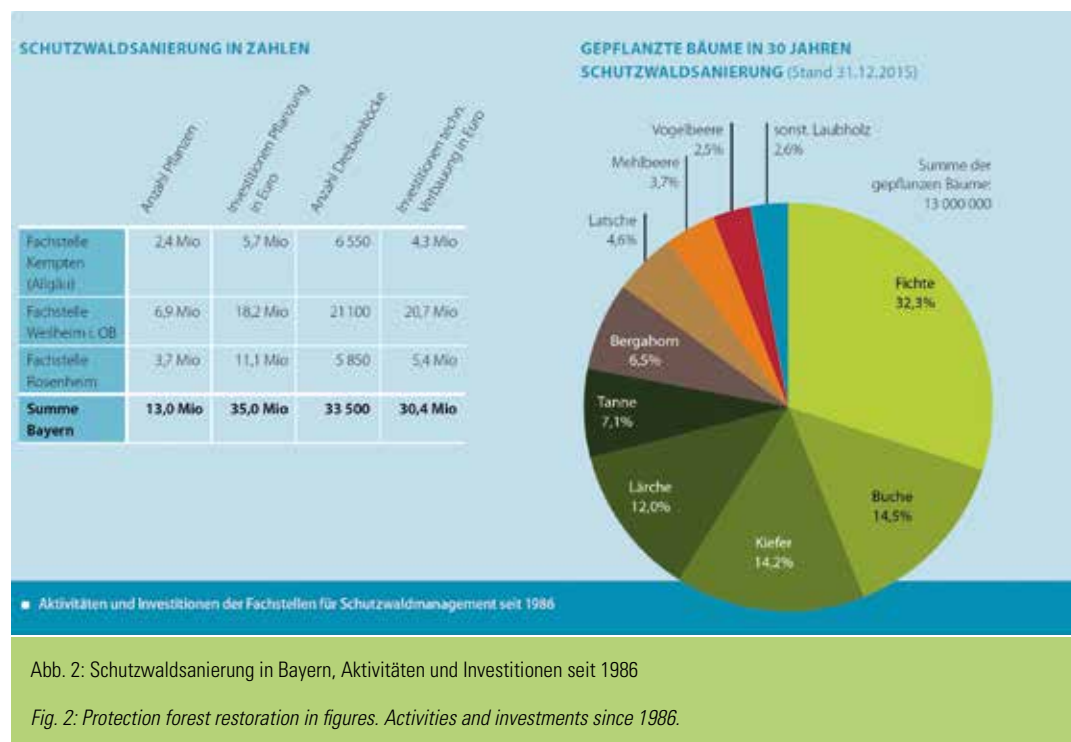
Im Schutzwald am Ettaler Berg überwiegen Fichten-Buchenbestände, in den unteren Lagen dominieren fast reine Buchenbestände. Die Tanne fehlt in den Altbeständen fast komplett. Aus früheren Treibrinnen, die sich wegen überhöhter Wildbestände nicht verjüngen konnten, sind im Laufe der Zeit Lawinengassen entstanden, die eine akute Gefährdung für die Straße darstellen. Aufgrund des hohen Buchenanteiles ist die Lawinenschutzfunktion auch außerhalb der bestehenden Lawinengassen selbst bei noch geschlossenem Ausgangsbestand nicht optimal (winterkahler Bestand, Tendenz zur Hallenbildung, glatte Bodenoberfläche). Außerdem haben Sturmwürfe und Borkenkäferausfälle in den letzten Jahren zu einer weiteren Verschlechterung des Schutzerfüllungsgrades beigetragen.

Der Ettaler Berg ist außerdem aufgrund der Südexposition und der relativ niedrigen Lage über NN bevorzugter Wintereinstand für Schalenwild, insbesondere Gams- und Rotwild. Das ganze Jahr über ist vor allem in den unteren und mittleren Hanglagen Rehwild vorhanden. Bis in die 1990er wurde die natürliche Verjüngung der

Schutzwälder durch die hohen Wildbestände massiv behindert. Mittlerweile zeigt sich eine deutliche Entspannung bei der Wildproblematik. Der Forstbetrieb Oberammergau konnte mit einem auf die speziellen Verhältnisse abgestimmten Jagdkonzept die Wildschäden in den letzten Jahren deutlich minimieren. Ein Bestandteil des Konzeptes ist auch die Jagd in der Schonzeit, die in vorrangigen Schutzwaldsanierungsgebieten durch die Schonzeitaufhebungsverordnung ermöglicht ist. Gerade die Jagd trägt entscheidend zum Erfolg der Schutzwaldsanierung bei.

Getätigte Maßnahmen

Bereits in den Jahren 1977/1978 wurden vom Wasserwirtschaftsamt Weilheim in zwei Lawinerrinnen temporäre Lawinenverbauungen in Form von Holzschneerechen errichtet. Die Flächen wurden vom seinerzeitigen Forstamt Oberammergau gezäunt und aufgeforstet. Aufgrund des damals extremen Wildverbisses konnten sich die Flächen trotz Zaunschutzes zunächst kaum verjüngen. Zwischen 1993 und 2003 wurden dann vom Wasserwirtschaftsamt Weilheim sämtliche Lawinenstriche mit Schneenetzen permanent verbaut, zusätzlich wurden Steinschlagsbereiche mit entsprechenden Schutznetzen gesichert. Insgesamt wurden 140 Laufmeter Schneenetze mit punktueller Gleitschneeverbauung und 700 Laufmeter Steinschlagschutzzaun mit einem Kostenaufwand von insgesamt rd. 1,03 Mio. € errichtet. Von der Bayerischen Forstverwaltung wurden in diesem Zeitraum zusätzlich temporäre Gleitschneeverbauungen in verlichteten Bereichen eingesetzt. Wegen der Vergrasungs- und Gleitschneegefahr werden Stämme aus Sturmwürfen und Borkenkäferbäume zusätzlich systematisch zur Anlage von Querlegern genutzt (Erhöhung der Bodenrauhigkeit, Verbesserung der Verjüngungssituation, Humuseintrag, Rannenverjüngung).



Alle Verbauungsflächen und darüber hinaus weitere verlichtete Bereiche wurden bepflanzt. Insgesamt wurden bisher rund 72.700 Pflanzen auf einer Fläche von rund 30 Hektar ausgebracht (2.400 Pflanzen/ha). Die Kosten der Bayerischen Forstverwaltung für die temporären Verbauungen, Steigbau und Pflanzungen betragen bis heute knapp 400.000 €.

Die Entwicklungen und Veränderungen auf den Sanierungsflächen können gut nachverfolgt werden, da eine intensive Erfolgskontrolle

stattfindet. Alle Flächen werden im Abstand von zwei Jahren begangen und nach einem einheitlichen Checklistenverfahren bewertet. Zusätzlich sind repräsentative Dauerbeobachtungsflächen angelegt, auf denen alle fünf Jahre gezielte Stichprobenaufnahmen durchgeführt werden. So ist auch eine schnelle Reaktion auf mögliche nachteilige Veränderungen sichergestellt. Die bisherigen Maßnahmen waren äußerst erfolgreich, wie man deutlich am Vergleich der Abb. 3 und Abb. 4 sehen kann.



Abb. 3:
Ettaler Berg
Sanierungsfläche 1, 1990;
Quelle: M. Hildebrandt

Fig. 3:
Restoration area Ettaler
Berg 1990



Abb. 4:
Ettaler Berg
Sanierungsfläche 1, 2016
Quelle: P. Gloning

Fig. 4:
Restoration area Ettaler
Berg 2016

Der Schwerpunkt der künftigen Maßnahmen wird bei Unterhaltsmaßnahmen, aber vor allem bei der Schutzwaldpflege liegen. So muss über der Verjüngung kontinuierlich nachgesehen, die vorhandene Verjüngung mit der Tanne ergänzt und die vorhandene Fichtenverjüngung gepflegt und gefördert werden. Ziel ist es, in den buchenreichen Beständen möglichst viel wintergrünes Nadelholz im künftigen Lawinenschutzwald zu haben. In jüngeren Beständen außerhalb der Sanierungsflächen muss im Rahmen der vorbeugenden Schutzwaldpflege konsequent Tanne künstlich vorausverjüngt werden. Ein weiterer wichtiger Schwerpunkt liegt im Ausbau und laufenden Unterhalt der Steigerschließung in dem schwer zugänglichen Gebiet. Ganz entscheidend für den weiteren Erfolg der Schutzwaldsanierung am Ettaler Berg ist die konsequente Umsetzung des Jagdkonzeptes des Forstbetriebes.

Vorbeugen ist besser als Heilen – Schutzwaldpflege und Bergwaldoffensive

Die Anpassung der Bergwälder an den Klimawandel und der Erhalt ihrer Schutzfunktionen stellen gerade im oft kleinflächig strukturierten Privat- und Körperschaftswald die Eigentümer vor besondere Herausforderungen. Aus diesem Grund hat die Bayerische Staatsregierung bereits 2008 im Rahmen des Klimaprogramms die Bergwaldoffensive (BWO) ins Leben gerufen. Sie unterstützt mit einer gezielten Maßnahmenbündelung (Wegebau, Bergwaldpflege, Voranbau etc.) die privaten und kommunalen Waldbesitzer bei ihrem Bemühen, den Bergwald für den Klimawandel fit zu machen.

Ziel der Bergwaldoffensive ist es, die heimischen Bergwälder an die geänderten Klimabedingungen anzupassen. Standortgerechte, strukturreiche Bergmischwälder aus Fichte, Tanne, Buche und Bergahorn können diese Anforderun-

gen am besten erfüllen. Die Schutzfunktionen und die ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekte der Bergwälder müssen gestärkt und nachhaltig erhalten werden. Diese Ziele lassen sich nur erfolgreich realisieren, wenn sie von einem Jagdmanagement flankiert werden, das ein weitestgehend schadenfreies Aufwachsen der Pflanzen ermöglicht. Deshalb sind Verbiss-, Schlag- und Schälsschäden zu vermeiden. Bei allen Maßnahmen werden grundsätzlich die Ziele des Natur- und Artenschutzes berücksichtigt.

Ergänzend zu den bewährten Möglichkeiten der forstlichen Beratung und Förderung greift die Bergwaldoffensive zwei neue Handlungsansätze auf: Die Konzentration auf abgegrenzte Projektgebiete und die intensive Beteiligung von Interessenvertretern rund um den Bergwald.

Aus Betroffenen Beteiligte machen –
Selbstverantwortung stärken

In den Projektgebieten der Bergwaldoffensive werden sogenannte „Runde Tische“ gegründet, an denen Waldbesitzer gemeinsam mit Almbauern, Vertretern von Gemeinden und des Naturschutzes, der Jägerschaft, des Tourismus sowie von Fachbehörden und Kommunen konkrete Maßnahmen im Bergwald beraten. Dieser partizipative Ansatz erhöht die Akzeptanz bei allen Beteiligten, vereint unterschiedliche Interessen und schafft Bewusstsein für Bergwaldthemen in der jeweiligen Projektregion. Durch ein gezieltes und frühzeitiges Eingreifen will die Bergwaldoffensive eine nachhaltige Verbesserung der Schutzwirkungen der Bergwälder erreichen. Gleichzeitig sollen dadurch technisch aufwändige und teure Schutzwaldsanierungsmaßnahmen vermieden werden. Der dringendste Handlungsbedarf besteht gegenwärtig besonders in Fichtenreinbeständen, in denen das Risiko schwerwiegender Bestandes-

schäden von Jahr zu Jahr steigt. Die Palette möglicher Maßnahmen in den Projektgebieten reicht von der Pflanzung geeigneter Mischbaumarten und der Förderung der Naturverjüngung über eine Intensivierung der Waldpflege bis hin zu Begleitmaßnahmen zur Verbesserung der Rahmenbedingungen wie der Trennung von Wald und Weide, der Entwicklung von Jagdkonzepten oder der notwendigen Erschließung als Voraussetzung für eine sachgerechte und schonende Pflege der Wälder. Daneben fördert die Bergwaldoffensive durch gezielte Waldnaturschutzkonzepte (Besucherlenkung, Habitatverbesserung durch Belassen von Biotopbäumen und Totholz) gefährdete Arten wie das Auerwild oder verschiedene Specht- und Fledermausarten. Alle Maßnahmen werden gemeinsam besitzübergreifend geplant, von allen Beteiligten umgesetzt und durch den BWO-Beirat begleitet. Die Projekte der Bergwaldoffensive werden durch intensive Öffentlichkeitsarbeit – wie zum Beispiel Ausstellungen oder Pflanzaktionen mit Schulklassen – ergänzt, um die Bedeutung der Bergwälder für die Allgemeinheit ins öffentliche Bewusstsein zu rücken. Die Bayerische Forstverwaltung organisiert und moderiert die Aktivitäten

der Bergwaldoffensive und stellt entsprechende finanzielle Mittel zur Verfügung. Zur Unterstützung der Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten im bayerischen Alpenraum wurden forstlich ausgebildete Bergwaldmanager eingestellt, die die Maßnahmen in den Projektgebieten anstoßen und koordinieren.

Die Erfolge sprechen für sich

Die Bergwaldoffensive startete 2008 mit dem Ziel, in jedem der sechs Alpenämter ein Projektgebiet auszuweisen. Mittlerweile begleitet die Bergwaldoffensive 47 Projekte mit einer Gesamtfläche von knapp 47 000 Hektar Bergwald, in denen bislang rund 17 Millionen Euro an Klimamitteln investiert wurden. Zusätzlich flossen weitere fünf Millionen Euro aus der regulären forstlichen Förderung in die Bergwaldoffensive. Insgesamt konnten damit mehr als 2 806 Einzelmaßnahmen umgesetzt werden. Dazu zählen beispielsweise der Umbau oder die Verjüngung labiler Bestände in zukunftsfähige Bergwälder durch Pflanzung, Naturverjüngung und Durchforstung auf rund 1 600 Hektar und der Bau von 161 Kilometer Forst- und Rückewegen.

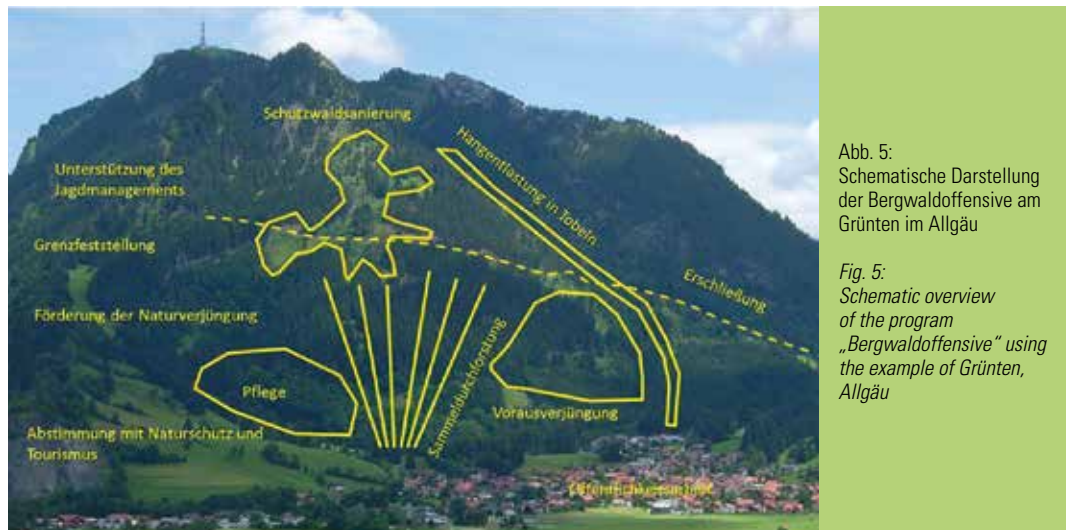


Abb. 5:
Schematische Darstellung
der Bergwaldoffensive am
Grünen im Allgäu

Fig. 5:
Schematic overview
of the program
„Bergwaldoffensive“ using
the example of Grünen,
Allgäu

Ausblick

Die Bayerische Schutzwaldstrategie basiert im Wesentlichen auf Schutzwaldpflege, Schutzwaldbewirtschaftung und Schalenwildmanagement. Wesentliche Bestandteile sind Monitoring, Weiterentwicklung, Forschung, Zusammenarbeit aller Beteiligten, wie z. B. Forstverwaltung, Forstbetrieb, Wasserwirtschaftsamt und Bauamt. Durch eine vorausschauende und naturnahe Bewirtschaftung der Bergwälder stellen wir heute die Weichen für einen gesunden und funktionstüchtigen Wald und sparen morgen die hohen Kosten für technische Verbauungen oder aufwändige Sanierungen.

Ziel der umfassenden Schutzwaldsanierung und -pflege sind gesunde, stabile und widerstandsfähige Wälder aus mehreren Baumarten und mit unterschiedlich alten und unterschiedlich großen Bäumen die ihre Schutzfunktionen dauerhaft erfüllen können. Das ist die bayerische Schutzwaldstrategie.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Claudia Kaulfuß
Referat F3 - Waldbau, Waldschutz, Bergwald
Bayerisches Staatsministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Forsten
Ludwigstraße 2, 80539 München
claudia.kaulfuss@stmelf.bayern.de

Dr. Sebastian Höllerl
Referat F3 - Waldbau, Waldschutz, Bergwald
Bayerisches Staatsministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Forsten
Ludwigstraße 2, 80539 München
sebastian.hoellerl@stmelf.bayern.de

Literatur / References:

DER BERG- UND SCHUTZWALD IN DEN BAYERISCHEN ALPEN (2016):
Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

EXKURSIONSFÜHRER ETTALER BERG (2016):
unveröffentlicht

Airborne Laserscanning und Bildflüge





Vermessung AVT-ZT-GmbH
Terra Messflug GmbH

A-6460 Imst, Eichenweg 42

Tel. +43 50 6930
Fax +43 50 693026
Email avt@avt.at

www.avt.at

GÜNTHER UNTERTHINER, FLORIAN BLAAS

Berg- und Schutzwald-Strategie in Südtirol

Mountain and protection forest strategy of South Tyrol

Zusammenfassung:

Im jungen Nationalstaat Italien wurde im Jahre 1877 eine staatsweite Regelung zum Schutz vor Erosion vorgesehen, indem im öffentlichen Interesse der „vincolo forestale“ („forstliche Nutzungsbeschränkung“) für bewaldete und unbewaldete Grundstücke eingeführt wurde. Mit der Eingliederung von Südtirol in Italien vor fast 100 Jahren wurde dann auch für die Provinz Bozen das zweite Staatsforstgesetz mit dem „vincolo idrogeologico“, also der Nutzungsbeschränkung im Hinblick auf Boden und Wasser, ausgedehnt. Aus diesem Grund war eine eigenständige Schutzwaldstrategie in Südtirol lange nicht notwendig. Weil durch das Autonomiestatut umfangreiche Kompetenzen, wie eben der Bereich Wald samt Forstbehörde, in die direkte Zuständigkeit der Provinz Bozen übertragen wurden, und die Entwicklung des gesamten ländlichen Raumes seit jeher eine wesentliche autonomiepolitische Zielsetzung waren, wurde in diesem Sektor in den letzten Jahrzehnten sehr viel an Geldmittel investiert. Mit dem Bergwaldprotokoll der Alpenkonvention, mit der Einführung von Gefahrenzonenplänen, aber auch aufgrund der Teilnahme an verschiedenen internationalen Projekten, wie „network mountain forest“ oder das Arge-Alp-Projekt „Ökonomie und Ökologie im Schutzwald“ (2012), wurde der Ruf nach einer zusätzlichen Differenzierung nach einem mitteleuropäischen Ansatz der Wirkung der Wälder gegenüber Naturgefahren auch in Südtirol laut. Ausgehend von den Erkenntnissen des Schweizer Projektes „SilvaProtect“, welches eine landesweite Ausscheidung der Objekt-Schutzwälder für die gesamte Schweiz zur Folge hatte, wurde auch für Südtirol eine sogenannte Schutzwaldhinweiskarte erstellt, in der die Schutzfunktion als computergestützte Modellierung ermittelt wird.

Stichwörter: Schutzwaldstrategie, Südtirol

Abstract:

In Italy a state-wide regulation for protection against erosion was established in 1877 by the “vincolo forestale”. With the integration of South Tyrol into Italy approximately 100 years ago, the province was affected by the second Italian forest law, the “vincolo idrogeologico”, which includes use restrictions for land owners in context with soil and water. For this reason, a separate protection forest strategy in South Tyrol was not necessary. With the autonomy status of South Tyrol, more competence was given to the county government and since then, much money has been invested in countryside.

Keywords: Protection forest strategy, South Tyrol

Ursprünge und Entwicklung

Seit dem frühen 14. Jahrhundert gibt es in Tirol, wegen des Raubbaus am Wald durch die Bergwerke und wegen der zu starken Beweidung, Aufzeichnungen, dass insbesondere die Nutzung des Waldes nicht mehr frei erfolgen konnte, sondern dass dabei Vorschriften eingehalten werden mussten („Waldordnungen“). Im jungen Nationalstaat Italien wurde im Jahre 1877 (erstes königliches Forstgesetz vom 20. Juni, Nr. 3917), wohl aufgrund schlechter Erfahrungen, eine staatsweite Regelung zum Schutz vor Erosion vorgesehen, indem im öffentlichen Interesse der „vincolo forestale“ („forstliche Nutzungsbeschränkung“) für bewaldete und unbewaldete Grundstücke eingeführt wurde. Mit der Eingliederung von Südtirol in Italien vor fast 100 Jahren wurde dann auch für die Provinz Bozen das zweite Staatsforstgesetz (königliches Dekret vom 30. Dezember 1923, Nr. 3267) mit dem „vincolo idrogeologico“, also der Nutzungsbeschränkung im Hinblick auf Boden und Wasser, ausgedehnt.

Begriffsbestimmung

Das Wort „Vinkulierung“ leitet sich vom lateinischen Wort „vinculum“ ab, das auf Deutsch mit „Bindung“ übersetzt werden kann. Gemeint ist damit eine Einschränkung im öffentlichen Interesse für den Grundeigentümer, für die er keine Entschädigung beanspruchen kann. Er kann also auf bestimmten Grundstücken nicht frei und nur nach seinem Willen darüber verfügen, sondern muss für die Ausübung gewisser Tätigkeiten von der Forstbehörde eine Ermächtigung einholen.

Zielsetzung der forstlichen Nutzungsbeschränkung

Die Auferlegung der forstlichen Nutzungsbeschränkung zielt auf den Schutz aller Böden und Grundstücke vor Erosion und Zerstörung ab, um sie, im öffentlichen Interesse, für unsere Nachfahren zu erhalten. Diese Zielsetzung bedeutet nicht, dass keine Eingriffe mehr gemacht werden dürfen, sondern nur nachhaltige: z.B. durch die sorgsame Wahl einer Straßentrasse, die geordnete Ableitung

von Oberflächenwasser, eine auf die Weidefläche angepasste Bestoßung oder die Festlegung eines Hiebsatzes sowie die Holzauszeige.

Besonders geschützt werden durch das Gesetz die Wälder mit all ihren Funktionen, die Bergmähder und Weiden. Bereits im Gesetz aus dem Jahre 1923 wurde festgelegt, dass diese Nutzungsbeschränkung von der Gesellschaft durch fördernde Maßnahmen, wie Arbeiten in Eigenregie durch die Forstbehörde, Gewährung von Beiträgen, Beratung und Betreuung auszugleichen sind.

Für die Auferlegung der forstlichen Nutzungsbeschränkung wurde ein aufwändiges Verfahren in die Wege geleitet, welches eine parzellenscharfe Abgrenzung auf der Katastermappe sowie eine detaillierte Beschreibung zum Verlauf der Beschränkung beinhaltet.

Das italienische Staatsforstgesetz, eigentlich viel mehr ein Bodenschutz-Gesetz, aus dem Jahre 1923 sah auch die Auferlegung einer Nutzungsbeschränkung für Wälder, die aufgrund ihrer besonderen Lage vor Naturgefahren schützen. Damit sollte auch eine Entschädigung für den Waldeigentümer einhergehen. Zur Umsetzung dieses „vincolo protettivo“ („Schutz-Vinkulierung“) ist es schlussendlich wohl vor allem aus Kostengründen nie gekommen, was gewisse Parallelen zur Umsetzung des Bergwaldprotokolls offensichtlich macht.

Mit dem Landesforstgesetz (Landesgesetz vom 21. Oktober 1996, Nr. 21) wurde aus dem „vincolo idrogeologico“ der „vincolo idrogeologico-forestale“, also die „forstlich-hydrogeologische Nutzungsbeschränkung“. Unterliegt eine Grundparzelle der forstlich-hydrogeologischen Nutzungsbeschränkung, kurz „Vinkulierung“, wendet sich der Grundeigentümer zweckmäßigerweise an „seine“ Forststation, um sich über den effizientesten Weg zur erforderlichen Geneh-

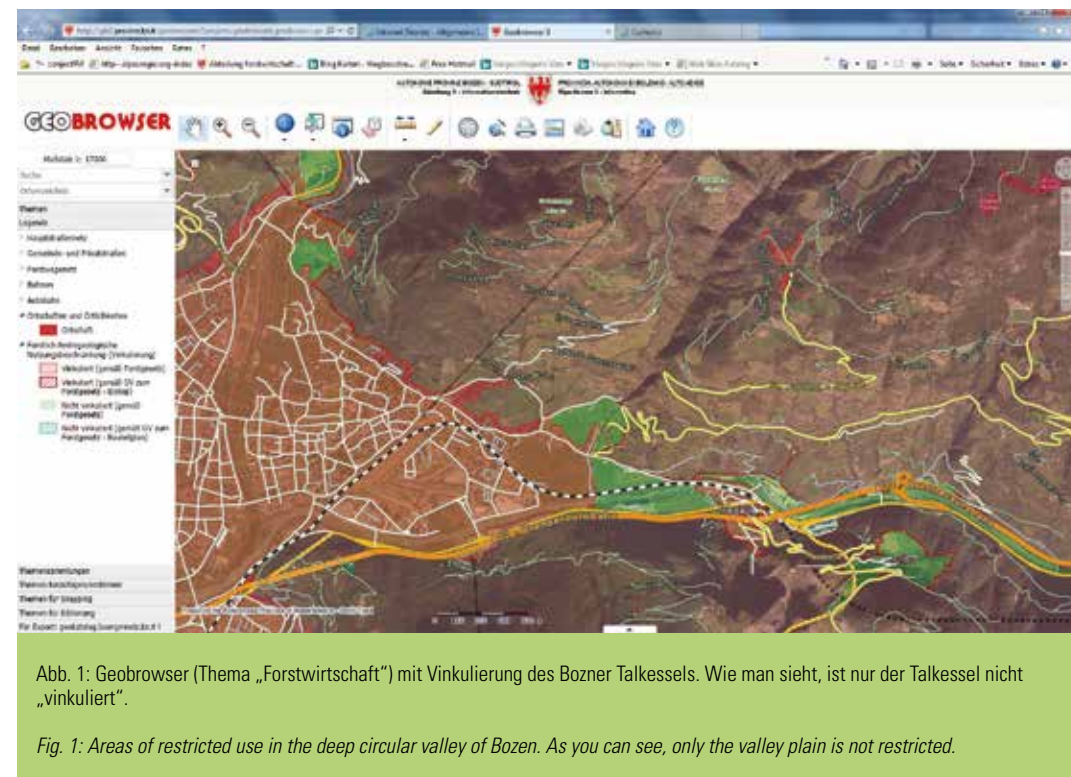
migung beraten zu lassen. Diese Vorgangsweise ist erforderlich bei Erdbewegungen und Materialablagerungen sowie Weide auf Weideflächen.

Im Laufe der Jahre wurden, als Folge der Abstimmung mit dem Raumordnungs- und Landschaftsschutzgesetz des Landes, andere ursprünglich an die „Vinkulierung“ gekoppelte Bestimmungen auch auf „nicht vinkuliertes“ Gebiet ausgedehnt: Kulturänderung (Umwandlung von Wald in eine andere Bodennutzungsform oder Kulturgattung) und Holzschlägerung. Daneben gibt es noch spezielle Bestimmungen zum Schutz des Waldes, die immer schon auch außerhalb der „Vinkulierung“ gegolten haben, wie die Regelung zum Anzünden von Feuer und die Weide im Wald.

Informationen über das „vinkulierte“ Gebiet

Heute unterliegen über 90 % der Landesfläche der „Vinkulierung“. Waren es vor ca. 80 Jahren pro Gemeinde händisch angefertigte Mappenblätter und Karten mit detaillierten Grenzbeschreibungen, aus welchen die Gebiete mit Nutzungsbeschränkung ersichtlich waren, gibt heutzutage der Geobrowser (http://gis2.provinz.bz.it/geobrowser/?project=geobrowser_pro&view=geobrowser_pro_atlas-b&locale=de) Auskunft über die Nutzungsbeschränkung. Dabei werden auch jene Gebiete farblich gekennzeichnet, in welchen aufgrund der im Laufe der letzten 80 Jahre durchgeführten Flächenumwidmungen im Bauleitplan die Nutzungsbeschränkung „automatisch“ aufgehoben wurde (z.B. bei der Auscheidung von Wohnbau- oder Gewerbezonem).

Diese Informationen zur forstlichen Nutzungsbeschränkung sind notwendig, um zu verstehen, weshalb es relativ lange keiner eigenen Schutzwald-Strategie für die Wälder südlich vom Brenner bedurfte. Beschränkungen, wie Holzaus-



zeige durch Forstbehörde, Verwaltungsverfahren für Waldumwidmung oder Erdbewegungen usw. sowie Förderungen und Beiträge gelten für die gesamte vinkulierte Fläche.

Weil durch das Autonomiestatut umfangreiche Kompetenzen, wie eben der Bereich Wald samt Forstbehörde, in die direkte Zuständigkeit der Provinz Bozen übertragen wurden, und die Entwicklung des gesamten ländlichen Raumes seit jeher eine wesentliche autonomiepolitische Zielsetzung waren, wurde in diesem Sektor in den letzten Jahrzehnten sehr viel an Geldmittel investiert. Schwerpunkte waren zunächst die Errichtung der Primär-Erschließung des ländlichen Raumes durch Einbindung der Landwirtschaftsbetriebe an ein öffentliches Wegenetz. Davon ausgehend flossen viele Geldmittel in die Erschließung von Wäldern und Almen. Viele dieser Hoferschließungen, wie auch Wald- und Almerschließungen wur-

den über Eigenregie-Projekte der Forstbehörde realisiert. So hatte und hat auch heute noch die „Forst“ die Rolle des Überwachers von Gesetzen, des Genehmigers und des Förderers von Maßnahmen, des Beraters und des direkten Umsetzers von Arbeiten. Dadurch konnte und kann die Entwicklung des ländlichen Raumes sehr maßgeblich über die Forstbehörde mitgesteuert werden.

Diese forstpolitische Zielsetzung kann seit den 1970er-Jahren auch als Wald- und demnach Schutzwaldstrategie für Südtirol bezeichnet werden. Auf betriebsplanerischer Ebene gab es in den Waldkarteien und Waldbehandlungsplänen immer schon eine Differenzierung zwischen Wirtschafts-, Schutz- und Erholungswirkung der Wälder. Dabei ging es aber vorwiegend um die Einstufung einer forstlichen Nutzung aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten. So konnte es durchaus vorkommen, dass Wälder, die heute aus der



Abb. 2: Angemessene und umweltgerechte überbetriebliche Erschließungen von Wäldern und Almen werden in Südtirol von öffentlicher Hand gefördert.

Fig. 2: *Appropriate and environmentally compatible road development of forests and mountain pastures are supported by the public sector.*

Sicht der Naturgefahren-Vorbeugung als Schutzwälder einzustufen sind, in der Betriebsplanung als Wirtschaftswald klassifiziert waren, weil eben eine wirtschaftlich rentable Nutzung möglich ist.

Mit dem Bergwaldprotokoll der Alpenkonvention, mit der Einführung von Gefahrenzonenplänen, aber auch aufgrund der Teilnahme an verschiedenen internationalen Projekten, wie „network mountain forest“ (2004), initiiert vom österreichischen Land- und Forstwirtschaftsministerium, oder das Arge-Alp-Projekt „Ökonomie und Ökologie im Schutzwald“ (2012), wurde der Ruf nach einer zusätzlichen Differenzierung nach einem mitteleuropäischen Ansatz der Wirkung der Wälder gegenüber Naturgefahren auch in Südtirol laut.

Ausgehend von den Erkenntnissen des Schweizer Projektes „SilvaProtect“, welches eine landesweite Ausscheidung der Objekt-Schutzwälder für die gesamte Schweiz zur Folge hatte, wurde auch für Südtirol eine sogenannte Schutzwaldhinweiskarte erstellt, in der die Schutzfunktion als computergestützte Modellierung ermittelt wird. Die drei untersuchten Naturgefahrenprozesse Sturz, Lawinen und Murgänge sind als eigene Layer verfügbar, womit für jede Schutzwaldfläche auch auf die Naturgefahr verwiesen wird, die zur Ausscheidung als Schutzwald geführt hat. Vergleicht man die Schutzwaldhinweisflächen mit der gesamten Waldfläche in Südtirol, so ist ca. 58 % unseres Waldes Standortschutzwald. Als Objektschutzwald wird hingegen jener Wald mit Schutzfunktion ausgeschieden, der die als Schadenpotenzial ausgewiesenen Siedlungsbereiche und Infrastruktureinrichtungen schützt. 24 % der gesamten Waldfläche sind als solcher einzustufen; also Wald, der eine darunter liegende Ortschaft oder Verkehrsweg direkt vor den Naturgefahrenprozessen Sturz (Steinschlag), Lawine oder Murgang schützt.

Im Jahre 2010 wurde gemeinsam mit dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, dem Freistaat Bayern, dem Land Tirol und der Provinz Trient die Bergwald-Agenda ausgearbeitet, die im Dezember 2010 auch in Brüssel als strategisches Dokument für die Ländliche Entwicklungspolitik nach 2013 vorgestellt wurde. Darin finden sich auch die wichtigsten strategischen Zielsetzungen für den Berg- und Schutzwald. Als Verbindung zwischen dem Prinzip der Nutzungsbeschränkung und der direkten Wirkung der Wälder gegenüber den Naturgefahren wurde in der Präambel der Agenda definiert, dass „der Bergwald in seiner Gesamtheit eminente Schutzfunktion vor Naturgefahren hat – er bildet das stabilisierende Rückgrat für den gesamten Siedlungs- und Wirtschaftsraum in den Berggebieten. Dort

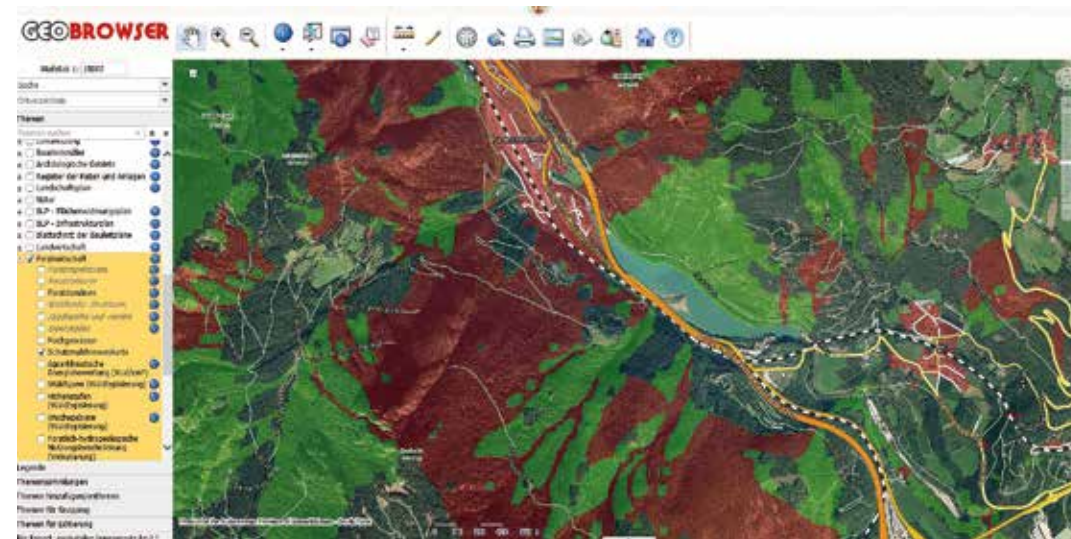


Abb. 3: Auch die Schutzwaldhinweiskarte ist im Geobrowser des Landes veröffentlicht. In roter Farbe die Objektschutzwälder; in grüner Farbe die Standortschutzwälder.

Fig. 3: *The protection forest indication map is published in the geobrowser; Red colour means property protection, green means site protection.*

wo diese integrale Schutzwirkung (Lawinen-, Erosions-, Steinschlag-, Boden- und Wasserschutz) im höchsten öffentlichen Interesse steht, ist sie der Holzproduktion übergeordnet, wobei aber nur eine aktive Waldbehandlung die Schutzfunktion dauernd sicherstellt. Der Bergwald trägt darüber hinaus entscheidend zum Erhalt und Schutz der Biodiversität bei. Gleichzeitig ist und bleibt er eine wichtige Einkommensquelle in den Berggebieten (aus „Agenda Bergwald“, 2010).“

Die darin gemeinsam definierten strategischen Ziele sind auch im Jahr 2017 aktueller denn je:

- Erhalten und Stärken der Bergwälder zum Schutz vor Naturgefahren!
- Erhalten und Pflegen des Bergwaldes als Teil der charakteristischen Landschaft in den Berggebieten sowie als Erholungsraum!
- Aktives Behandeln des Bergwaldes zum lokalen Klimaausgleich, zur Reinigung der Luft und des Wassers!

- Erhalten und nachhaltiges Entwickeln der Bergwälder als artenreiche Lebensräume mit ausgewogener Flora und Fauna!
- Sicherstellen einer nachhaltigen Nutzung der Bergwälder als unverzichtbare Quelle des nachwachsenden Rohstoffes Holz sowie der Holzverarbeitung unter Berücksichtigung der Grundsätze der nachhaltigen Produktion!
- Gewährleisten einer ausgleichenden Wirkung des Bergwaldes auf den Wasserhaushalt und Bodenstabilität durch geeignete Waldbaumaßnahmen!
- Berücksichtigen des Klimawandels in der Behandlung der Bergwälder!
- Sensibilisieren der Öffentlichkeit für die unverzichtbaren Leistungen des Bergwaldes!

Diese strategischen Ziele mit Maßnahmen zu konkretisieren, wird auch weiterhin die große Herausforderung sein. Mit über 21.000 Waldei-

gentümern, wobei gerade einmal 250 davon mehr als 250 ha Wald besitzen, stellt die Kleinstrukturiertheit für die nachhaltige Behandlung eine große Herausforderung dar. Wichtig war und ist dabei, dass knapp die Hälfte des Südtiroler Waldes an die 13.500 Höfe gebunden und mitbewirtschaftet wurde. Als Teil eines geschlossenen Hofes war diese Waldfläche auch größten Teils von einer ständigen Besitzaufteilung geschützt. Zwar nimmt der Wald aufgrund der Konkurrenz durch Weinbau, Obstbau oder Milchwirtschaft nicht mehr die oberste Priorität ein; eine nachhaltige Gesinnung von Grund und Boden ist aber abgesichert. Diese enge Verzahnung des Bergwaldes mit der klein strukturierten Berglandwirtschaft ist wohl die wesentlichste Eigenschaft des Südtiroler Waldes.

In Zeiten von Reorganisationen und Neuausrichtungen in den öffentlichen Verwaltungen wurde im Jahr 2016 für den Südtiroler Forstdienst



Abb. 4: Über Arbeiten in Regie kann der Südtiroler Forstdienst schnell, qualifiziert und unbürokratisch bei Unwetterereignissen tätig werden.

Fig. 4: The work without public bidding enables the Forest service to a fast and unbureaucratic reaction in case of storm events

eine sehr wichtige forstpolitische Entscheidung getroffen: Die Arbeiten in Eigenregie, über welche in den letzten Jahrzehnten sehr viele technische wie waldbauliche Maßnahmen und Arbeiten mit rund 350 saisonalen Forstarbeitern umgesetzt werden konnten und viele auch kleinere Unternehmen vor Ort Aufträge bekommen haben, sollen auch weiterhin durchgeführt werden. Es wurde von der Politik erkannt, dass verwaltungsinternes Expertenwissen aufrecht zu erhalten und weiterzuentwickeln ist, um auch bei den notwendigen Aufsichts- und Genehmigungsaufgaben kompetent und nachvollziehbar entscheiden zu können. Gemeinsam mit der Agentur für Bevölkerungsschutz, vormals Wildbach- und Lawinerverbauung, verfügt zudem auch die Landesverwaltung selbst über sehr gut aufgestellte schnelle Zivilschutzeinheiten, die in Katastrophenfällen zur Stelle sind.



Abb. 5: Die Holzauszeige ist kostengünstigste und wirksamste Steuerungsinstrument des Waldbaus im Schutzwald.

Fig. 5: Selective withdrawal of trees is the most effective and cheapest management tool in protection forests.

Von großer forststrategischer Wichtigkeit sind speziell in Zeiten des Klimawandels die Durchführung von waldbaulichen Pflegeeingriffen sowie dem Standort angepasste Schalenwildbestände. Diesbezüglich gilt es auch in Südtirol noch viel zu tun. Waldbauliche Pflegeeingriffe werden im aktuellen Programm für die ländliche Entwicklung gefördert, erfordern allerdings dermaßen viel an bürokratischen Unterlagen, was in- wie außerhalb der Verwaltung für viel Frust sorgt. Die Diskussion um angepasste Schalenwildbestände kann anscheinend nirgends zur forstlichen Zufriedenheit gelöst werden, weshalb dieser Punkt hier auch nicht weiter ausgeführt wird.

Mit der Umsetzung der Waldtypisierung, die als gemeinsames Projekt mit den Tiroler Kollegen im Jahr 2001 in Angriff genommen wurde, konnte extrem viel Wissen zum Potential unserer Waldstandorte gesammelt und kompakt zusam-

mengefasst werden. Die Auseinandersetzung, sowie Aus- und Weiterbildung in Zusammenhang mit der Umsetzung dieses umfangreichen Projektes konnte viel zur qualitativen Weiterentwicklung beitragen. Nur aufgrund solchen Fachwissens wird auch weiterhin die Holzauszeige durch die Forstbehörde als wichtigstes waldbauliches Entscheidungsinstrument in allen Südtiroler Waldbeständen vorgeschrieben bleiben.

Wie bereits in der Bergwaldagenda angeführt, sind „Grundlagen für die zukunftsorientierte Bewirtschaftung der Bergwälder unter den sich ändernden Verhältnissen des Klimawandels zu erarbeiten und Maßnahmen zum klimagerechten Umbau der Bergwälder besonders zu fördern“ („Agenda Bergwald, 2010). Vor dem Hintergrund dieser neuen Dynamiken sind moderne und kosteneffiziente Verfahren zum kontinuierlichen Monitoring von Waldzustand und Waldentwick-

lung gefragt. Es gilt vor allem kritische Waldbestände durch einen Vergleich von Standortpotential und aktuellem Waldzustand zu erfassen. Eine Adaptierung der Waldtypisierung zur Beurteilung der Vulnerabilität der Südtiroler Waldtypen und Baumarten ist sinnvoll. Gemeinsam mit den bayrischen und Tiroler Kollegen soll dies in einem alpine space-Projekt in den nächsten Jahren angegangen werden. Dies soll auch für einen grenzüberschreitenden Erfahrungsaustausch sorgen, der bei solch komplexen Thematiken unbedingt gefördert werden muss.

Einen weiteren Schwerpunkt stellt die Ausarbeitung von Einzugsgebietsplänen für Gebirgsbäche dar. In Zusammenarbeit mit der

Abteilung Wasserschutzbauten wurde für den Waldbereich eine Methode entwickelt, um Schutzwaldbereiche abzugrenzen, in denen Maßnahmen zur Verbesserung und Sicherstellung der Schutzfunktion notwendig sind. Ausgehend von der Schutzwaldhinweiskarte können die Schutzwald-Hinweisflächen für die Prozesse Lawine, Steinschlag und Wassergefahren abgeleitet werden. Diese werden mit der Waldtypisierung überlagert, um das Anforderungsprofil für die Schutzwirksamkeit des Waldes zu definieren. Anschließend wird das Anforderungsprofil dem aktuellen Waldzustand gegenübergestellt, um daraus die aktuelle Schutzwirksamkeit der Wälder abzuleiten. Entspricht der Waldzustand nicht dem



Abb. 6: Das Projekt „Baumfeste in Südtirol“ erhielt den Schutzwaldpreis 2015 in der Kategorie „Schulprojekte“.

Fig. 6: The project "Baumfest in Südtirol" gets the award "Schutzwaldpreis" in the category "schoolprojects"

Anforderungsprofil, so wird diese Waldfläche als Fläche mit Handlungsbedarf ausgeschieden. Diese Waldflächen werden schließlich nach der Wichtigkeit für das zu schützende Schadenspotential gereiht. Diese Prioritätenreihung ist die Grundlage für die spätere waldbauliche Begehung im Gelände, wo schließlich die Maßnahmen zur Verbesserung der Schutzfunktion geplant und umgesetzt werden. Der große Mehrwert dieses Verfahrens liegt darin, dass automatisiert nach objektiven Kriterien die Waldflächen abgeleitet werden können, welche die größte Bedeutung für die Schutzfunktion haben und so eine Prioritätenreihung für die waldbaulichen Maßnahmen im Schutzwald erstellt werden kann.

Eine mittlerweile ungemein wichtige Initiative mit großer Breitenwirkung hat der Schutzwaldpreis, der jährlich von den Arge-Alp-Forstvereinen ausgeschrieben und publikumswirksam vorgestellt wird. Nur für den Schutzwald zu arbeiten, aber nicht darüber zu reden, führt nicht zur notwendigen Wertschätzung für dieses wichtige Thema.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Günther Unterthiner
Abteilung Forstwirtschaft
Brennerstraße 6, 39100 Bozen
Guenther.unterthiner@provinz.bz.it

Florian Blaas
Abteilung Forstwirtschaft
Brennerstraße 6, 39100 Bozen
Florian.blaas@provinz.bz.it

ARTHUR SANDRI, BENJAMIN LANGE, STÉPHANE LOSEY

Vom Bannwald zur Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald

From banned forests to sustainability and success monitoring in protection forests

Zusammenfassung:

Schutzwald spielt in der Schweiz beim Umgang der Menschen mit Naturgefahren seit Jahrhunderten eine wichtige Rolle. Der aktuelle gesetzliche Auftrag verlangt, dass der Wald so zu bewirtschaften ist, dass er seine Funktionen dauernd und uneingeschränkt erfüllen kann und die Kantone, wo es die Schutzfunktion erfordert, eine minimale Pflege des Schutzwaldes sicherstellen.

Der folgende Artikel zeigt auf, wie dieser gesetzliche Auftrag als Verbundaufgabe zwischen dem Bund und den Kantonen umgesetzt wird, indem der Schutzwald nach harmonisierten Kriterien ausgeschieden wurde, naturgefahren- und standortspezifische Ziele der minimalen Schutzwaldpflege definiert wurden und die Finanzierung der Schutzwaldpflege durch eine Programmvereinbarung zwischen dem Bund und den Kantonen geregelt wird.

Stichwörter:

Schutzwald, Schutzwaldpflege, Wirkung des Schutzwaldes, Naturgefahren

Abstract:

Since centuries protection forest plays a key role in handling natural hazards in Switzerland. The actual legal order requires a forest management that secures all forest functions for the future. Where it is necessary the cantons have to guarantee a minimum silvicultural tending of the protection forests. The following paper shows how this legal task is managed in agreement between the state and the cantons. Common ground is the definition of protection forests according to harmonized criteria and specific goals of minimum silvicultural tending related to natural hazards and forest sites. The financing is regulated by a programme agreement between the state and the cantons.

Keywords:

Protection forest, silvicultural maintenance, protection forest effects, natural hazards

Einleitung

Die Art und Weise, wie sich Menschen vor Naturgefahren schützen, hat sich im Verlauf der Geschichte stetig verändert und weiter entwickelt. Im Mittelalter war der Umgang mit Gefährlichem und Unbekanntem entscheidend von Verboten geprägt. So war die Nutzung von Bannwäldern, die als Schutzwälder gegen Naturgefahren wirkten, teilweise untersagt. Aber auch in anderen Wäldern wurden Nutzungsregelungen in Form des sogenannten Banns eingeführt. Das Ziel dieser Einschränkungen war die Sicherstellung der Brenn- und Nutzholzversorgung, diente aber auch dem Erhalt der Schutzwälder. Dazu wurden zu dieser Zeit Naturgefahrenereignisse oftmals der Strafe Gottes oder der Wirkung böser Geister zugeschrieben.

Im 19. Jahrhundert wurde erkannt, dass die häufigeren und intensiveren Erosion-, Murgang-, Rutschung- und Hochwasserereignisse zwischen 1830 und 1870 unter anderem in der Übernutzung der Wälder und dem fehlendem waldbaulichen Unterhalt begründet waren. Die Bundesverfassung von 1848 enthielt noch keinen einzigen Artikel zum Umgang mit Naturgefahrenereignissen. Aufgrund mehrerer Berichte über den Zustand des Gebirgswaldes und von Wildbächen, deklarierte die Bundesversammlung 1871, dass die Gewässerkorrektur und –Verbauung, genauso wie die Aufforstung von Einzugsgebieten, eine permanente Aufgabe von nationalem Interesse sei. Als Folge wurde die Oberaufsicht über den Wasserbau und die Forstpolizei im Hochgebirge 1874 mit Artikel 24 der Bundesverfassung dem Bund übertragen. (Losey und Sandri 2014, Vischer 2003).

Gesetzlicher Auftrag

Im Waldgesetz von 1991 lautet der Auftrag in Artikel 20 „Der Wald ist so zu bewirtschaften, dass er seine Funktionen dauernd und uneingeschränkt erfüllen kann (Nachhaltigkeit) ... Wo es die Schutzfunktion erfordert, stellen die Kantone eine minimale Pflege sicher.“

Die genaue Analyse dieses Auftrages mündet in folgende Fragen:

Wo?	der Auftrag muss räumlich eingegrenzt werden
Schutzfunktion?	es braucht eine Definition der Schutzfunktion
minimale Pflege?	es braucht eine Definition der minimalen Pflege
die Kantone?	welche Rolle haben die übrigen Partner (Bund, Gemeinden, Waldbesitzer)

Die Definition der Schutzfunktion ist eng mit der Frage nach der Wirkungsweise des Schutzwaldes verknüpft. Gleichzeitig stellt sich auch die Frage, welcher Stellenwert dem Schutzwald in der gesamten Strategie des Schutzes vor Naturgefahren zukommt. Nach verschiedenen Versuchen hat sich der Bund zusammen mit den Kantonen auf folgende Schutzwalddefinition geeinigt: „Ein Schutzwald ist ein Wald, der ein anerkanntes Schadenpotential gegen eine bestehende Naturgefahr schützen oder die damit verbundenen Risiken reduzieren kann“. Die Begriffe anerkanntes Schadenpotential, bestehende Naturgefahr und Risiken stellen die Verbindung zur Naturgefahren-Strategie her.



Abb. 1: Schutzwald oberhalb der Ortschaft Zweisimmen (Kanton Bern, Schweiz. Bild: B. Lange)

Fig. 1: Protection forest above the village Zweisimmen (canton Bern, Switzerland, Picture: B.Lange)

Gleichzeitig ist damit auch die räumliche Eingrenzung, also die Frage nach dem Wo? weitgehend beantwortet. Es braucht eine bestehende Naturgefahr, ein anerkanntes Schadenpotential und dazwischen einen Wald, der eine erkennbare Wirkung auf die damit verbundenen Risiken hat. Abbildung 1 verdeutlicht diese Eingrenzung: Das anerkannte Schadenpotential entspricht der Siedlung. Die bestehende Naturgefahr ist Steinschlag aus der obenliegenden Felswand und der Wald

zwischen der Steinschlagquelle und dem Schadenpotential schützt die Siedlung vor Steinschlag bzw. reduziert die von der Naturgefahr ausgehenden Risiken für Menschen und Infrastrukturen. Um diese Kriterien mit schweizweit zur Verfügung stehenden Daten zu analysieren, wurde das Projekt SilvaProtect-CH realisiert.

Der Begriff der minimalen Pflege hat anfänglich viel Kopfzerbrechen bereitet. Klar war eigentlich nur, dass der Gesetzgeber die Kantone nur zum absolut Notwendigen verpflichten wollte. Was das aber praktisch bedeutet, blieb lange Zeit umstritten. Nach verschiedenen Versuchen, minimale Pflege mittels „minimalen Maßnahmen“ zu definieren, wurde 2005 mit der Publikation Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald (NaiS) (Frehner et al. 2005) ein vollkommen anderer Weg beschritten. Ausgehend vom Naturgefahrenprozess und Standort wurden Anforderungsprofile definiert, welche einen schutzwirksamen und nachhaltigen Waldaufbau beschreiben. Mit einem Soll-Ist-Vergleich können damit vor Ort im Bestand die notwendigen Maßnahmen definiert werden, die zum angestrebten Waldaufbau führen und damit als minimal gelten. Die Methode NaiS war geboren.

Mit der Auftragserteilung für die operative Umsetzung an die Kantone hat sich der Bund automatisch auf die strategische Rolle und Kontrollfunktionen beschränkt. Er formuliert die Zielsetzung, stellt die erforderlichen Arbeitsmethoden zur Verfügung und kontrolliert die Zielerreichung. Die Kantone sind für die Umsetzung verantwortlich, haben die praktische Ausführung aber ausnahmslos an die Waldbesitzer delegiert. Diese sind im ausgeschiedenen Schutzwald verpflichtet, sich an die Anforderungsprofile von NaiS zu halten, dürfen aber ihrerseits erwarten, dass sie von Bund, Kanton und übrigen Nutznießern für den resultierenden Mehraufwand schadlos gehalten werden.

Abstimmung mit anderen Strategien

Im zitierten Gesetzesauftrag ist erwähnt, dass der Wald neben der Schutzfunktion auch noch andere Funktionen hat. Das Verhältnis der verschiedenen Funktionen untereinander ist in der nationalen Waldpolitik (BAFU 2013) festgelegt. Die Schweiz hat die Sicherstellung der Schutzwaldleistung als einen von 5 Schwerpunkten der nationalen Waldpolitik definiert.

Im Schutzwald wächst auch Holz, das genutzt werden kann und gleichzeitig ist er Lebensraum für Tiere, Pflanzen und andere Organismen. Die Koordination und der Abgleich der Ansprüche, die sich daraus ergeben, erfolgt mit dem Instrument der forstlichen Planung.

Da rund 15 % der Landesfläche mit Schutzwald bestockt ist, ist Schutzwald auch ein wichtiges Element des Umgangs mit Naturgefahren in der Schweiz (BAFU 2016). Er gehört zu den biologischen Maßnahmen, deren Einsatz bei festgestellten Schutzdefiziten gleichwertig mit dem Einsatz von planerischen, technischen und organisatorischen Maßnahmen zu prüfen ist (PLANAT 2004). Die praktische Koordination wird mit der Übernahme von gleichen Prozessdefinitionen, Modellierungs-Instrumenten, anerkanntem Schadenpotential und Methode zur Wirkungsbeurteilung sichergestellt.

SilvaProtect-CH

Die Kantone sind verpflichtet, die Waldfunktionen in forstlichen Planungsdokumenten auszuweisen. Damit wird auch die räumliche Ausdehnung des kantonalen Schutzwaldes festgelegt. Im Jahre 2003 kam man im Dialog zwischen dem Bund und den Kantonen überein, dass die Schutzwaldausscheidung nach harmonisierten, objektiven Kriterien, die auf schweizweit verfügbaren

Daten beruhen, vorzunehmen ist. Mit dem Ziel der harmonisierten Schutzwaldausscheidung wurde anschließend das Projekt „SilvaProtect-CH“ initiiert. Dieses Projekt wurde am Bundesamt für Umwelt BAFU durchgeführt und bestand aus vier zentralen Schritten:

1. Modellieren der Gefahrenprozessflächen:

Auf Basis von schweizweit verfügbaren Daten wurden die Gefahrenperimeter auf grober Stufe (Gefahrenhinweiskarte) modelliert ohne dabei die Waldwirkung zu berücksichtigen. Daraus resultierten die Anrissgebiete von Lawinen, die Trajektorien von Rutschungen, Hangmuren und Sturzprozessen.

In einer ersten Phase wurde zudem versucht, die hydrologische Wirkung des Waldes durch eine Modellierung von Waldgesellschaften und Klassierung bezüglich ihrer hydrologischen Wirkung gemäß Wegleitung NaiS anzunähern, was aber nur sehr beschränkt gelang. Zur Berücksichtigung der relevanten Wassergefahren wurde deswegen ein anderer Ansatz gewählt: Als erstes wurden in Zusammenarbeit mit den Kantonen diejenigen Gerinne identifiziert, von denen durch die Prozesse Murgang und/oder Übersarung ein Schadenpotential getroffen werden kann (sogenannte relevante Gerinne). Anschließend wurden die Prozessflächen modelliert, von denen Material durch Lawinen, Sturz und Hangmuren / Rutschungen in die relevanten Gerinne gelangen kann. Zusätzlich wurde beidseitig der relevanten Gerinne ein Puffer von 50 m ausgeschieden um die Prozesse Schwemmholz und Ufererosion abzubilden. Die Summe der Flächen des 50 m Puffers und der in die relevanten Gerinne führenden Prozessflächen von

Lawinen, Sturz und Hangmuren entsprechen schließlich den schadenrelevanten Prozessflächen für Gerinneprozesse. Vergleiche mit früher bestehenden kantonalen Ausscheidungen von Hochwasserschutzwäldern zeigten, dass mit diesem Vorgehen auch hydrologisch wirksame Wälder relativ gut abgebildet werden konnten auch wenn die Naturgefahr Hochwasser nicht explizit berücksichtigt wurde.

- 2. Definition des relevanten Schadenpotenzials:** Im zweiten Schritt wurde das relevante Schadenpotenzial erarbeitet. Dieses wurde so umfassend wie möglich definiert, soweit dies die vorhandenen digitalen Daten für die ganze Schweiz in gleicher Qualität zuließen. Dieses landesweit

identische Schadenpotenzial umfasst unter anderem Wohn- und Industriegebäude, öffentliche Gebäude, Straßen, Flächen des öffentlichen Verkehrs aber auch Anlagen wie Staumauern und Strommasten.

- 3. Festlegen der Schadenrelevanz der Naturgefahrenprozessflächen:** Als nächstes wurde überprüft, welche der modellierten Gefahrenprozessflächen (Schritt 1) auf ein relevantes Schadenpotenzial (Schritt 2) treffen. Damit wurden diejenigen Flächen bestimmt, von denen eine Naturgefahr ausgeht, die auf Schadenpotenzial treffen kann (schadenrelevante Prozessflächen).
- 4. Bestimmen der schadenrelevanten Prozessflächen im Wald:** Im letzten Schritt wurde eruiert, welche der in Schritt 3

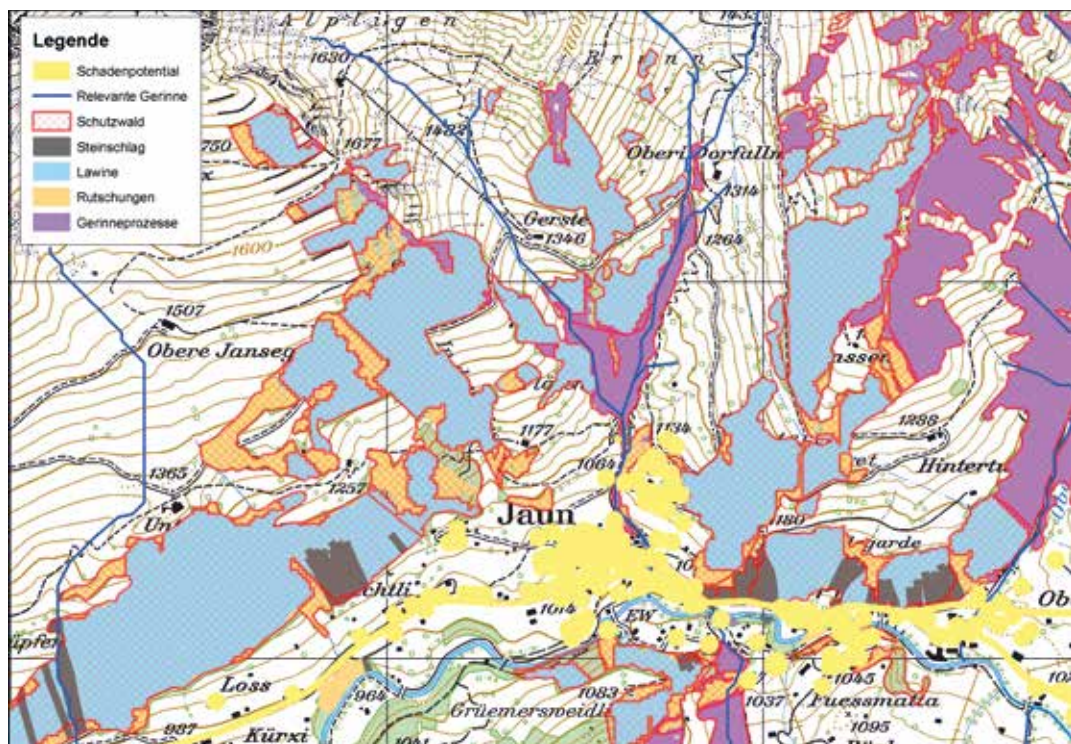


Abb. 2: Beispiel von arrondierten schadenrelevanten Prozessflächen im Wald gemäß Methode SilvaProtect-CH die als Grundlage für die kantonalen Schutzwaldausscheidungen dienen.

Fig. 2: Example of rounded damage relevant process areas according to the method SilvaProtect-CH as basis for a cantonwide selection of protection forests

definierten schadenrelevanten Prozessflächen im Wald liegen und von denen angenommen werden kann, dass der Wald den Naturgefahrenprozess günstig beeinflussen kann. Damit wurden schweizweit die schadenrelevanten Prozessflächen im Wald definiert, welche als Grundlage für die harmonisierte Schutzwaldausscheidung der Kantone dienen. Das Vorgehen ist in Losey und Wehrli 2013 beschrieben.

Die modellierten schadenrelevanten Prozessflächen im Wald ergaben vielerorts ein mosaikähnliches Muster. Für eine praktikable Ansprache und Behandlung von Schutzwald im Feld war daher eine Arrondierung unabdingbar. Diese fand durch die Kantone gemäß vom Bund klar definierten Kriterien statt. Abbildung 2 zeigt einen Kartenausschnitt von arrondierten schadenrelevanten Prozessflächen im Wald. Anschließend stellte der Bund den Kantonen diese Flächen als Basis für die kantonale Schutzwaldausscheidung zur Verfügung, wobei dieser Prozess wiederum vom BAFU begleitet wurde. Die Kantone überprüften und ergänzten unter Berücksichtigung ihrer Kenntnisse der lokalen Gegebenheiten die modellierten Prozessflächen. Abweichungen wurden nach einem definierten Verfahren vom Bund kontrolliert. So wurden zum Beispiel zusätzliche Schutzwaldflächen akzeptiert, die aufgrund von kantonalen Gefahren- und Gefahrenhinweiskarten beantragt wurden. Dieses Vorgehen ermöglichte kantonale Schutzwaldausscheidungen, die auf konsistenten Daten beruhen, vergleichbar und nachvollziehbar sind und daher auf eine hohe Akzeptanz bei allen Beteiligten seitens Bund und Kantonen stießen. Die mit SilvaProtect-CH erarbeiteten Daten zeigen, dass rund die Hälfte der Waldfläche in der Schweiz Menschen und Infrastrukturen vor Naturgefahren schützt. Bezogen auf die Fläche ist damit der Schutz vor Naturgefahren die wichtigste Waldfunktion der Schweiz.

Schutzfunktion

Wälder können, je nach Prozess, Gefahrenprozesse verhindern, die Wahrscheinlichkeit für ein Ereignis verringern beziehungsweise die Intensität eines Ereignisses reduzieren. Ob dabei ein genügendes Sicherheitsniveau erreicht wird, hängt nicht nur von der Wirkung des Waldes ab, sondern auch von der Art des Prozesses und des Schadenpotenzials. Daher muss einzelfallweise beurteilt werden, ob der Wald als Schutzmaßnahme ausreicht.

Die Schutzwaldpflege stützt sich auf die Annahme, dass es einen direkten Zusammenhang zwischen der Schutzwirkung und dem Waldzustand gibt. Das Ziel der Schutzwaldpflege besteht darin, den Wald in einen Zustand zu bringen, bei dem die schutzrelevante Wirkung auf den Gefahrenprozess möglichst groß und nachhaltig ist. Um diesen Zielzustand zu definieren, muss einerseits ein genügendes Gefahrenprozessverständnis vorhanden sein, andererseits aber auch ausreichendes Wissen über die Wirkung von Bäumen bzw. Waldbeständen auf die relevante Naturgefahr. Heutzutage trifft dies auf die Prozesse Lawinen, Erosion, Steinschlag, flachgründige Rutschungen und gerinnerelevante Prozesse (Schwemmholz und Murgang) zu und es können entsprechende Zielzustände für Schutzwälder gegen diese Naturgefahren definiert werden.

Noch nicht zufriedenstellend sind hingegen die Kenntnisse bezüglich der Hochwasserschutzfunktion des Waldes. Es ist hinlänglich bekannt, dass der Wald den Wasserkreislauf über unterschiedliche Wirkungsweisen beeinflusst. Beispiele dazu sind die Transpiration, die Interzeption oder die Bildung von Poren im Boden durch die Wurzeln. Der Einfluss des Waldes hängt aber auch stark von Randbedingungen wie der Intensität und dem zeitlichen Verlauf des schadenrelevanten Niederschlagsereignisses, der Boden-



Abb. 3: Steinschlagschutzwald nach einem Eingriff oberhalb einer Straße mit liegendem Holz zur Erhöhung der Bodenrauigkeit (Bild: B. Lange)

Fig. 3: Rockfall protection forest above a road with lying wood to improve the roughness of the surface (Picture: B. Lange)

feuchte vor dem Ereignis und dem Bodenaufbau ab. Aufgrund dieser Vielzahl von räumlich und zeitlich inkonsistenten Variablen, ist eine Quantifizierung der Waldwirkung auf Hochwasserereignisse im Einzelfall zurzeit kaum möglich. Damit kann auch kein anzustrebender Waldzustand mit maximaler Schutzwirkung definiert werden. Unbestritten ist hingegen, dass Wald bezüglich Hochwasserschutz in vielen Fällen die günstigste Landnutzungsform ist. Die Walderhaltung ist daher hinsichtlich des Hochwasserschutzes zentral und wird in der Schweiz durch die Waldgesetzgebung auch außerhalb des Schutzwaldes sichergestellt.

Der Schutzwald wirkt auf Naturgefahrenprozesse unterschiedlich. Im Lawinenschutzwald wird die durchgehende Schichtung der Schnee-

decke gestört und die Bodenrauigkeit gegenüber dem Freiland erhöht. Der Schutz vor flachgründigen Rutschungen wird vor allem über die Armierung des Bodens durch Wurzeln erreicht, während im Steinschlagschutzwald die Energie der Steine durch Treffer mit Bäumen und eine erhöhte Bodenrauigkeit reduziert wird. Aufgrund dieser unterschiedlichen Wirkungsweisen der Schutzwälder variieren auch die angestrebten Merkmale des Zielbestandes je nach relevanter Naturgefahr. In der Publikation „Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald“ (Frehner et al. 2005) wurden deswegen für unterschiedliche Gefahrenprozesse sogenannte Anforderungsprofile an den Bestandaufbau definiert, von denen man von einer größtmöglichen Schutzwirkung ausgeht. Die in diesen Anforderungsprofilen festgelegten

Bestandesmerkmale umfassen Anforderungen an die maximale Lückengrößen, den Deckungsgrade, die Stabilität, die Stammzahlen pro Durchmesserklasse und Fläche und liegendes Holz. Dabei wurden für jede der Naturgefahren Lawinen, Rutschungen (inkl. Erosion und Murgängen), Steinschlag und Wildbach, Hochwasser zwei unterschiedliche Anforderungsprofile festgelegt. Das sogenannte Idealprofil umschreibt einen Zielbestand, von dem nach heutigem Kenntnisstand die langfristig höchste Schutzwirkung zu erwarten ist. Dieses Profil entspricht dem waldbaulichen Ziel. Das zweite Profil, das Minimalprofil, ist die Messlatte für den Handlungsbedarf. Fällt der reale

Zustand des Schutzwaldes gegenüber einer der im Minimalprofil geforderten Anforderungen ab, besteht aus Sicht der Schutzwirkung grundsätzlich waldbaulicher Handlungsbedarf.

Mit diesen Anforderungsprofilen wurde den Praktikern ein einfaches und effektives Instrument zur Verfügung gestellt, mit denen sich einerseits das waldbauliche Ziel definieren lässt, und andererseits auch die Notwendigkeit von Eingriffen ableiten lässt. Als Beispiel zeigt Tabelle 1 eine vereinfachte Version der Anforderungsprofile von NaiS für Lawinenschutzwälder (Nadelwälder) und Schutzwälder gegen Rutschungen.

	Lawinen		Rutschungen, Erosion und Murgänge
Potentieller Beitrag des Waldes	Gross in Lärchenwälder ab 30° Hangneigung; in immergrünen Nadelwäldern ab 35°		Gross bei flachgründigen Rutschungen und bei Oberflächenerosion
Anforderung auf Grund der Naturgefahr minimal	Hangneigung ≥ 30° ≥ 35° ≥ 40° ≥ 45°	Lückengänge in Falllinie < 60 m < 50 m < 40 m < 30 m	Lückengröße max. 6 a, bei gesicherter Verjüngung max. 12 a. Deckungsgrad dauernd ≥ 40 %
Anforderungen auf Grund der Naturgefahr ideal	Hangneigung ≥ 30° ≥ 35° ≥ 40° ≥ 45°	Lückengänge in Falllinie < 50 m < 40 m < 30 m < 20 m	Lückengröße max. 4 a, bei gesicherter Verjüngung max. 8 a. Deckungsgrad dauernd ≥ 60 % Keine schweren und wurfgefährdeten Bäume
	Deckungsgrad	> 50 %	

Tab. 1: Vereinfachte Anforderungsprofile gemäß Naturgefahr nach NaiS (Frehner et al. 2005)

Tab. 1: Simplified requirements for certain natural hazards according to NaiS (Frehner et al. 2005)

Minimale Pflege

Damit ein Wald langfristig schutzwirksam ist, muss er in den meisten Fällen gepflegt werden. Das Ziel dieser Pflege besteht darin, den Wald mit minimalen Pflegemaßnahmen nachhaltig in einen Zustand zu bringen, bei dem die Wirkung auf den Gefahrenprozess möglichst groß und das Risiko von Schadenereignissen möglichst gering wird. Damit die Wirkung des Waldes nachhaltig ist, muss der Bestand möglichst stabil, d.h. störungsresistent sein und über eine gesicherte Verjüngung verfügen. Es wird davon ausgegangen, dass die stabilsten Zustände eines Waldes innerhalb des Bereichs der Waldentwicklung zu finden

sind, in dem sich ein Naturwald bewegt. Deswegen werden in NaiS nicht nur Anforderungsprofile auf Grund der Naturgefahr definiert, sondern auch Anforderungen auf Grund des Standortes. Diese umfassen Ansprüche an den Bestand (Mischung, Gefüge, Stabilitätsträger), an die Verjüngung und das Keimbett. Durch die Berücksichtigung standortspezifischer Anforderungen soll der Selbstregulierungsprozess des Naturwaldes optimal genutzt und der Pflegeaufwand und die Störungsanfälligkeit minimiert werden. Das Anforderungsprofil, das die Waldzustände mit hoher Schutzwirkung gegenüber Naturgefahren umschreibt und mit minimalem Aufwand dauern zu erhalten ist, setzt sich daher zusammen aus

Grundsatz	
Auf das Schutzziel ausgerichtet	Pflegemaßnahmen in Schutzwäldern dienen ausschliesslich der Verminderung von Naturgefahren.
Am richtigen Ort	Pflegemaßnahmen werden dort ausgeführt, wo der Wald die Wirkung von Naturgefahren auf Menschen oder Sachwerte verhindern oder verringern kann.
Zur richtigen Zeit	Pflegemaßnahmen sind dann auszuführen, wenn eine optimale Wirkung mit minimalem Aufwand erzielt werden kann.
Im Einklang mit natürlichen Lebensabläufen	Pflegemaßnahmen sind auf die Standortverhältnisse abzustimmen. So lassen sich die Kräfte der natürlichen Waldentwicklung nutzen.
Objektbezogen, transparent, nachvollziehbar und kontrollierbar	Pflegemaßnahmen werden durch Fachleute an Ort und Stelle festgelegt. Der Entscheidungsprozess verläuft immer gleich. Er wird dokumentiert und damit transparent, nachvollziehbar und kontrollierbar gemacht.
Wirksam	Pflegemaßnahmen führen mit hoher Wahrscheinlichkeit zum Ziel.
Ziel mit verhältnismäßigem Aufwand erreichbar	Pflegemaßnahmen stehen in einem angemessenen Aufwand-Nutzen-Verhältnis.

Tab. 2: Grundsätze von Pflegemaßnahmen in Schutzwäldern

Tab. 2: Standards for tending strategies in protection forests

Anforderungen aufgrund des Standortes und der Naturgefahr. Analog zu den Anforderungsprofilen aufgrund der Naturgefahr wird auch bei denjenigen aufgrund des Standortes ein Minimal- und Idealprofil beschrieben.

Die Herleitung des Handlungsbedarfes erfolgt durch den Vergleich des aktuellen Waldzustandes mit den Anforderungsprofilen unter Berücksichtigung der natürlichen Walddynamik. Das Minimalprofil aufgrund der Naturgefahr und des Standortes dient als Messlatte für diesen Vergleich. Die natürliche Walddynamik wird durch die Beurteilung der mutmaßlichen Entwicklung des Bestandes ohne Eingriffe für die nächsten 50 Jahre mit berücksichtigt. Der Vergleich wird für alle wichtigen Bestandesmerkmale durchgeführt. Handlungsbedarf besteht, wenn der erwartete Waldzustand schlechter ist als das festgelegte Minimalprofil (bezüglich Standort und/oder Naturgefahr) und wirksame und verhältnismäßige Maßnahmen zur Verbesserung der Situation führen können.

Um eine langfristige und nachhaltige Schutzwirkung zu erreichen, müssen die Maßnahmen auf lokale Gegebenheiten abgestimmt werden. Deswegen werden in NaiS ausschließlich Zielzustände des Waldes definiert, von welchen eine nachhaltige Schutzwirkung erwartet wird. Die Bestimmung von verhältnismäßigen und wirksamen Maßnahmen, die zu diesem Zielzustand führen, müssen hingegen von kompetenten Fachleuten mit lokalen Kenntnissen vor Ort vorgenommen werden. Wenn sich aus der Analyse Handlungsbedarf ergibt und waldbauliche Maßnahmen ausgeführt werden, müssen diese, falls öffentliche Mittel für die Schutzwaldpflege verwendet werden, gewissen Grundsätzen folgen (siehe Tabelle 2). Diese Grundsätze zielen auf eine möglichst effiziente und effektive Schutzwaldpflege.

Erfolgskontrolle im Schutzwald

Im Sinne der in Tabelle 2 formulieren Grundsätze muss bei der subventionierten Schutzwaldpflege der Maßnahmenvollzug kontrollierbar sein und die Wirksamkeit der Maßnahmen nachgewiesen werden können. Erfolgskontrollen dienen aber auch dazu, dass neue Erkenntnisse und Erfahrungen möglichst rasch in die praktische Umsetzung integriert werden. Die Erfolgskontrolle in NaiS umfasst vier Kontrollebenen, die darauf abzielen, eine hohe Schutzwirkung auf möglichst effiziente Art zu erreichen:

Vollzugskontrolle: Bei dieser Kontrollebene wird überprüft, ob die geplanten Maßnahmen am richtigen Ort und fachgerecht ausgeführt wurden. Mit dieser Kontrolle soll sichergestellt werden, dass wirksamer Waldbau am richtigen Ort und zielorientiert realisiert wird. Zudem ist die Vollzugskontrolle nötig, damit die Forstbehörden des Kantons und Bundes gegenüber Dritten verlässlich informieren können, ob die Waldpflege am richtigen Ort, im geplanten Rahmen und fachlich richtig ausgeführt worden ist. Benötigt werden dazu ein Ausführungsplan und pro Eingriffseinheit eine einfache Maßnahmenbeschreibung.

Wirkungsanalyse: Mit der Wirkungsanalyse wird geprüft, ob die ausgeführten Maßnahmen oder gezielten Unterlassungen die erwartete Wirkung auf den Waldzustand haben. Während die Anforderungen aufgrund der Naturgefahr und der Standorte als momentan gültige Standards festgelegt sind, müssen die Maßnahmen, die zum gewünschten Zustand führen, auf den einzelnen Bestand und die lokalen Gegebenheiten abgestimmt sein. Weil oft nicht sicher ist, welches die richtigen Maßnahmen oder Unterlassungen sind oder welche Eingriffstärke am wirksamsten ist, brauchen die Praktiker ein Instrument zur Analyse der Wirksamkeit ihrer Pflegemaßnahmen. Für die

Umsetzung der Wirkungsanalyse dienen sogenannte Weiserflächen. Weiserflächen sind repräsentative Flächen für einen Behandlungstyp, d.h. für Bestände, die sich aufgrund ihrer gleichartigen Anforderungsprofile, eines ähnlichen Zustandes und damit einer gleichartigen waldbaulichen Behandlung zusammenfassen lassen. Auf diesen Weiserflächen beobachtet und dokumentiert der Bewirtschafter die Wirkung seiner Maßnahmen vertieft. Die Erfahrung aus diesen Arbeiten erlaubt ihm, den Schutzwald im Sinne eines adaptiven Managements zunehmend wirksamer zu pflegen. Die Wirkungsanalyse auf Weiserflächen ist der Kern des waldbaulichen Controllings. Sie fördert die Fachkompetenz der Bewirtschafter und ermöglicht damit eine hoch wirksame, auf lokale Gegebenheiten abgestimmte Schutzwaldpflege.

Zielerreichungskontrolle: Mit dieser Kontrollebene wird überprüft, inwieweit der Waldzustand den Anforderungsprofilen entspricht. Damit erreicht man eine Übersicht über den Zustand und die Entwicklung der Schutzfunktion des Waldes einer Großregion.

Zielanalyse: Schutzwaldbewirtschaftung basiert auf der Annahme, dass ein direkter Zusammenhang zwischen der Risikoreduktion und dem Waldzustand existiert. Dieser Zusammenhang wurde zumindest für einige Naturgefahrenprozesse von der Forschung nachgewiesen, sollte aber weiter untersucht werden. Wenn von Seiten der Wissenschaft oder der Praxis neue Erkenntnisse bezüglich dieses Wirkungszusammenhangs erarbeitet werden, sind diese Einsichten in den naturgefahrenspezifischen Anforderungsprofilen zu berücksichtigen. Aber auch über die natürliche Dynamik der Wälder haben wir noch viel zu lernen und es ist nicht immer klar, wie dringlich ein Eingriff wirklich ist. Auch kann sich die Dynamik von Wäldern aufgrund der globalen Erwärmung verändern. Im Rahmen der Zielanalyse ist daher periodisch zu überprüfen, ob die Anforderungs-

profile bezüglich Naturgefahr und Standort dem aktuellen Wissensstand entsprechen oder ob gewisse Korrekturen nötig sind. In den letzten Jahren wurde aufgrund der Zielanalyse das Anforderungsprofil für Steinschlag überarbeitet sowie eine Anpassung des Anforderungsprofils für Wildbach, Hochwasser in die Wege geleitet.

Welchen Beitrag leistet der Schutzwald?

Gegenüber technischen Schutzbauten unterscheidet sich der Schutzwald in einigen sehr relevanten Punkten: Der Schutzwald wird nicht geplant, bemessen und errichtet. Er wirkt großflächig, ist aber auf kleinster Fläche variabel, lebend und damit dynamisch. Der Mensch kann gestaltende einwirken, ist aber an natürliche Abläufe (Zeit) und naturgegebene Möglichkeiten gebunden. Aus diesen Gründen ist der klassische Ingenieuransatz beim Schutzwald auch nur beschränkt anwendbar (Wasser und Perren, 2014). Für technische Schutzbauten wurden im Rahmen des Projektes PROTECT (Romang 2008) die Grundlagen für eine national einheitliche und nachvollziehbare Beurteilung von bestehenden und geplanten Schutzmaßnahmen geschaffen.

Mit einem Projekt des Bundesamtes für Umwelt (PROTECT-Bio) wurde anschließend versucht, die in PROTECT erarbeiteten Grundlagen auf Schutzwälder zu übertragen, so dass die Wirkung des Schutzwaldes mit derjenigen von technischen Schutzmaßnahmen verglichen werden kann. Das Vorgehen beruht auf drei Schritten: Die Grobbeurteilung ermöglicht erste Einschätzungen der zu erwartenden Waldwirkung. Die detaillierte Maßnahmenbeurteilung klärt, ob vom Schutzwald eine dauerhafte und effektive Wirkung zu erwarten ist. Anschließend erfolgt mit der Wirkungsbeurteilung der aufwändigste Schritt, da dabei der Einfluss des Schutzwaldes auf den Prozessablauf hinsichtlich Intensität und Wahr-

scheinlichkeit quantifiziert wird. Eine Grundvoraussetzung dafür ist genügendes Wissen über die Waldwirkung auf den Gefahrenprozess. Dies trifft nicht auf alle gravitativen Naturgefahrenprozesse zu. Trotzdem zeigte das Projekt, dass das in PROTECT-Bio definierte Vorgehen für die meisten Prozesse möglich ist, wenn die oben genannten Eigenheiten des Systems Schutzwald berücksichtigt werden. Insbesondere für Steinschlag existieren heutzutage Modelle, welche die Waldwirkung auf Sturzprozesse realitätsnah simulieren können und eine Wirkungsbeurteilung ermöglichen. So kann mit dieser Methode die Schutzwirkung des Waldes bei der Risikobeurteilung angemessen berücksichtigt werden, und dort, wo Maßnahmenvarianten studiert werden, der Schutzwald gleichwertig zu technischen Bauten als Variante geprüft werden. Allerdings sind diese Analysen mit den momentan zur Verfügung stehenden Mitteln zeit- und kostenaufwändig. Keinesfalls ist beabsichtigt, Schutzwälder großflächig oder gar flächendeckend nach der Methode PROTECT-Bio zu beurteilen. Sinnvoll ist der Einsatz dort, wo detaillierte Sicherheitsbeurteilungen wie Risikoanalysen, Risikobeurteilungen und Maßnahmenplanungen vorgesehen sind.

Um zu eruieren, welchen Beitrag der Wald zum Schutz vor Naturgefahren leistet, müsste bekannt sein, welche Ereignisse durch den Schutzwald verhindert werden. Diese sind aber nicht direkt messbar, da sie ja nicht eintreten. Schätzungen gehen davon aus, dass der volkswirtschaftliche Wert des Schutzwaldes jährlich 4 Mrd. Schweizer Franken (CHF) beträgt.

Umsetzung der Schutzwaldpflege

Die Schutzwaldpflege ist eine Verbundaufgabe zwischen dem Bund und den Kantonen. Dieses Konzept der gemeinsamen Aufgabe wurde 2008 mit der Reformation des Finanzausgleichs und

der Aufgabenteilung zwischen dem Bund und den Kantonen (Neuer Finanzausgleich, NFA) eingeführt. Vor diesem Zeitpunkt subventionierte der Bund die Schutzwaldpflege in Form von kostenbasierten Einzelprojekten, welche dem Bund zur Bewilligung vorgelegt werden mussten. Die Kosten wurden dabei zu einem großen Teil vom Bund übernommen, wobei sich die finanzielle Beteiligung des Bundes nach der Finanzkraft des entsprechenden Kantons richtete. Diese kostenbasierte Subvention der Schutzwaldpflege hatte gewisse negative Aspekte zur Folge: fehlende Trennung zwischen finanziellen und waldbaulichen Interessen, Fehlanreize zu Mehrausgaben, stark detaillierte Vorschriften, hohe administrative Aufwände durch eine doppelte oder gar dreifache Kontrolle und das Fehlen einer einheitlichen nationalen Strategie. Seit Einführung des NFA wird die Schutzwaldpflege im Rahmen einer resultatorientierten Leistungsvereinbarung zwischen dem Bund und den Kantonen umgesetzt. Der Bund übernimmt dabei eine übergeordnete strategische Rolle auf nationaler Ebene, während die Kantone für die operationelle Umsetzung verantwortlich sind. Diese Leistungsvereinbarung besteht aus der sogenannten Programmvereinbarung „Schutzwald“, die jeweils über eine Laufzeit von vier Jahren zwischen dem Bund und den Kantonen abgeschlossen wird. In dieser Programmvereinbarung werden, nebst dem eigentlichen Ziel der Schutzwaldbehandlung, ebenso Ziele definiert, welche die nötigen Voraussetzungen für eine effiziente und nachhaltige Schutzwaldpflege schaffen: zum einen für die Sicherstellung der für die Schutzwaldpflege nötigen Infrastruktur, zum anderen für den Waldschutz (BAFU 2015). Insgesamt stellt der Bund für das Programm Schutzwald jährlich rund 70 Mio. CHF zur Verfügung. Der größte Teil der Mittel wird für das Programmziel „Schutzwaldbehandlung“ verwendet (rund 65 %), während etwa 25 % für die Infrastruktur und 10 % für den Wald-

schutz eingesetzt werden. Mit jedem Kanton wird definiert, welche Schutzwaldfläche (Anzahl Hektare) in der Programmlaufzeit nach der Konzeption NaiS zu behandeln ist. Auf Basis von schweizweiten Erhebungen werden die für die Schutzwaldpflege anfallenden durchschnittlichen Nettokosten (Kosten minus Holzerlös) erfasst. Diese entsprechen 12'500 CHF pro ha (inkl. Maßnahmenplanung). Jede vertraglich vereinbarte Hektare behandelte Schutzwaldfläche entschädigt der Bund mit 5000 CHF, d.h. 40 % der durchschnittlichen Nettokosten. Auch für die Sicherstellung der Infrastruktur und für den Waldschutz beträgt die Bundesbeteiligung 40 % der Nettokosten. Die neben dem Bundesbeitrag verbleibenden Kosten werden in allen Programmzielen von den Kantonen und weiteren Nutznießern wie Gemeinden oder Infrastrukturbetreibern getragen. Sofern der

Waldbesitzer nicht gleichzeitig eine öffentliche Verantwortung für die Sicherheit vor Naturgefahren trägt, sollten ihm aus der Schutzwaldpflege keine Kosten verbleiben.

Einmal im Jahr reichen die Kantone dem Bund einen Jahresbericht über den Fortschritt der Arbeiten ein. Dieser dient der Kontrolle, ob die vereinbarten Ziele erreicht werden können. Nebst dieser quantitativen Überprüfung findet eine qualitative Kontrolle der realisierten Leistungen in Form von Stichprobenkontrollen im Feld statt. Dabei werden vom Bund Schutzwaldeingriffe besucht und es findet, unter Mitwirkung der lokalen Verantwortlichen (Kantone, lokale Forstverantwortliche), eine Diskussion über die Qualität der Umsetzung statt. Die Stichprobenkontrollen des Bundes der zweiten Periode NFA (2012 bis 2015) zeigten, dass die Qualität der Schutzwaldpflege



Abb. 4: Diskussion zwischen Bundes- und Kantonsvertretern sowie lokalen Bewirtschaftern in einer Schutzwaldeingriffsfläche (Bild: B. Lange).

Fig. 4: Discussion between experts of the state, the cantons and the local community about protection forest management (Picture: B. Lange).

ein gutes Niveau erreichte, auch wenn bei einigen Kriterien, wie zum Beispiel der Wirkungsanalyse auf Weiserflächen, zum Teil noch ein gewisses Verbesserungspotential besteht.

Herausforderungen, offene Fragen

Das in der Schweiz für die Schutzwaldpflege angewandte System funktioniert im Moment gut und wird von allen beteiligten Partnern (Kantone, Forstkreise, Forstverantwortliche und Waldbesitzer) anerkannt und geschätzt. Die Finanzierung von Leistungen, die Minimalpflege gemäß den Prinzipien von NaiS und die klare Aufgabenteilung zwischen dem Bund und den Kantonen sind wichtige Erfolgsfaktoren der Schutzwaldpflege. Trotz dieser weitgehend positiven Erfahrungen bestehen Herausforderungen und offene Fragen, die angegangen werden müssen.

Eine der zentralen Herausforderungen ist der Einfluss der Klimaerwärmung auf den Schutzwald. Mit einer Erhöhung der Temperatur werden sich gewisse Waldgesellschaften bezüglich der Baumartenmischung verändern (Allgaier et al. 2017). Waldbauliche Entscheide, die sich auf das Artenspektrum der zukünftig herrschenden Bäume auswirken, sollten die sich verändernden klimatischen Bedingungen mitberücksichtigen. Dies ist eine große Herausforderung, insbesondere da diese Entscheide aufgrund von Szenarien gefällt werden müssen. Um Antworten auf offenen Fragen hinsichtlich der Auswirkungen der Klimaänderung auf den Wald zu erhalten, hat der Bund 2009 ein Forschungsprogramm „Wald und Klimawandel“ initiiert. Im Rahmen der ausgeführten Projekte wurden auch die erwarteten Veränderungen einiger Waldgesellschaften auf Basis unterschiedlicher Klimaszenarien modelliert. Wie die daraus resultierenden Erkenntnisse im Schutzwald umgesetzt werden können, muss allerdings noch konkretisiert werden.

Der Einfluss der Klimaerwärmung auf die Naturgefahren unterscheidet sich je nach Art der Gefahr. Lawinen in tieferen Lagen werden seltener, aber bleiben voraussichtlich in subalpinen Gebieten mindestens bis Ende des 21. Jahrhunderts eine wichtige Naturgefahr. Der Schutz vor Steinschlag, flachgründigen Rutschungen und Hochwasser wird zunehmend wichtiger (Bebi et al. 2016), wobei die Ausdehnung des Waldes in höhere Lagen die Situation lokal leicht verbessern könnte. Als weitere Einflussfaktoren der Erwärmung auf den Schutzwald müssen auch erhöhte Risiken für Störungen, Waldbrände und Borkenkäferepidemien in Betracht gezogen werden.

Im Zusammenhang mit der Schutzwaldpflege stellen sich zudem zwei wichtige Fragen: Der Einfluss des Wildes auf die Waldverjüngung und die Finanzierungsbereitschaft der öffentlichen Hand für die Sicherstellung der Schutzwirkung der Wälder. Wenn die Wilddichte weiter zunimmt, ist das ökologische Gleichgewicht des Waldes aufgrund fehlender Verjüngung langfristig nicht gesichert. Hier müssen Lösungen gesucht werden. Verglichen mit technischen Schutzbauten sind Schutzwälder deutlich kostengünstiger. Aus finanzieller Sicht muss sowohl auf Bundes- wie auch auf Kantonsebene die Bereitschaft vorhanden sein, die Mittel für die nötigen Pflegemaßnahmen langfristig zur Verfügung zu stellen damit die Schutzwirkung der Wälder nachhaltig gewährleistet ist.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Arthur Sandri, Benjamin Lange, Stéphane Losey
Bundesamt für Umwelt BAFU
Worbentalstr. 68, Ittigen
CH-3003 Bern
benjamin.lange@bafu.admin.ch

Literatur / References:

ALLGAIER LEUCH, B., STREIT, K., BRANG, P., 2017:
Der Schweizer Wald im Klimawandel: Welche Entwicklungen kommen auf uns zu? Merkbl. Prax. 59. 12 S.

BEBI, P., BUGMANN, H., LÜSCHER, P., LANGE, B. UND BRANG, P. (2016):
Auswirkungen des Klimawandels auf Schutzwald und Naturgefahren. In: Pluess, A.R., Augustin, S., Brang, P. (Red.): Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptionsstrategien. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. 269 – 285.

BUNDESAMT FÜR UMWELT BAFU 2013:
Waldpolitik 2020. Visionen, Ziele und Massnahmen für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Schweizer Waldes. Bundesamt für Umwelt, Bern: 66 S.

BUNDESAMT FÜR UMWELT BAFU 2015:
Handbuch Programmvereinbarung im Umweltbereich 2016-2019. Bundesamt für Umwelt Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1501: 266 S.

BUNDESAMT FÜR UMWELT BAFU 2016:
Umgang mit Naturgefahren in der Schweiz. Bern: 127 S.

FREHNER, M., WASSER, B., SCHWITTER, R. 2005:
Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern: 564 S.

LOSEY, S. und WEHRLI, A. 2013:
Schutzwald in der Schweiz. Vom Projekt SilvaProtect-CH zum harmonisierten Schutzwald. Bundesamt für Umwelt: 29 S. und Anhänge.

LOSEY, S. und SANDRI, A. 2014:
Rôle de la forêt protectrice dans la gestion intégrée des risques. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 165 (9): 284-291.

NATIONALE PLATTFORM NATURGEFAHREN PLANAT 2004:
Sicherheit vor Naturgefahren. Vision und Strategie. Biel: 40 S.

ROMANG, H. (Red.) 2008:
Wirkung von Schutzmassnahmen. Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern. 289 S.

VISCHER, D. 2003:
Histoire de la protection contre les crues en Suisse, des origines jusqu'au 19e siècle. Office fédéral eaux géologie, Série Eaux. 208 p.

WASSER B. und PERREN, B. 2014:
Wirkung von Schutzwald gegen gravitative Naturgefahren – Protect-Bio. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 165 (9): 275-283.



NOVITECH
SPEZIALBAUSTOFFE

Zement · Kalk · Gips · Spezialbaustoffe · Anwendungstechnik



- geprüfte Ankermörtel für den Wildbach- und Lawinenverbau
- Trocken- und Nassspritzbetone
- pumpfähiger Fertigbeton
- Injektionsmörtel

mineralisch kreativ

Schretter & Cie GmbH & Co KG
A-6682 Vils · Tirol
Tel.: +43 (0)5677/8401 · 0
Fax: +43 (0)5677/8401 · 222
office@schretter.trol · www.schretter.tirol

MANFRED KREINER, JOSEF FUCHS

Schutzwaldstrategie in Tirol

Strategy for protection forests in Tyrol

Zusammenfassung:

Mit der Fertigstellung der „waldstrategie 2020“ ist für Tirol ein guter Leitfaden für den Umgang mit Schutzwaldbewirtschaftung geschaffen worden. Erfahrungen aus der Vergangenheit von verschiedensten Waldplanungen und die Herausforderungen der Zukunft sind Grundlage für die kommenden Schritte. Ziel- und wirkungsgerichtete Planungen sind zu forcieren. Dabei muss es gelingen, den bürokratischen Aufwand auf ein unbedingt notwendiges Mindestmaß zu reduzieren. Neue Planungsgrundlagen können hier einen wesentlichen Beitrag leisten. Die Leistungen des Waldes müssen für die Öffentlichkeit, die Eigentümer und alle weiteren Akteure sichergestellt werden, ohne dass die Walderhaltung gefährdet ist. Rahmenbedingungen hinsichtlich des Wild- und Weideinflusses dürfen nicht außer Acht gelassen werden. Dafür sind die notwendigen Maßnahmen im Dialog zu erarbeiten und Detaillösungen möglichst vor Ort zu entwickeln und umzusetzen.

Stichwörter:

Schutzwald, Schutzwaldstrategie, Walderhaltung

Abstract:

With the completion of the „waldstrategie 2020“, a very practical and useful guideline for protective forest management was implemented. Experience in forest planning which was gained in the past and the challenges of the future form the basis for further steps. The strategies have to be goal-oriented and bureaucratic barriers should be kept at a minimum. A new and

solid basis for planning can be a major contribution for the achievement. The forest benefits have to be maintained for the public, the owners and other stakeholders without risking the conservation of the forest. Furthermore a framework for grazing in forests and the influence of game have to be taken into account. Necessary measures have to be developed in a dialogue and specific solutions should be worked out and implemented on a local level.

Keywords:

Protection forests, protection forest strategy, forest maintenance

„waldstrategie 2020“ – ein Leitfaden für die Schutzwaldbewirtschaftung

Im Dezember 2011 wurden die Planungsagenden der „waldstrategie 2020“ in Tirol nach umfangreichen Erhebungen und Abstimmungen mit allen betroffenen Akteuren und Beteiligten abgeschlossen. Eine Zusammenschau von Innen- und Außensicht half Fragen zu beantworten, die die Bedeutung der Dienstleistungen des Forstdienstes analysierte. Damit konnte abgeleitet werden, welche Produkte künftig stärker weiterentwickelt werden müssen und auch jene, die ferner an Bedeutung verlieren werden. Nach der Zustimmung der Tiroler Landesregierung findet derzeit die praktische Umsetzungsphase statt. Viele der mehr als 60 abgeleiteten Produkte und Dienstleistungen des Tiroler Forstdienstes betreffen die Schutzwaldarbeit.

Der Umgang mit dem Schutzwald ist in der „waldstrategie 2020“ wie folgt definiert: „Die Bewirtschaftung der Wälder zum Schutz vor Naturgefahren hat in Tirol einen besonders hohen Stellenwert. Durch die Folgen des Klimawandels wird dieser weiter steigen. Die Bewirtschaftung der Schutzwälder muss vorausblickend und unter Beachtung der standörtlichen Verhältnisse an die Klimaveränderungen angepasst werden. Die rechtzeitige und baumartenreiche Verjüngung nimmt dabei eine Schlüsselposition ein.“

Durch die stetige Ausweitung der Siedlungsgebiete steigt auch der Anspruch an das Naturgefahrenmanagement. Der Tiroler Forstdienst stellt sich dieser Herausforderung mit einer Reihe neuer Initiativen. Die Waldaufseher werden zu Fachkräften im Naturgefahrenmanagement auf Ebene der Gemeinde aufgewertet und dafür speziell ausgebildet. Zusätzlich zu den bereits durchgeführten Begehungen der Wildbäche, übernehmen sie auch die Überwachung der Lawinen und Steinschlagschutzbauten sowie Hangentwässerungen. Alle Handlungen werden eng mit Gemeinden und Wildbach- und Lawinenverbauung abgestimmt.“

Gebarungsprüfung des Zustands der Schutzwälder durch den Rechnungshof

Im Frühjahr 2014 hat der Bundesrechnungshof die Schutz- und Bannwälder in Salzburg, Tirol und Vorarlberg geprüft (Rechnungshof, 2015). „Ziel der Gebarungsüberprüfung war die Beurteilung des Zustands und der Erfüllung der Schutzfunktion der Schutz- und Bannwälder unter den gegebenen rechtlichen Rahmenbedingungen und der Umsetzung und Finanzierung der vorhandenen Maßnahmenprogramme. Die Details hinsichtlich der Umsetzung der Jagdgesetze der Länder speziell im Hinblick auf mögliche Schädigungen des Waldes blieben einer eigenen“ ... „Gebarungsüberprüfung vorbehalten.“

Neben verschiedenen Anregungen und Empfehlungen stellte der Rechnungshof insbesondere fest, dass technische Schutzmaßnahmen keine Alternative zur Erhaltung und Sanierung der Schutzwälder darstellen. Dies insbesondere deshalb, weil das Verhältnis der Kosten zwischen Erhaltung des Schutzwaldes, der Sanierung und technischen Maßnahmen beim Ausfallen des Schutzwaldes bei einem Verhältnis von 1:15:146 liegen. Angeregt wurde daher, dass die landesweiten Schutzwaldkonzepte überarbeitet werden und vor allem auch eine kostenmäßige Bewertung der zu treffenden Maßnahmen sollte in diesen aufgenommen werden.



Abb. 1: Hochwasserereignisse wie hier an der Ortstafel von Kals am Großglockner ersichtlich waren Auslöser für großangesetzte Planungen von Schutzwaldprojekten; Quelle: Landesforstdienst Tirol

Fig. 1: Extreme flood events, like in Kals am Großglockner, initiated the large-scale planning of protection forest projects

Schutzwaldplanung ein Blick zurück – von HSS über FWP, LSWK bis hin zu ISDW in Tirol

Nach großen Hochwasserereignissen von 1965 und 1966 in Tirol waren die 1970er Jahre von Hochlagen- und Schutzwaldsicherungsprojekten (HSS) geprägt. HSS-Projekte hatten vor allem die Vergrößerung der Waldflächen an der Baumgrenze und die Sanierung von überalterten Schutzwaldbeständen zum Ziel.

In den 1990er Jahren änderte sich der Hochlagenansatz hin zu einem Flächenwirtschaftlichen Ansatz, bei dem vor allem Schutzwälder in Einzugsgebieten von Wildbächen und



Abb. 2: Weiler Gassen in St. Veit im Deferegggen; Mure nach einem dreitägigen Regen mit mehreren Toten Anfang September 1965. (Quelle: Landesforstdienst)

Fig. 2: Gassen in St. Veit in Deferegggen; In September 1965 a debris flow event after 3 days of preceding rainfall resulted in several casualties.

Lawinen im Vordergrund standen. Sanierung und Schaffung von jungen, stabilen Schutzwäldern durch Altholzabbau stand aber im Fokus.

Da Waldumwandlungen längerer Zeiträume bedürfen, wurden die Planungsansätze auf 20 bis 30 Jahre ausgelegt, damit überhaupt eine Wirkung sichtbar wird. Hoher Planungsaufwand mit sehr detaillierten Erhebungen und Kartierung der Sanierungsgebiete vor Ort war damit notwendig und auch gerechtfertigt. Ziele und Umsetzungsmaßnahmen wurden detailliert geplant und so entstanden über mehrere Jahre zwischen 150 bis 200 Schutzwaldprojekte in Tirol.

Nach einer ersten Projektperiode war klar, dass eine vollständige Sanierung in Waldökosystemen mit einer weitaus höheren Umtriebszeit noch nicht abgeschlossen sein konnte. Bei weiteren Planungen wurde jedoch die Notwendigkeit einer begleitenden Projektsteuerung sichtbar. Damit sollte der Projekterfolg über mehrere Planungsperioden bzw. der Teilerfolg in einer Periode sichergestellt werden. Im Jahre 1995 wurde in Tirol ein Ökocontrolling entwickelt, welches in jedem Projekt in Abständen von 5 bis 7 Jahren durchgeführt wurde. Zielsetzung neben der Sicherstellung der Erreichung der Projektziele war unter anderen auch der zielgerichtete Mitteleinsatz.

Die Entwicklung stand unter dem Aspekt, dass die Bereitschaft der Öffentlichkeit (Bund, Land, EU) für die Erhaltung und Verbesserung des Schutzwaldes Geld aufzuwenden nur solange geben ist, als es gelingt, den Nachweis für Notwendigkeit und Wirksamkeit derartiger Maßnahmen zu erbringen. Die Zustandserfassung des Schutzwaldes im jeweiligen Projektgebiet sollte mit dem Gesamtzustand des Schutzwaldes in Tirol verglichen werden und über längere Zeit auch die Erfassung der Veränderung durch die gesetzten Maßnahmen. Damit wollte man verschiedene

Unterfragestellungen beantworten wie beispielsweise; werden die Maßnahmen auch dort gesetzt wo sie notwendig sind? Gelingt es die knappen Fördermittel in den Wäldern mit dem schlechtesten Zustand umzusetzen? Inwieweit bewirken die gesetzten Maßnahmen eine Zustandsverbesserung des Waldes, oder wo liegen Ursachen in einer Nichterreichung des jeweiligen Projektzieles und wie können entsprechende Lenkungsmaßnahmen aussehen (bessere Beratung, Anpassung von Förderanreizen etc.)? Damit die Projektsteuerung auch messbar dargestellt werden konnte, wurde ein Schutzwaldindex entwickelt, der den verbesserten Schutzerfüllungsgrad über den Lauf der Zeit darstellen sollte. Mit einer Stichprobeninventur wurden verschiedene Zustandsgrößen wie Standortmerkmale, Winkelzählproben und Verjüngungsanalysen standardisiert erfasst, dies auf Ebene des Einzelprojektes. Bereits in der Planungsphase wurde der Grundzustand mit denselben Parametern erhoben, wie bei den regelmäßigen Folgeerhebungen im 5 bis 7 Jahresrhythmus.

1999 wurden österreichweit Landeschutzwaldkonzepte erstellt, wobei diese insbesondere auf die objektschutzwirksamen Wälder abzielten. In Tirol wurden die Schutzwälder hinsichtlich des damaligen Grads der Schutzerfüllung, der Beeinträchtigung und der Verbesserungsdringlichkeit überprüft. Gemeinsam mit den Gebietsbauleitungen der Wildbach- u. Lawinenverbauung und den zuständigen Forstorganen (Bezirksforstinspektionen, Gemeindeforstaufsicht) wurden diese Erhebungen im Jahr 1999 durchgeführt und abgeschlossen.

Das Landeskonzept beruht auf den gültigen Waldentwicklungsplänen (WEP) und stellt eine Weiterentwicklung im Sinne § 24 Forstgesetz 1975 dar. Planungsgegenstand waren jene Flächen, die im WEP die Wertziffer 2 oder 3 für die Schutzfunktion aufweisen. Grundlage für die

Abgrenzung von Verbesserungsflächen im Schutzwald stellen die zur Zielerfüllung (Ziel = naturnahe, stabile Schutzwälder) notwendigen Maßnahmen dar.

Der forstliche Verbesserungsbedarf wurde von der zuständigen Bezirksforstinspektion aufgezeigt und grafisch dargestellt. Ausgangspunkt war die Frage, ob der Wald in seinem derzeitigen Zustand die Schutzfunktion erfüllt oder nicht. Direkte Schutzwirkung für Siedlungen und Verkehrswege, sowie indirekte Schutzwirkung für

diese Objekte wurden von den zuständigen Stellen der Wildbach- und Lawinerverbauung abgegrenzt. Gefährdungsursachen und Hinderungsgründe durch Wild, Weide und sonstiges (z.B. Wintersport) wurden ebenfalls angesprochen, da tragbare Rahmenbedingungen Voraussetzung für den Start eines Schutzwaldprojektes notwendig sind.

Durch Überlagerung der beiden Flächenbearbeitungen von Landesforstdienst und Forsttechnischen Dienst der Wildbach- u. Lawinerverbauung wurden jene Waldflächen ermit-



Abb. 3:
Ablaufschema
Landesschutzwaldkonzept
Tirol (Quelle:
Landesforstdirektion Tirol)

Fig. 3:
Flow chart of the Tyrolean
protection forest concept

telt, die direkte oder indirekte Schutzwirkung für Siedlungen und Straßen aufwies und gleichzeitig sehr dringend verbesserungsbedürftig waren. Auf diesen Waldflächen (Wälder mit Hinweis auf Objektschutzfunktion) musste sich der Arbeitseinsatz in den kommenden Jahren konzentrieren um keine Gefährdung von Menschen zu riskieren.

Ca. ab dem Jahre 2003 startete die Entwicklung der „Initiative Schutz durch Wald“ (ISDW). Im Zuge der Verordnung Ländliche Entwicklung waren Evaluierungen der Wirkungen von gesetzten Maßnahmen im Schutzwald notwendig geworden. Einheitliche Daten über den Zustand und die Entwicklung lagen nicht österreichweit vor. Lediglich in Tirol und Kärnten waren Teilgebiete im Zuge einer Projektsteuerung vergleichbar erhoben worden. Die notwendigen Datengrundlagen konnten auch nicht im Zuge der Österreichischen Waldinventur abgeleitet werden.

Mit ISDW wurde versucht die Aufnahme des Waldzustandes in einem standardisierten Verfahren zu erheben. Durch die Landesforstdirektion in Zusammenarbeit mit den Bezirksforstinspektionen wurden Rahmenplanungen ausgeführt, welche die möglichen Umsetzungsgebiete erfassen und eine grobe Maßnahmen- bzw. Kostenplanung enthielten. In einer weiteren Detailplanung sollten die konkreten Umsetzungsmaßnahmen geplant werden. Gleichzeitig sollten Erhebungen erfolgen, die zur Evaluierung genutzt werden können um den verbesserten Wirkungserfolg durch die Maßnahmensetzung sicherzustellen und sichtbar zu machen.

Ab der Förderperiode 2007 bis 2013 wurde ISDW als weiteres Förder- und Lenkungsinstrument angeboten. Schutzwaldplanungen in Tirol fokussierten ab diesem Zeitpunkt besonders auf die Wälder mit Objektschutzfunktion. Insgesamt hat sich in der Umsetzung von ISDW jedoch gezeigt, dass die Planungsaufwände, die Liefere-

rung der Evaluierungsdaten sowie die fördertech-nische Abwicklung deutlichen Zusatzaufwand mit sich brachten. Daher wurde das Programm in der Praxis nur zaghafte angenommen, was sich in einer geringen Umsetzungsintensität niederschlug.

Erkenntnisse aus der Vergangenheit für eine zielgerichtete Schutzwaldplanung

Umtriebszeiten von Schutzwaldökosystemen können weit über 100 Jahre betragen. Planungszeiträume für Schutzwaldprojekte hatten in der Vergangenheit jeweils einen Zeithorizont von 20 bis 30 Jahren. Planungszeiträume der letzten EU-Förderperioden waren auf 7-Jahreszeiträume ausgelegt. Aufgrund dieser unterschiedlichen Zeithorizonte ist die Konzentration auf die hoch-prioritären Schutzwälder schwierig, weil ein guter Teil der Fläche meist in laufenden Projekten verplant ist, und diese nicht so ohne weiteres eingestellt werden können. Zielsetzungen verschiedener Initiativen sind zudem unterschiedlich.

Um Förderinitiativen in Anspruch nehmen zu können, sind die bürokratischen Anforderungen stetig höher geworden. Diese binden Ressourcen der Forstfachkräfte vor Ort. Die zielgerichtete Umsetzung in wichtigen Flächen wird zwar gewünscht, ist jedoch oftmals dem bürokratischen Förderverfahren untergeordnet. Fallen Förderinitiativen weg, bedarf es komplett neuer Planungen um wiederum zu öffentlichen Fördermitteln zu gelangen.

Würde es gelingen eine einheitliche Kulisse mit derselben Datengrundlage und derselben Priorisierung auf großer Fläche abzuleiten, dann könnten Förderprogramme und Initiativen genau dort ansetzen wo ihre Wirkung am größten ist. Planung und Förderinstrument sind getrennt, spielen jedoch zusammen. Beispielsweise kann eine Schutzwaldinitiative genau in jenem Teil der Kulisse mit hochprioritärem Objektschutzwald

verschiedenste forstlich sinnvolle Maßnahmen unterstützen, hingegen könnten wirtschaftliche Impulspakete auf der gesamten Waldfläche eine Maßnahmensetzung unterstützen.

Damit diese Planungen auf der Fläche möglich sind, sind vergleichbare Datengrundlagen für den gesamten Wald notwendig. Daraus sind entsprechende Rahmenpläne abzuleiten, die bei neuen Erkenntnissen laufend adaptiert werden können.

In Tirol stehen bereits seit längerer Zeit einige dieser Grundlagen zur Verfügung. Beispielsweise die Waldkategorieausscheidung, bei welcher auf forstinternen Hilfskarten die Zuweisung von Schutz- bzw. Wirtschaftswäldern erfolgt ist. Die „Waldkategorien“ waren Grundlage für die Revision der Waldentwicklungspläne und dienen auch als Unterstützung der Forstsachverständigen. Fachliche Ausscheidungskriterien die sich auf das Forstgesetz stützen finden sich in der Richtlinie zum Waldentwicklungsplan. Weiters die Waldtypisierung Tirol, die die Ableitung der potentiellen natürlichen Waldgesellschaft modelliert. Die wichtigsten Waldtypen wurden beschrieben und ihre notwendige Behandlung bzw. auch allfällige Gefahren und Risiken sind damit sichtbar. Die Kombination dieser Grundlagen ist Ausgangspunkt für die letzten Projektideen.

Die Pflege-FWP in Tirol – von der Sanierung zur vorausschauenden Pflege

In den Pflege-FWP wurde in Tirol die oben beschriebenen prioritären Flächen nach einer einheitlichen Matrix abgeleitet. Das Ergebnis ist eine Kulisse mit verschiedenen Prioritätsstufen. Die genaue Beschreibung findet sich in einem weiteren Beitrag in diesem Heft (siehe unter „Flächenwirtschaftliche Projekte – umfassende Schutzwaldsanierung in Einzugsgebieten der

Wildbach- und Lawinerverbauung am Beispiel der Tiroler Waldpflegeprogramme – ein Statusbericht“; Amberger, Wallner).

Die Erfahrungen der letzten drei Jahre haben gezeigt, dass in dieser Kulisse der Abwicklungsaufwand für die Forstfachleute vor Ort deutlich geringer geworden ist. Die freiwerdende Zeit wird für eine bessere Beratung der Eigentümerinnen und Eigentümer genutzt werden.

Wesentlich ist auch, dass sich dieses Programm vor allem um die vorsorgende Pflege der Schutzwälder bemüht. Auf österreichweiter Ebene entspricht die hier beschriebene Vorgangsweise ansatzweise der Bezirksrahmenplanung von Wäldern mit Objektschutzwirkung (Schima, J. et.al, 2016), wobei hier auf eine Weiterentwicklung abzielen ist und daraus Landesschutzwaldkonzepte bzw. ein Bundesschutzwaldkonzept entstehen muss. Sinnvoll wäre hier vor allem einen Planungshorizont von 3–5 Jahren vorzusehen. Damit könnten bereits in der kommenden EU-Förderperiode Synergieeffekte genutzt werden. Grundlagen aus verschiedenen Projekten wie beispielsweise Graviprofor (Perzl, 2015) stehen schon heute zur Verfügung.

Künftige Schwerpunkte in Tirol – Wesentliche Ziele und Hebel

Sicherstellung der Leistungen des Waldes für die Öffentlichkeit, die Eigentümer und alle weiteren Akteure

Schutzwaldplanungen müssen sicherstellen, dass alle benötigten Leistungen des Waldes dauerhaft und nachhaltig bedient werden können. Dabei müssen sowohl die Ansprüche der Öffentlichkeit, als auch jene der Eigentümer und aller weiteren Akteure möglichst gut und umfassend bereitgestellt werden, ohne dass die Walderhaltung gefährdet ist. Grundsätzlich ist der Wald in Tirol

aufgrund seines hohen Flächenanteils von ca. 40 % der Landesfläche äußerst relevant. Wälder haben vielfältigste Funktionen gleichzeitig zu erfüllen, zudem wächst der Druck auf sie, nicht zuletzt aufgrund des begrenzt besiedelbaren Raumes. 47,5 Mio. Gästenächtigungen im Jahre 2016 und 746.000 Tirolerinnen und Tiroler sind auf funktionierende Waldfunktionen angewiesen.

Der Bundesrechnungshof leitet hinsichtlich des Erhalts der Schutzwaldfunktion ein Kostenverhältnis von 1:146 gegenüber einer technischen Verbauung ab. In Zeiten des Klimawandels wird der Schutz vor Naturgefahren mehr denn je nachgefragt sein (siehe auch Bebi P., Kreiner M., Fuchs J.; 2017). Zudem steigt die Zahl der Erholungssuchenden im Wald und die Aktivitäten werden immer vielseitiger. Dem Forstdienst kommt daher eine tragende Rolle in der Koordination der Leistungen des Waldes zu. Er kann dabei koordinierend und mit Anreizen durch Förderungen arbeiten; gute und abgestimmte Beratung ist daher wesentlich.

Grundlagen für objektive Entscheidungsfindung ausbauen

Forstplanungen müssen Grundlagen liefern, die gute Lösungen vor Ort ermöglichen. Dann sind sie eine Basis für ein besseres Zusammenarbeiten/leben aller Betroffenen. Künftig müssen vermehrt von vorhandenen Daten aus beispielsweise Laserscanbefliegungen, Geländemodellen, Modellierungen etc. gute und vor allem objektive Planungsgrundlagen generiert werden. Diese sollten sich auch auf verschiedenste Strukturparameter der Wälder beziehen. Gute Grundlagen unterstützen sowohl die Eigentümer/Nutzer, als auch die jeweilige Behörde mit ihren Sachverständigen bei ihren Entscheidungsfindungen. Gute Basen helfen den Verwaltungsaufwand zu reduzieren. Dass diese Grundlagen österreichweit abgestimmt und von breiter Seite getragen werden, ist ein wesentliches Kriterium, denn österreichweit werden auch Vereinbarungen bezüglich der Fördernotwendigkeit verschiedener Maßnahmen im Wald festgelegt.

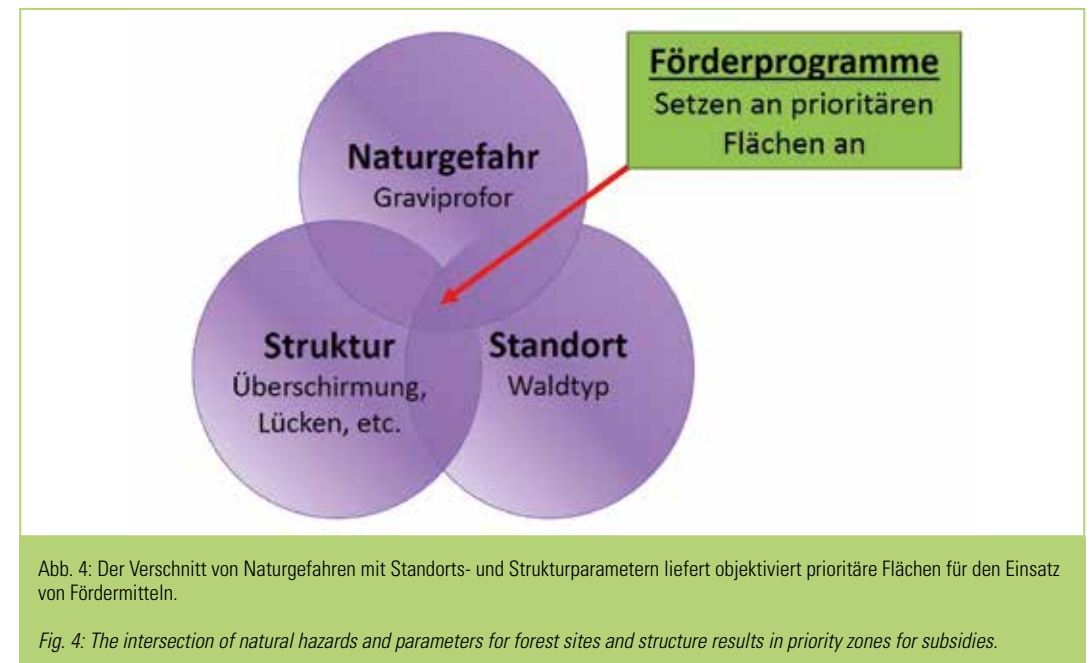


Abb. 4: Der Verschnitt von Naturgefahren mit Standort- und Strukturparametern liefert objektiviert prioritäre Flächen für den Einsatz von Fördermitteln.

Fig. 4: The intersection of natural hazards and parameters for forest sites and structure results in priority zones for subsidies.

Ein gelebter Forst-Jagd Dialog

Wald-Wilddiskussionen sind seit Jahrzehnten „Dauerbrenner“, die – wie kaum ein anderes Thema – auf höchst emotionalem Niveau geführt werden. Erhebungen sowohl auf Wald-, als auch auf Wildseite werden umfangreicher, komplexer und mit wissenschaftlichen Argumenten untermauert. Ein Fortkommen in einer nachhaltigen Problemlösung ist meist sehr schleppend.

Es gibt österreichweit zwar mehr als 10 verschiedene Waldmonitoringverfahren auf verschiedenen Ebenen und mit unterschiedlichen Ansätzen. Allen gemeinsam ist, dass sie der Waldverjüngung einen gewissen Einfluss durch Huf-tiere bescheinigen. In gemeinsamer Betrachtung lässt sich auch nachweisen, dass es sich nicht um punktuellen Einfluss handelt. Anstatt wie bisher, stetig in eine bessere Erhebungsmethodik und Auswertetools zu investieren, werden Problemlösungen zu forcieren sein. Kommunikation ist hier ein Schlagwort.

Optimalerweise muss ein gelebter Forst-Jagd-Dialog gepflegt bzw. vorangetrieben werden, der zu guten Lösungsansätzen und einer weiteren Versachlichung dieses Themas führt. Im Dialog sind Rahmenvorschläge als Hilfestellung abzuleiten. Detaillösungen sollen die Akteure vor Ort und in den Bezirken festlegen, da sie dort auch umgesetzt werden müssen.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Manfred Kreiner
Gruppe Forst Tirol
Bürgerstraße 36, 6020 Innsbruck
manfred.kreiner@tirol.gv.at

DI Josef Fuchs
Gruppe Forst Tirol
Bürgerstraße 36, 6020 Innsbruck
josef.fuchs@tirol.gv.at

Literatur / References:

BEBI P., KREINER M., FUCHS J., A. (2017): Schutzwald bei veränderten Umweltbedingungen in Wildbach und Lawinenverbauung; Visionen im Lawinenschutz, 81 Jahrgang, Heft Nr. 179, Seite 170 ff

FUCHS J., BRUNNER F., KLOTZ E., KÖLL B., PRADER M., RAGGL P., RICCABONA F., SINT H., STOCKHAMMER E., STÖHR D., WILDAUER A. (2011): waldstrategie 2020, amt der tiroler landesregierung, gruppe forst

KREINER M., HUBER H., ZANGERL A., LEITER F. (2015). Pflege FWP FB... - Projektplanung; nicht veröffentlicht

LANDESFORSTDIREKTION TIROL (2000): Landeschutzwaldkonzept, Schutzwald in Tirol <http://www.tirol.gv.at/wald/>

PERZL F., HUBER A. (2014) Graviprofor – Verbesserung der Erfassung der Schutzwaldkulisse für die forstliche Raumplanung, Synthese und Zusammenfassung

RH DER RECHNUNGSHOF (2915): Bericht des Rechnungshofes, Schutz- und Bannwälder in Salzburg, Tirol und Vorarlberg, Reihe TIROL 2015/8

SCHIMA J., GRIESHOFFER A., STARSICH A. (2016): Wälder mit Objektschutzwirkung. Handbuch für OSWI – Bezirksrahmenpläne

LUUK DORREN, CHRISTINE MOOS, MARKUS STOFFEL, DANIEL TRAPPMANN

Wirkung des Waldes bei Steinschlag

The effect of forests on rockfall

Zusammenfassung:

Die wirksamste biologische Schutzmaßnahme gegen Steinschlag ist der Schutzwald. Dieser kann stürzende Steine und Blöcke durch Aufprall gegen stehende und liegende Bäume bremsen oder stoppen. Damit trägt der Wald in vielen Gebieten dazu bei, das durch Steinschlag verursachte Risiko auf ein tragbares Maß zu senken. Die heutigen Kenntnisse bezüglich der Wirksamkeit des Schutzwaldes zur Reduktion des Steinschlagrisikos zeigen, dass die Grundfläche, die bewaldete Hanglänge, die Durchmesser- und die horizontale Waldstruktur (z.B. Lücken in der Falllinie) die wichtigsten Parameter sind, um die Effektivität des Waldes gegenüber Steinschlag zu beurteilen. Heutzutage sind wir in der Lage, mit Simulationsmodellen zu berechnen, wie sich die Erreichens-Wahrscheinlichkeit und die Energie der Sturzkörper am Schadenpotential durch Waldwirkung verändern. Die Wirkungsweisen von Schutzwald können somit ähnlich zu denen von technischen Schutzmaßnahmen quantifiziert werden.

Stichwörter:

Schutzwald, Sturzgefahren, biologische Maßnahme, Risikomanagement

Abstract:

The most effective biological protective measure against rockfall is the protection forest. It can slow down or stop falling stones or blocks due to impacts on standing and lying trees. By doing so, the forest contributes in reducing the risk posed by rockfall. Today's knowledge on rockfall

protection forests shows that the basal area, the length of the forested slope, the diameter distribution of the stems and the horizontal forest structure (e.g., large gaps in the direction of the slope) are the most important parameters to evaluate the efficacy of a rockfall protection forest. At present, we are able to use simulation models to calculate how the reach probability and the energy of falling rocks at the elements at risk changes due to the effect of forests. The mode of action of protection forests can therefore be quantified, similar to those of technical protective measures.

Keywords:

Protection forest, rockfall hazards, biological measure, risk management

Einleitung

Steinschlag ist ein Naturgefahrenprozess, der häufig unter steilen Felswänden auftritt. Er kann Siedlungen, sowie Straßen und Bahnverbindungen, aber auch Personen bedrohen. Wir definieren Steinschlag im weitesten Sinne als Felsfragmente, mit Dimensionen variierend von Steinen (bis 50 cm Durchmesser) und Blöcken bis zu ganzen Felspartien, die von steilen Felswänden herunterfallen, springen, rollen und gleiten (nach Whittow, 1984). Stürzen ganzen Felspartien ab, zerbrechen diese in der Regel bei den ersten Aufprallen nach der initialen Fallphase in Einzelsteine und -blöcke.

Wenn über den Schutz gegen Steinschlag gesprochen wird, denken wohl die meisten zuerst an Steinschlagnetze, die häufig entlang von Verkehrswegen unterhalb von Felswänden aufgestellt werden. Obwohl der Schutzwald in den Alpen schon seit Jahrhunderten eine wichtige Rolle beim Schutz vor Naturgefahren spielt, lässt sich stark generalisierend sagen, dass seit den sechziger Jahren vermehrt nur technische Schutzmaßnahmen, wie beispielsweise flexible Steinschlagnetze oder Schutzdämme, eingesetzt wurden, um Steinschlagrisiken zu verringern. Heute ergänzen

raumplanerische, und nicht zuletzt biologische Maßnahmen das Spektrum an Schutzmaßnahmen (Renaud et al., 2013). Letztere sind auch bekannt als naturbasierte oder grüne Lösungen. Es hat sich gezeigt, dass ein verbesserter, nachhaltiger Schutz vor den negativen Auswirkungen von Naturgefahren eine ausgewogenere Nutzung der technischen und der übrigen Maßnahmen erfordert (Li und Eddleman, 2002). Dieser Paradigmenwechsel wurde vor allem durch die negativen Aspekte der technischen Maßnahmen, wie beispielsweise hohe Kosten durch den Bau und die Wartung, ausgelöst (Delage, 2003; Godschalk et al., 1999).

Die wirksamste biologische Schutzmaßnahme gegen Steinschlag ist der Schutzwald. Dieser kann stürzende Steine und Blöcke durch Aufpralle gegen stehende und liegende Bäume bremsen oder stoppen. Damit trägt der Wald vielerorts dazu bei, das durch Steinschlag verursachte Risiko auf ein tragbares Maß zu senken (Fitze 2015). Dank des Schutzwaldes sind technische Maßnahmen zur Abdeckung höherer Schutzansprüche oft kostengünstiger (niedrigere Installations- und/oder Unterhaltskosten) und an bestimmten Stellen machen technische Maßnahmen überhaupt nur Sinn wegen des zusätzlichen Schutzes durch den Wald (Thali 2006).



Abb. 1:
Ein 5,3 m³ Gneis-Block
(2,4 × 1,7 × 1,3 m), der
im Randbereich des
Kilknerwaldes in Gaschurn
im Montafonertal
(Österreich) abgelagert
wurde.

*Fig. 1: A 5,3 m³ Gneiss
block (2,4 × 1,7 × 1,3 m)
which was stopped on the
border of the Kilknerwald in
Gaschurn in the Montafon
valley (Austria).*

In diesem Artikel beschreiben wir im ersten Teil die heutigen Kenntnisse bezüglich der Wirksamkeit des Schutzwaldes zur Reduktion des Steinschlagrisikos. Im zweiten Teil besprechen wir die notwendigen Schritte zur Umsetzung der biologischen Schutzmaßnahme „Wald“ im integralen Risikomanagement.

Kenntnisstand hinsichtlich der Reduktion des Steinschlagrisikos durch den Schutzwald

Die schützende Wirkung von Wäldern gegen Steinschlag kann grundsätzlich auf seine Barrierewirkung zurückgeführt werden. Vor allem im Transit- und Ablagerungsgebiet kann diese Wirkung sehr effektiv sein (Dorren et al., 2015). Im Entstehungsgebiet wird die Waldwirkung im Allgemeinen als negativ eingestuft, da Baumwurzeln durch mechanische Verwitterung bestehende Felsrisse vergrößern können oder über die Hebelwirkung bei starkem Wind sogar Steinschläge verursachen (Frehner et al., 2005).

Ob die Barrierewirkung eines Waldkomplexes ausreichend ist oder nicht, hängt

grundsätzlich von der kinetischen Energie der stürzenden Steine und der Menge an Holz und dessen Energievernichtungskapazität ab, die im durchquerten Waldabschnitt vorhanden ist. Die kinetische Energie hängt vor allem vom Gesteinsvolumen, von der initialen Sturzhöhe sowie von der Steilheit und der Oberflächenbeschaffenheit des Hanges ab. Welcher Anteil der Steinschlag-Energie vom Wald abgebaut werden kann, hängt von seiner Dichte, der Durchmesser- und der Längeverteilung der Bäume sowie der Länge des bewaldeten Hanges zwischen dem Steinschlag-Entstehungsgebiet und dem Schadenpotential ab (Dorren et al., 2015; Dupire et al., 2016; Moos et al., 2017). Die Energievernichtungskapazität eines Einzelbaumes ist stark abhängig von der Baumart, aber natürlich auch vom Holzzustand (z.B. Fäulnis) und Standort (Verankerung der Wurzeln). Nachfolgend zeigen wir die wichtigsten Fortschritte auf, die es erlaubt haben, die Energievernichtungskapazität einzelner Bäume zu quantifizieren. Anschließend präsentieren wir die wichtigsten Indikatoren auf der Ebene des Waldkomplexes zur Beurteilung der Wirkung des Waldes gegen Steinschlag.



Abb. 2:
Bäume wachsen
im Steinschlag-
Entstehungsgebiet im
Ausserbacherwald oberhalb
von Gaschurn (Österreich).

*Fig. 2:
Trees growing in the
rockfall release area of the
Ausserbacherwald upslope
from Gaschurn (Austria).*

Energievernichtungskapazität von Einzelbäumen

Die Energievernichtungskapazität einzelner Bäume bei dynamischen Aufprallen wurde traditionell aus Messwerten von Bruchschlag-Versuchen abgeleitet. Diese dynamischen Aufprallversuche wurden an ca. 2 cm dicken und 30 bis 40 cm langen Holzproben im Labor durchgeführt (z. B. Couvreur, 1982; Sell, 1987; Niemz 1993). Verschiedene Autoren (Couvreur, 1982; Mizuyama und Narita, 1988; Nonoda et al., 2004; Dorren und Berger, 2005; Jonsson, 2007) zeigten, dass mit der Verwendung dieser Laborwerte die tatsächliche Energievernichtungskapazität von einzelnen Bäumen größtenteils unterschätzt wird.

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse von drei verschiedenen Methoden zur Berechnung der maximalen Energie, die von einer Fichte mit einem Stammdurchmesser von 45 cm aufgenommen werden kann.

Feldversuche zeigten, dass die meiste Energie durch das Wurzel-Boden-System während der Rotation und Translation der Wurzel-Boden-Platte absorbiert wird (siehe Kalberer et al., 2007). Heute gibt es grundsätzlich einen Konsens über die Größenordnung der Energievernichtungskapazität von Nadel- und Laubbaumarten. Obwohl die Wirkung unterschiedlicher Baumarten sowie der Exzentrizität des Aufpralls auf dem Stamm, der Aufprallhöhe und Geschwindigkeit des Aufpralls auf stehende (Jonsson, 2007; Lundström et

Methode	Maximal Aufgenommene Energie (kJ)
1) standardisierte Bruchschlagarbeit-Tests im Labor (verwendeter Wert = 5 J/cm ²)	8
2) Steinschlagversuche im Wald im Maßstab 1:1 (Dorren und Berger, 2005)	230
3) Feldversuche kombiniert mit detaillierten Aufprallsimulationen basierend auf den Methoden der finiten Elemente (Jonsson, 2007) oder der diskreten Elemente (Toe et al., 2017)	250 bis 450

Tab. 1: Maximale Energie, die von einer Fichte (*Picea abies*) mit einem Stammdurchmesser von 45 cm aufgenommen werden kann, gemäß drei unterschiedlichen Messmethoden.

Tab. 1: Maximum energy that can be absorbed by a Spruce tree (*Picea abies*) with a stem diameter of 45 cm, as obtained by 3 different methods.

al., 2009; Toe et al., 2017) und liegende Bäume (Olmedo, 2015) untersucht worden ist, gibt es immer noch offene Fragen bezüglich der Energievernichtungskapazität von Bäumen. Im Allgemeinen können Laubbäume mehr Energie aufnehmen als Nadelbäume (Dorren und Berger, 2005). Dies ist jedoch abhängig von der Aufprallgeschwindigkeit. Bei höheren Aufprallgeschwindigkeiten scheint der Baum mehr Energie aufnehmen zu können (Toe et al., 2017). Bei liegenden Stämmen spielt der Grad der Fäulnis eine große Rolle. So hat Bigot (2014) herausgefunden, dass sich die Energievernichtungskapazität einer Schwarzkiefer nach 5 bzw. 10 Jahren auf 18 % bzw. 3 % der ursprünglichen Kapazität verringert.

Schutzwirkung von ganzen Waldkomplexen

Auf der Ebene der Waldkomplexe ist die Walddichte ein häufig genutzter Indikator für die Wirkung der Schutzwälder bezüglich Sturzgefahren (siehe z.B. Gsteiger, 1993). Studien jüngerer Datums zeigen auf, dass die Parameter Grund- oder Basalfläche, d.h. die Gesamtfläche, die

von Baumstämmen in einem bestimmten Gebiet bedeckt ist, die bewaldete Hanglänge, die Durchmesser- und die horizontale Walddichte (z.B. Lücken in der Falllinie) die wichtigsten Parameter sind, um die Effektivität des Waldes gegenüber Steinschlag zu beurteilen. Anhand dieser Parameter kann eine grobe Einschätzung der Effektivität der Waldwirkung gegenüber Sturzkörpern einer gewissen Größe erfolgen (Berger und Dorren, 2007; Kalberer, 2011; Dorren et al., 2015; Moos et al., 2017a; Dupire et al., 2016).

Untersuchungen zu Steinschlag-Wald-Interaktionen wurden mit Simulationsmodellen, Großversuchen (z.B. Jahn, 1988; Dorren et al., 2005) und dendrogeomorphologischen Methoden durchgeführt (z.B., Corona et al., 2013; Trappmann et al., 2014; Favillier et al., 2015). Einen Überblick zu Steinschlag-Simulationsmodellen präsentieren Volkwein et al. (2011) und deren Einsatz beschreiben Dorren et al. (2012). Die Anzahl der Modelle, die explizit für die Beurteilung der Schutzwirkung von Wäldern verwendet werden kann, ist begrenzt. Beispiele

sind Rockyfor3D (Dorren et al., 2006), Picus RocknRoll (Woltjer et al., 2008) und seit einige Jahren auch RAMMS::Rockfall (Eichenberger et al., 2017). Bei Letzterem werden jedoch keine Einzelbäume betrachtet, sondern ein genereller, von der Walddichte abhängiger Widerstand zur Fortbewegung des Blocks simuliert. Um der Waldwirkung damit gerecht zu werden, müssen alle Steinschlagschneisen in den digitalisierten Waldflächen minutiös aufgenommen werden.

Fortschritte in der Dendrogeomorphologie ermöglichen es, räumlich-zeitliche Analysen vergangener Ereignisse basierend auf Baumschäden, die von Steinschlägen verursacht worden sind, durchzuführen (Stoffel und Corona, 2014). Eine breite Palette von Studien in diesem Bereich hat dazu beigetragen, Interaktionen zwischen Steinschlag und Wald zu verstehen, Steinschlag-Trajektorienmodelle und nicht zuletzt Gefährdungsbeurteilungen besser zu validieren (z.B. Stoffel und Perret, 2006; Corona et al., 2013; Trappmann et al., 2013).

Um das heutige Wissen über die Wirkung des Waldes bei Steinschlag in einige Kernaussagen für die Praxis zusammenzufassen, sollte man zunächst erwähnen, dass nicht nur große Stammdurchmesser (> 36 cm) erforderlich sind, um das Steinschlagrisiko effektiv zu reduzieren. Auch Bäume mit kleinen Durchmessern sind für eine erhöhte Trefferwahrscheinlichkeit wichtig. Experimente haben gezeigt, dass kleine Bäume in der Lage sind, größere Blöcke (> 1 m³) zu stoppen – vorausgesetzt, dass ein großer Teil der kinetischen Energie bereits bei vorangegangenen Aufprallen gegen dickere Bäume abgebaut worden ist (Dorren et al., 2005). Gut strukturierte, stufig aufgebaute Waldkomplexe mit einer breiten Durchmesser- und einem Mosaik aus verschiedenen Waldentwicklungsphasen bieten den besten Steinschlagschutz (Frehner et al., 2005; Dorren et al., 2015). Zweitens bieten

nicht nur stehende Bäume, sondern auch liegende Stämme einen guten Schutz gegen Steinschlag. Berger et al. (2014) haben die Wirksamkeit von liegenden Stämmen untersucht und gezeigt, dass liegende Stämme mit Durchmessern von etwa der Größe des fallenden Blockes die Reichweiten erheblich verringern können. Drittens liegt die untere Grenze der Grundfläche eines wirksamen Schutzwaldes etwa bei 10 m² ha⁻¹, während ein Wald mit 25 m² ha⁻¹ in der Lage sein wird, einen erheblichen Schutz gegen Steinschlag zu bieten. Dies hängt jedoch von der Gesteinsenergie, der Durchmesser- und der bewaldeten Hanglänge, der Hangneigung sowie der Anzahl und Größe der Lücken im Wald ab (Dorren et al., 2015). Viertens können auch Niederwälder einen ausreichenden Steinschlagschutz bieten. Sie können eine sehr effiziente Alternative zu baulichen Maßnahmen an Felsenhängen mit kurzen Transitgebieten, bei denen die Gesteinsvolumina kleiner als 1 m³ sind, bieten (Jancke et al., 2009; Radtke et al., 2014; Toe, 2016). Traditionsgemäß wurde häufig angenommen, dass Wälder nur gegen Blöcke von maximal 1 m³ einen effektiven Schutz bieten. Die Realität zeigt aber vielfach, dass sogar Blöcke von 20 m³ von einem Wald gestoppt werden können. Bei größeren Volumina wird die Schutzwirkung von stehenden und liegenden Bäumen deutlich reduziert und Maßnahmen wie Steinschlagdämme oder Felsüberwachung kombiniert mit einer Notfallplanung oder Änderung der Raumnutzung unentbehrlich.

Steinschlagschutzwald im integralen Naturgefahren-Risikomanagement

Im integralen Risikomanagement spielen die Planung, Umsetzung und Unterhalt/Inspektion von raumplanerischen, biologischen, technischen und organisatorischen Maßnahmen gegen Naturgefahren eine gleichwertige Rolle (Bründl, 2009).

Eine einheitliche und nachvollziehbare Beurteilung von bestehenden und geplanten Schutzmaßnahmen ist in diesem Zusammenhang wichtig. Wald ist in der Regel bereits vorhanden und somit eine schon bestehende Schutzmaßnahme. Dennoch sollte Wald im Rahmen der Maßnahmenbeurteilung quantifiziert werden. Nur so können einerseits die Risiken infolge Steinschlags an einem Standort realistisch bewertet und die Planung für allfällige ergänzende technische Maßnahmen optimiert werden oder Aussagen zum Nutzen-Kosten-Verhältnis von waldbaulichen Eingriffen gemacht werden. Insgesamt kann eine ideale Kombination aus technischen und biologischen Maßnahmen gefunden werden, was einen effizienten Einsatz finanzieller Mittel ermöglicht. Die Wirkungsbeurteilung der Schutzwälder gegen

Steinschlag soll auf geeigneter Verwendung von Simulationsergebnissen aufbauen. Steinschlag-Simulationsmodelle haben dabei das Potential, Baumtreffer explizit zu berücksichtigen und Kontaktreaktionen naturgetreu abzubilden und somit Sturzprozesse realitätsnah zu simulieren. Durch eine Vielzahl an Simulationen können Daten zum Prozessverhalten generiert werden, die Aussagen über Wahrscheinlichkeiten zulassen. Darauf aufbauend soll das Steinschlagrisiko jeweils für die Situation mit (MW) und ohne Wald (OW) beziehungsweise für verschiedene Waldzustände ermittelt werden. Aus der Differenz der Risiken MW und OW ergibt sich die Risikoverminderung durch Waldwirkung als messbare Schutzleistung (siehe z.B., Müller et al., 2015, Moos et al., 2017b).

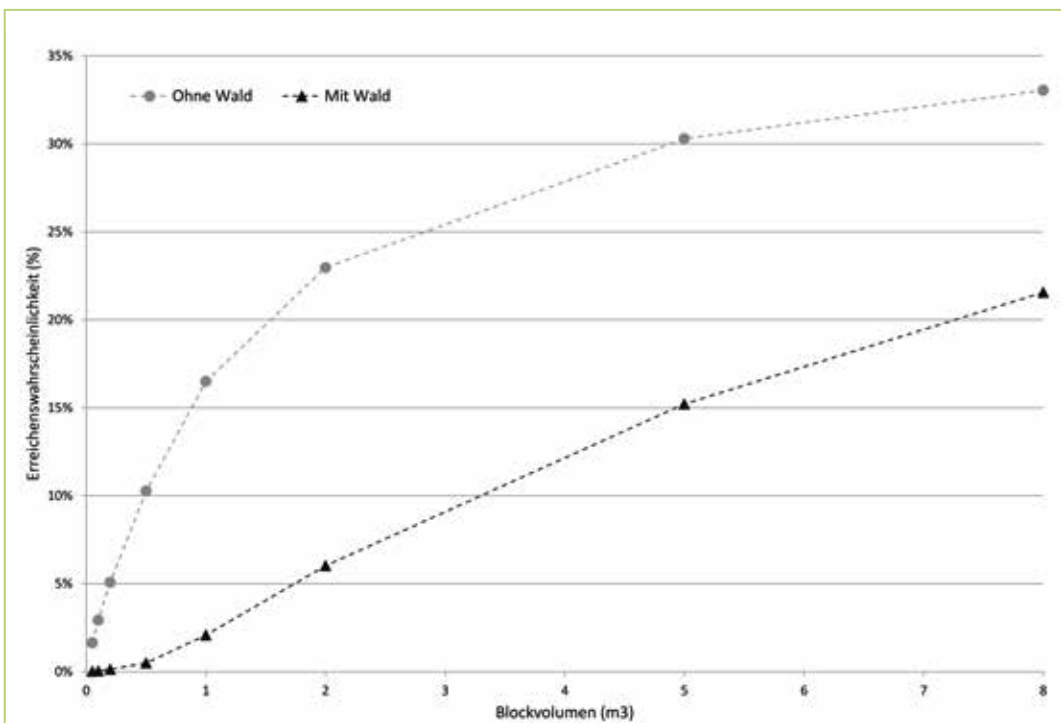


Abb. 3: Simulierte Erreichenswahrscheinlichkeit (Anzahl Steindurchgänge/gesamte Anzahl simulierter Steine) von verschiedenen Blockvolumen am Schadenpotential unterhalb vom Kilknerwald in Gaschurn (Österreich).

Fig. 3: Simulated reach probability (number of passages/total number of simulated rocks) of different rock volumes at the damage potential below the Kilknerwald in Gaschurn (Austria).

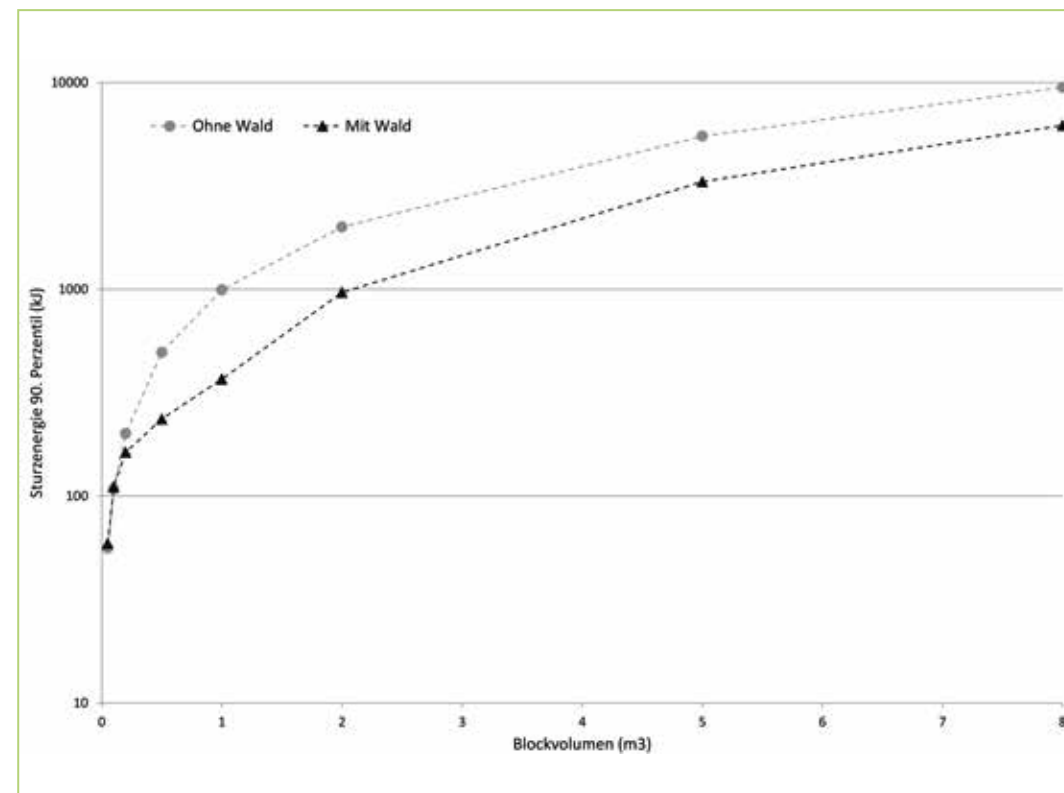


Abb.4: Das 90. Perzentil der simulierten Energien von verschiedenen Blockvolumen am Schadenpotential unterhalb vom Kilknerwald in Gaschurn (Österreich).

Fig. 4: The 90th percentile of the simulated energies of different rock volumes at the damage potential below the Kilknerwald in Gaschurn (Austria).

In den Abbildungen 3 und 4 ist beispielhaft dargestellt, wie der Schutzwald an einem Steinschlaghang in Gaschurn (Österreich) wirkt. Die Abbildungen zeigen die Wirkung dieses Waldes, der überwiegend aus Fichten besteht, über eine bewaldete Hanglänge von ca. 130 bis 290 m von der Prozessquelle bis zum Schadenpotential, bestehend aus 12 Gebäuden und 2 Tennisplätzen im Talboden. Es zeigt sich in Abbildung 3, dass der Schutzwald die Anzahl an Steindurchgängen signifikant verringert. Der Effekt nimmt ab einem Blockvolumen von 2 m³ ab, ist aber auch bei den grössten betrachteten Blöcken noch deutlich sichtbar. Bei den kleineren Volumina ist der Unterschied gerin-

ger, weil auch ohne Wald viel weniger kleinere Blöcke das Schadenpotential erreichen.

Abbildung 4 zeigt die Waldwirkung auf die Energien der Steine, die am Schadenpotential erreicht werden. Auch hier ist eine deutliche Waldwirkung in Form von Energie-reduktion durch Baumanpralle ersichtlich. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Wald durch Baumkontakte sowohl die Energie als auch die Anzahl der Sturzkörper, die einen bestimmter Punkt erreichen, verringert. Diese zwei Effekte tragen zur Reduktion des Steinschlagrisikos bei und müssen bei einer risikobasierten Wirkungsbeurteilung einbezogen werden.

Ausblick

Dieser Artikel hat den heutigen Kenntnisstand betreffend der Wirkung des Schutzwaldes auf Steinschlagprozesse zusammengefasst. Heutzutage sind wir in der Lage, die benötigten Parameter zur Abbildung der Waldwirkung zu beschreiben, und können berechnen, wie sich die Erreichens-Wahrscheinlichkeit und die Energie der Sturzkörper am Schadenpotential durch die Waldwirkung verändern. Die Wirkungsweise von Schutzwald lässt sich somit ähnlich zu der von technischen Schutzmaßnahmen, wie Steinschlagnetzen oder Dämmen, quantifizieren. Damit wird ein systematischer und objektiver Vergleich zwischen biologischen und technischen Maßnahme ermöglicht. Ist darüberhinaus bekannt, wo sich potentielle Steinschlagsschutzwälder befinden und wie wir diese optimal bewirtschaften müssen, steht der vollständigen Integration der biologischen Maßnahme Schutzwald in das integrale Risikomanagement nichts mehr im Wege. Es bleiben jedoch noch zahlreiche Fragen im Bereich der Steinschlag-Schutzwald-Forschung zu beantworten. Beispielweise, wie die Wirkung von liegenden Stämmen in Steinschlag-Simulationsmodelle integriert oder wie der Effekt von Fäulnis in einzelnen Bäumen auf Waldkomplexebene berücksichtigt werden kann. Auch sind vertiefte Untersuchungen zum Einfluss von Störungen (z.B., Borkenkäfer, Windwurf) auf die Schutzwirkung des Waldes notwendig.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Prof. Dr. Luuk Dorren
BFH – Hochschule für Agrar-, Forst- und
Lebensmittelwissenschaften HAFL
Länggasse 85, 3052 Zollikofen, Schweiz
luuk.dorren@bfh.ch

MSc. Christine Moos
BFH – Hochschule für Agrar-, Forst- und
Lebensmittelwissenschaften HAFL
Länggasse 85, 3052 Zollikofen, Schweiz
christine.moos@bfh.ch

Prof. Dr. Markus Stoffel
Institut für Umweltwissenschaften,
Universität Genf
Boulevard Carl Vogt 66, 1205 Genf, Schweiz
markus.stoffel@unige.ch

Dr. Daniel Trappmann
Bayerische Landesanstalt für Wald und
Forstwirtschaft (LWF)
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising,
Deutschland
Daniel.Trappmann@lwf.bayern.de

Literatur / References:

- Berger F., Bourrier F., Olmedo I., Bigot C. (2014). Convention OFEV-Irstea 2011-2014, Rapport final. Centre régional Irstea de Grenoble: 90 S.
- Berger F., Dorren L. (2007). Principles of the tool Rockfor.net for quantifying the rockfall hazard below a protection forest. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 158(6): 157–165.
- Bigot C. (2014). Cinématique de décomposition et rôle de protection pare-pierres du bois mort : le cas des rémanents. PhD Thesis, Université de Grenoble: 217 S.
- Bründl M. (Ed.) et al. (2009). Risikokzept für Naturgefahren - Leitfaden. Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern: 420 S.
- Ciabocco G., Boccia L., Ripa M. (2009). Energy dissipation of rockfalls by coppice structures. Natural Hazards Earth System Sciences 9(3): 993–1001.
- Corona, C., Trappmann, D., Stoffel, M. (2013). Parameterization of rockfall source areas and magnitudes with ecological recorders – when disturbances in trees serve the calibration and validation of simulation runs. Geomorphology 202: 33–42.
- Corona C., Lopez-Saez J., Favillier A., Mainieri R., Eckert N., Trappmann D., Stoffel M., Bourrier F., Berger F. (2017). Modeling rockfall frequency and bounce height from three-dimensional simulation process models and growth disturbances in submontane broad-leaved trees. Geomorphology 281: 66–77.
- Couvreur S. (1982). Les forêts de protection contre les risques naturels. École Nationale du Génie Rural des Eaux et Forêts (ENGREF), Nancy, France: 89 S.
- Delage P. (2003). Risk in civil engineering: from natural to man-made hazards. France-Stanford Conference on "Risk issues in contemporary science and engineering", Stanford, 4-6 April 2003: 14 S.

- Dorren L., Berger F. (2005). Stem breakage of trees and energy dissipation during rockfall impacts. Tree physiology 26(1): 63–71.
- Dorren L., Loup B., Raetzo H. (2012). Einsatz von Modellen in der Schweizer Sturzgefahrenbeurteilung. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz 169: 256–267.
- Dorren L., Berger F., Le Hir C., Mermin E., Tardif P. (2005). Mechanisms, effects and management implications of rockfall in forests. Forest Ecology and Management 215(1-3): 183–195.
- Dorren L., Berger F., Putters U. (2006). Real size experiments and 3D simulation of rockfall on forested and non-forested slopes. Natural Hazards and Earth System Sciences 6:145–153.
- Dupire S., Bourrier F., Monnet J.-M., Bigot S., Borgniet L., Berger F., Curt T. (2016). Novel quantitative indicators to characterize the protective effect of mountain forests against rockfall. Ecological Indicators 67: 98–107.
- Eichenberger V., McArdell B., Christen M., Trappmann D., Stoffel M. (2017). Wenn Baumwunden dazu beitragen, Steinschlagmodelle weiterzuentwickeln. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 168(2): 84–91.
- Favillier A., Lopez-Saez J., Corona, C., Trappmann, D., Toe, D., Stoffel, M., Rovéra, G., Berger, F. (2015). Potential of two submontane broadleaved species (*Acer opalus*, *Quercus pubescens*) to reveal spatio-temporal patterns of rockfall activity. Geomorphology 246: 35–47.
- Fitze U. (2015). Biologische Schutzmassnahmen: Ein Schutzwald leistet mehr, als man denkt. Umwelt 2/2015. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. Dossier Naturgefahren (www.bafu.admin.ch/magazin2015-2-05): 23 - 25.
- Frehner M., Wasser B., Schwitler R. (2005). Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald – Begleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern: 564 p.
- Godschalk, D.R., Beatley, T., Berke, P., Brower, D.J., Kaiser, E.J. (1999). Natural hazard mitigation: Recasting disaster policy and planning. Island Press, Washington D.C.: 591 S.
- Gsteiger P. (1993). Steinschlagsschutzwald. Ein Beitrag zur Abgrenzung, Beurteilung und Bewirtschaftung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 144: 115–132.
- Jahn J. (1988). Entwaldung und Steinschlag. International Congress Interpraevent, Graz. Conference Proceedings Vol. 1: 185–198.
- Jancke O., Dorren L., Berger F., Fuhr M., Köhl M. (2009). Implications of coppice stand characteristics on the rockfall protection function. Forest Ecology and Management 259(1): 124–131.
- Jonsson M. (2007). Energy absorption of trees in a rockfall protection forest. PhD thesis, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich: 209 S.
- Kalberer M., Ammann M., Jonsson M. (2007). Mechanische Eigenschaften der Fichte: Experimente zur Analyse von Naturgefahren. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 158: 166–175.
- Lambert S., Nicot F. (2011). Rockfall Engineering. ISTE, London UK: 435 S.
- Li M.-H., Eddleman K.E. (2002). Biotechnical engineering as an alternative to traditional engineering methods: A biotechnical streambank stabilization design approach. Landscape and Urban Planning 60, 225–242.
- Lundström T., Jonsson M., Volkwein A., Stoffel M. (2009). Reactions and energy absorption of trees subject to rockfall: a detailed assessment using a new experimental method. Tree Physiology 29: 345–359.
- Mizuyama, T., Narita H. (1988). Debris flow control by woods and their impact energy absorptivity. Proceedings Vol. 2. International Congress Interpraevent, Graz, Austria: 173–181.

- Moos, C., Dorren, L., Stoffel, M. (2017a). Quantifying the effect of forests on occurrence frequency and intensity of rockfalls. Natural Hazards and Earth System Sciences 17: 291–304.
- Moos C., Fehlmann M., Trappmann D., Stoffel M., Dorren L. (2017b). Integrating the mitigating effect of forests into quantitative rockfall risk analysis – Two case studies in Switzerland. Im Druck und online verfügbar in: International Journal of Disaster Risk Reduction.
- Müller G., Koch G., Dorren L. (2015). Wirkungsbeurteilung und Risikoanalyse von einem Steinschlagsschutzwald an der A9 Pyhrn Autobahn. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz 175: 104–115.
- Niemz, P. 1993. Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe. DRW Verlag, Stuttgart, Germany: 243 S.
- Nonoda, T., Hayashi S., Kawabe H., Yonei Y. (2004). The occurring factors of standing stem breakage. Proceedings Vol. 1 (III). International Congress Interpraevent, Trento, Italy: 207–216.
- Olmedo I. (2015). Etude expérimentale et numérique de l'efficacité d'ouvrages ligneux de génie biologique pare-pierres. PhD Thesis Institut National des Sciences Appliquées de Lyon: 139 S.
- Radtke A., Toe D., Berger F., Zerbe S., Bourrier F. (2014). Managing coppice forests for rockfall protection: lessons from modeling. Annals of Forest Science 71(4): 485–494.
- Renaud F., Sudmeier-Rieux K., Estrella M., Nehren U. (2016). Ecosystem-based disaster risk reduction and adaptation in practice. Springer International Publishing Switzerland: 598 S.
- Sell, J. (1987). Eigenschaften und Kenngrößen von Holzarten. Baufachverlag AG, Zürich: 80 S.
- Stoffel, M., Corona, C. (2014). Dendroecological dating of geomorphic disturbance in trees. Tree-Ring Research 70: 3–20.
- Stoffel M., Perret, S. (2006). Reconstructing past rockfall activity with tree rings: Some methodological considerations. Dendrochronologia 24(1): 1–15.
- Thali U., (2006). Schutzwirkung des Waldes anhand des Felssturz-Ereignisses „Wilerwald“, Gurtellen vom 31. Mai 2006. Bericht Schweiz. Bericht Nationalstrassen N2 Kanton Uri: 21 S.
- Toe D. (2016). Etude de l'influence des peuplements forestiers de type taillis sur la propagation des blocs rocheux. PhD Thesis, Université Grenoble Alpes: 167 S.
- Toe D., Bourrier F., Olmedo I., Monnet J.-M., Berger F. (2017). Analysis of the effect of trees on block propagation using a DEM model: implications for rockfall modelling. Landslides 14: 1603–1614.
- Trappmann D., Corona C., Stoffel M. (2013). Rolling stones and tree rings: A state of research on dendrogeomorphic reconstructions of rockfall. Progress in Physical Geography 37(5): 701–716.
- Trappmann, D., Stoffel, M., Corona, C. (2014): Achieving a more realistic assessment of rockfall hazards by coupling three-dimensional, process based models and field-based tree-ring data. Earth Surface Processes and Landforms 39: 1866–1875.
- Whittow J. (1984). Dictionary of Physical Geography. Penguin, London UK: 608 S.

MASSIMILIANO SCHWARZ, ERIK GASSER, CHRISTINE MOOS, LUUK DORREN

Schutzwald und Rutschungen

Protection forests and landslides

Zusammenfassung:

Rutschungen können direkt oder indirekt ein hohes Risiko für Personen darstellen und hohe Sachschäden verursachen. Die stabilisierende Wirkung der Vegetation auf Hängen wurde bereits vor Jahrzehnten erkannt. Trotzdem gibt es immer noch viele offene Fragen, wie die Vegetationseffekte quantifiziert und objektiv beurteilt werden können. Dieser Artikel stellt eine Zusammenfassung der aktuell bekannten Schutzwirkungen des Waldes gegen Rutschgefahren dar und führt in den Stand des Wissens hinsichtlich Methoden zur quantitativen Beurteilung der Schutzwaldwirkungen ein.

Stichwörter:

Schutzwald, Rutschungen, Wurzelverstärkung, SlideforNET,

Abstract:

Shallow landslides are natural hazards that can affect human life and infrastructure both directly and indirectly. The stabilizing effect of vegetation on slopes has been recognized decades ago. Nevertheless, there are still many open questions about the quantification of those effects and their objective assessment. This article presents a summary of the current knowledge about the protective effects of forests against landslides and introduces quantitative methods for assessing those effects.

Keywords:

Protection forest, landslide, root reinforcement, SlideforNET

Einleitung

Rutschungen können ein hohes Risiko für Personen darstellen und hohe Sachschäden verursachen, wenn Gebäude oder Infrastrukturen davon betroffen sind. Auch spielen Rutschungen bei der Mobilisierung von Sedimenten auf Einzugsgebietskala eine wichtige Rolle und erhöhen somit das Risiko von Naturgefahrenprozessen, indem sie beispielsweise Murgänge auslösen oder Schwemmholz ins Gerinne eintragen. Der Verlust von produktivem Agrarland durch Rutschprozesse kann in der Landwirtschaft ebenfalls zu erheblichen ökonomischen Verlusten führen (Schwarz et al., 2016b; Abb. 1). Definiert werden Rutschungen als Massenbewegungen, wobei ein Anteil des Hangmaterials sich unter dem Einfluss der Schwerkraft hangabwärts bewegt. Dabei können Rutschungen entstehen, wenn die treibenden Kräfte grösser als die stabilisierenden Kräfte sind (Grotzinger et al., 2008: 441).



Abb.1: Beispiel unterschiedlicher Vegetationseinwirkung auf flachgründige Rutschungen nach einem Sturmereignis in Neuseeland. Auf der linken Seite ist eine Radiata-Föhrenplantage zu sehen, wo der Hang aufgrund der Wurzelverstärkung kaum gerutscht ist. Rechts im Bild sind Weidenflächen mit mehreren Rutschungen zu sehen.

Fig. 1: Example of vegetation effects on slope stability after a storm in New Zealand. On the left side of the picture the presence of radiata pine plantations prevented the triggering of shallow landslide, whereas on the right side of the picture several shallow landslides were triggered on pastoral hill country.

Die stabilisierende Wirkung der Vegetation auf Hängen wurde bereits vor Jahrzehnten erkannt. Trotzdem gibt es immer noch viele offene Fragen, wie die Vegetationseffekte quantifiziert und objektiv beurteilt werden können. Dies ist notwendig, um die stabilisierende Wirkung der Vegetation und insbesondere von Schutzwäldern in Gefahren- und Risikomanagement-Strategien zu berücksichtigen. Wo Wälder vorhanden sind, ist der Bau technischer Maßnahmen oft überflüssig oder wenig kosteneffizient. Nur eine vollständige Quantifizierung der Waldwirkung macht einen objektiven Vergleich mit technischen Maßnahmen und eine realistische Abschätzung des Restrisikos möglich.

Je nach Art von Rutschprozessen wirkt sich die Vegetation unterschiedlich auf die Hangstabilität aus. Rutschprozesse werden nach folgenden Hauptkriterien klassifiziert (BAFU 2016):

- **Mächtigkeit:** Der Abrisshorizont (Scherhorizont) einer flachgründigen Rutschung beträgt ≤ 2 m, derjenige einer mittelgründigen Rutschung liegt in einer Tiefe von 2 bis 10 m und tiefgründige Rutschungen sind mächtiger als 10 m.
- **Geschwindigkeit:** Rutschungen können entweder spontan oder permanent sein. Permanente Rutschungen bewegen sich kriechend mit wenigen Zentimetern pro Jahr, können aber durchaus an Geschwindigkeit zunehmen. Spontane Rutschungen können plötzlich auftreten und erreichen höhere Geschwindigkeiten bis wenige Kilometer pro Stunde.
- **Verflüssigungsgrad:** Je nach Verflüssigungsgrad und Art des Materials können Rutschungen gleitend, fließend oder stürzend sein. Hangmuren und Rutschungen sind beispielsweise beides Massenbewegungen, unterscheiden sich aber im Verflüssigungsgrad voneinander:

Hangmuren sind eine Kombination aus Rutsch- und Fließprozessen und weisen einen höheren Verflüssigungsgrad auf als Rutschungen.

Das folgende Kapitel geht auf die Wirkung der Vegetation auf Rutschprozesse ein und soll aufzeigen, wie die Vegetation und insbesondere Wälder Rutschprozesse vermindern.

Wirkung der Vegetation

Die Wirkung der Vegetation kann die Hänge entweder direkt oder indirekt stabilisieren: Wurzeln erhöhen die Hangstabilität durch ihre verstärkende Wirkung direkt an der Schwächezone entlang der Scherfläche. Gleichzeitig kann Vegetation indirekt die Auslösemechanismen von Rutschungen verzögern oder vermindern. Ein Beispiel für die indirekte Wirkung ist die Interzeption, welche den Niederschlag zurückhält und so den Porenwasserdruck entlang der Scherfläche beeinflussen kann.

Die Wirkung der Vegetation wird klassischerweise in mechanische und hydrologische Wirkungen unterteilt (Greenway 1987; Gray & Sotir, 1996):

Mechanische Wirkungen

- **Basale Wurzelverstärkung:** Die basale Wurzelverstärkung erhöht die maximale Widerstandskraft der durchwurzelten Böden und wirkt, wenn die Tiefe der Rutschfläche kleiner als die maximale Durchwurzelungstiefe ist. Die Tiefe der Durchwurzelung hängt vor allem vom Standort und von der Baumart ab. Je trockener ein Standort ist, desto tiefer dringen die Wurzeln ins Bodenprofil ein (Tron et al., 2015). Generell können die Baumartenunterschiede in 3 Klassen

unterteilt werden (Glenz, 2005): Flachgründig (bis ca. 0.5 m, z.B. Fichte), mittelgründig (bis ca. 1.2 m, z.B. Tanne) und tiefgründig (bis ca. 2 m, z.B. Buche).

- **Laterale Wurzelverstärkung:** Die laterale, oder seitliche Wurzelverstärkung erhöht ebenfalls die maximale Widerstandskraft der Böden und wirkt unter Zug, Scherung oder Druck entlang des Umfangs eines Rutschkörpers. Die Bedeutung der lateralen Wurzelverstärkung ist abhängig vom Volumen einer Rutschung (bis ca. 1000 m³), der Hangneigung und der mechanische Bodeneigenschaften (Mattli, 2015). Es ist noch zu erwähnen, dass die Wirkung der Wurzelverstärkung unter Druck ca. zehn Mal kleiner ist als unter Zug oder Scherung (Schwarz et al., 2015).
- **Versteifung durchwurzelter Boden:** Mit dem Begriff „Wurzelverstärkung“ ist nicht nur die Erhöhung der maximalen Widerstandskraft der durchwurzelten Böden gegen Belastungen, sondern auch die Erhöhung der Steifigkeit, welche einen Einfluss auf die Verteilung der Kräfte in einem Hang hat, gemeint (Cohen & Schwarz, 2017). Je steifer der Boden ist, desto großflächiger können die Kräfte im Hang verteilt werden. Bei kleineren Hängen (kürzer als 10 bis 20 m) konnte berechnet werden, dass ein Großteil der Druckkräfte einer potentiellen flachgründigen Rutschung am Hangfuß verteilt wird und der Hang somit stabil bleibt (ähnlich wie ein Hangrost).
- **Gewicht der Bäume:** Das Gewicht von Bäumen spielt im Vergleich zu den in einer Rutschung vorhandenen Kräften eine untergeordnete Rolle ($\pm 3\%$). Es kann auch einen positiven Einfluss auf die Hangstabilität haben, wenn die

Hangneigung kleiner als der Winkel der inneren Reibung des Bodenmaterials ist (Schwarz et al., 2016a).

- **Überlast durch Wind und Schnee:** Belastungen von Wind oder Schnee, die auf die Baumkrone wirken, werden durch den Stamm und das Wurzelsystem in den Boden geleitet. Diese Kräfte wirken im Boden lokal und es konnte bislang nicht nachgewiesen werden, dass solche Belastungen Hänge destabilisieren.

Hydrologische Wirkungen

- **Interzeption:** Je nach Baumbestand und Jahreszeit beträgt die Niederschlagsmenge, die von der Vegetation zurückgehalten wird, maximal 5 bis 20 mm pro Niederschlagsereignis. Im Verhältnis zur Niederschlagssumme eines extremen Niederschlagsereignisses hat dieser Effekt nur einen geringen indirekten Einfluss auf die Reduktion des lateralen Wasserabflusses und damit auf den Porenwasserdruck in Böden.
- **Evapotranspiration:** Die Wurzeln entziehen dem Boden direkt Wasser und befördern es bis zu den Blättern und Nadeln, wo das Wasser transpiriert und verdunstet. Dabei können die Wurzeln dem Boden nur das Wasser entnehmen, welches für sie zugänglich und verfügbar ist. Bei tiefer gelegenen Bodenhorizonten, die vom Grundwasser oder von Staunässe beeinflusst sind (sogenannte G- beziehungsweise S-Horizonte) kann das Wasser nicht von Wurzeln absorbiert werden. Die Evapotranspiration (ET) beeinflusst somit die Vorfeuchte des Bodens: Bei kurzen und intensiven Niederschlagsereignissen kann die Bodenmatrix das Wasser

nicht so schnell aufnehmen, so dass die laterale Abflussbildung verzögert und der Porenwasserdruck reduziert werden. Die Vegetation kann die Wasserbilanz entsprechend stark beeinflussen: Im Jahr kann mehr als die Hälfte des kumulierten Niederschlags durch ET in die Atmosphäre zurückgelangen. Dies kann für die Verminderung mittel- bis tiefgründiger Rutschungen von Bedeutung sein.

- **Präferenzielle Fließwege:** Aufgrund der Durchwurzelung und der biologischen Aktivität in Waldböden wird die Bodenstruktur normalerweise verbessert und somit die Infiltration und der laterale Abfluss erhöht. Dies stabilisiert die Hänge bei geringer Niederschlagsintensität, weil das Wasser genug schnell drainiert werden kann. Bei Starkniederschlägen können präferentielle Fließwege einen negativen Einfluss auf die Hangstabilität haben, da der laterale Abfluss konzentriert wird und so die Porenwasserdrücke lokal schneller steigen können.
- **Speicherkapazität des Bodens:** Die Änderung des Porenraumes im Boden wird von der Durchwurzelung und der biologischen Aktivität beeinflusst, wodurch auch die Speicherkapazität für pflanzenverfügbares Wasser erhöht werden kann. Das pflanzenverfügbare Wasser wird durch die Evapotranspiration dem Boden entnommen, so dass innerhalb einiger Tage ein Großteil der Speicherkapazität des Bodens wieder zur Verfügung steht. Diese indirekte Wirkung hat vor allem einen Einfluss auf die Reduktion des kumulierten lateralen Abflusses aus dem Gebiet oberhalb einer potentiellen Rutschfläche und beeinflusst so den Porenwasserdruck.



Abb. 2: Beispiel von wirksame basale Wurzelverstärkung.

Fig. 2: Example of an effective basal root reinforcement.



Abb. 3: Beispiel von wirksame laterale Wurzelverstärkung.

Fig. 3: Example of an effective lateral root reinforcement.

Einfluss des Waldes auf die Bodenentwicklung

Unter diesem Begriff ist die Wirkung der Vegetation auf das Streumaterial und die biologische Aktivität im Boden gemeint, welche wiederum indirekt die Bodenentwicklungsprozesse (Versauerung, Verwitterung, Tonverlagerung, Bodenstruktur, etc.) beeinflussen (Vacek, et al., 2017; Vergani & Graf, 2016). Diese Prozesse haben eine indirekte Wirkung auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens (z.B. Wasserdurchlässigkeit, Speicherkapazität, Reibungswinkel, Kohäsion) welche die Hangstabilität beeinflussen können. Weiter beeinflussen die Zusammensetzung des Streumaterials, die selektive Nährstoffaufnahme, die Energiebilanz und die Baumart (z.B. bevorzugen Linde und Erle weniger saure Böden als Bergföhren und Lärchen) die Bodenversauerung.

Waldbauliche Aspekte

Die detaillierte Beschreibung und Quantifizierung der Schutzwaldwirkung gegen Rutschungen ist eine wichtige Grundlage, um waldbauliche Maßnahmen situationspezifisch zu formulieren. Ein erstes wichtiges Kriterium ist die Regulierung der Baumartenmischung: Buche und Ahorn sind aufgrund ihrer tiefgründigen Wurzelsysteme und der günstigen Zusammensetzung des Streumaterials ideale Baumarten, um das Risiko von flachgründigen Rutschungen zu vermindern.

Die Nachhaltigkeit der Schutzwirkung ist nur mit einer genügenden Vegetationsverjüngung und Resistenz/Resilienz des Waldbestandes gegeben. Abhängig vom Standort und den waldbaulichen Möglichkeiten, sollte in der Schutzwaldpflege evaluiert werden, ob die Baumartenmischung einer Sekundärsukzession (z.B. Ahorn-Erlen-Bestand) günstiger für die Hangstabilität ist als die Klimax-Phase (z.B. Fichtenbestand) (Schwarz, 2017).

Die langfristige Wirkung der Schutzwaldpflege auf rutschgefährdeten Hängen sollte auf eine möglichst hohe laterale Vernetzung von Wurzelsystemen und eine heterogene Durchwurzelungstiefe zielen. Dazu ist es wichtig, große Wurzeln von größeren Bäumen zu fördern, um die Wirkung der Wurzelverstärkung zu erhöhen (Vergani et al., 2017). Dies kann je nach Situation mit verschiedenen waldbaulichen Eingriffen erreicht werden. Eine Einzelbaumselektion kann wenn möglich benutzt werden, um eine möglichst gut abgestufte Bestandsstruktur zu erhalten. In vielen Fällen sind lokal breite Öffnungen nötig (z.B. Femelschlag), um die Verjüngung zu sichern. Solche Eingriffe sind normalerweise unproblematisch, solange sie lokal und im Einzugsgebiet regelmäßig verteilt durchgeführt werden. Auch sollte bedacht werden, dass lokale Rutschereignisse, die Geschiebe ins Gerinne eintragen, wichtige Prozesse sind, um die Sedimentbilanz auf Einzugsgebietsebene im Gleichgewicht zu halten.

Die Bewirtschaftung als Niederwald kann eine Option für einige Baumarten sein, wobei es zu berücksichtigen gilt, dass die temporäre Wurzelverstärkung dabei stark reduziert wird (bei jeder Zurücksetzung am Stock wird ein neues Wurzelsystem mit einer Dynamik ähnlich wie bei einem Samenbaum gebaut; Vergani et al., 2017). Um den potentiellen Schwemmhölzeintrag zu minimieren, werden oft größere Eingriffe entlang von Gerinnen vorgenommen. Dabei ist es wichtig zu beachten, dass ein zu starker Eingriff zu einer erhöhten Sedimentmobilisierung führt. Im Idealfall sollten die Eingriffe bei der Gerinnepflege stufenweise durchgeführt werden, so dass das Risiko des potentiellen Schwemmhölzeintrages reduziert wird, ohne dabei die Ufer und die Hänge großflächig zu destabilisieren. Eine Regulierung der Baumartenmischung sowie eine Abschätzung des potentiellen Eintrags entlang der Gerinne sind hierfür zielführend.

Applikationen für die Quantifizierung der Wirkung von Wurzelverstärkung auf flachgründige Rutschungen: SlideforNET/SlideforMAP

In diesem Kapitel werden zwei Modelle präsentiert, die explizit die mechanische Wirkung des Waldes implementiert haben (Wurzelverstärkung und das Gewicht der Bäume). Die Applikation SlideforNET wurde für eine Anwendung im Feld entwickelt, um objektiv die Schutzwirkung des Waldes in wenigen Minuten zu quantifizieren und zu beurteilen (Schwarz et al., 2014; Dorren & Schwarz, 2016). Die Applikation SlideforMAP wurde entwickelt, um die räumlich aufgelöste Schutzwirkung des Waldes als Grundlage zur Gefahrenbeurteilung auf größeren Skalen aufzuzeigen.

SlideforNET (www.slidefor.net) ist eine open-source Web-Applikation, welche die Hangstabilität unter Berücksichtigung der Wurzelverstärkung unterschiedlicher Waldtypen abschätzt. Die Stabilitätsberechnung in SlideforNET basiert auf einem dreidimensionalen Kräftegleichgewicht: Ein Hang wird in eine Vielzahl von Ellipsoiden unterteilt, auf denen flachgründige Rutschungen stattfinden können. Analog zu existierenden Hangstabilitätsmodellen wird die Rutschmasse als starr angenommen, wobei die Seitenkräfte (lateralen Kräfte um das Ellipsoid) nicht gleichzeitig wirken. Bei der Stabilitätsberechnung werden die Kompressionskräfte, die auf den unteren Teil der Rutschung wirken, nicht zu den maximalen Zugkräften in der Abrisszone summiert. Für eine detaillierte Beschreibung der Gleichungen verweisen wir auf Schwarz et al. (2010).

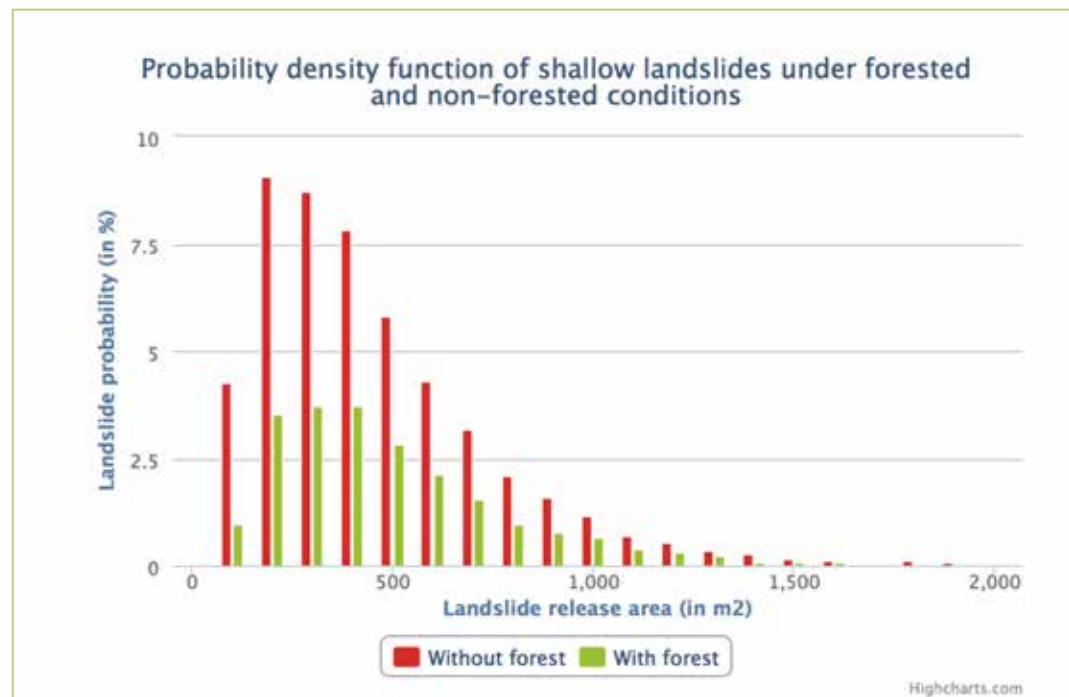


Abb. 4: Grafische Darstellung von SlideforNET mit der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion des Auftretens von flachgründigen Rutschungen unter aktuell bewaldeten (grün) und nicht bewaldeten (rot) Bedingungen.

Fig. 4: Example of results obtained with SlideforNET showing the frequency-magnitude distribution of shallow landslides considering the effects of root reinforcement (green bars) or without reinforcement (red bars).

Die Wurzelverstärkung wird in die Berechnung miteinbezogen, indem 1) die Wurzeln in den oberen Abrisszonen (laterale Wurzelverstärkung entlang des Zugspannungsrisse) und 2) die Wurzeln, die entlang der Scherfläche wirken (Basalwurzerverstärkung), berücksichtigt werden. Basierend auf den Eingabeparametern (Anzahl Bäume pro Hektar, mittlerer Stammdurchmesser (BHD) und Artenzusammensetzung) berechnet das Modell die minimale laterale Wurzelverstärkung unter der Annahme einer mittleren Baumdistanz. Die implementierten Wurzelverstärkungswerte von 5, 10 oder 15 kN/m (Kraft pro Laufmeter entlang eines vertikalen Rutschprofils) basieren auf Daten der Wurzelverteilung der wichtigsten alpinen Baumarten (Fichte, Tanne und Buche) (Schwarz et al., 2013). Um die Auswirkungen der lateralen Wurzelverstärkung auf unterschiedliche Dimensionen

von flachgründigen Rutschungen zu berücksichtigen, wird eine Gamma-Wahrscheinlichkeitsfunktion verwendet, um die Frequenz und Magnitude potentieller Rutschungen zu beschreiben. Die resultierende Anzahl an instabilen Rutschungen steht nicht in Zusammenhang mit der Stärke eines bestimmten Niederschlagsereignisses, sondern repräsentiert die partielle Wahrscheinlichkeit, dass unter vollständig gesättigten Bedingungen Rutschungen in einem bestimmten Gebiet auftreten können.

Die Eingangsparameter (Tiefe der Scherfläche, effektive Bodenkohäsion und Reibungswinkel des Bodens) werden mit einem stochastischen Ansatz berechnet; der Mittelwert dieser Parameter muss jedoch vom Benutzer definiert werden. Anschließend wird eine Zufallsfunktion verwendet, um eine Normalverteilung dieser Ein-

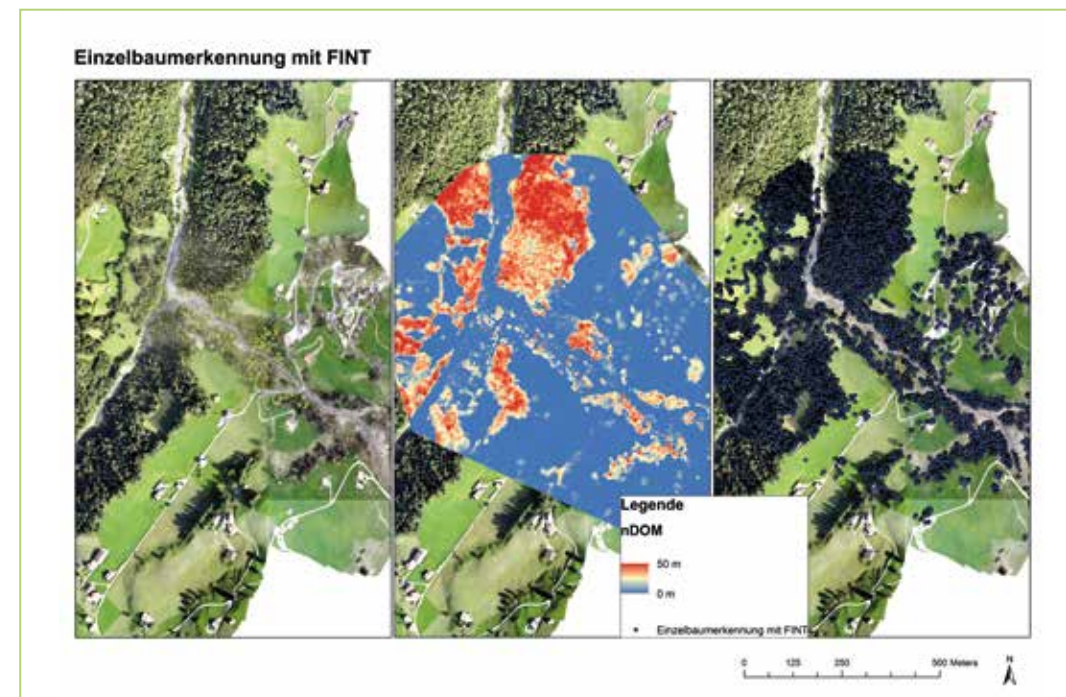


Abb. 5: Luftbildaufnahme, normalisiertes digitales Oberflächenmodell und Einzelbaumerkennung mit FINT bei Rothbad (Kanton Bern, CH).

Fig. 5: Air-borne images, digital elevation model and single-tree extrapolation results of the FINT algorithm in Rothbad (Canton of Bern, CH).

gangparameter zu erzeugen. Für jeden Standort werden 10.000 Böschungsstabilitätsberechnungen mit verschiedenen Kombinationen der zufällig erzeugten Werte durchgeführt. SlideforNET analysiert für jede Kombination, ob eine Rutschung ausgelöst werden kann oder nicht. Abbildung 4 zeigt eine grafische Endausgabe der Web-Applikation. Ein weiterer Output des Modells ist der „degree of protection“, oder Schutzgrad, welcher den prozentualen Anteil der durch den Wald stabilisierten Rutschungen ausdrückt. Weiter berücksichtigt das Modell auch das Gewicht der Vegetation, welches mit dem gesamten Gewicht der Rutschung verglichen wird, um die vernachlässigbare Rolle dieser Kraftkomponente bei der Hangstabilität aufzuzeigen.

In der räumlich aufgelösten Version dieser Applikation (SlideforMAP) werden die Hangneigung und die hydraulischen Bedingungen aus einem digitalen Geländemodell (DGM) bestimmt und in die Hangstabilitätsberechnungen miteinbezogen. Damit bietet SlideforMAP eine neue Möglichkeit, probabilistische Karten mit der Rutschanfälligkeit und dem erwarteten Rutschvolumen zu generieren. Simulationen unter der Berücksichtigung unterschiedlicher Szenarien (mit Wald, ohne Wald, oder „idealem“ Waldzustand) werden berechnet, um die stabilisierenden Einflüsse der Wurzelverstärkung zu quantifizieren. Da die Struktur des Waldes in der Schutzwirkung eine wichtige Rolle spielt, ist es wichtig, die Position und Dimensionen der Bäume in den Berechnungen zu implementieren. Dazu bieten Fernerkundungsmethoden in Kombination mit Einzelbaumdetektionsalgorithmen (z.B. FINT, Menk et al., 2017) die Möglichkeit, die Waldstruktur nahezu lagerichtig in Hangstabilitätsmodelle zu implementieren. Abbildung 5 zeigt ein Anwendungsbeispiel von FINT und visualisiert, wie FINT die Position der Bäume anhand eines normalisierten, digitalen Oberflächenmodells (nDOM) erkennt.

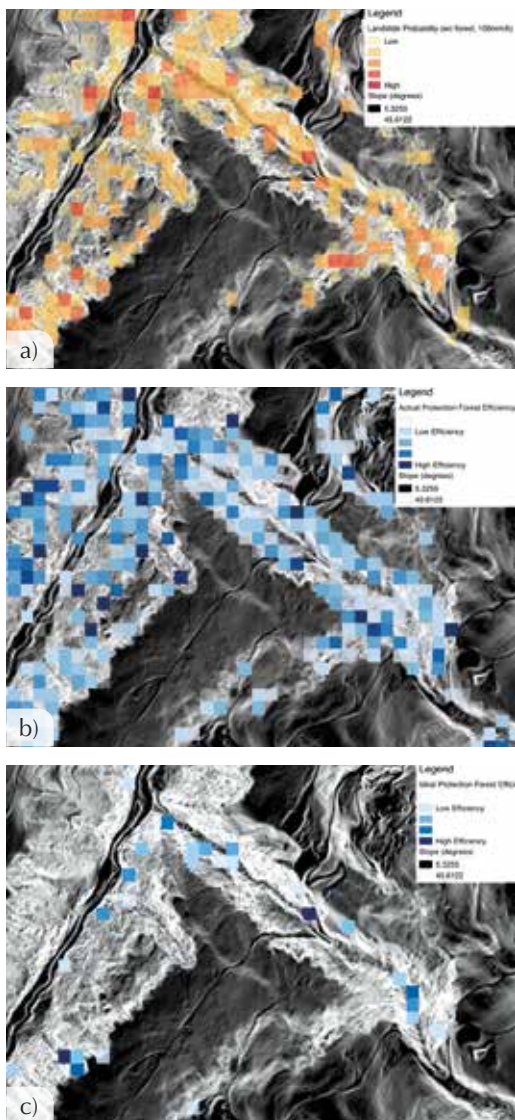


Abb. 6: a) Rutschungswahrscheinlichkeit bei einem 100 mm/h Niederschlagsereignis ohne Wurzelverstärkung. b) und c) veranschaulichen den stabilisierenden Einfluss der Wurzelverstärkung für den aktuellen (b) und den idealen (c) Waldzustand.

Fig. 6: Results of simulations using SlideforMAP showing a) the probability distribution of shallow landslides considering a rainfall event of 100 mm/h and without the effect of root reinforcement. b) and c) show the protective effect of the forest considering the distribution of root reinforcement in the actual condition of forest (b) or ideal condition of forests (c).

Die aus FINT erhaltenen Waldstrukturparameter können in SlideforMAP implementiert werden, um so die Schutzwirkung des Waldes im jetzigen Zustand zu berechnen. Zusätzlich können die Standorte, wo die Schutzwirkung des Waldes noch verbessert werden sollten, erkannt werden. Abb. 6 a) zeigt die räumliche Wahrscheinlichkeit von flachgründigen Rutschungen ohne Einfluss der Wurzelverstärkung bei Rothbad (Kanton Bern, CH). Abb. 6 b) zeigt die momentane Vegetationseinwirkung durch Wurzelverstärkung, welche aus der Differenz der Ergebnisse von den Simulationen mit und ohne Wald berechnet worden sind. Weiter kann unter der Annahme eines „idealen“ Waldzustandes berechnet werden, wo eine bessere Schutzwirkung durch waldbauliche Maßnahmen erreicht werden kann (Abb. 6 c).

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Massimiliano Schwarz, Erik Gasser,
Christine Moos, Luuk Dorren
BFH – Hochschule für Agrar-, Forst- und
Lebensmittelwissenschaften HAFL
Länggasse 85, 3052 Zollikofen, Schweiz
massimiliano.schwarz@bfh.ch

Literatur / References:

- JACKSON K., HAGEN I., SMITH H. (2009). Example title of paper. Example Journal 90: 112-124.
- FRANCIS U., MILLER I. (2004). Example title of other paper. Example Journal 34: 15-34.
- SUDA J. (2011). Bemessung von Lawingalerien. in: Sauermoser S., Rudolf-Miklau F. (Hrsg.). Handbuch Technischer Lawinenschutz. Ernst und Sohn Berlin: 177-201.
- BAFU (2016). Schutz vor Massenbewegungsgefahren. Vollzugshilfe für das Gefahrenmanagement von Rutschungen, Steinschlag und Hangmuren. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1608: 98 S.
- COHEN D., SCHWARZ M. (2017). Tree-roots control of shallow landslides. Earth Surface Dynamics Discussions. <https://doi.org/10.5194/esurf-2017-10>.
- DORREN L., SCHWARZ M. (2016). Quantifying the stabilizing effect of forests on shallow landslide-prone slopes. In: Advances in Natural and Technological Hazards Research 42: Ecosystem-Based Disaster Risk Reduction and Adaptation in Practice (Eds.: Renaud, F. G.; Sudmeier-Rieux, K.; Estrella, M. & Nehren, U.): 255-270.
- GLENZ C. (2005). Process-based, spatially-explicit modelling of riparian forest dynamics in central Europe – Tool for decisionmaking in river restoration. Thèse No. 3223, École Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- Gray D.H., Sotir R.D. (1996). Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization. John Wiley and Sons, NY: 59 ff.
- GREENWAY D. T. (1987). Vegetation and slope stability. In: Slope Stability (Eds.: Anderson, M. Richards, K. S.). John Wiley, New York: 187 ff.
- GROTZINGER J., HORDAN T. H., PRESS F., SIEVER R. (2008). Allgemeine Geologie. Spektrum Akademiker Verlag, 5. Auflage, Berlin Heidelberg: 441-457.
- MATTLI J. (2014). Quantifizierung der Wurzelverstärkung in Schutzwald. Bachelorarbeit BFH-HAFL, 79 S.
- MENK J., DORREN L., HEINZEL J., MARTY M., HUBER M. (2017). Evaluation automatischer Einzelbaumerkennung aus luftgestützten Laser-Scanning-Daten. In: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 168(3): 151-159.
- SCHWARZ M. (2017). Von ingenieurbioologischen Massnahmen zur Schutzwaldpflege. Bündner Wald 4/2017, 45- 51.
- SCHWARZ M., DAZIO E., SOLDATI M. (2016a). Foglio per la pratica 1: Influenza del peso della vegetazione sulla stabilità dei pendii. http://www4.ti.ch/fileadmin/DT/temi/forestali/boschi_foreste/documenti/IP_1_peso_alberi_ema_massi_v2.pdf
- SCHWARZ M., PHILLIPS C., MARDEN M., MCIVOR I., DOUGLAS G., WATSON A. (2016b). Modelling of root reinforcement and erosion control by „Veronese“ poplar on pastoral hill country in New Zealand. New Zealand Journal of Forestry Science, 46 (4), 1–17, DOI 10.1186/s40490-016-0060-4
- SCHWARZ M., RIST A., COHEN D., GIADROSSICH F., EGOROV P., BÜTTNER D., STOLZ M., THORMANN J.-J. (2015). Root reinforcement of soil under compression. J. Geophys. Res., 120(10):2103-2120. DOI: 10.1002/2015JF003632
- SCHWARZ M., DORREN L., THORMANN J.-J. (2014). SlideforNET: a web tool for assessing the effect of root reinforcement on shallow landslides. International Conference on „Analysis and Management of Changing Risks for Natural Hazards“, 18–19 November 2014 | Padua, Italy.
- SCHWARZ M., COHEN D., OR D. (2012). Spatial characterization of root reinforcement at stand scale: Theory and case study. Geomorphology 171-172: 190-200.
- SCHWARZ M., FELLER K., THORMANN J.-J. (2013). Entwicklung und Validierung einer neuen Methode für die Beurteilung und Planung der minimalen Schutzwaldpflege auf rutschgefährdeten Hängen. Schlussbericht für das BAUFU Projekt „Wald- und Holzforschungsfond“.
- SCHWARZ M., PRETI F., GIADROSSICH F., LEHMANN P., OR D. (2010). Quantifying the role of vegetation in slope stability: A case study in Tuscany (Italy). Ecological Engineering 36: 285-291.
- TRON S., PERONA P., GORLA L., SCHWARZ M., LAIO F., RIDOLFI L. (2015). The signature of randomness in riparian plant distributions. Geophysical Research Letters 42: 7098–7106. doi:10.1002/2015GL064857.
- VACEK S., ČERNÝ T., VACEK Z., PODRÁZSKÝ V., MIKESKA M., KRÁLÍČEK I. (2017). Long-term changes in vegetation and site conditions in beech and spruce forests of lower mountain ranges of Central Europe. Forest Ecology and Management, 398: 75-90. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.05.001>.
- VERGANI C., GRAF F. (2016). Soil permeability, aggregate stability and root growth: a pot experiment from a soil bioengineering perspective. Eco-hydrology 9(5): 830–842. doi: 10.1002/eco.1686.
- VERGANI C., GIADROSSICH F., BUCKLEY P., CONDERA M., PIVIDORI M., SALBITANO F., RAUCH H.P., LOVREGGIO R., SCHWARZ M. (2017). Root reinforcement dynamics of European coppice woodlands and their effect on shallow landslides: A review. Earth-Science Reviews 167: 88-102.

CHRISTIAN RACHOY

Instandhaltung von Schutzwald entlang von Eisenbahntrassen

Maintenance of protective forests along railway lines

Zusammenfassung:

Die ÖBB-Infrastruktur AG ist vor allem für die Bereitstellung von Bahnanlagen, die sichere Betriebsführung und den Schutz der Eisenbahninfrastruktur verantwortlich. Der Schutz der Bahnstrecken vor Naturgefahren umfasst neben den technischen Schutzverbauungen auch die Bewirtschaftung von Schutzwäldern. Die Waldflächen im Eigentum des Bahnbetreibers sind in einem Managementsystem erfasst und werden regelmäßig überwacht. Dieser Beitrag befasst sich mit der standardisierten und nachvollziehbaren Neuaufnahme dieser Waldflächen. Die Methodik und ausgewählte Ergebnisse werden dargestellt. Die regelmäßige Überwachung der Waldbestände wird an die Ergebnisse der Neuerfassung angepasst. Die neue Instandhaltungsstrategie verfolgt zukünftig einen zustandsbezogenen Ansatz für die Festlegung der Inspektionsintervalle.

Stichwörter:

Schutzwald, Eisenbahninfrastruktur, Forstoperat

Abstract:

ÖBB-Infrastruktur AG is responsible for the safe operation and protection of railway infrastructure. The protection of railway tracks against natural hazards encompasses the management of protective forests in addition to technical protection measures. The forest areas owned by the railway operator are recorded in a management system and are regularly monitored. This paper deals with the standardized and comprehensible re-assessment of these forest areas. The methodology and selected results are presented. The regular monitoring of the forest stands is adapted to the results of the revision. The new maintenance strategy will in the future pursue a state-based approach to the definition of the inspection intervals.

Keywords:

Protective forest, railway infrastructure, forest management plan

Einleitung

Österreich ist ein Waldland. 48% der gesamten Landesfläche sind mit Wald bedeckt. Die ÖBB-Infrastruktur AG betreibt ein Streckennetz von 5.000 km Länge. Auf ungefähr 40 % der Streckenlänge (ca. 2.000 km) kommt es zu Berührungspunkten der linearen Bahninfrastruktur mit Wald. Das Spektrum reicht von Eichen-Hainbuchenwäldern im sommerwarmen Osten über montane Fichten-Tannen-Buchenwälder in den Kalkalpen bis zu subalpinen Zirbenwäldern in den Hohen Tauern. Einerseits üben begleitende Waldflächen eine Schutzfunktion hinsichtlich Steinschlag, Lawine, Wildbäche und Erosion aus. Andererseits stellt Wald aber auch ein Risiko hinsichtlich Windwurf, Windbruch und Schneebruch dar. Wenn Teile der Bäume mit spannungsführenden Elementen in Kontakt kommen, entsteht ein Kurzschluss bzw. kann es auch zu Bränden kommen. Geworfene oder gebrochene Bäume im Bereich der Bahntrasse können aber auch zu Streckenunterbrechungen und Beschädigungen an Zügen führen. Die bedeutende Rolle der Schutzwirkung des Waldes wird bereits zur Bahnbauzeit erkannt. Im Rahmen des Grundeinlöses für den Bahnbau werden in besonders naturgefahrensensiblen Bereichen auch Schutzwaldflächen mit eingelöst. Das Ziel der Schutzwaldbewirtschaftung ist die Erreichung der optimalen Schutzwirkung unter Berücksichtigung von wirtschaftlichen Grundsätzen, wobei ein negativer Deckungsbeitrag (Erntekosten höher als der Holzerlös) durchaus einer Erhöhung der sicheren Betriebsführung gegenübergestellt werden kann. Für die Bewirtschaftung der Schutzwälder im Eigentum der ÖBB steht betriebseigenes Forstpersonal zur Verfügung. Sechs Mitarbeiter sind als Forstorgane in der regi-

onalen Anlagentechnik unter anderem für die Bewirtschaftung der Waldflächen und alle forstrechtlichen Fragestellungen in ihren Aufsichtsgebieten verantwortlich. Die Aufgabe des zentralen Forstorgans ist die Erstellung von Standards und Regelwerken, die Organisation von Schulungen und die fachliche Führung. Den Forstorganen stehen Waldwirtschaftspläne in unterschiedlicher regionaler Ausprägung zur Verfügung. Die Steuerung und Überwachung der operativen Tätigkeiten obliegen den sogenannten „Lehnenmeistern“.

Eine Änderung des Forstgesetzes ist Auslöser für eine bundesweite Neuaufnahme aller Waldflächen im Eigentum der ÖBB-Infrastruktur AG und eine Anpassung der Instandhaltungsstrategie.

Das ÖBB – Forstoperat als strategisches Planungsinstrument

Im Jahr 2013 wird im Rahmen einer Novelle des Forstgesetzes die Definition des Waldbegriffes geändert. Der bis dahin gültige Ausnahmetatbestand „Nicht als Wald im Sinne... gelten bestockte Flächen, die dem unmittelbaren Betrieb einer im Zeitpunkt des Inkrafttretens dieses Bundesgesetzes bestehenden Eisenbahn dienen“ (Brawenz et al, 2015), wird ersatzlos gestrichen. Eine erste Analyse zeigt, dass sich dadurch eine große Veränderung im Flächenmanagement ergibt. Bahnnahe Grundflächen, die bisher als Bahnböschungen mit forstlicher Bestockung bezeichnet wurden, sind als Wald im Sinne des Forstgesetzes anzusprechen. Eine Neubetrachtung der Waldflächen ist im Rahmen einer bundesweiten Forstoperatserstellung erforderlich.

Das ÖBB-Forstoperat ist ein strategisches Planungsinstrument für das Waldflächenmana-

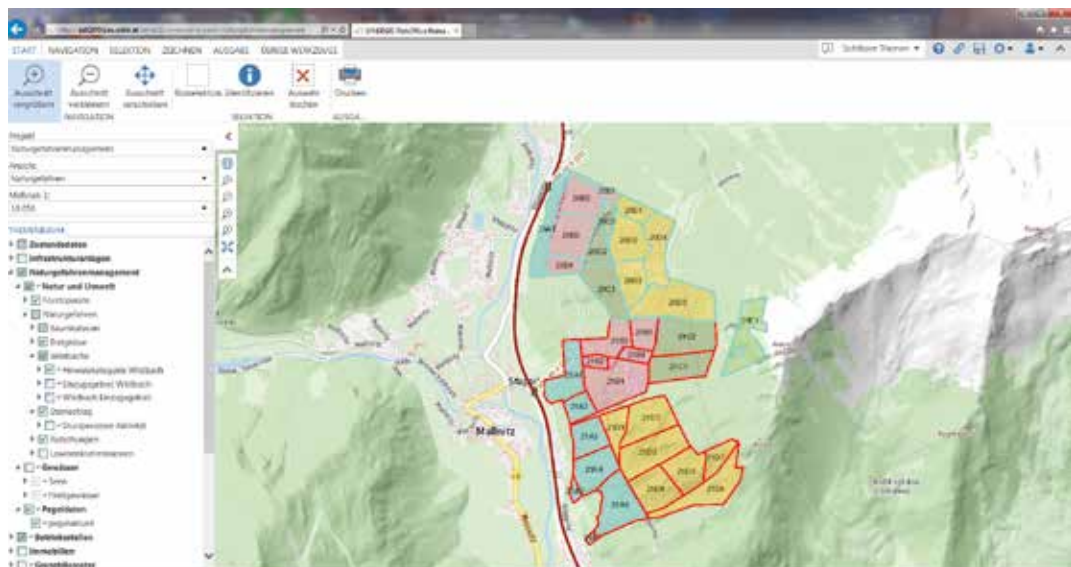


Abb. 1: Darstellung der Waldflächen im GIS

Fig. 1: Display of forest stands in a GIS

gement. Alle Grundflächen mit Waldeigenschaft laut Forstgesetz 1975 werden standardisiert und nachvollziehbar erhoben sowie kartographisch dargestellt. Der Waldzustand wird beurteilt und Bewirtschaftungsziele festgelegt. Maßnahmen werden abgeleitet und priorisiert. Die Waldzustandsklassen werden als Basis für die Instandhaltung abgeleitet. In einer Voranalyse werden mit Hilfe einer Orthophoto-Interpretation potentielle Flächen mit Waldcharakter ausgeschieden. Diese Bestände werden auch mit der ÖBB-Naturgefahrenhinweiskarte verschnitten und die Waldrelevanz hinsichtlich Naturgefahren abgeschätzt. Mit Unterstützung von externen Dienstleistern werden in den Jahren 2015 und 2016, 10.000 Waldbestände taxativ aufgenommen. Alle Daten werden koordinativ erfasst und in einer Geo-Database dargestellt. Die Flächen sind im ÖBB-eigenen GIS ersichtlich und die Bestandesdaten in Web-Formularen hinterlegt.

Für eine differenzierte Betrachtung der Waldfunktionen hinsichtlich ihrer Instandhaltung werden neue Waldtypen ausgeschieden. Dabei werden die Waldrelevanz hinsichtlich Naturgefahren und die naturräumlichen Gegebenheiten berücksichtigt.

Waldtypen

Der Anlagenschutzwald schützt Infrastrukturanlagen unmittelbar vor Naturgefahren. Ausschlaggebend dafür sind die Geländeneigung, die Naturgefahrenrelevanz und die Exposition der Anlagen. Ein instabiler Waldzustand oder im schlimmsten Fall eine Entwaldung dieser Flächen führen unmittelbar zu einer Erhöhung des Risikos und zur Errichtung von Ersatzmaßnahmen wie technischen Schutzverbauungen. In vielen Fällen sind Anlagenschutzwälder in Kombination mit Schutzverbauungen im Sinne eines flächenwirtschaftlichen Projektes anzutreffen.



Abb. 2: Schutzwald mit Lawinenanbruchverbauungen, Langen a. Arlberg

Fig. 2: Protective forest combined with technical avalanche barriers, Langen a. Arlberg

Der Erosionsschutzwald schützt den Standort, auf dem er stockt, vor Bodenabtrag durch Wind, Wasser oder die Schwerkraft. Dieser Waldtyp entspricht dem klassischen Schutzwald im Forstgesetz. Die Geländeneigung ist hier nicht ausschlaggebend. Ein instabiler Waldzustand führt nicht unmittelbar zu einer Erhöhung des Risikos, aber mittelbare Folgewirkungen der Erosion sind zu erwarten.

Sonstige Waldflächen sind bestockte Flächen abseits der Eisenbahninfrastruktur mit Wirtschaftswaldcharakter. Hier ist keine Relevanz hinsichtlich Naturgefahren gegeben.

Eine Sonderform des Anlagenschutzwaldes sind die **Bannwälder**. Diese Bestände sind durch Bescheid laut Forstgesetz zugunsten der

ÖBB-Infrastruktur AG in Bann gelegt, befinden sich aber in den meisten Fällen auf Fremdgrund. Der Begünstigte hat eine Aufsichtspflicht wahrzunehmen.

Ergebnisse

Neben den herkömmlichen Lageparametern, wie Seehöhe, Neigung und Exposition, ist für die Beschreibung von naturgefahrenrelevanten Waldflächen entlang von linearen Infrastrukturen auch die räumliche Lage zum Verkehrsband relevant. Im ÖBB-Forstoperat wird unterschieden, ob ein Bestand oberhalb oder unterhalb der Bahnstrecke liegt. 46 % der Flächen liegen hangaufwärts, 31 % unterhalb der Bahntrasse und 23 % haben keinen

unmittelbaren Bezug zur Infrastrukturanlagen. Die oberhalb der Bahnstrecke liegenden Flächen haben großteils die Aufgabe eines Anlagenschutzwaldes im Sinne eines Schutzes vor Elementargefahren. Die Waldflächen unterhalb der Bahnstrecken schützen hauptsächlich vor Bodenabtrag.

Einen großen Einfluss auf die Eignung eines Bestandes als Schutzwald haben die stockenden Baumarten. Gerade die wintergrünen Baumarten spielen beim Lawinenschutzwald eine große Rolle. Die Ergebnisse des Forstoperates zeigen, dass in den „lawinenrelevanten“ Regionen (Steiermark, Kärnten, Oberösterreich, Salzburg, Tirol, Vorarlberg) die Anteile von Fichte, Lärche, Waldkiefer und Zirbe über 50 % der Gesamtbaumartenverteilung ausmachen. Über das gesamte Bundesgebiet gesehen, beträgt der Anteil der Nadelhölzer 45 % und der Anteil der Laubhölzer 55 %, wobei die Fichte mit fast einem Drittel den größten Baumartenanteil aufweist. In den östlichen Landesteilen fällt ein hoher Anteil an nicht

heimischen Laubhölzern auf. Immerhin 8 % der Baumarten sind Robinien, die als invasive Neophyten zunehmend Flächen in Beschlag nimmt. Eine weitere Baumart, die Sorgen bereitet, ist die Esche. Aufgrund des mittlerweile österreichweit zu beobachtenden Eschensterbens, müssen entlang der Bahnstrecken immer wieder abgestorbene Individuen entfernt werden. Da die Eschen 7 % an der Gesamtbaumartenverteilung ausmachen, ist der Aufwand dafür entsprechend hoch.

Die Erschließung ist einer der wesentlichen Faktoren für eine zeitgemäße Bewirtschaftung von Schutzwaldflächen. Im Rahmen des ÖBB-Forstoperates wird die Bringungssituation erstmals flächendeckend für alle ÖBB-Waldflächen erhoben. Das Ergebnis zeigt, dass nur 12 % der Waldflächen mit Forstrassen erschlossen sind. Weitere 12 % sind direkt an ein öffentliches Straßennetz angebunden. Ein Drittel der Waldbestände sind mit einer traktorbefahreren Feinerschließung ausgestattet. Die Bringungssituation oberhalb der

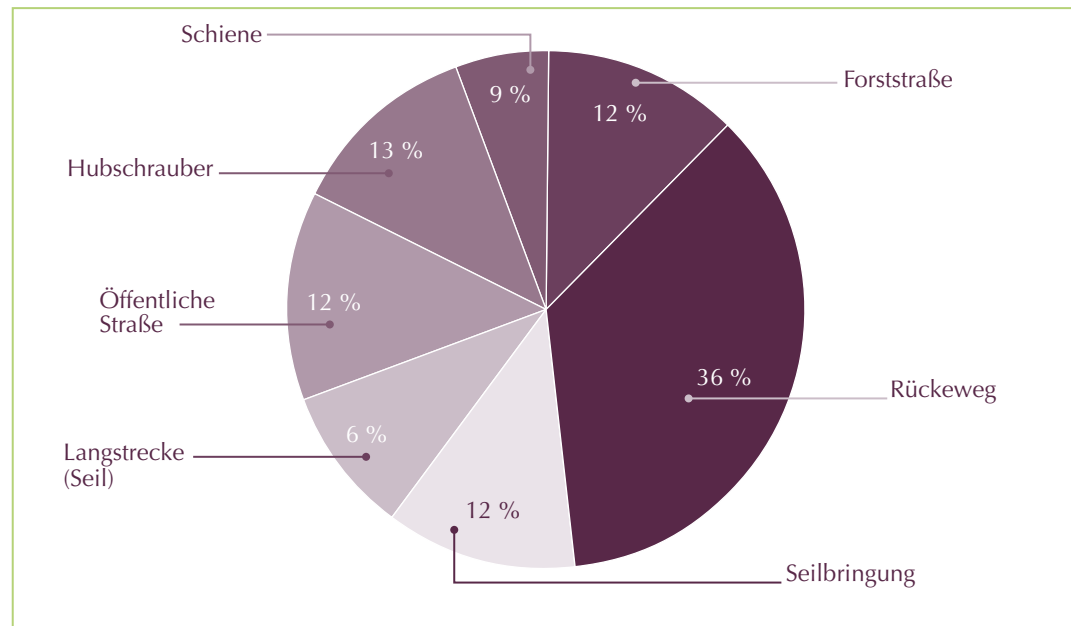


Abb. 3: Prozentuelle Verteilung der Bringungsarten in ÖBB-Waldflächen

Fig. 3: Percentage share of timber hauling in forest stands of ÖBB

Bahntrasse ist aufgrund der Neigungsverhältnisse meist sehr schwierig. Jede Nutzung bedeutet aufgrund abrollender Stämme oder Geröll ein Risiko für den Bahnbetrieb. Die Planung von waldbaulichen Eingriffen beinhaltet daher auch die Organisation von betrieblichen Maßnahmen und Sicherheitsvorkehrungen. Das Liefern zur Bahnstrecke und Abtransport über die Schiene ist aufgrund von Sicherheitsbestimmungen und dichten Zugfolgen nur sehr eingeschränkt möglich. Auf 13 % der Flächen steht nur die sehr teure Bringung mit dem Hubschrauber zur Verfügung.

Die schwierige Bringungssituation ist auch der Hauptgrund für die Verteilung des Bestandesalters. Aufgrund fehlender waldbaulicher Pflegeeingriffe und Nutzungen weisen über 70 % der Waldbestände einen hohen Pflegebedarf im Altholz auf.



Abb. 4: Naturnaher Fichten-Lärchenbestand im Lawinenschutzwald

Fig. 4: Near to nature stand with spruce and larch in an avalanche protection forest

Überwachung und Instandhaltung

Die Überwachung und Instandhaltung von naturgefahrenrelevanten Anlagen und Grundflächen sind in der ÖBB-Infrastruktur AG im internen Regelwerk „Instandhaltungsplan Unterbauanlagen“ (ÖBB, 2014) festgelegt. Das Regelwerk entspricht den Erhaltungs-Grundsätzen der ONR-Serie 248xx. Die Waldstandorte zählen neben den Fels- und Böschungslehnen zu den naturgefahrenrelevanten Grundflächen. Dadurch ist gewährleistet, dass neben anderen Unterbauanlagen auch die Waldflächen einer regelmäßigen Zustandserfassung und Zustandsbeurteilung unterzogen werden. Die Maßnahmenvorschläge werden daraus abgeleitet. Diese Vorgehensweise entspricht der zustandsbezogenen präventiven Erhaltungsstrategie. Ziel der Inspektionen ist die Gewährleistung

eines regelmäßigen, ungestörten und sicheren Bahnbetriebes. Dabei wird auf die Bestandesstabilität und den Erfüllungsgrad der Schutzfunktion besondere Aufmerksamkeit gelegt. Die Inspektion der Waldflächen umfasst die Laufende Überwachung, die Untersuchung (entspricht der Kontrolle laut ONR), Sonderuntersuchungen und die Begutachtung (entspricht der Prüfung laut ONR).

Laufende Überwachung

Die laufende Überwachung erfolgt flächendeckend und periodisch im Zuge der Allgemeinen Streckenaufsicht. Es handelt sich um eine augenscheinliche Überprüfung der Waldbestände in Hinblick auf einen sicheren Bahnbetrieb, sichere Begehrbarkeit und Funktionserfüllung. Werden bei der laufenden Überwachung sicherheitsrelevante Mängel festgestellt, sind unverzüglich Maßnahmen durchzuführen bzw. zu veranlassen. Insbesondere ist bei der laufenden Überwachung der Waldstandorte auf folgende Punkte zu achten:

- Auffälliger Bewuchs (Schilf, Säbelwuchs, etc.)
- Wilde Deponien und widerrechtliche Nutzung durch Dritte
- Grenzvermarkungen
- Nassstellen und Wasseraustritte
- Waldbeschaffenheit (Windwürfe, Käferbefall, abgestorbene Bäume, Bewuchsentwicklung, etc.)

Über die Durchführung der laufenden Überwachung werden Aufzeichnungen geführt. Festgestellte Mängel inklusive Behebungen werden in einer Mängelliste festgehalten. Diese Dokumentationen bilden die Basis für die Untersuchungen. Die laufende Überwachung der Waldflächen wird einmal jährlich, vorzugsweise im Frühjahr durchgeführt. Bei Verdacht auf sicherheitsrelevante Mängel bzw. nach außergewöhnlichen Ereignis-

sen (z. B. Sturm, Nassschnee, Eisregen, etc.) wird zusätzlich eine augenscheinliche Überprüfung durchgeführt.

Die laufende Überwachung der Waldflächen erfolgt durch geschultes Personal. Anlagenschutzwälder und Bannwälder müssen von einem geprüften Lehnenmeister überwacht werden. Zukünftig können Erosionsschutzwälder und sonstige Waldflächen auch von einem geschulten Bahnmeister überwacht werden. Die spezifischen Schulungen für die genannten Mitarbeiter werden jeweils von einem fachkundigen Experten (Forstorgan) durchgeführt.

Untersuchung

Die periodisch durchgeführte Untersuchung wird auf Basis der Ergebnisse der laufenden Überwachung durchgeführt und dient der Bewertung des Erhaltungszustandes sowie der Schadenserfassung. Die Ergebnisse der Untersuchung, die Zustandsbewertung und die Maßnahmenfestlegung werden in einem Schutzwald-Untersuchungsprotokoll festgehalten. Bei sicherheitsrelevanten Mängeln wie wurfgefährdete Bäume werden unverzüglich Maßnahmen durchgeführt. Sonderuntersuchungen werden zusätzlich zur periodischen Untersuchung aufgrund von speziellen Rahmenbedingungen oder außergewöhnlichen Ereignissen durchgeführt. Dazu zählen großflächige Windwurfereignisse, Borkenkäferkalamitäten, Waldbrandflächen, erhöhter Wildschaden sowie sonstige forstschutzrelevante Gegebenheiten.

Die Zustandsbewertung der ÖBB-Waldflächen (siehe Tabelle 1) erfolgt analog zur Zustandsbewertung von technischen Anlagen, wie z. B. Mauern, Durchlässe, Entwässerungsanlagen oder Schutzverbauungen. Das Ziel der Bewertung ist die zeitliche und räumliche Priorisierung von Maßnahmen, um Substanzschädi-

Waldzustandsklasse	Beschreibung	Fristen (aktuell)	Fristen (geplant)
1	Sehr guter Waldzustand, der Zielbestand ist erreicht, keinerlei Funktionseinschränkungen.	Alle 5 Jahre	Alle 6 Jahre
2	Guter Waldzustand, keinerlei Funktionseinschränkungen, kleinere Beeinträchtigungen können längerfristig (> 12 Jahre) zur Destabilisierung des Bestandes führen.	Alle 5 Jahre	Alle 6 Jahre
3	Schlechter Waldzustand, keine Funktionseinschränkungen, gröbere Beeinträchtigungen können mittelfristig (4-12 Jahre) zur Bestandesdestabilisierung und Einschränkungen führen.	Alle 5 Jahre	Alle 4 Jahre
4	Sehr schlechter Waldzustand, keine Funktionseinschränkungen, große Abweichungen vom Zielbestand oder große Destabilisierung können kurzfristig (< 4 Jahre) zu Einschränkungen führen.	Alle 5 Jahre	Alle 2 Jahre
5	Sehr schlechter Waldzustand und bereits Funktionseinschränkungen, die Schutzwirkung kann nicht mehr im vollen Umfang gewährleistet werden, ein kurzfristiger Eingriff und Ersatzmaßnahmen sind erforderlich.	Alle 5 Jahre	jährlich
Zusatz S	Der „Zusatz S“ gilt für sicherheitsrelevante Mängel, die sich nicht auf den gesamten Bestand, sondern auf Einzelindividuen beziehen und zu unverzüglichen Maßnahmen oder Behebungen mit Fristen führen. Der „Zusatz S“ kann für jede Waldzustandsklasse angegeben werden.		

Tab. 1: Beschreibung der Waldzustandsklassen und Inspektionsintervalle

Tab. 1: Description of the forest condition classes and inspection intervals

gungen und Funktionseinschränkungen entgegenwirken zu können. Die Abweichung des aktuell vorgefundenen Waldzustandes vom Zielbestand, die Bestandesstabilität und der Zustand der Verjüngung werden gutachterlich beurteilt. Das Ausmaß von Beeinträchtigungen, wie Wildschäden, Steinschlagschäden, Schneedruck/-bruch, Vergrasung, etc. wird eingeschätzt.

Die neben den laufenden Überwachungen durchgeführten Untersuchungen erfolgen durch die „Techniker Schutzwald“. Das sind die regionalen Anlagentechniker mit einer Ausbildung

zum Forstorgan und einer positiv abgeschlossenen internen Dienstprüfung (Eisenbahn- und Bautechnische Fachprüfung). Die Techniker müssen eine 3-jährige einschlägige praktische Berufserfahrung im Fachgebiet Forsttechnik nachweisen, um die Untersuchungen durchführen zu können. Die Prüftechniker müssen die grundlegenden forstlichen Verhältnisse des zu untersuchenden Waldbestandes beurteilen und den Einfluss von Naturgefahren und Schäden auf die Sicherheit und Funktion des Waldbestandes abschätzen können. Derzeit werden die Untersuchungen der Wald-

bestände alle 5 Jahre durchgeführt. Aufgrund der Ergebnisse des ÖBB-Forstoperates ist es möglich und auch vorgesehen, die Untersuchungsfristen zustandsbezogen und wirtschaftlich anzupassen. Wie in Tabelle 1 ersichtlich, ist die Anpassung der Fristen an den Waldzustand geplant. Waldbestände mit sehr gutem Waldzustand werden alle 6 Jahre untersucht. Waldbestände mit sehr schlechtem Zustand werden jährlich durch den zuständigen Fachexperten begutachtet und Maßnahmen abgeleitet. Dadurch wird zukünftig sichergestellt, dass Bestände mit beginnender und fortgeschrittener Destabilisierung in entsprechend kurzen Abständen von einem erfahrenen Forstorgan untersucht und Maßnahmen abgeleitet werden. Im Sinne eines Ressourcenausgleichs werden im Gegenzug dazu stabile Bestände in längeren Zeiträumen aufgesucht. Die jährliche, augenscheinliche Überwachung durch geschultes Personal bleibt davon unberührt.

Zukünftige Herausforderungen

Großflächige Entwaldungen durch Sturmereignisse oder Waldbrände in den letzten Jahrzehnten zeigen die große Leistungsfähigkeit von stabilen Beständen vor allem oberhalb der Bahntrassen. Überall dort, wo große Bestandesflächen ausfallen, sind kurzfristig technische Schutzverbauungen wie Steinschlagschutznetze, Dämme oder Anbruchverbauungen zur Sicherung des Bahnbetriebes erforderlich. Stabile Schutzwaldbestände sind daher sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus ökologischer Sicht anzustreben.

Das ÖBB-Forstoperat bietet eine gute Basis, um zukünftige Anforderungen an den Wald entlang der Eisenbahnstrecken in Österreich bewältigen zu können. Die Maßnahmevorschläge im Forstoperat zielen darauf ab, die Anpassungs- und Regenerationsfähigkeit, also die Resilienz des Waldes zu optimieren. Die größten

Herausforderungen in der Zukunft sind die rasch fortschreitenden klimatischen Veränderungen an der Erdoberfläche. Die Auswirkungen auf den Wald sind differenziert zu betrachten (Bebi et al, 2016). Einerseits haben die zunehmende Trockenheit und der Hitzestress eine negative Auswirkung auf die Bäume. Andererseits steigt die natürliche Waldgrenze an und bietet unter Umständen neue Möglichkeiten im Lawinenschutz. In jedem Fall sind gestresste Baumindividuen anfälliger gegenüber forstentomologischen und phytopathologischen Angriffen. Die ÖBB-Forstexperten können vor allem über die Baumartenwahl und die Bestandesstruktur steuernd wirken. Gemischte, kleinflächig strukturierte Standorte sind das Ziel. Für die Umsetzung dieser gezielten waldbaulichen Maßnahmen muss jedoch, wo möglich, die Erschließung ausgebaut werden. Die regelmäßige und zustandsbezogene Inspektion der Waldflächen entlang der Bahnstrecken ermöglicht es den Forstexperten rechtzeitig auf negative Veränderungen zu reagieren. Durch diese Tätigkeiten wird in Hinblick auf die Gewährleistung der sicheren Bahnbetriebsführung ein wichtiger und nachhaltiger Beitrag geleistet.

Anschrift des Verfassers / Author's address:

DI Christian Rachoy
ÖBB-Infrastruktur AG
10. Oktoberstrasse 20
9500 Villach
christian.rachoy@oebb.at

Literatur / References:

BRAWENZ C., KIND M., WIESER S. (2015). ForstG, Kommentierte Ausgabe mit Judikatur in Leitsätzen.

ÖBB-INFRASTRUKTUR AG (2014). Regelwerk 06.01.03. Instandhaltung Unterbauanlagen.

BEBI P., BUGMANN H., LÜSCHER P., LANGE B., BRANG P. (2016). Auswirkungen des Klimawandels auf Schutzwald und Naturgefahren. In: Pluess A.R., Augustin S., Brang P. (Red.). Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptionstrategien. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern; Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf; Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. 267-285.

moser—jaritz+partner

Moser-Jaritz+Partner Ziviltechniker GmbH
Ingenieurkonsulenten
Geologie und Geotechnik
Naturgefahren und Risikomanagement
Umwelt- und Ressourcenmanagement

Bachwinkl 126
A 5760 Saalfelden
T +43 6582 74 494
F +43 6582 74 494-33
E saalfelden@mjp-zt.at

Münzfeld 50
A 4810 Gmunden
T +43 7612 75 101
F +43 7612 75 101-33
E gmunden@mjp-zt.at



www.mjp-zt.at



Gunz ZT GmbH

Ziviltechniker für Forst- und Holzwirtschaft,
Wildbach-, Lawinen- und Erosionsschutz,
allg. beeid. und gerichtl. zert. Sachverständiger

4400 Steyr, Brucknerplatz 2

Tel.: 07252/42484 E-Mail:office@gunz.at Homepage: <http://www.gunz.at>

GERHARD MARKART, BERNADETTE SOTIER, LEOPOLD STEPANEK, VERONIKA LECHNER, BERNHARD KOHL

Waldwirkung auf die Abflussbildung bei unterschiedlichen Betrachtungsmaßstäben

Forest effects on runoff development in dependency of scale

Zusammenfassung:

In der vorliegenden Arbeit wird die hydrologische Wirkung „des Waldes“ anhand der Ergebnisse verschiedener von WLW und BMLFUW beauftragter Untersuchungen diskutiert. Eine bessere Waldausstattung äußert sich in mikroskaligen Einzugsgebieten in Form geänderter Bemessungsereignisse (längere Anlaufzeit, spätere und niedrigere Abflussspitzen). Mit zunehmender Niederschlagsmenge, -dauer und steigendem Verfüllungsgrad der Böden können sich Waldstandorte jedoch dem Abflussverhalten umgebender waldfreier Einheiten annähern. Die Waldwirkung bei Dauerregenereignissen in makroskaligen Einzugsgebieten wird kontroversiell diskutiert. Feldbeobachtungen und Detailanalysen der Reaktionen in Sub-Einzugsgebieten größerer Einzugsgebiete nach Dauerregen zeigen, dass die Waldvegetation eine zumindest lokal nachvollziehbare Abfluss dämpfende Wirkung aufweist. Für eine optimale Waldwirkung und damit Wald nicht zur Gefahr wird, ist eine standortsangepasste, gefahrenorientierte Bewirtschaftung Voraussetzung.

Stichwörter:

Hydrologische Wirkung Wald, Hochwasserabfluss, Interflow

Abstract:

The paper discusses the hydrological effect of forests and focusses on the results of investigations treated on behalf of WLW and BMLFUW. A higher degree of forest cover may change the design event in smaller catchments (longer initial abstraction, delayed and lower peak runoff). With increasing precipitation, longer duration of the event and rising soil moisture content the runoff

behavior may become similar to surrounding unforested areas. Forest effects in long term rain events in makro-scale catchments are discussed controversially. Field observations and detailed analyses of the reactions by sub-catchments in makro-scale test-beds after such large-scale rain events indicate that forest vegetation shows a runoff dampening effect reproducible at the local scale at least. To secure optimal forest effects and prevent negative effects site adapted and risk-based management is essential.

Keywords:

Hydrological effect, forest, flood runoff, interflow

Einleitung

Wald wird als ein zentrales Element der Dämpfung von Hochwasserspitzen angesehen. Nicht zuletzt deshalb wurden vom Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung (WLW) seit Ende des 2. Weltkrieges – auch zur Reduzierung der hohen Kosten für technische Verbauungen – umfangreiche waldverbessernde Maßnahmen und (Hochlagen)Aufforstungen in Wildbacheinzugsgebieten durchgeführt. Jedoch liegen mittlerweile auch Studien vor, welche die Hochwasserschutzwirkung des Waldes relativieren bzw. eine differenzierte Betrachtung fordern (z.B. Hegg et al. 2004, Hegg 2006). Das Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) führte in den letzten Jahrzehnten umfangreiche Untersuchungen über die hydrologische Wirkung verschiedener Landbedeckungen in alpinen Einzugsgebieten durch. In Aufträgen des BMLFUW und der WLW, Sektion Tirol, wurden insbesondere die für die Abflussbildung maßgeblichen Wirkungen flächenwirtschaftlicher Maßnahmen und von Waldvegetation im Besonderen untersucht. Auszüge aus den Ergebnissen dieser Arbeiten werden im Folgenden präsentiert

und in Konnex zu den Resultaten anderer Studien gesetzt. Die vorliegende Arbeit greift bewusst auch auf ältere Arbeiten zurück. Dies soll zeigen, dass einige Zusammenhänge durchaus schon länger bekannt sind, und das Rad nicht jedes Mal vollständig neu erfunden werden muss.

Waldwirkung auf der Plot-Skala

Im Jahresschnitt gelangt in Waldbeständen ein großer Teil des Niederschlages gar nicht auf den Boden. Je nach Baumart werden zw. 4 und 6 mm pro Ereignis im Kronenraum zurückgehalten. Beträchtliche Anteile des gefallenen Niederschlages können durch aktive Transpiration direkt wieder zurück in die Atmosphäre gelangen. Abb. 1 zeigt das Verdunstungspotenzial von Fi-Beständen bei unterschiedlichen Jahresniederschlägen. Im kontinentalen Bereich oder inneralpinen Trockentälern mit Jahresniederschlägen deutlich unter 1000 mm wird der überwiegende Teil des Jahresniederschlages wieder verdunstet. Die maximale Verdunstungsleistung lässt sich jedoch nur begrenzt erhöhen. Bei Niederschlägen deutlich über 1000 mm p.a. gehen immer höhere Anteile in die Tiefensickerung bzw. den Zwischenabfluss.

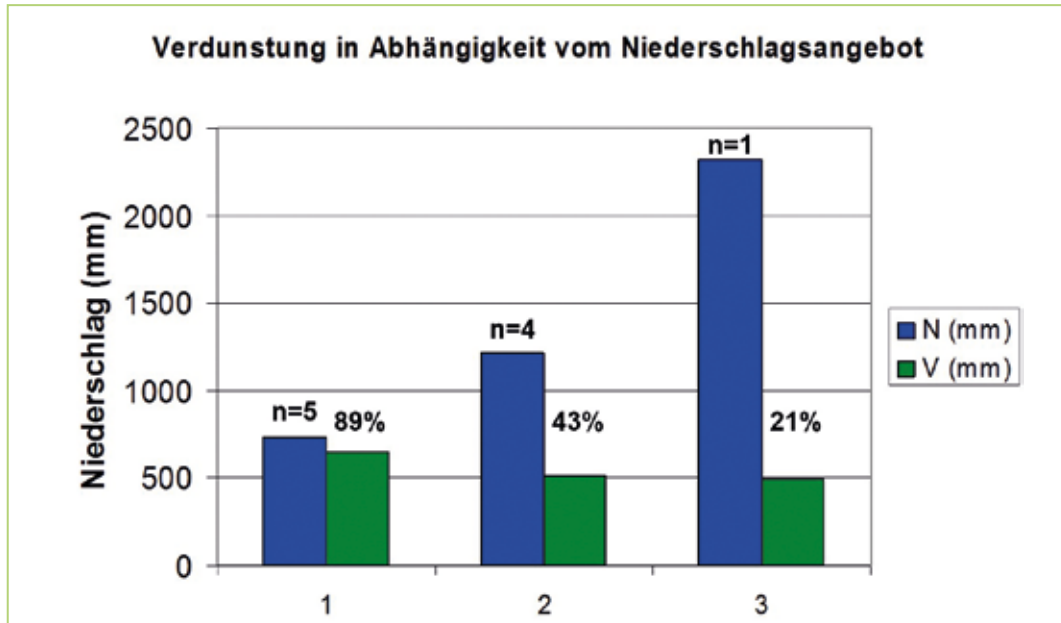


Abb. 1: Jahres-Gesamtverdunstung von bewaldeten Einzugsgebieten in Deutschland - Angaben für Fichte. Auswertungen von tabellarischen Angaben in Mendel (2000). N = Jahresniederschlag, V = Verdunstung, n = Anzahl der Einzugsgebiete (aus: Markart et al. 2006).
Klasse 1: 703 mm < N < 803 mm, Klasse 2: 1066 mm < N < 1299 mm, Klasse 3: N = 2320 mm

Fig. 1: Annual transpiration of forested catchments in Germany (data for spruce). Information taken from Mendel (2000).
N = annual precipitation, V = transpiration, n = number of catchments (from: Markart et al. 2006).
Class 1: 703 mm < N < 803 mm, class 2: 1066 mm < N < 1299 mm, class 3: N = 2320 mm

Oberflächenabfluss

Am BFW liegen mittlerweile Ergebnisse von über 400 Beregnungsversuchen aus verschiedensten Gebieten und Regionen des Ostalpenraumes vor. Viele dieser Untersuchungen erfolgten im Auftrag oder in enger Kooperation mit der WLW zur Abklärung für den Dienstzweig relevanter Fragestellungen. Trotz dieser hohen Zahl an Testflächen sind Waldstandorte in der Beregnungsdatenbank des BFW unterrepräsentiert, denn bereits bei Beginn dieser Untersuchungen zeigte sich, dass das Oberflächenabflusspotenzial auf vielen Waldstandorten geringer ist als auf anderen Landbedeckungseinheiten (Wiesen, Weiden, Schipisten, versiegelte Flächen...) über gleichem Substrat. Daher wurde in vielen Regionen, in denen kein

oder nur geringer Abfluss aus Waldflächen zu erwarten war, der Fokus häufig auf das Abflussverhalten der anderen Landbedeckungseinheiten gelegt.

Die Auswertungen der BFW-Beregnungsdatenbank zeigen eine deutlich geringere Abflussdisposition auf Waldstandorten (bei vergleichbaren Bodenverhältnissen) in Relation zu verschiedenen Formen des Grünlands. Diese Ergebnisse werden auch in einer Reihe anderer Untersuchungen bestätigt (z.B. Bunza und Schauer 1989, Bunza et al. 1996, Nordmann 2011).

Zusatzbelastungen, z.B. langjährige Beweidung verschlechtern das Abflussverhalten von Waldstandorten signifikant (Abb. 2). Bei vielen Beregnungen war kein Unterschied zwischen beweideten Grünlandflächen und beweideten Wäldern im Abflussverhalten zu erkennen.

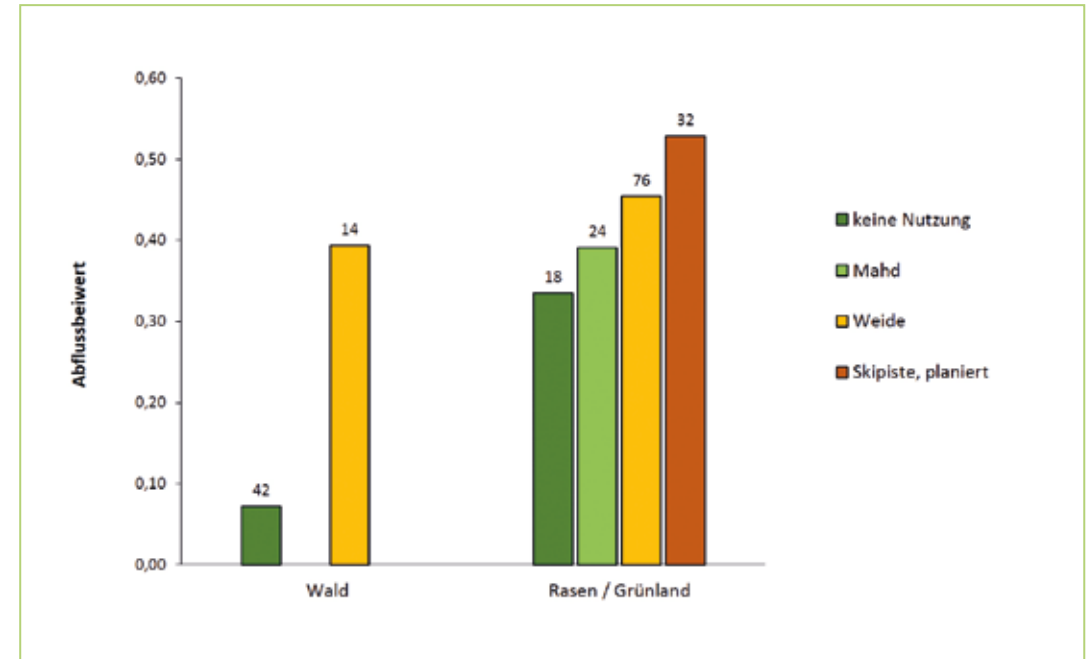


Abb. 2: Mittlere Oberflächen-Abflussdisposition im Wald ohne Zusatznutzung und mit Zusatznutzung Weide im Vergleich zu Grünland, Weideflächen und Schipisten (aus: Markart et al. 2016).

Fig. 2: Mean surface runoff coefficients in forests without and with pasturing in comparison to grassland, pastures and ski-pistes (from: Markart 2016).

Von besonderer Bedeutung sind die Feuchteverhältnisse am Standort, sie werden durch die Bodenvegetation angezeigt. Zwischen trockenen bis mäßig frischen Standorten gibt es kaum Unterschiede im Abflussverhalten, diese weisen unterdurchschnittlich sehr geringe Abflussbeiwerte auf (Abb. 3), auf frischen Standorten ist der zu erwartende Abfluss meist nur geringfügig höher. Mittlere und sehr hohe Abflussdisposition ist aufgrund der i.d.R. höheren Vorfeuchte auf sehr frischen bzw. auf nassen Standorten gegeben. Auf letzteren hat auch Waldvegetation nur ein eingeschränktes Regulationspotenzial, jedoch bedeutet gerade auf solchen Standorten eine gute gestufte Baum-, Strauch- und Krautschicht eine höhere Rauigkeit und einen höheren freien Bodenspeicher. Dadurch werden eine längere Initialabstraktion (Zeitpunkt vom Beginn des Niederschlagsereig-

nisses bis zum Beginn des Abflusses) und eine Verlängerung der Konzentrationszeit erreicht.

Je rauer die Oberfläche, umso langsamer fließt das Wasser, es kann ggf. vorhandene Infiltrationswege besser nutzen. Bestände ohne Unterwuchs weisen die höchste Abflussdisposition auf (Abb. 4). Auf Beständen mit (dichter) Krautschicht als Unterwuchs ist die Abflussbereitschaft deutlich geringer, am geringsten in Beständen mit Zwergstrauchunterwuchs. Butzen et al. (2015) beobachteten deutlich längere Eindringzeiten von Wassertropfen im Nadelwald (Benetzungswiderstände der Bodenstreu) und sehr rasches Eindringen in Lauwaldbeständen auf gleichem Substrat. Bei raschem Abfluss werden ggf. vorhandene Infiltrationswege (teilweise) überschossen, für die Infiltration der gleichen Niederschlagsmenge deutlich längere Fließwege benötigt.

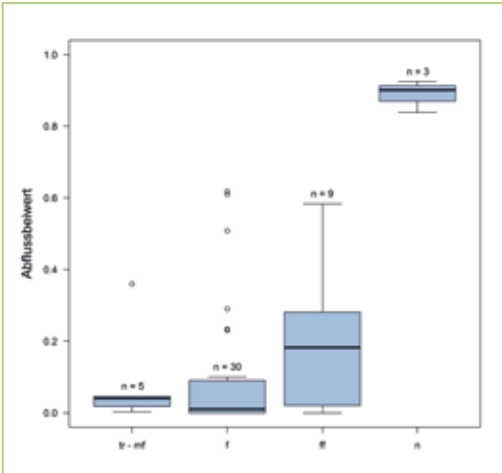


Abb. 3: Abflussbeiwerte Wald – Feuchtestufen, Einfluss der Vorfeuchte (Balken = unteres und oberes Quartil, dicker Querstrich = Median, dünne Querstriche = Min- und Maximalwerte, Kreise = Ausreißer).

Fig. 3: Runoff coefficients for forests in dependence of site wetness indicated by plants (bar = lower and upper quartile, broad horizontal line = median, thin horizontal line = minimum and maximum values, circles = outliers).

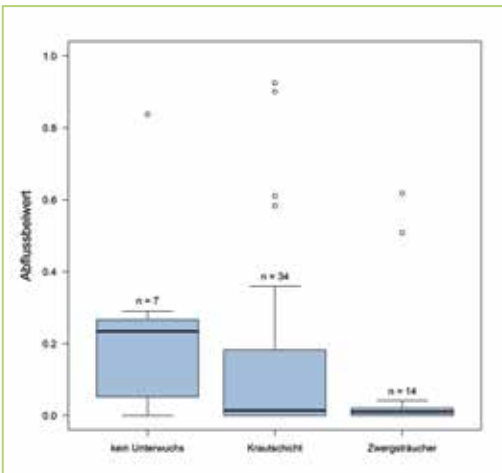


Abb. 4: Abflussbeiwerte Wald in Abhängigkeit vom Unterwuchs (Balken = unteres und oberes Quartil, dicker Querstrich = Median, dünne Querstriche = Min- und Maximalwerte, Kreise = Ausreißer).

Fig. 4: Runoff coefficients for forests in dependence of ground vegetation (bar = lower and upper quartile, broad horizontal line = median, thin horizontal line = minimum and maximum values, circles = outliers).

Auch dem Waldboden selber kommt eine Schlüsselrolle zu. Je bindiger das Substrat, umso höher der Oberflächenabfluss (OA). Auf tonreichen Substraten wird der höchste OA erzielt, jedoch können auch schluffreiche Böden – in Anhängigkeit von ihrer Lagerung / dem Grad der Verdichtung – eine höhere Abflussdisposition aufweisen.

Zwischenabfluss

Durch Langzeitniederschläge (Dauerregen) ausgelöste Hochwässer und Schadereignisse haben mit dem ausgehenden 20. Jahrhundert an Bedeutung gewonnen (z.B. Pfingsthochwasser 1999, Hochwässer 2002, August 2005 in Westösterreich u.s.w.). Bei derartigen Ereignissen steigen die Beiträge von Abflussprozessen im Untergrund zum Gebietsabfluss deutlich an.

Pirkel und Sausgruber (2015) haben dazu Ergebnisse aus Jahrzehnten hydrogeologischer Untersuchungen aufbereitet und ein richtungsweisendes „Handbuch zur qualitativen und quantitativen Erfassung untergrundabhängiger Abflüsse in Wildbacheinzugsgebieten“ für die Anwendung durch den Praktiker erarbeitet. Mit dieser Anleitung können Flächen mit unterschiedlichen dominierenden Abflussprozessen in Wildbacheinzugsgebieten nachvollziehbar differenziert werden.

(Oberflächennaher) – rascher – Zwischenabfluss kann in Wäldern eine beträchtliche Rolle spielen, insbesondere auf Böden mit limitierter Durchlässigkeit oder Stauschichten, z.B. periglaziale Deckschichten, unterlagernder Fels – generell, wenn weiche Schichten über härteren liegen. Jedoch ist zum Anspringen eine minimale Niederschlagsmenge notwendig. Du et al. (2016) beobachteten Zwischenabfluss in Kiefernbeständen auf einem mäßig geneigten Hang mit schlechter Makroporenausstattung erst ab einer N-Menge von 60 mm, aber mit sehr geringen Fließgeschwindigkeiten in der Matrix

aufgrund der geringen Hangneigung. Steile, von Harr (1977) untersuchte Waldflächen in Oregon reagierten ab einer N-Summe von 30 mm, knapp 40 % des Ereignisniederschlags erreichte als Zwischenabfluss den Vorfluter, es gab keinen Oberflächenabfluss. Aus den Ergebnissen von Jost et al. (2012) für Fichte bzw. Buche auf mäßig geneigtem Pseudogley im niederösterreichischen Flysch lassen sich Geschwindigkeiten von ca. 5 bis 35 m d⁻¹ ableiten. In Waldböden mit oberflächennahen Makroporen, (Wurzelkanäle, Spalten Schrumpfrisse...) sind Zwischenabflussgeschwindigkeiten um 500 m d⁻¹ zu erwarten (< 850 m d⁻¹ nach Mosley 1982, < 500 m d⁻¹ in Schwarz 1984, 432 m d⁻¹ in Weinmeister 1991).

Zu berücksichtigen ist auch noch der Effekt des „Piston flow“, insbesondere auf Standorten mit stark abnehmender hydraulischer Leitfähigkeit mit der Tiefe. Aufgrund der Fortpflanzung des Druckes bei stark verfüllten Böden – volle Sättigung ist gerade bei Waldböden im geneigten Gelände aufgrund der Makroporenausstattung kaum möglich – kann durch Niederschlagswasser, das am Oberhang infiltriert, „altes“ Wasser in Bachnähe am Unterhang herausgepresst und dem Gewässer zugeführt werden (Rode und Wenk 2005). Das derart mobilisierte Wasser kann zusätzlich Einfluss auf die Stabilität der Einhänge und somit auch auf Geschiebe- und Wildholzbereitstellung ausüben (siehe Kapitel Wald und Rutschungen, Wildholz – am Ende dieses Beitrages).

Man kann für unsere alpinen Einzugsgebiete davon ausgehen, dass aufgrund der Pumpwirkung der Bestände ein höherer freier Bodenspeicher im Ereignisfall gegeben ist. Diese Retentionswirkung ist jedoch umso geringer, je flachgründiger der Boden (z.B. geringmächtige Böden auf Fels oder stauender Unterlage) und je grober texturiert das Substrat (z.B. grober Hangschutt, Blockschutt) ist. Daher müssen besonders auf stark leitfähigen Substraten mögliche zum

Ereignisabfluss beitragende Abflussbereiche (z.B. sieht Kölla (1986) ca. 100 m breite Streifen links und rechts des Gewässers als maßgeblich an) für den Zwischenabfluss bei Dauerregenereignissen, insbesondere in bewaldeten Gebieten, deutlich erweitert werden. Die Breite dieser beitragenden Einheiten variiert in Abhängigkeit von den Standortseigenschaften, der Intensität des Ereignisniederschlags und dessen Dauer.

Waldwirkung auf der Plot- und der Hangskala

Aufgrund der Verringerung der Waldfläche durch Überschlägerungen und Lawinenkatastrophen um ca. 30 % seit Ende des 19. Jhdts, Verschlechterung der Bestände und starke Wildbachtätigkeit wurde aus dem Finsingtal (nördlichstes rechtsufriges Seitental des Zillertales in Tirol) eines der wildbachgefährdetsten Gebiete Tirols (Stauder 1963). Im Zuge des Integralmeliorationsprojektes Vorderes Zillertal wurden bei der Sanierung dieser Einzugsgebiete in der subalpinen Stufe landwirtschaftlich geringwertige, ehemalige Waldböden in den 1950er und 1960er Jahren mit eingeschränktem Erfolg aufgeforstet (Schiechtel 1965).

Die hydrologische Wirksamkeit der damals gesetzten Maßnahmen wurde Mitte der 1990er-Jahre erstmals im Auftrag der WLW mit einer komplexen Methodik auf gebietsrepräsentativen Testflächen (75 m²) überprüft, dieser Ansatz in der Folge auf eine Vielzahl anderer Gebiete und Regionen angewandt und stetig weiterentwickelt. Auswertungen der Starkregensimulationen, von Art- und Intensität der Landnutzung, der Vegetation, bodenphysikalische und hydrogeologische Charakterisierung der Testflächen belegen deutlich bessere Infiltrationseigenschaften von Wald, Zwergstrauchheide und Aufforstung in Relation zu den umgebenden Almweiden. Weidefreistellungen und die durch die Aufforstungsmaßnahmen beschleunigte Einwanderung von Zwergsträu-

chern (Alpenrose, Heidelbeere, etc.), die daraus resultierende zumindest teilweise Regeneration des Oberbodens, auch die durch Aufforstung mit Lärchen, Fichten und Zirben zusätzlich geförderte Bildung rothumusartiger Auflagen, sind neben der intensiven Durchwurzelung des Mineralbodens in den Aufforstungsflächen als maßgebliche Gründe für das bessere Niederschlagsaufnahmevermögen anzusehen (Markart et al. 1996).

Nordmann (2011) beobachtete bei Berechnungen im Frankenwald (D), dass auf gleichem Substrat Laubholzbestände den Abfluss länger hinauszögerten und geringere Abflussbeiwerte aufwiesen als die von Fichten dominierten Standorte. Raschere Abflussreaktionen unter Fichten sind in vielen Fällen auf die geringere Rauigkeit infolge reduzierter Bodenvegetation und höhere Benetzungswiderstände der Nadel-Streu zurückzuführen (Markart et al. 2004, Scherrer 1997).

Anthropogene Veränderungen egalieren immer wieder die positiven Wirkungen

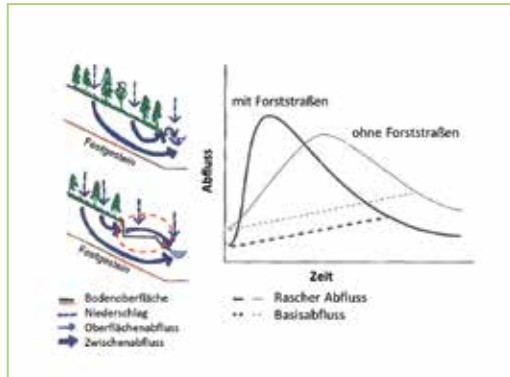


Abb. 5: Konzeptuelles Modell der hydrologischen Funktion von Forststraßen. Links: Volumetrischer Effekt, der Anteil des raschen Abflusses wird durch die Straße erhöht. Rechts: zeitlicher Effekt im Vorfluter - höherer und rascherer Abfluss durch die Straße, geringerer Basisabfluss. Aus Mendel (2000), nach Wemple et al. (1996) (verändert).

Fig. 5: Conceptual model of the hydrological function of forest roads. Left: volumetric effect, roads increase the amount of fast runoff. Right: temporal effect in the receiving water course – higher and faster runoff due to the road, reduced base flow. From: Mendel (2000), after Wemple et al. (1996) (modified).

schutz-verbessernder Maßnahmen im Waldbereich. So bedeuten z.B. Forststraßen massive Eingriff in die Abflussregime der Hänge (vgl. Abb. 5). Abgesehen vom erhöhten Oberflächenabfluss auf der Straße selbst, werden auch hohe Anteile des (oberflächennahen) Zwischenabflusses „angefahren“ (Austritt an den Straßenböschungen) und dieses Wasser wesentlich rascher dem Vorfluter zugeführt.

Annahme: 1 ha Waldfläche wird für den Forstwegbau benötigt, der aktuelle Abflussbeiwert (ψ_{const}) liegt bei ca. 0,2. Durch die Baumaßnahmen verschlechtert sich ψ auf 0,8 (Planum, Berggraben, obere und untere Wegböschung). Um die hydrologischen Auswirkungen dieses Eingriffes auszugleichen, müsste ψ_{const} auf mindestens 5 ha angrenzender Waldfläche durch verbessernde Maßnahmen auf unter 0,1 reduziert werden. Tatsächlich wird i.d.R. darauf vertraut, dass die unterliegenden Waldflächen den entstehenden Mehranfall puffern und auch mit den Abflusskonzentrationen, z.B. konzentrierte Abflüsse aus Durchlässen und Ausleitungen – deren Auswirkungen in diesem Rechenbeispiel noch gar nicht inkludiert sind – zurecht kommen.

Mikroskala – Abflussdämpfende Wirkung des Waldes auf der Kleineinzugsgebietsebene (< 10 km²)

Um die hydrologische Wirkung der von der WLW im Zeitraum 1953 bis 2003 durchgeführten Maßnahmen zu evaluieren, wurden in zwei Kleineinzugsgebieten im Finsingtal Abflussbeiwertkartierungen basierend auf den Ergebnissen der Berechnungen und der Geländeanleitung von Markart et al. (2004) zur Erfassung der aktuellen Abflussdisposition durchgeführt. In beiden Gebieten dominieren die gleichen Substrate (Grauwackenschiefer mit lokaler Auflagerung von Schwarzer Dolomit, Quarzphylliten). Der Hundsbach (0,9 km²) war bereits 1953 weitgehend bewal-

det, an der Waldausstattung hat sich bis 2003 nur wenig geändert. Im Taleggbach (1,7 km²) wurde seit 1953 die Almfäche auf ca. 25 % der ursprünglichen Fläche eingeschränkt, es wurden große Flächen aufgeforstet und umfangreiche Bestandes-verbessernde Maßnahmen durchgeführt. Die Abflussverhältnisse 1953 fußen auf Bewertungen der sehr exakten Vegetationskarte von Schiechl (1953) und Interpretationen alter Luftbilder. Die N/A-Modellierung mit dem hydrologischen Modell ZEMOKOST (Kohl 2011) ergab für den Hundsbach keine Änderung in der Abflussreaktion (Abb. 6), für den Taleggbach eine Reduktion der Abflussspitze um über 50 %. Diese Wirkung ergibt sich nur zum Teil aus der erwarteten Verbesserung der Infiltrationsmöglichkeiten. Den zusätzlichen wichtigen Beitrag liefert die Änderung des Bemessungsereignisses. Vor der

Integralmelioration wäre die Abflussspitze durch ein halbstündiges Ereignis erzeugt worden. Aufgrund der Erhöhung der Oberflächenrauigkeit in den optimierten Waldbeständen, den Aufforstungen und dem vergrößerten Zwergstrauchgürtel, ergibt sich eine Verringerung der Geschwindigkeit der dem Gerinne zufließenden Wässer. Die daraus resultierende Verlängerung der Konzentrationszeit verschiebt das kritische Niederschlagsereignis einer definierten Jährlichkeit in Bereiche mit geringerer Intensität.

Dieser Effekt kann auch als ober- und unterirdische Erweiterung des Retentionsvolumens von Flächen mit hoher Oberbodenrauigkeit gelesen werden. Im Taleggbach wird die wesentlich niedrigere Abflussspitze (14 m³ sec⁻¹ 2003 gegenüber 31 m³ sec⁻¹ im Jahr 1953) erst bei ca. 45 Minuten Regendauer erreicht (Kohl et al. 2004).

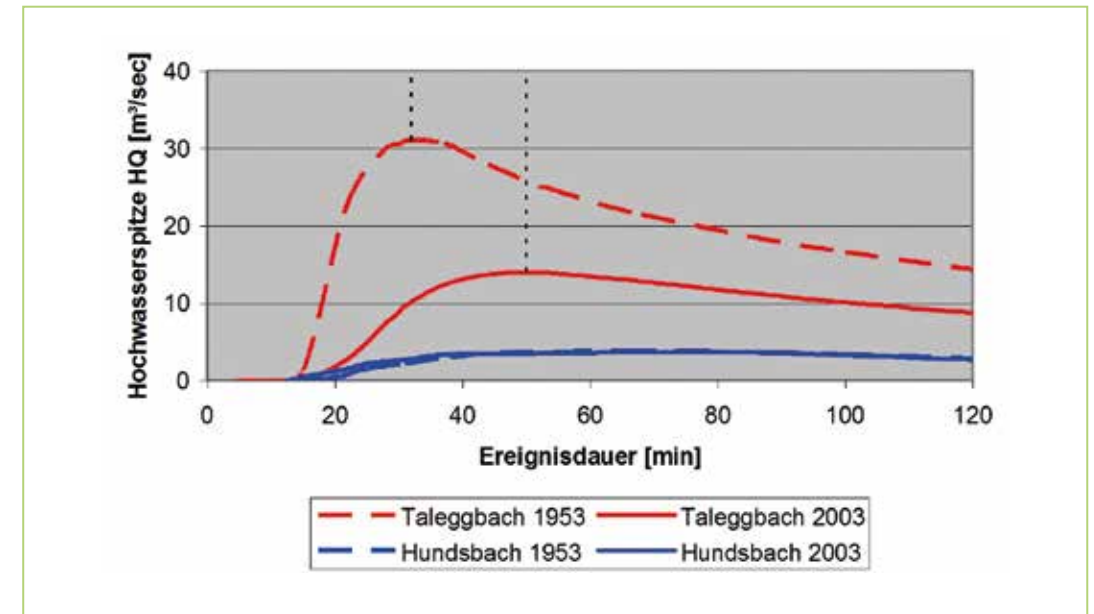
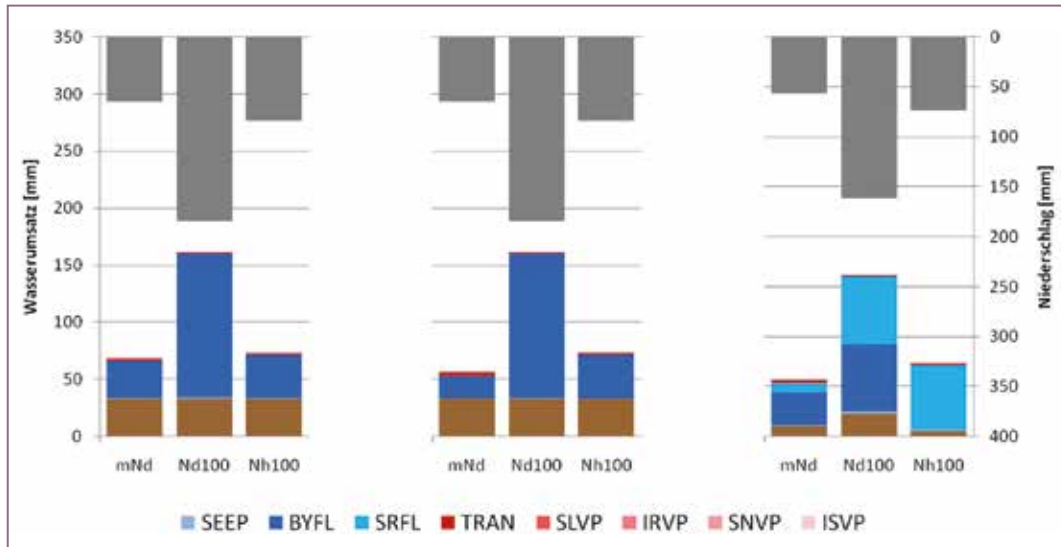


Abb. 6: Hochwasserspitzen für Niederschlagsereignisse unterschiedlicher Dauer in den Einzugsgebieten Hundsbach und Taleggbach (Teileinzugsgebiete des Finsingtales - nördlichstes rechtsufriges Seitental des Zillertales in Tirol) vor den Maßnahmen der Integralmelioration (1953) und bei Überprüfung deren hydrologischer Wirkung (2003) (aus Kohl et al. 2004).

Fig. 6: Peak runoff values for precipitation events of different duration in the catchments Hundsbach and Taleggbach (Sub-catchments of the Finsing valley – northern left sided tributary valley of the Ziller Valley in the Tyrol) before ameliorative measures (1953) and at 2003 (date evaluating the hydrological effect of the measures taken by the WLW (from: Kohl et al. 2004).

Für das Einzugsgebiet des Taleggbaches wurden auch Überlegungen für den Bau von Schipisten und einer Liftanlage durch die im Zuge der Integralmelioration von der WLV optimierten Bereiche (Hochlagenaufforstungen, umgewandelte Waldbestände) angestellt. Im Auftrag der WLV, Sektion Tirol, wurden von Kohl et al. (2012) umfangreiche Analysen möglicher hydrologischer Verän-

derungen durch eine solche Schigebietsverweiterung durchgeführt. Diese umfassten auch die Modellierung des Wasserumsatzes der maßgeblichen Vegetationseinheiten (Fi-betonter Nadelwald, Alpenrosenheide, geplante Schipiste) mit dem hydrologischen Modell BROOK90 (Federer 1995). Abb. 7 gibt die Wasserbilanzen für diese Einheiten bei extremen Tages- und Stundennieder-



SEEP	Langsame Tiefensickerung
BYFL	Bypassfluss, rasche Tiefensickerung
SRFL	Direktabfluss, Oberflächenabfluss
TRAN	Transpiration des Bestandes
SLVP	Bodenevaporation
IRVP	Regeninterzeption
SNVP	Evaporation der Schneedecke am Boden
ISVP	Schnee-Interzeption
	Bodenspeicher

Abb. 7: Wasserbilanzen extremer Tages- und Stundenniederschläge: Waldstandort (links), Alpenrosenheide (Mitte), planierte Schipiste (rechts). Tagesmaximum mNd = 56,9 mm, Tagesbemessungsregen Nd100 = 161 mm, Stundenbemessungsregen Nh100 = 73,8 mm

Fig. 7: Water balances for extreme daily and hourly precipitation: Forest site (left), Alpenrose heath (middle), levelled ski-piste (right). Daily maximum rain mNd = 56,9 mm, daily design rain Nd100 = 161 mm, hourly design rain Nh100 = 73,8 mm

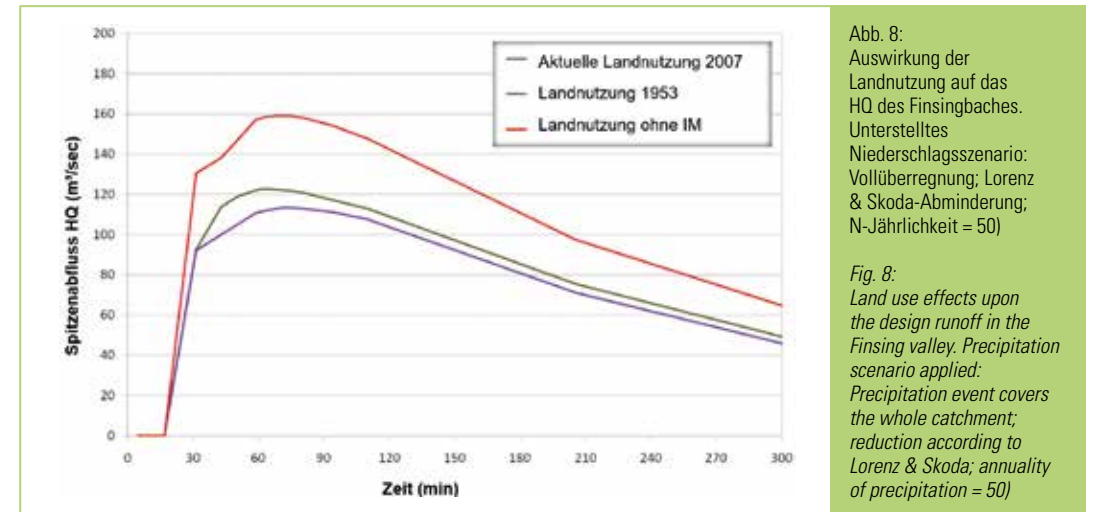


Abb. 8: Auswirkung der Landnutzung auf das HQ des Finsingbaches. Unterstelltes Niederschlagszenario: Vollüberregnung; Lorenz & Skoda-Abminderung; N-Jährlichkeit = 50)

Fig. 8: Land use effects upon the design runoff in the Finsing valley. Precipitation scenario applied: Precipitation event covers the whole catchment; reduction according to Lorenz & Skoda; annuality of precipitation = 50)

schlagen wieder. Wald und alpine Zwergstrauchheiden reagieren ähnlich: In Relation zu einem durch die Baumaßnahmen verkürzten Bodenprofil der Schipiste kann ein deutlich höherer Anteil des Niederschlages im Boden gespeichert werden. Es entsteht kein Oberflächenabfluss, jedoch gehen größere Anteile des Niederschlages in die rasche Tiefensickerung. Die Schipiste produziert deutlich höheren Oberflächenabfluss, der über Ausleitungssysteme konzentriert zur Versickerung gebracht werden muss. Zudem verdunstet der Waldbestand auch in den Wintermonaten erhebliche Mengen an Wasser, insbesondere die Schneeinterzeption ist von Bedeutung. Im Vergleich zu den umgebenden Weiderasen, auch zur Alpenrosenheide, sind die Schmelzwasserspitzen im Frühjahr deutlich geringer.

Waldwirkung auf der Mesoskala (< 100 km²)

Im Jahr 2007 führte das BFW eine Bewertung der hydrologischen Wirkung der von der WLV im Rahmen des Projektes „Integralmelioration Vorderes Zillertal“ seit den 1950er Jahren gesetzten flächenwirtschaftlichen Maßnahmen für das gesamte Finsingtal (46,6 km²) durch (Kohl et al. 2007).

Für die Landnutzung mit Stand 2007

ergeben sich eine kritische Niederschlagsdauer von 64 min und eine Abflussspitze von 122 m³ sec⁻¹. 1953, vor den flächenwirtschaftlichen Maßnahmen, lag die kritische Niederschlagsdauer bei 71 min, mit einem HQ von 113 m³ sec⁻¹ (Abb. 8). Man könnte bei dieser geringen Differenz im Abflussverhalten fast annehmen die aufwändigen und kostenintensiven Maßnahmen der Integralmelioration hätten keinen Effekt gezeigt, denn die Abflussspitze liegt heute um 7,4 % höher als 1953. Tatsächlich dürfte die Abflussdisposition 1953 durch großflächige Plünderung und Übernutzung von Waldbeständen noch deutlich höher gewesen sein. Seit 1953 sind zudem neben den umfangreichen Verbesserungsmaßnahmen durch die WLV weitere großflächige Landnutzungsänderungen erfolgt (Überführung von Mähwiesen in Weide, Bau von Schipisten, Versiegelung für Parkplätze, etc.). Diese Eingriffe und Bewirtschaftungsänderungen hatten überwiegend gravierende hydrologische Verschlechterungen zur Folge. Ohne die flächenwirtschaftlichen Maßnahmen der WLV wäre die Abflussspitze des Bemessungsereignisses mit Stand 2007 bei knapp 160 m³ h⁻¹ gelegen (siehe Abb. 8). Es zeigt sich also, dass auch bei Einzugsgebieten der Mesoskala Waldvegetation ein essentielles Element der Abflusssteuerung darstellt.

Waldwirkung auf der Makroskala

Merz und Blöschl (2009) analysierten die Abflusskoeffizienten von ca. 64.000 Ereignissen in 459 österreichischen Einzugsgebieten von 5 bis 10.000 km². Sie kamen zum Schluss, dass weder die Landnutzung, die Bodentypen noch das geologische Substrat einen maßgeblichen Einfluss auf den Gebietsabflusskoeffizienten ausüben. Ihre Analysen legen nahe, dass der Gebietsabfluss primär vom Grad der Vorbefeuchtung der Böden kontrolliert wird und somit dem Wald keine abflussrelevante Wirkung unterstellt wird.

Abb. 9 zeigt schematisch die hydrologische Reaktion eines Waldes auf einem Boden mit mäßiger Speicherkapazität und gehemmter Durchlässigkeit. So lange der Waldboden Speicherkapazität aufweist (durchgezogene Linie) bleibt der Abfluss deutlich unter dem Abflussmuster eines Standortes ohne Wald. Mit zunehmender Niederschlagsmenge, -dauer und Verfüllung des Bodens, nähert sich aber auch die Waldflä-

che dem Abflussverhalten umgebender waldfreier Einheiten an (Hegg 2006). Nach Konold (2006) wirkt „Wald ganz generell und pauschal puffernd auf die Abflussbildung, nicht nur wegen der Interzeption, sondern auch wegen der nach wie vor vielfach noch ungestörten Böden mit guten Infiltrationseigenschaften“. Ein höherer Bodenspeicher mindert den Direktabfluss (Schumann et al. 2016).

Besonders in Hanglagen mit Böden geringer Mächtigkeit kann sich das Abflussverhalten auch auf Waldstandorten der strichlierten Linie in Abb. 10 annähern, insbesondere bei hoher Vorbefeuchtung, geringem Bodenspeicher und hoher Zwischen- bzw. unterirdischer Abflusanteilen. Hegg spricht vom sogenannten „Überlastfall“.

Beim verheerenden Hochwasserereignis vom 22.–23. August 2005 im Tiroler Paznauntal (409 km²) stellte sich für die WLW, den Landesforstdienst und die Abteilung Wasserwirtschaft des Landes Tirol die Frage nach der Wirkung des Waldes bei derartigen Extremereignissen mit

außergewöhnlichen Vorregen von 45–90 mm in zwei Tagen und 88–133 mm Ereignisniederschlag. Der Waldanteil im Paznauntal nahm seit 1950 zwar absolut um 1,5 % zu, auf 75 % der Waldfläche sind die hydrologischen Eigenschaften, durch Veränderung in Richtung dichter, kleinflächiger, stufig strukturierter Wald besser als 1950. Jedoch waren 2005 insgesamt lediglich 21% des Einzugsgebietes bewaldet. Mögliche positive Wirkungen waren damit jedoch auf ein Fünftel des Einzugsgebietes beschränkt. Die Berechnungen von Kohl et al. (2009) zeigen, dass aufgrund der enormen Niederschlagsmengen große Teile des Einzugsgebietes die Belastungsgrenze überschritten hatten (Überlastfall). Auch auf einem Teil der Waldböden taleinwärts war die Aufnahmekapazität überschritten, d.h. der Überlastfall erreicht, in Teileinzugsgebieten am Talausgang aufgrund der dort geringeren Vorregen und Ereignisniederschläge der freie Bodenspeicher im Waldbereich vielfach nicht zur Gänze ausgeschöpft.

Bei diesem großräumigen Ereignis kam es auch im Bregenzerwald zu extremen Niederschlägen. Im Raum Au wurden bis zu 214 mm in 24 h gemessen. Bei Feldaufnahmen zur Rekonstruktion des Abflussereignisses im Höllbach, einem Kleineinzugsgebiet nahe der Nachbargemeinde Schnepfau waren auf den Almweiden nahezu flächige Hinweise auf starkes Fließen an der Oberfläche festzustellen (umgelegtes Gras, Spuren von transportiertem Feinsediment, Gräsern etc.). Eine Vielzahl an Hangexplosionen ließ auf zusätzliche massive Abflussvorgänge im Zwischenflächenbereich schließen. Die Begehungen in den umliegenden Waldbeständen zeigten, dass zwar temporäre (Klein)Gerinne in verstärktem Maße Abfluss geliefert hatten, es waren jedoch keine Hinweise auf flächigen Oberflächenabfluss zu bemerken. Die Anzahl der Lockersedimentrutschungen im Wald war sehr gering (Markart et al. 2007).

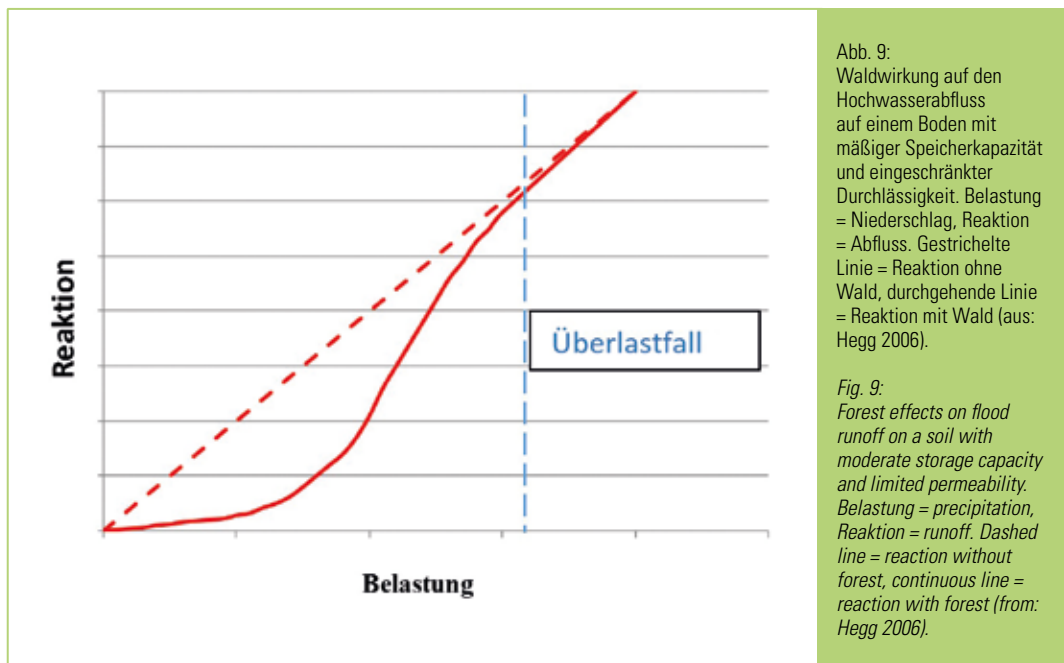
Wald und Rutschungen, Wildholz

Seitenerosion durch Hochwasserabfluss ist in Wildbächen ein maßgeblicher Faktor für die Wildholz-Bereitstellung. Besonders in Einzugsgebieten mit hoher Reliefenergie sind diese Prozesse meist mit anderen Massenbewegungen, z.B. Rutschungen, in Wechselwirkung (Hitz 2008). Durch das Wildholz (bereits im Bach liegendes Holz und das bei einem Hochwasserereignis frisch eingetragene Holz) und Schwemmholz (während eines Hochwasserereignisses transportiertes Holz) kann



Abb. 10: Saigesbach bei Sellrain (Tirol) nach dem Ereignis von 7. auf 8. Juni 2015. Lokal hoher Wildholzanfall nach Eintiefung, Seitenerosion und Hangrutschungen in den Bach. Höherer Wildholzeintrag wurde durch eine gezielte Wildholzbewirtschaftung (Kooperation WLW und BFI) verhindert.

Fig. 10: Saiges brook in the Sellrain valley (Tyrol) after the event of 7th and 8th June 2015. High supply with woody debris resulting from the recess of the brook, lateral erosion and landslides into the brook. Higher amount of woody debris has been avoided by preventive driftwood management (a cooperation between WLW and the district forest service).



der schützende Wald auch eine Gefahrenquelle darstellen (Ploner 1995, Lechner et al. 2015). Bei vielen Wildbachereignissen wurde das Ausmaß der Schäden durch den Wildholzanteil erhöht.

Spontane Lockersedimentrutschungen als Folge von Hangwassereinfluss aus höher gelegenen Bereichen oder Hangrutschungen durch Seiten- und Tiefenerosion im Wildbach sind wichtige Eintragsquellen für Wildholz (Abb. 10), bei Abbrüchen im Wald besteht ein enger Zusammenhang zwischen Waldzustand und Rutschungsaktivität (Keppeler und Brown 1998, Markart et al. 2007, Rickli 2001). Dabei spielt der bereits erwähnte „Piston Flow“ eine besondere Rolle, deren Ausmaß in Bezug auf die Wildholzbereitstellung bisher noch nicht untersucht worden ist.

Beim Ereignis im Saigesbach vom 7. auf 8. Juni 2015 entstand das Gros der Anbrüche im Wald in den seitlichen Rinnen während bei den nicht bestockten Einheiten Anbrüche als Folge der Seitenerosion und der Hauptbäche überwogen (Abb. 11). In den Jahren vor dem Ereignis ist eine

umfangreiche Wildholzbewirtschaftung erfolgt (vor allem Aufräumen von Windwürfen und Nutzung überalterter Bestände im Grabenbereich). Dadurch waren große Teile der direkten Grabeneinhänge nicht bewaldet, das Wildholzpotezial für das spätere Ereignis beträchtlich vermindert.

Zur Verbesserung der Schutzwaldkulisse als Grundlage für die Planung und die Evaluierung des österreichischen Schutzwaldprogramms wurde im Rahmen der Technischen Hilfe des Programmes Ländlichen Entwicklung 2007–2013 die Schutzwaldkulisse der Wälder mit direkter Objektschutzfunktion vor Steinschlag und Schneelawinen im Projekt GRAVIMOD modelliert (Perzl und Huber 2014). Als Grundlage für die Abschätzung von Wildholzpotezialen in alpinen Einzugsgebieten wurde daher am BFW auch das GRS- (Gerinne-relevanter-Schutzwald)-Modell für die Bezirksrahmenplanung am Beispiel des Bezirkes Innsbruck-Land entwickelt (Lechner et al. 2015). Dieses Modell weist Wildholz-Grunddispositionen in drei Klassen (gering, mittel, hoch) aus.

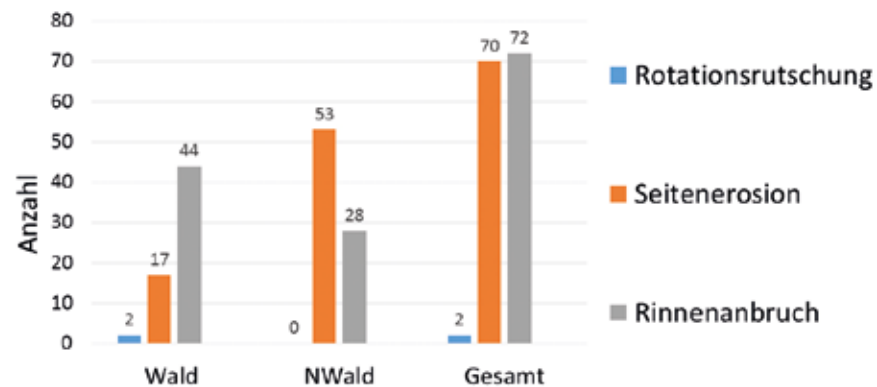


Abb. 11: Verteilung der Abtragprozesse (Rotationsrutschung, Seitenerosion und Rinnenanbruch) im Saigesbach nach dem Ort ihrer Entstehung (Wald und nicht bestockte Einheiten - NWald). Quelle: Lechner et al. (2016)

Fig. 11: Distribution of erosion processes (rotational slide, lateral erosion and channel erosion) in the Saiges brook catchment in terms of the originating location (forest vs. not forested units - NWald). Source: Lechner et al. (2016).

In Bereichen mit einer entsprechenden Wildholzgefahr sollten sich waldbauliche Maßnahmen daher auf zwei Ziele konzentrieren: i) Heranziehen einer störungsresistenteren und störungselastischeren Waldvegetation ii) Einschränkung der Walddynamik auf die Phasen mit der höchsten Schutzwirkung (Brang et al. 2004).

Schlussfolgerungen

Waldvegetation und div. alpine Zwergsträucher weisen überwiegend geringe Abflussbereitschaft auf, Aufgrund der rauen Oberfläche und des stockwerkartigen Aufbaus (Baumschicht, Kraut-Zwergstrauchschicht, Moosschicht, Humusauf-lage, Mineralboden) ist die Initialabstraktion, also die Abfluss-verzögernde Wirkung, höher als im Grünland. Daher treten Hochwasserspitzen in bewaldeten Einzugsgebieten mit deutlicher Verzögerung auf und sind i.d.R. deutlich niedriger (Cosandey 2005).

Der Anteil an Makro- und Sekundärporen ist in Waldböden im Vergleich zu den umgebenden Nichtwaldflächen höher. Über Wurzelröhren wird der Zwischenabfluss rascher dem Vorfluter zugeführt. Dadurch erfolgt eine Druckentlastung (Keppeler und Brown 1998), Hänge bleiben länger stabil.

Am Plot und auf der Kleineinzugsgebietsebene ist die hydrologische Wirkung der Waldvegetation direkt (experimentell) nachweisbar. Über hydrologische Modellierungen und Nachrechnung von Ereignissen ist die Abfluss mindernde Wirkung flächenwirtschaftlicher Maßnahmen auch für die Mesoskala (< 100 km²) belegbar.

Für makroskalige Einzugsbiote werden Landnutzung und Landbedeckung aufgrund des bei großräumigen Ereignissen maßgeblichen Niederschlags-Typs Dauerregen oft als nicht Abfluss relevant angesehen. Für statistische Analysen der-

artiger Abflussereignisse finden meist Pegel-daten Verwendung, in diesen Pools gehen lokale Spezifika von Teileinzugsgebieten häufig unter. Feldbeobachtungen und Detailanalysen der Reaktionen kleinerer Einzugsgebiete bei großräumigen N-Ereignissen zeigen jedoch, dass die Waldvegetation auch bei diesem Ereignistyp, besonders wenn Dauerregenereignisse von konvektiven Niederschlägen überlagert werden, eine zumindest lokal nachvollziehbare, Abfluss dämpfende Wirkung aufweist.

Damit Waldvegetation nicht zur Gefahrenquelle wird, ist in steilen Grabeneinhängen eine standortsangepasste Bewirtschaftung Voraussetzung, es ist aufgrund der Rutschungs- und Wildholzpotezialen auf Dauerwälder abzustellen. Die präventive Bewirtschaftung potenzieller Gefahrenherde ist im Wildholzmanagement von zentraler Bedeutung (Rudolf-Miklau et al. 2011). Die Bäume dürfen keine hohen Durchmesser aufweisen, die Bestände müssen elastisch auf Störungen (Erosion, Rutschungen, Windwurf, Schneedruck...) reagieren.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Dr. Gerhard Markart
Dipl.-Geogr. Bernadette Sotier MSc
DI Veronika Lechner
Mag. Dr. Bernhard Kohl
Bundforschungszentrum für Wald (BFW)
Institut für Naturgefahren
Rennweg 1 – Hofburg, 6020 Innsbruck
gerhard.markart@bfw.gv.at

DI Leopold Stepanek
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Mittleres Inntal
Josef-Wilberger-Str. 41, 6020 Innsbruck
leopold.stepanek@die-wildbach.at

Literatur / References:

BRANG, P., W. SCHÖNENBERGER, H. BACHOFEN, A. ZINGG und A. WEHRLI (2004): Schutzwalddynamik unter Störungen und Eingriffen: Auf dem Weg zu einer systemischen Sicht. Forum für Wissen 2004, 55–66.

BUNZA, G. und T. SCHAUER (1989): Der Einfluss von Vegetation, Geologie und Nutzung auf den Oberflächenabfluß bei künstlichen Starkregen in Wildbachgebieten der bayerischen Alpen. In: Informationsbericht 2/89, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München.

BUTZEN, V., M. SEEGER, A. MARRUEDO, L. DE JONGE, R. WENGEL, J.B. RIES und M.C. CASPER (2015): Water repellency under coniferous and deciduous forest – Experimental assessment and impact on overland flow. Catena 133, 255-265.

COSANDEY, C., V. ANDRÉASSIAN, C. MARTIN, J.F. DIDON-LESCOT, J. LAVABRE, N. FOLTON, N. MATHYS und D. RICHARD (2005): The hydrological impact of the mediterranean forest: a review of French research. J. Hydrol. 301, 235-249.

DU, E., C.R. JACKSON, J. KLAUS, J.J. MCDONNELL, N.A. GRIFFITHS, M.F. WILLIAMSON, J.L. GRECO und M. BITEW (2016): Interflow dynamics on a low relief forested hillslope: Lots of fill, little spill. J. Hydrol, 534, 648-658.

FEDERER, C.A. (1995): BROOK 90: A simulation model for evaporation, soil water and stream flow, Version 3.2. Computer freeware and documentation. USDA Forest Service, Durham NH.

HARR, R.D. (1977): Water flux in soil and subsoil on a steep forested slope. J. Hydrol. 33, 37-58.

HEGG, C., A. BADOUX, P. LÜSCHER und J. WITZIG (2004): Zur Schutzwirkung des Waldes gegen Hochwasser. Forum für Wissen 2004: 15-20.

HEGG, C. (2006): Waldwirkung auf Hochwasser. LWF Wissen 55, 29-33.

HITZ, O. (2008): Dendrogeomorphologische Prozessanalyse zum Schwemmholaufkommen und Rekonstruktion von Ufererosion zweier voralpinen Wildbachsysteme. Diss. Nr. 1605 Univ. Fribourg, Eidg. Forschungsanst. WSL.

JOST, G., H. SCHUME, H. HAGER, G. MARKART und B. KOHL (2012): A hillslope scale comparison of tree species influence on soil moisture dynamics and runoff process during intense rainfall. J. Hydrol., 112- 124.

KEPPELER E. und D. BROWN (1998): Subsurface Drainage Processes and Management Impacts. United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. General Technical Report PSW-GTR-168-Web.

KOELLA, E. (1986): Zur Abschätzung von Hochwässern in Fließgewässern an Stellen ohne Direktmessung. Eine Untersuchung über Zusammenhänge zwischen Gebietsparametern und Spitzenabflüssen kleiner Einzugsgebiete. Mitt. VAW-ETH Zürich, Nr.87.

KOHL, B. (2010): ZEMOKOST – Entwicklung eines praktikablen Niederschlag-/Abflussmodells zur Modellierung von Hochwasserabflüssen in Wildbacheinzugsgebieten unter Einbeziehung verbesserter Felddaten. Dissertation, Fakultät für Geo- und Atmosphärenwissenschaften, Institut für Geographie, Universität Innsbruck.

KOHL, B., S. SAUERMOSEER, D. FREY, L. STEPANEK und G. MARKART (2004): Steuerung des Abflusses in Wildbacheinzugsgebieten über flächenwirtschaftliche Maßnahmen. Internationales Symposium INTERPRAEVENT 2004 – RIVA / TRIENT, Tagungspublikation, Band 1, Thema III, 159-169.

KOHL, B., B. SOTIER, K. KLEBINDER, A. JOCHEM und G. MARKART (2007): Hydrologie Finsing – Szenarianalyse. Bericht an den Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Tirol.

KOHL, B., F. PERZL, F., G. MARKART, K. KLEBINDER, H. PIRKL, F. RIEDL und L. STEPANEK (2009): Hochwasser Paznaun 2005: Wald – Abfluss – Potentiale. Bericht der Wildbach- und Lawinenverbauung, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.

KONOLD, W. (2006): Inwiefern trägt eine angepasste Landnutzung zum Hochwasserschutz bei? LWF Wissen 55, 17-23.

LECHNER V., G. MARKART, F. PERZL, G. BUNZA, K. HAGEN, A. HUBER und K. KLEBINDER (2015): Standortangepasste und gefahrenorientierte Waldbewirtschaftung im Bereich steiler Grabeneinhänge – Grabeneinhangbewirtschaftung. Technische Hilfe im Rahmen des österreichischen Programms LE 07-13. Projektbericht im Auftrag des BMLFUW. Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), Innsbruck.

LECHNER V., F. PERZL, H. PIRKL, T. SAUSGRUBER, B. SOTIER und G. MARKART (2016): Prozessanalyse nach dem Mureireignis vom 7.-8. Juni 2015 im Einzugsgebiet Seigesbach – Gemeinde Sellrain. Bericht des BFW an die WLW, Gbltg. Mittleres Inntal.

MARKART, G., B. KOHL, B. SOTIER, T. SCHAUER, G. BUNZA und R. STERN (2004): Provisorische Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen (Version 1.0). BFW Dokumentation, Nr.3.

MARKART, G., B. KOHL und P. ZANETTI (1996): Einfluss von Bewirtschaftung, Vegetation und Boden auf das Abflussverhalten von Wildbacheinzugsgebieten - Ergebnisse von Abflussmessungen in ausgewählten Teileinzugsgebieten des Finsingtales (Zillertal/Tirol). Beitrag Symposium INTERPRAEVENT, Garmisch-Partenkirchen, Juni 1996, Tagungsband 1, 135-144.

MARKART G., B. KOHL und F. PERZL (2006b): Der Bergwald und seine hydrologische Wirkung - eine unterschätzte Größe? LWF Wissen 55, 34-43.

MARKART, G., F. PERZL, B. KOHL, R. LUZIAN, K. KLEEMAYR, B. ESS und J. MAYERL (2007): Schadereignisse 22./23. August 2005 - Ereignisdokumentation und -analyse in ausgewählten Gemeinden Voralbergs. BFW-Dokumentation No. 5.

MARKART, G., B. KOHL und B. SOTIER (2016): Bergwälder als Abflussregulatoren. BFW Praxis-Info Nr. 40, 16-19.

MENDEL, H.G. (2000): Elemente des Wasserkreislaufs - Eine kommentierte Bibliographie zur Abflussbildung. Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hsg) - 1. Auflage, Analytica.

MERZ, R. und G. BLÖSCHL (2009): A regional analysis of event runoff coefficients with respect to climate and catchment characteristics in Austria. Water Resources Research, Vol. 45, W01405, doi:10.1029/2008WR007163, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2008WR007163/epdf>

MOSLEY, M.P. (1982): Subsurface flow velocities through selected forested soils, South Island, New Zealand, J. Hydrol., 55, 65-92.

NORDMANN, B. (2011): Einfluss der Forstwirtschaft auf den vorbeugenden Hochwasserschutz – Integrale Klassifizierung abflusssensitiver Waldflächen. Dissertation TU-München, Fachgebiet für Waldernährung und Wasserhaushalt.

PERZL, F. und A. HUBER (2014): GRAVIPROFOR. Verbesserung der Erfassung der Schutzwaldkulisse für die forstliche Raumplanung. Synthese und Zusammenfassung: Ziele, Grundlagen und Ergebnisse der Modellierung von Waldflächen mit Lawinen- und Steinschlagschutzfunktion. Technische Hilfe im Rahmen des österreichischen Programms LE 07-13. Projektbericht, Hauptbericht im Auftrag des BMLFUW. Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), Innsbruck.

PIRKL, H. und T. SAUSGRUBER (2015): Handbuch zur qualitativen und quantitativen Erfassung untergrundabhängiger Abflüsse in Wildbacheinzugsgebieten. Ministerium für eine lebenswertes Österreich - Wildbach- und Lawinenverbauung.

PLONER, A. (1995): Vom Schadwald zum Schutzwald und Energiewald. Österr. Forstzeitung 10/1995, 5 - 6.

RICKLI, C. (Red. – 2001): Vegetationswirkungen und Rutschungen - Untersuchung zum Einfluss der Vegetation auf oberflächennahe Rutschprozesse anhand der Unwetterereignisse in Sachseln OW am 15. August 1997. Birmensdorf, Bern; Eidg. Forschungsanstalt WSL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.

RODE, M. und G. WENK (2005): Zwischenabfluss. In: Bronstert, A. (Hsg): Abflussbildung - Prozessbeschreibung und Fallbeispiele. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 13.05, 19-21.

RUDOLF-MIKLAU, F., J. HÜBL, H.P. RAUCH, H. HABERSACK, A. KOGELNIG und E. SCHULEV-STEINDL (2011): Wildholz – Praxisleitfaden. Internationale Forschungsgesellschaft INTERPRAEVENT, Schriftenreihe 1, Handbuch 2.

SCHERRER, S. (1997): Abflussbildung bei Starkniederschlägen. Identifikation von Abflussprozessen mittels künstlicher Niederschläge. VAW-Mitteilungen 147.

SCHUMANN, A., B. Fischer, U. Büttner, E. Bohn, P. Walther und E. Wolf (2016): Die größten Hochwasser im Einzugsgebiet der Mulde im meteorologisch-hydrologischen Vergleich. Schriftenreihe des LfULG, Heft 18.

SCHWARZ, O. (1984): Der Wald als Hochwasserschutz. Neue Ergebnisse über die Wasserschutzfunktion der Wälder. Mitt. Forstl. Vers.- u. Forschungsanstalt Baden-Württemberg, 189-194.

STAUDER, S. 1963: Praktische Erfahrungen bei der Hochlagenaufforstung im vorderen Zillertal; Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Mariabrunn, 60. Heft, 743-762.

WEMPLE, B.C., J.A. JONES und G.E. GRANT (1996): Channel network extension by logging roads in two basins, Western Cascades, Oregon. Water resources Bulletin, Am. Water Res. Assoc., Vol. 32, No. 6.

PETER HÖLLER

Die Bedeutung des Waldes beim Schutz vor Lawinen

The role of forests as protection against avalanches

Zusammenfassung:

Der Artikel beschreibt die Wirkungen des Waldes auf die Schneedecke, erörtert die grundlegenden Erkenntnisse bezüglich der erforderlichen Struktur von Beständen und stellt einige maßgebliche Forschungsarbeiten der letzten Jahre vor.

Stichwörter:

Lawinen im Wald, Schutzwirkung des Waldes, Waldstruktur

Abstract:

The article describes the effects of forest stands on the beneath snowpack, discusses the general basics on the forest structure to prevent avalanche release, and introduces the most relevant findings of the last years.

Keywords:

Avalanches in forest stands, protective effects of mountain forests, forest structure

Einleitung

Die Frage inwieweit der Wald vor Lawinen schützen kann, wird seit jeher intensiv diskutiert. Im Mittelpunkt der Betrachtungen stand und steht dabei zumeist die Struktur der Bestände, die notwendig ist, damit keine Lawinen innerhalb des Waldes entstehen, beziehungsweise kein schädliches Ausmaß erreichen können; zu den vermutlich wesentlichsten Kriterien in diesem Zusammenhang zählen die maximal zulässige Größe von Lücken bzw. die Dichte der Waldbedeckung (in Bezug auf die erforderliche Zahl an Bäumen/ha bzw. auf den notwendigen Beschirmungsgrad). Der Beitrag gibt einen kleinen Einblick in die generelle Problematik und beleuchtet maßgebliche Erkenntnisse zu diesem Thema.

Einfluss des Waldes auf die Schneedecke – positive Wirkungen und Grenzen

Zu den wesentlichen Vorteilen bestockter Flächen gehört der geringere Windeinfluss, der u.a. auch den Schichtaufbau der Schneedecke positiv beeinflusst. So wurde etwa in einem dichten Fichten-Zirben Wald in der Nähe von Davos die im Freiland übliche parallele Schichtung der Schneedecke nicht vorgefunden (Imbeck, 1987). Die von Gubler und Rychetnik (1991) erstellten Radarprofile der Schneedecke an drei typischen Standorten (offene Fläche, Lärchenwald, Fichtenwald) zeigen ähnliche Ergebnisse: gleichmäßige Schichtung auf offenen Flächen, signifikant geringer im Bereich der bestockten Flächen und nicht vorhanden im dichten Fichtenbestand.

Das Kronendach eines geschlossenen Bestandes ist jedenfalls einem Schirm gleichzuhalten, der das Auskühlen der Schneeoberfläche hemmt, was zu geringeren Temperaturgradienten innerhalb der Schneedecke führt und letztlich die Ausbildung von Schwachschichten (Tiefenreif)

verhindert. Nicht vorhandene Schwachschichten gehören aber zu den größten Vorzügen der Waldschneedecke. Fehlen Schwachschichten, so fehlt auch die notwendige Voraussetzung zur Lawinenbildung (Salm, 1991). Das bedeutet, dass innerhalb eines dichten Waldes das Anbrechen von Lawinen sehr unwahrscheinlich ist.

Der Gebirgswald (insbesondere im Bereich der Waldgrenze) ist erfahrungsgemäß aber häufig von Lücken und Blößen bzw. von einem geringen Beschirmungsgrad gekennzeichnet (Abb. 1).



Abb. 1: Zirbenbestand in der Nähe des Kühtai, Tirol (Foto: P. Höller).

Fig. 1: Swiss stone pine forest near the Kühtai, Tyrol

Auch der Anteil winterkahler Baumarten (Lärchen) ist in der Höhenstufe von 1800 bis 2200 m relativ hoch. Diese Faktoren können – wie die Abb. 2 zeigt – die Bildung von Schneebrettlawinen begünstigen. Im obigen Fall waren zwar Schifahrer für die Lawine verantwortlich, begünstigt wurde die Auslösung jedoch durch eine Tiefenreife, die infolge eines starken Temperaturgradienten zwischen der wärmeren Altschneedecke und der kälteren Neuschneesicht entstand.



Abb. 2: Schneebrettanriss in einem Lärchenbestand am Frommerkogel, Salzburg (Foto: M. Staudinger).

Fig. 2: Slab avalanche within a larch stand at the Frommerkogel, Salzburg

Dass die Schneedecke in aufgelockerten Beständen (z. B. Lärchen) deutlich stärker auskühlt als in geschlossenen (immergrünen) Waldarealen, wurde u.a. durch Messungen von Höller (2001a) bestätigt.

Außerdem beschleunigen niedrige Schneeoberflächentemperaturen die Entwicklung von Oberflächenreife. Oberflächenreif kann – sobald eingeschneit – eine kritische Schwachschicht darstellen. Wie Höller (1998) gezeigt hat, können die Voraussetzungen zur Bildung von Oberflächenreife bereits in relativ kleinen Lücken (6 * 6 m) gegeben sein.

Die Stabilisierung der Schneedecke durch die Baumstämme wird ebenfalls sehr häufig ins Treffen geführt. Salm (1979) unterscheidet dabei den Einfluss des Kronendaches und den Einfluss der Stämme. So wird – verglichen mit Freiflächen – infolge des Kronendaches im Wald weniger Schnee auf dem Boden akkumuliert; nach Frey (1977) beträgt die Schneeeinterzeption in immergrünen Wäldern bis zu 30 %. Der Einfluss der Baumstämme lässt sich mit den Änderungen des Spannungsfeldes in der Schneedecke erklären; so werden innerhalb der sogenannten back-pressure zone zusätzlich Spannungen um die Stämme hervorgerufen, wodurch es zu einer Reduzierung der hangparallelen Scherspannungen kommt was letztlich zur Stabilisierung der Schneedecke beiträgt (da die für die Bildung von Schneebrettlawinen verantwortlichen Scherbelastungen kleiner sind).

Auch die lokal erhöhte Schneedichte (und Härte) der Schneedecke unter Baumkronen spielt eine nicht unbedeutende Rolle, weil Schnee, Harsch oder Eis aus den Kronen in die bodennahe Schneedecke eindringen kann (In der Gand, 1978); dadurch entsteht eine unregelmäßig aufgebaute und stabile Schneedecke, die die Ausbildung von Lawinen hintanhält.



Abb. 3: Gleitschneerutsch in einer Lücke eines Lärchenbestandes, nahe der Kaserstättalm, Tirol (Foto: P. Höller).

Fig. 3: Gliding snow sluff in a forest clearing near to the Kaserstättalm, Tyrol.

Ebenso stellen Schneegleitbewegungen im geschlossen Bestand eine zu vernachlässigende Größe dar; bei entsprechender Stammzahl sind infolge der Rauigkeit derart geringe Gleitraten zu erwarten, dass Gleitschneelawinen ausgeschlossen werden können. Beobachtungen haben jedoch gezeigt, dass in offenen Beständen mit glatter Bodenoberfläche (prädestiniert scheinen insbesondere Lärchenwiesenwälder) Schneegleiten auftreten und selbst zu Gleitschneelawinen führen kann (Abb. 3). Jedenfalls scheint eine Beziehung zwischen Beschirmungsgrad und Schneegleiten zu bestehen: je mehr jener abnimmt, desto stärker nehmen die Gleitbewegungen zu (Höller, 2001b). Bereits in relativ kleinen Lücken (8 * 8 m) ist das Schneegleiten deutlich größer als im angrenzenden Wald (Höller, 2001b), eine Situation die Gleitschneelawinen begünstigt.

Grundsätzliche Untersuchungen

Die Frage, wie viele Stämme im Minimum erforderlich sind, um die Schneedecke zu stabilisieren, beschäftigt die Wissenschaft schon lange. Dabei zeigt sich, dass die in der Literatur angegebenen Zahlen zuweilen erheblich differieren, wenn nicht sogar in manchen Fällen widersprüchlich sind.

Ishikawa et al. (1969) entwickelten eine Formel um die notwendige Stammzahl in Abhängigkeit von der Hangneigung und dem Brusthöhendurchmesser zu berechnen. Die ermittelten Werte reichen von unter 200 Stämmen ($\psi = 35^\circ$; BHD = 20 cm) bis zu deutlich über 10.000 ($\psi = 45^\circ$; BHD = 5 cm), allerdings erscheint die Gleichung inkonsistent; zwar ergeben sich für die notwendigen Stammzahl bei geringeren Neigungen

auch geringere Werte (wobei eine Stammzahl von 36 bei 31° Hangneigung und einem Baumdurchmesser von 20 cm schon eher fraglich ist), allerdings ist die Anwendung der Formel bei 30° nicht mehr möglich, da sich in diesem Fall für die Stammzahl ein Wert von null ergibt (bei Neigungen unter 30° werden die Werte negativ).

Saeki et al (1970) untersuchten die Stammzahlen in einem Laubwald in der Niigata prefecture (Japan). Für Baumdurchmesser von 2–5 cm schätzen sie folgende Werte: 200 Stämme bei 30° Neigung, 500 Stämme bei 35° Neigung und 800–900 Stämme bei 40° Neigung. Inwieweit diese Erkenntnisse auch für den alpinen Raum relevant sind, lässt sich nur schwer beantworten.

Aulitzky und Mayer (1976) sehen die Unterschreitung einer Stammzahl von 400 in der Terminalphase als schutztechnisch kritisch an.

Ragaz (1972) beschäftigte sich ebenfalls mit dem Einfluss der Waldbestockung auf das mechanische Verhalten der Schneedecke und auf die Lawinenbildung. Er geht davon aus, dass eine aus 1000 bis 5000 Einzelbäumen pro Hektar zusammengesetzte Waldbestockung die Schneedecke an den Boden ‚festnageln‘ und dadurch den Lawinenanbruch am Steilhang verhindern kann.

Schneemechanisch untersucht wurde die Frage von Salm (1979). In Abhängigkeit von Hangneigung, mittlerem Baumdurchmesser, Schneemächtigkeit, Schneedichte und Gleitfaktor lässt sich mit dieser Methode die erforderliche Stammzahl ermitteln. Bei einer angenommenen Schneemächtigkeit von 1 m, einer Schneedichte von 300 kg/m³ und einem Baumdurchmesser von 35 cm bewegen sich die Werte für die erforderliche Mindeststammzahl zwischen 330 ($\psi = 30^\circ$; $N = 2$) und über 2000 ($\psi = 40^\circ$; $N = 1,2$); bei kleineren Baumdurchmessern (etwa 25 cm) liegen die entsprechenden Werte zwischen 380 und etwa 2500 Stämmen. Geringere Gleitfaktoren bedingen

höhere Stammzahlen (weil die Scherkräfte dann größer sind, was eine höhere Stammzahl erforderlich macht, um die Schneedecke stabil zu halten). Die Schneedichte fällt relativ wenig ins Gewicht.

Meyer-Grass und Schneebeili (1992) geben für wintergrüne Wälder die notwendige Stammzahl mit Werten zwischen 50 ($\psi = 30^\circ$) und 450 ($\psi = 50^\circ$) an (BHD > 16 cm); bei Lärchenwäldern werden in allen Neigungsklassen 300 Stämme als notwendig erachtet und bei Laubwäldern liegen die entsprechenden Zahlen zwischen 50 ($\psi = 30^\circ$) und 1100 ($\psi = 50^\circ$).

Nach Meyer-Grass und Schneebeili (1992) kann auch die mittlere Lückenbreite, d.h. der Abstand zwischen den Kronenrändern, zur Charakterisierung von Anrissgebieten verwendet werden. Nach ihren Untersuchungen führten Lückenbreiten von mehr als 10 bis 15 m bei entsprechender Neigung häufig zu Anrissen. Im Laub- und Laubmischwaldgebiet fanden Meyer-Grass und Schneebeili (1992) selbst in noch kleineren Lücken Anrisse von Lawinen (entsprechende Neigung vorausgesetzt). Auch Schneebeili und Bebi (2004) nennen ähnliche Werte. Sie führen aus, dass bei einem Beschirmungsgrad von 60 % (was typisch für subalpine Wälder in den Schweizer Alpen ist) bereits eine Lückenbreite von 20 m ausreicht, um die Auslösung von Lawinen zu ermöglichen ($\psi = 35^\circ$); bei Beschirmungsgraden unter 35 %, nimmt dieser Wert auf 10 m ab.

Bedeutender scheint jedoch die Frage nach der zulässigen Blößenlänge (Falllinie) zu sein, wie groß also Lücken oder Lichtungen maximal sein dürfen, damit dort allenfalls anbrechende Fließlawinen schadlos im Wald abgefangen werden können. deQuervain (1979) hat dazu einige Ansätze geliefert. Er hat unter der Voraussetzung, dass der Wald einen maximalen Fließdruck von 10 kPa meistern kann [was einer Geschwindigkeit von 10 m/s entspricht (unter der von deQuervain

gemachten Annahme einer Schneedichte von 200 kg/m³], die Längsausdehnung von Lücken bestimmt. Dabei ergeben sich Werte zwischen annähernd 50 m ($\psi = 30^\circ$; $d = 0,7\text{m}$) und etwas über 30 m ($\psi = 55^\circ$; $d = 1,5\text{m}$). Die Annahme von 10 kPa für den maximalen Fließdruck kann als konservativ bezeichnet werden, dürften doch ausgewachsene Bäume mit entsprechendem Durchmesser auch größeren Drücken standhalten; bei einer weniger konservativen Annahme, wären vermutlich auch größere Blößen noch unbedenklich (siehe auch folgendes Kapitel).

Frey et al. (1987) errechneten unter der Annahme eines Druckes von 100 kPa und einer Dichte von 200 kg/m³ eine kritische Geschwindigkeit von 18 m/s; bei einer Hangneigung von 35° ergibt dies eine Distanz (zulässige Lückenlänge) von 50 m, nach der die Lawine die Geschwindigkeit von 18 m/s erreicht hat. Dabei ist zu beachten, dass die Berechnungen von Frey et al. (1987) mit einem ϵ von 1120 m/s² durchgeführt wurden; bei einem ϵ von 600 m/s² [Salm et al. (1990) schlagen bei großen Rauigkeiten 600 m/s² und für Wald gar nur einen Wert von 400 m/s² vor], würde die kritische Länge einen doppelt so hohen Wert erreichen (die zulässige Lückenlänge wäre in diesem Fall also 100 m).

Aktuelle Erkenntnisse

Nach Margreth et al. (2008) zeigt der Wald in der Sturzbahn und im Auslauf von Lawinen keine relevante Wirkung mehr, wenn der Lawinendruck von Fließlawinen größer als 50 kPa und der Lawinendruck von Staublauwinen größer als 3 bis 5 kPa ist. Bebi et al. (2009) weisen darauf hin, dass solche Kräfte bereits bei relativ kleinen Lawinen nach einer Distanz von etwa 50 m auftreten können und dass dies auch mit Beobachtungen übereinstimmt, wonach Lawinen die mehr als

150 m oberhalb der Baumgrenze angebrochen sind, ausreichten, um Bäume zu brechen bzw. zu entwurzeln. Aus demselben Grund liegt die kritische Länge von Lücken für die Lawinenbildung zwischen 20 und 200m (Bebi et al., 2009).

Solche Werte (150 m für die zulässige Längsausdehnung von Lücken) ergeben sich auch, wenn für den zulässigen Druck ein Wert von 100 kPa (siehe oben) herangezogen wird, und die weiteren Parameter entsprechend angepasst werden. Der Druck von 100 kPa ergibt sich über adäquate Rückrechnung, unter der Annahme, dass die zur Zerstörung von erwachsenen Bäumen notwendige, von Lawinen hervorgerufene Biegespannung einen Wert von 30 MPa überschreiten muss (Feistl et al., 2015) und die Fließhöhe 3 m (BHD = 40 cm) beträgt.

Berücksichtigt man die Ausführungen von Schneebeili und Bebi (2004), wonach Lawinen mit Beschleunigungsdistanzen von mehr als 150 m nicht mehr von Wäldern gestoppt werden können, dann läge die oben genannte Zahl von 150 m für die maximale Längsausdehnung von Lücken gerade noch im tolerierbaren Bereich.

Teich et al. (2012) geben in diesem Zusammenhang sogar noch etwas größere Werte an; sie stellten fest, dass Wälder mit einer bestimmten Struktur imstande sind kleine Lawinen (< 100 m) innerhalb einer kritischen Distanz von 200–400 m zu stoppen.

Perzl und Walter (2012) haben nur die Lückenbreite als entscheidendes Kriterium zur Bewertung der Schutzwirkung vor Lawinenanbruch herangezogen. Sie geben für Nadelwald ($28^\circ < \psi < 34^\circ$) eine maximal zulässige Breite von 40 m an; bei größer werdenden Hangneigungen verringern sich die zulässigen Breiten demgemäß ($\psi > 44^\circ \rightarrow$ zulässige Lückenbreite 10 m); für sonstige Waldtypen werden generell niedrigere Werte angesetzt.

Viglietti et al. (2010) stellten im Bereich eines Lawinenanrissgebietes fest, dass auf unter 35° geneigten Hängen eine durchschnittliche Stammzahl von 330 Bäumen/ha die Schutzfunktion nicht mehr garantieren kann (bezogen auf Bäume mit BHD > 8 cm); bei Bäumen mit BHD > 16 cm liegt dieser Wert bei 250 Stämmen. Hänge mit einer Neigung von 35–40° sollten zumindest 360 Stämme/ha aufweisen und bei steileren Hängen (> 40°) steigt die Zahl auf 450 Bäume/ha (BHD > 8 cm), beziehungsweise 260 Bäume/ha (BHD > 16 cm).

Gauer (2017) hat die Zahlen von Meyer-Grass und Schneebeil (1992) sowie jene von Viglietti et al. (2010) als eher konservativ bezeichnet und schlägt indessen für norwegische Verhältnisse abgeänderte Werte vor. Nach seinen Berechnungen können schon 200 Stämme mit einem BHD von zumindest 25 cm (bei $\psi = 35^\circ$ und bei HS = 2 m) die Schneedecke in einem Birkenbestand stabilisieren.

Die Anzahl der Stämme um das Schneegleiten in einem auch für Jungpflanzen vertretbaren Ausmaß zu halten (siehe auch In der Gand, 1968) wurde von Höller (2014) ermittelt. Er gibt für südseitige gelegene Wälder mit einer Neigung von 30° und glatter Bodenoberfläche Werte zwischen 300 und 350 Stämme/h an, um die Gleitraten unter 1,5 mm/d zu halten. Bei Stammzahlen zwischen 200–250 Stämme/ha sind Gleitraten im Bereich von 1,5–7,5 mm/d zu erwarten (was noch tolerierbar ist, an exponierten Stellen aber Gleitschneeschutz notwendig machen kann). Noch geringere Stammzahlen würden die Gleitraten weiter ansteigen lassen (Bereich 7,5–30 mm/d); Gleitbewegungen dieser Größenordnung wären jedenfalls durch rauigkeitserhöhende Maßnahmen zu begrenzen. Wie Höller (2014) weiter ausführt gelten die Stammzahlempfehlungen für Standorte mit sehr glatter Bodenoberfläche; es

liegt auf der Hand, dass eine rauere Bodenoberfläche (geringere Gleitraten) auch Einfluss auf die erforderlichen Stammzahlen hätte.

Auch Feistl et al. (2014) haben bei ihren Untersuchungen über Gleitschneelawinen dem Thema Rauigkeit besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Dabei zeigte sich, dass je höher die Hangneigung ist, desto höher die Reibung sein muss, um ein Versagen des Stauchwalls zu verhindern. Bei einer Längsausdehnung der zu berücksichtigenden Schneetafel von 40 m (Länge der Lücke) und einer Neigung von 35°, wäre dazu eine Reibung von 0,4 erforderlich (was gestuftem oder felsigem Terrain bzw. Zwergsträuchern wie Vaccinien oder Rhododendren entspricht). Bei Neigungen von 45° müsste die Reibung bereits 0,7 betragen um das Gleiten zu verhindern (eine Reibung von 0,7 würde etwa verholzten Sträuchern oder Stümpfen aus Totholz entsprechen). Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass in einschlägigen Bewirtschaftungsrichtlinien, in welchen Angaben über die maximale Größe von Bestandeslücken enthalten sind, um Gleitschneelawinenanbrüche zu verhindern, die Rolle der Oberflächenrauigkeit vernachlässigt und deshalb die Gefahr auf glatten Hängen unterschätzt wird.

Schlussfolgerungen

Wie diese Ausführungen gezeigt haben, lässt sich ein exakter Wert (für die Mindeststammzahl bzw. für die maximal zulässige Abmessung von Lücken) nicht angeben.

Zu viele Faktoren beeinflussen die Berechnungen. Das beginnt bei der Baumartenzusammensetzung (ob der Bestand also hauptsächlich aus Lärchen oder immergrünen Baumarten besteht) und endet bei der Bodenrauigkeit (gerade im Zusammenhang mit Gleitschneelawinen).

Auch die unzähligen Annahmen dür-

fen nicht außer Acht gelassen werden; so ist es nicht unerheblich ob für die turbulente Reibung ein Wert von 600 m/s² (de Quervain, 1979) oder 1120 m/s² (Frey et al., 1987) verwendet wird, ob eine Schneedichte von 200 kg/m³ oder 400 kg/m³ zur Anwendung kommt oder die maximal zulässige Biegefestigkeit von Bäumen mit 30 oder 60 MPa angenommen wird [nach Feistl et al. (2015) können die Biegefestigkeiten in einem Bereich von 6 MPa (für Fichte) bis 150 MPa (für Birke) liegen].

Selbst wenn die Modellparameter eindeutig bestimmt werden könnten, wäre dies für eine genaue Festlegung vermutlich nicht ausreichend. Die von Feistl et al. (2015) erhobenen Folgen eines Lawinenabgangs in Monbiel zeigen, dass selbst direkt nebeneinanderstehende Bäume (mit gleichem Durchmesser) ganz unterschiedlich beeinflusst wurden (die Bestandsaufnahme belegt zerstörte Bäume unmittelbar neben nicht beschädigten Bäumen).

Für den Praktiker sind diese Feststellungen natürlich wenig befriedigend. Da derzeit aber kaum Daten aus Felderhebungen verfügbar sind, wird man nähere Details erst dann in Erfahrung bringen können, wenn ausreichend Geländeuntersuchungen zur Verfügung stehen.

Generell liegt man aber auf der sicheren Seite, wenn man die im dritten Abschnitt angeführten (konservativen) Werte berücksichtigt.

Anschrift des Verfassers / Author's address:

Priv. Doz. Dipl.-Ing. Dr. Peter Höller
 Bundesforschungszentrum für Wald
 Institut für Naturgefahren
 Rennweg 1
 6020 Innsbruck
 peter.hoeller@bfw.gv.at

Literatur / References:

- AULITZKY, H. MAYER, H. 1976: Zur Ableitung der zweckmäßigen Verjüngungsgröße im Lärchen-Zirben-Schutzwald. XVI. IUFRO World Congress Oslo, Norwegen, 20. Juni – 2. Juli 1976, Div. I: Forest Environment and Silviculture. Congress Group 1, Ecosystems 123 – 138.
- BEBI, P. KULAKOWSKI, D. RIXEN, C. 2009: Snow avalanche disturbances in forest ecosystems—State of research and implications for management. *Forest Ecology and Management*, 257(9): 1883–1892.
- DEQUERVAIN, M. 1979: Wald und Lawinen. Proceedings of the IUFRO Seminar Mountain Forests and Avalanches, Davos, Switzerland, Sept 1978: 219–231.
- FEISTL, T. BEBI, P. DREIER, L. HANEWINKEL, M. BARTELT, P. 2014: Quantification of basal friction for technical and silvicultural glide-snow avalanche mitigation measures. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 14, 2921–2931.
- FEISTL, T. BEBI, P. CHRISTEN, M. MARGRETH, S. DIEFENBACH, L. BARTELT, P. 2015: Forest damage and snow avalanche flow regime. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 15, 1275–1288, 2015.
- FREY, W. 1977: Wechselseitige Beziehung zwischen Schnee und Pflanze – Eine Zusammenstellung anhand von Literatur. Mitteilungen des Eidg. Inst. f. Schnee- und Lawinenforschung, Nr. 34.
- FREY, W. FRUTIGER, H. GOOD, W. 1987: Openings in the forest caused by forest deperishment and their influence on avalanche danger. In Fujimori, T., and Kimura, M. (eds.), *Human Impacts and Management of Mountain Forests*. Ibaraki, Japan: Forestry and Forest Products Research Institute, 223–238.
- GAUER, P. 2017: Risikomanagement in lawinenexponierten Gebieten Norwegens. *Wildbach- und Lawenschutz* 179, 100–111.
- GUBLER, H. RYCHETNIK, J. 1991: Effects of forest near the timberline on avalanche formation. *Snow, Hydrology and Forests in High Alpine Areas, Proceedings of the Vienna Symposium, August 1991*. IAHS Publication, 205: 19–37.
- HÖLLER, P. 1998: Tentative investigations on surface hoar in mountain forests. *Annals of Glaciology*, 26, 31–34.
- HÖLLER, P. 2001a: The influence of the forest on nighttime snow surface temperature. *Annals of Glaciology*, 32, 217–222.
- HÖLLER, P. 2001b: Snow gliding and avalanches in a south-facing larch stand. In: *Soil-Vegetation – Atmosphere Schemes and Large-Scale Hydrological Models*. IAHS Publ. 270, 355–358.
- HÖLLER, P. 2014: Snow gliding on a south-facing slope covered with larch trees. *Annals of Forest Science* 71, 81–89.
- IMBECK, H. 1987: Schneeprofile im Wald. Winterbericht des Eidg. Inst. f. Schnee- und Lawinenforschung 50, 177–183.
- IN DER GAND, H. 1968: Aufforstungsversuche an einem Gleitschneehang. *Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für d. Forstl. Versuchswesen* 44:233–326.
- IN DER GAND, H. 1978: Verteilung und Struktur der Schneedecke unter Waldbäumen und im Hochwald. *Proc. IUFRO Seminar Mountain Forests and Avalanches*, 97 – 119.
- ISHIKAWA, M. SATO, S. KAWAGUCHI, T. 1969: Snow Density of Avalanche Protection Forest. *Journal Jap. Soc. Snow and Ice* 31, 14–18.

MARGRETH, S. BURKARD, A. BURI, H. 2008:
Protect: Beurteilung der Wirkung von Schutzmaßnahmen gegen Naturgefahren als Grundlage für ihre Berücksichtigung in der Raumplanung. Teil B: Lawinen 51 Seiten.

MEYER-GRASS, M. SCHNEEBELI, M. 1992:
Die Abhängigkeit der Waldlawinen von Standorts-, Bestandes- und Schneebedingungen. Proc. Interpraevent, Bern 1992, Band 2, 443-455.

PERZL, F. WALTER, D. 2012:
Gefährdung der Verkehrsinfrastruktur durch Naturgefahren: Identifikation durch Schneelawinen gefährdeter Verkehrswege-Abschnitte. Technischer Bericht EU-Projekt PARAMount, 99 S.

RAGAZ, C. 1972:
Der Wald als Lawinenschutz. In: Lawinenschutz in der Schweiz. Beiheft Nr.9 zum Bündnerwald, 211-219.

SAEKI, M. MATSUOKA, H. 1970:
Ground Avalanche Prevention Function of Broad-Leaved Young Stand. Journal Jap. Soc. Snow and Ice 32, 43-54.

SALM, B. 1979:
Snow forces on forest plants. Proceedings of the IUFRO Seminar Mountain Forests and Avalanches, Davos, Switzerland, Sept.1978: 157-182.

SALM, B. BURKHARD, A. GUBLER, H. 1990:
Berechnung von Fließlawinen. Eine Anleitung für den Praktiker. Mitteilungs des Eidg. Inst. f. Schnee- und Lawinenforschung, Nr. 47.

SALM, B. 1991:
Der Anbruchmechanismus von Schneebrettlawinen und die Gefahrenbeurteilung eines Einzelhanges. Sicherheit im Bergland. Jahrbuch des Kuratoriums für Alpine Sicherheit, 182 - 194.

SCHNEEBELI, M. BEBI, P. 2004:
Snow and Avalanche Control. In: Burley, J. Evans, J. Youngquist, J.A. (Eds.), Encyclopedia of Forest Science. Elsevier, pp. 397-402.

TEICH, M. BARTELT, P. GRËT-REGAMEY, A. BEBI, P. 2012:
Snow avalanches in forested terrain: influence of forest parameters, topography and avalanche characteristics on runout distance, Arct. Antarct. Alp. Res., 44, 509-519.

VIGLIETTI, D. LETEY, S. MOTTA, R. MAGGIONI, M. FREPPAZ, M. 2010:
Snow avalanche release in forest ecosystems: a case study in the Aosta Valley Region (NW-Italy). Cold Regions Science and Technology, 64(2): 167-173.

i.n.n. | naturraum - management
ingenieurgesellschaft
geoinformatik
geotechnik
risk-management recht

i.n.n.
ingenieurgesellschaft für
naturraum - management mbH & Co KG
tel (fax): 0043-512-342725 (11)
mail: office@inn.co.at
grabenweg 3a
A-6020 innsbruck

Unsere Leistungen im Naturgefahren-Management:
Regional- und Gefahrenzonenplanung Schutzkonzepte Gutachten
Einreichplanung Ausschreibungen Umsetzungsbegleitung /-kontrolle

Weitere Bereiche: Umwelttechnik und Sportstättenplanung

CHRISTIAN AMBERGER, MARKUS WALLNER

Flächenwirtschaftliche Projekte – umfassende Schutzwaldsanierung in Einzugsgebieten der Wildbach- und Lawinenverbauung am Beispiel der Tiroler Waldpflegeprogramme – Ein Statusbericht

Protection forest management plans – comprehensive protective forest restoration in the catchment areas of the avalanche and torrent control using the example of Tyrolean forest maintenance programs – A status report

Zusammenfassung:

Der Forsttechnische Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung setzt seit den 1950er Jahren Flächenwirtschaftliche Maßnahmen um. Dabei werden technische und schutzwaldbauliche Maßnahmen miteinander verschränkt. Im Bundesland Tirol wurde eine neue wegweisende Generation solcher Projekte ins Leben gerufen, die hier vorgestellt werden soll.

Stichwörter:

Flächenwirtschaftliche Projekte, Schutzwald, Waldpflege, Tirol

Abstract:

Since the 1950s, the forestry service for torrent and avalanche control has been implementing protection forest management measures, which interlinks technical and protective forestry measures. In Tyrol, a new pioneering generation of such projects was launched and will be presented in this article.

Keywords:

Protection forest management projects, protection forest, forest tending, Tyrol

Flächenwirtschaftliche Projekte des Forsttechnischen Dienstes

Schon die rechtliche Keimzelle der Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV), das Wildbachverbauungsgesetz aus 1884 weist darauf hin, dass im „Arbeitsfeld“ zur unschädlichen Ableitung von Gebirgswässern und zur Sicherung gegen die Entstehung und den Abgang von Lawinen u.a. Begrünungen und Aufforstungen vorzusehen sind.

Die flächenwirtschaftlichen Maßnahmen im heutigen Sinne hatten ihren Ursprung in den großen Hochlagenaufforstungen, die in der Folge der katastrophalen Lawinenwinter 1950/51 und 1953/54 in Angriff genommen wurden. Wegweisend wurde im Zillertal (Tirol) bereits im Jahre 1953 ein Projekt zur so genannten „Integralmelio-

ration“ erstellt, um die Einzugsgebiete in Hinblick auf ihre Waldausstattung zu verbessern.

Der heute gebräuchliche Begriff „Flächenwirtschaftliches Projekt“ entstammt der Technischen Richtlinie für die Wildbach- und Lawinenverbauung, welche zur Konkretisierung des § 3 des Wasserbautenförderungsgesetzes als Voraussetzungen der Gewährung und Bereitstellung von Bundes- und Fondsmitteln geschaffen wurde.

Das Flächenwirtschaftliche Projekt (FWP) hat integralen Charakter und umfasst in der Regel Waldbegründungs-, Waldpflege- und Waldbewirtschaftungsmaßnahmen sowie die Errichtung dazu notwendiger Erschließungen und unterstützender technischer Maßnahmen.

Flächenwirtschaftliche Projekte können neben den Dienststellen der Wildbach- und Lawi-

Jahr	FWP WLW [€]	FWP LFD [€]	FWP Gesamt [€]	WLW Gesamt [€]	% FWP
2005	8,634,053	7,627,650	16,261,703	129,510,245	12.60
2006	8,474,627	6,848,119	15,322,746	127,072,674	21.10
2007	7,093,589	8,149,668	15,243,257	127,484,254	12.00
2008	8,002,198	3,904,912	11,907,110	138,844,083	8.60
2009	7,138,937	3,898,438	11,037,375	131,091,245	8.40
2010	6,022,484	4,058,121	10,080,605	126,069,163	8.00
2011	6,860,525	4,206,249	11,066,774	124,093,675	8.90
2012	8,647,506	3,153,675	11,801,181	137,536,281	8.60
2013	5,853,500	3,250,130	9,103,630	170,114,317	5.40
2014	5,378,516	2,602,493	7,981,009	161,476,350	4.90
2015	7,621,235	5,395,482	13,016,717	154,667,943	8.40

Abb. 1: Umsatz der Flächenwirtschaftlichen Projekte, getrennt nach Dienststellen der WLW und LFD.

Fig. 1: Sales of protection forest management projects, separately after departments of WLW and LFD.

nenverbauung auch durch den Landesforstdienst (LFD) abgewickelt werden. Für jedes Flächenwirtschaftliche Projekt ist einvernehmlich zwischen der Wildbach- und Lawinenverbauung und dem Landesforstdienst eine „die Planung und Umsetzung koordinierende und durchführende Stelle“ zu nominieren.

Flächenwirtschaftliche Projekte erbrachten einst immer mehr als 10 % des gesamten Umsatzes der Wildbach- und Lawinenverbauung. Ein Paradigmenwechsel hinsichtlich der Rahmenbedingungen für die Förderung der FWP stellte das im Jahre 2007 ins Leben gerufene Programm für Ländliche Entwicklung dar. Damit wurde ein neues Förderprogramm installiert, welches auch die Förderung schutzwaldbaulicher Maßnahmen ermöglicht. Dieses Förderprogramm ist aufgrund des erhöhten administrativen Aufwandes pro Förderfall und aufgrund von vorgeschriebenen Mindestförderbeträgen insbesondere für die Umsetzung umfangreicherer Maßnahmen und Gewerke, wie die Errichtung von Bringungsanlagen oder großflächiger Nutzungen geeignet.

Damit ist auch der Umsatzknick ab dem Jahre 2008 zu erklären.

In den Dienststellen der WLW werden aus rund 60–80 Projekten/Jahr flächenwirtschaftliche Maßnahmen umgesetzt. Da diese Projekte auf lange Umsetzungszeiträume ausgelegt sind (gemäß Technischer Richtlinie bis zu 30 Jahre), haben die anfallenden Arbeiten oft Pflegecharakter und generieren kleine Umsätze. Weiters kann festgehalten werden, dass diese Maßnahmen nicht ausschließlich auf alpine Lagen beschränkt sind, immerhin waren in den letzten Jahren 17 (von 21) Gebietsbauleitungen mit Schwerpunkt in Vorarlberg, in der Steiermark, in Tirol und in Oberösterreich betroffen. In den Dienststellen der WLW werden als FWP überwiegend Lawinen- und Steinschlagschutzmaßnahmen umgesetzt.

Anders bei den Flächenwirtschaftlichen Projekten, die über die Landesforstdienste abgewickelt werden. Hier gibt es einen klaren Schwerpunkt der Projektskulisse. Der Großteil der Maßnahmen befindet sich in Tirol, einzelne Projekte im Bundesland Salzburg und einige wenige auslaufende Projekte in der Steiermark, in Oberösterreich und Kärnten.

Die neuen Tiroler Pflegeprojekte

Anlass, Motivation

Im Bundesland Tirol lief und läuft die letzte Generation der FWP überwiegend in den 2010er Jahren aus und somit stellte sich die Frage, wie und unter welchen Rahmenbedingungen zukünftige Projekte angelegt werden sollen.

Damit das Förderinstrument der Ländlichen Entwicklung und die Zielsetzungen der FWP bestmöglich aufeinander abgestimmt werden können, kamen die Abteilung III/5 im BMLFUW und die Tiroler Landesforstdirektion überein, dass hinkünftige Flächenwirtschaftliche Projekte als so genannte „Pflege-FWP“ umgesetzt werden. Dafür wurde als Basis-Projektskulisse ein Tiroler Försterdienstbezirk gewählt. Die eigentliche Projektsfläche besteht dann aus den Wäldern mit Objektschutzwirkung, Standortsschutzwald (entspricht S3 nach Waldentwicklungsplan, WEP) und Wirtschaftswald mit Schutzfunktion (entspricht S2 nach WEP), die in Einzugsgebieten der Wildbach- und Lawinenverbauung liegen. Von der Projektfläche ausgenommen sind Flächen der Österreichischen Bundesforste AG, weiters Flächen, über die in den letzten drei Jahren ein Gutachten wegen Waldverwüstung nach § 16 Forstgesetz erstellt wurde, sowie nach Beschluss der Landesförderkonferenz ausgenommene Flächen.

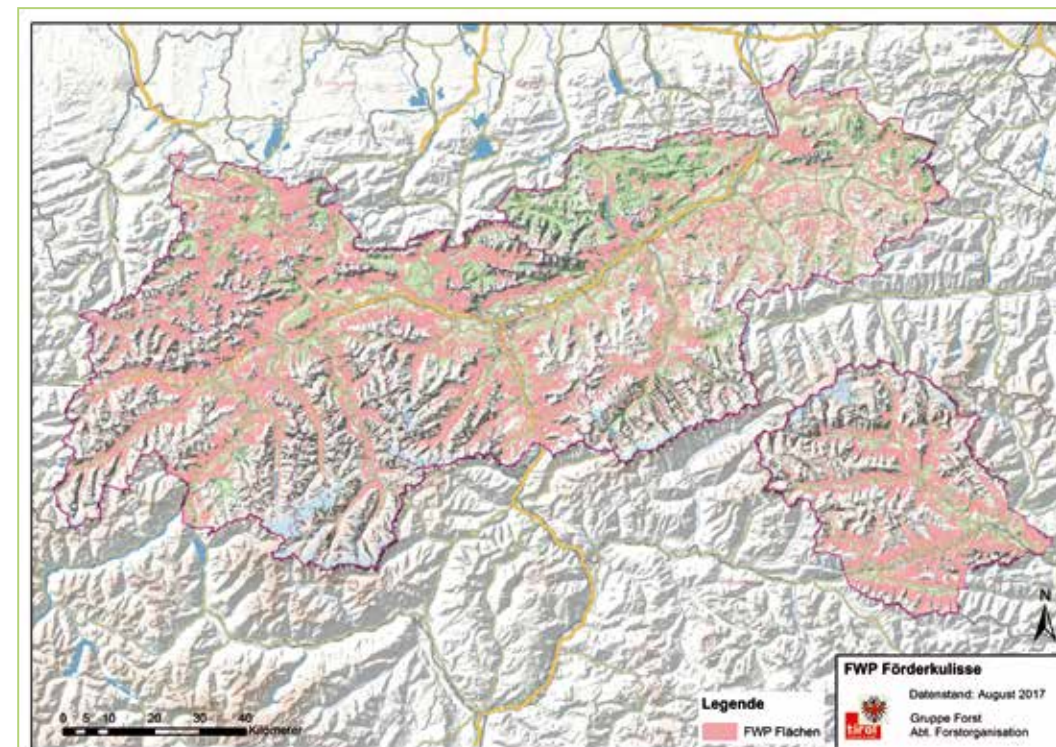


Abb. 1: Übersicht Projektsflächen der Pflegeprojekte in Tirol

Fig. 1: Project areas of the protection forest management projects in Tyrol

Aus den Mittel der FWP werden dezidiert nur Aufforstungen, schutzwaldbauliche Pflegemaßnahmen, die Errichtung einfacher technischer Gewerke und Forstschutzmaßnahmen gefördert. Bringungsmaßnahmen und Endnutzungen werden über das Instrument der Ländlichen Entwicklung umgesetzt.

Projektsziel und Projektvoraussetzungen

Mit der Durchführung dieser Projekte wird eine Erhöhung der Schutzfunktion des Waldes gegen Lawinen, Steinschlag, Murenereignisse, Geschiebeabtrag und Hochwasser zum Schutz von Siedlungsräumen und Infrastruktureinrichtungen und Standorten angestrebt. Die Verjüngung der

Schutzwälder soll durch Aufforstungen und Förderung der Baumarten der potentiell natürlichen Waldgesellschaft sowie durch stabilisierende Pflegeeingriffe die spätere Schutzwirkung der Bestände sicherstellen.

Walddatenbank – Waldtypenkarte

Für das gesamte Bundesland Tirol liegt eine Waldtypenkarte, die in die Walddatenbank eingebunden ist, vor. Diese stellt für den gesamten Tiroler Landesforstdienst ein zentrales Instrument für die Verwaltung und Bewirtschaftung der Schutzwälder dar. Über eine WebGIS-Anwendung werden bei der Verortung von geplanten Maßnahmen Informationen zur Verfügung gestellt.

Unter Anderem werden standortstypische

sche Risiken und Naturgefahren, sowie bei Aufforstungen das Bestockungsziel des Altbestandes angezeigt.

Ermittlung der Verjüngungsdynamik

Mit der Verjüngungsdynamik wird die aktuelle Jungwaldentwicklung dargestellt. Dabei wird einerseits das Ausmaß der Verjüngung der Waldbäume kenntlich und andererseits auch die Dynamik, also die Veränderung und Entwicklung der Jungpflanzen sichtbar gemacht. Die Jungwaldentwicklung und der Einfluss von Wild- und Weidetieren werden kartografisch dargestellt.

Es handelt sich um eine Ist- Zustandserhebung, auf Vergleiche mit Soll-Zuständen wird bewusst verzichtet. Mit rationalen und zeitsparenden Methoden erhält man damit eine flächige Aussage über ganz Tirol, die bis auf die Ebene des Jagdrevieres heruntergebrochen werden kann.

Maßnahmen der Pflege – FWP

Dem integralen Charakter eines FWP folgend werden schutzwaldbauliche und einfache technische Maßnahmen unterschieden

Schutzwaldbauliche Maßnahmen

Aufforstung: Bei der Aufforstung von Schlag- und Blößenflächen ist auf ausreichende Pflanzanzahlen sowie auf die für die betreffende Waldgesellschaft typische Baumartenmischung zu achten. Die Soll-Pflanzanzahl liegt im Schutzwald zwischen 2.500 – 3.000 Stk./ha. Bei starken Ausfällen ist es notwendig Nachbesserungen auf den Flächen durchzuführen.

Grundlage für die Baumartenmischung stellen die „Empfehlungen der Baumartenanteile durch die Waldtypisierung“ dar, wie sie bei Verortung der Maßnahme in der Walddatenbank angezeigt werden. Diese Empfehlung kann nach

Maßgabe an das örtliche Schutzziel (z.B. Steinschlagschutz, Lawinenschutz) angepasst werden.

Forstschutz: Zu den Forstschutz- und Vorbeugemaßnahmen zählen Fangbäume / Prügelfallen, Käferfallen, Pheromone, Pflanzenschutzmittel, Hygienemaßnahmen, Holz „vor Ort belassen“, sowie die Aufarbeitung von Schadholz und die Entfernung von Einzelstämmen zum Straßenschutz.

Kulturpflege: Auf zur Vergrasung und Verkrautung neigenden Standorten ist das Aussicheln der Bäumchen mindestens einmal pro Jahr notwendig. Mischbaumarten müssen unbedingt trupp- bis gruppenweise gepflegt werden, damit in jungen Jahren einen Wuchsvorsprung gegenüber der Fichte ermöglicht wird.

Dickungspflege: In Dickungen wird die Stammzahl auf 1.200–2.500 Stämme/ha abgesenkt. Vorhandene Mischbaumarten sind dabei möglichst zu fördern.

Durchforstung: Durchforstungen erhöhen die Bestandesstabilität. In Form von Auslesedurchforstungen oder Strukturdurchforstungen sind Mischbaumarten konsequent zu fördern, kranke und beschädigte Individuen zu entfernen und die Kronenpflege durchzuführen. In Steinschlagschutzwäldern soll die Stabilität der Gruppe vorrangig beachtet werden.

Technische Maßnahmen

Verpflockung: Die Verpflockung von Aufforstungen dient bei starker Konkurrenzvegetation dem Wiederauffinden beim Aussicheln und eventuell gegen Schäden durch Schneeschub.

Querfällung/Rauhobäume: Bei glatter Bodenoberfläche und über Lücken und Runsen dienen Querfällungen zum Schutz der Verjüngung vor Schneeschub, Steinschlag und Bodenlawinen.

Hohe Abstockung: Das Belassen hoher Stöcke auf den Nutzungsflächen stellt eine Förderung der Oberflächenrauigkeit dar. Die bergseitige Höhe

soll mindestens die Hälfte der mittleren maximalen Schneedeckenhöhe betragen. Bei Steinschlaggefährdung soll die bergseitige Höhe mindestens die Hälfte der zu erwartenden Blockgröße betragen. Im steilen Gelände bei hohen Sprunghöhen der Blöcke mindestens 1,3 m hoch.

Bodenbearbeitung: Ohne entsprechende Bodenvorbereitung mit Schreitbagger ist in Streunutzungs- und Schneitelbeständen eine schlechte Verjüngungsbereitschaft gegeben. Erst nach guter Durchmischung des Oberbodens mit dem Unterboden und anschließender Düngung ist mit guten Erfolgen zu rechnen. Die Bodenvorbereitung bzw. Bodenbearbeitung soll sich auf diese degradierten Standorte beschränken.

Kleinflächige, lokale Hangstabilisierungen: In Wäldern mit hohem Naturgefahrenpotential und mit Objektschutzwirkung können notwendige Hangentwässerungen, Hangstabilisierungen sowie Sicherungsmaßnahmen infolge instabiler Geländebeziehungen durchgeführt werden. Ein Zusammenhang mit notwendigen Sanierungsmaßnahmen bei Forstwegen darf nicht bestehen.

Zwangsnutzungen mit direktem Objektbezug: Wenn ein wildbachtechnisches Gutachten der zuständigen Gebietsbauleitung vorliegt, sowie alle anderen Voraussetzungen des Forstlichen Förderkataloges erfüllt sind, können kleinflächige Zwangsnutzungen (Aufarbeitung von Schadholz) sowie Hangentlastungen bestandesschonend durchgeführt werden. Bei direkter Gefährdung von Objekten und Strassen kann nach Vorliegen eines forsttechnischen Gutachtens der Einsatz von Spezialgeräten, Trageislergeräte und Hubschrauber im Einzelfall ermöglicht werden.

Einfache technische Werke: Auch die Errichtung von einfachen technischen Holzwerken (Krainwände, Holzbohlenwände, u.a.) in Wäldern mit hohem Naturgefahrenpotential, vorrangig in Objektschutzwäldern ist förderbar.

Wald - Weidetrennung: Gefördert kann auch die Schaffung von Reinweideflächen sowie die Errichtung dauerhafter Weidezäune in waldweidebelasteten Projektgebieten werden.

Waldbauliche Zieldefinitionen

Die nachhaltige Leistungsfähigkeit der Bestände kann nur durch die weitgehende Erhaltung oder Herstellung der potentiell natürlichen Baumartenmischung gesichert werden. Die Waldpflege soll sich auf die Förderung der angestrebten Baumarten, sowie auf die Steigerung der Bestandesstabilität konzentrieren.

Lawinenschutzwald

Lawinenschutzwälder sollen in erster Linie das Anreißen von Lawinen im Wald verhindern. Dichter geschlossener Wald stellt einen sehr guten Lawinenschutz dar. Weist ein Bestand Lücken auf oder ist er aufgelöst, so können Lawinenanbrüche nicht mehr ausgeschlossen werden, die Schutzwirkung ist reduziert. Beispielsweise hat ein Wald nahe der oberen Waldgrenze, der natürlicherweise Lücken und Schneisen aufweist, bedeutend schlechtere Voraussetzungen zur Verhinderung von Lawinenanrissen als ein geschlossener Wald auf wüchsigem Standort. Spezielle Maßnahmen zur Reduktion von Lawinenanrissen sind:

- Aufforstung bestehender Lücken mit entsprechenden Baumarten
- Förderung der Oberflächenrauigkeit durch Belassen von hohen Stöcken und Querfällung
- in hochmontanen und subalpinen Lagen sind Gruppen- und Rottenstrukturen mit langen Kronen bzw. nach Möglichkeit bis zum Boden bekronte Bäume anzustreben

Steinschlagschutzwald

Größere Freiflächen in vertikaler Ausdehnung erhöhen die Geschwindigkeit abgehender Steine und müssen daher unbedingt verjüngt werden. Die vertikale Ausdehnung darf nicht mehr als 20 m betragen.

Lärche ist die Steinschlagschutz-Baumart der Hochlagen und der Buchenausschlussgebiete. Dies ist bei Aufforstungen und Pflegeeingriffen zu bedenken.

Unterhalb der Anbruchgebiete des Steinschlages ist ein hoher Anteil steinschlagunempfindlicher und/oder dickborkiger Baumarten mit hoher Bruchschlagfestigkeit (Tanne, Ahorne, Lärche) anzustreben. Bestände mit einem breiten Durchmesserpektrum und einem Mosaik unterschiedlicher Waldentwicklungsphasen stellen den besten Schutz vor Steinschlag dar.

Die Gestaltung der Waldaußenränder am Unterhang im Übergang zu landwirtschaftlichen Flächen als dichte Waldmäntel oder Strauchsäume bzw. Dicksungstreifen zum Auffangen auch kleinerer Steine ist zweckmäßig. Hoch

Abstocken (> 100 cm) und Querschlägern von nicht vermarktaren Sortimenten kann die Steinschlaggefahr reduzieren.

Bodenschutzwald

Rutschungen im Wald entstehen häufig im Bereich von Blößen oder Freiflächen bzw. darunter, sowie in stark aufgelockerten Beständen. In diesen Einheiten ist das Wurzelwerk der Bäume jeweils weniger dicht und stark ausgeprägt, damit ist die Armierung des Bodens deutlich schwächer als in optimal bestockten Beständen (ungleichaltrige Mischbestände aus standortsangepassten Baumarten). Die Baumarten der potentiellen natürlichen Waldgesellschaft müssen gegebenenfalls aktiv eingebracht werden.

Auf rutschgefährdeten Standorten ist ein hoher Anteil immergrüner Baumarten mit tiefer Bewurzelung und großem Transpirationsvermögen für die Bestandesstabilität und den tiefgründigen Bodenaufschluss anzustreben.

Abbruchkanten sollen durch Entfernen instabiler großer Bäume entlastet werden, um Nachböschungen und Verklausungen zu verhindern.



Abb. 2:
Aufforstung eines überalterten Schutzwaldbestandes oberhalb von Siedlungen im Objektschutzwald in der Gemeinde Ellmau – FWP Kufstein Süd.

Fig. 2:
Afforestation of overaged protection forest stands above villages in the municipality of Ellmau; FWP Kufstein Süd

Umsetzung und Finanzierung

Insgesamt wurden 39 Pflege-Projekte entwickelt, die das gesamte Bundesland Tirol abdecken. Die Finanzierung übernimmt zu 55 % die Republik Österreich, zu 20 % das Land Tirol und zu 25 % stellvertretend für die Interessenten der Tiroler Waldpflegeverein. Die Projekte werden nach Maßgabe der verfügbaren Mittel über die Freigabe von Teiltranchen der genehmigten Projektschsummen umgesetzt. Die Projektlaufzeit beträgt 15 Jahre, also von 2015 bis 2029. Die Projekte unterliegen einer umfassenden Betreuung und Koordinierung durch die örtliche BFI, etwa nach der halben Projektlaufzeit sollen Zwischenkolaudierungen statt finden.

Beispiele und Stand der Umsetzung

Das Flächenwirtschaftliche Projekt Kufstein Süd sieht in den Gemeinden Schwoich, Söll, Langkampfen, Ellmau, Scheffau am Wilden Kaiser auf rund 5.100 ha schutzfunktionaler Waldflächen in Einzugsgebieten Maßnahmen vor.

Das Flächenwirtschaftliche Projekt Imst, Försterbezirk Ötztal sieht in den Gemeinden Längenfeld, Sölden, Sautens, Tarrenz, Haiming auf



Abb. 3: Pflegemaßnahmen zur Erhöhung der Bestandesstabilisierung der Schutzwälder in Oberlängenfeld im FWP Imst FB Ötztal

Fig. 3: Maintenance measures to increase the stability of protection forest stands in Oberlängenfeld; FWP Imst FB Ötztal

rund 10.000 ha schutzfunktionaler Waldflächen in Einzugsgebieten mit überwiegend ausgeprägten Standorts- und Objektschutzwaldcharakter Maßnahmen vor.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Christian Amberger
Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektion Wien, Niederösterreich und Burgenland
(vormals BMLFUW Abteilung III/5)
Marxergasse 2, 1030 Wien
christian.amberger@die-wildbach.at

DI Markus Wallner
Landesforstdirektion Tirol
Bürgerstrasse 36, 6020 Innsbruck
Markus.wallner@tirol.gv.at



ALBERT PICHLER, DIETER STÖHR

10 Jahre Wildbachbetreuung Tirol

10 years torrent monitoring in Tyrol

Zusammenfassung:

Die Wildbachbetreuung Tirol hat sich innerhalb von 10 Jahren als wesentlicher Baustein der Naturgefahrenprävention im Bereich von Wildbächen etabliert. Die Rollenverteilung ist allen Beteiligten klar und hat sich in der praktischen Abwicklung sehr bewährt. Die Aufgabenverteilung auf mehrere Institutionen von Bund, Land und Gemeinden ist durch die WEB-Applikation mit einheitlichem Arbeitsablauf einfach geregelt. Vereinzelt Probleme in der Abwicklung werden durch das Angebot von „Wildbachtagen“ in den Gemeinden behoben.

Stichwörter:

Wildbachbetreuung, Tirol, Wildbachbegehung, laufende Überwachung

Abstract:

The torrent monitoring system was introduced 10 years ago and is now established as an essential element in hazard prevention. The role allocation is clear and the system is working well. The distribution of responsibilities between different public entities as state, county and municipality is simple regulated by a web-application with consistent workflow. Sporadic problems are discussed in the municipalities during information days.

Keywords:

Torrent monitoring, Tyrol, torrent inspection, continuous monitoring

Einleitung

Mehr als 2.000 Wildbäche gefährden den Siedlungsraum in Tirol. Seit 2008 wird die Begehung, die Dokumentation und Beseitigung von Abflusshindernissen und die laufende Überwachung der Schutzbauwerke in einer institutionalisierten Zusammenarbeit von Land Tirol, der Wildbach- und Lawinenverbauung und den Tiroler Gemeinden abgewickelt. Wichtiger Bestandteil ist eine gemeinsame WEB-Datenbank, mit der der gesamte Arbeitsablauf gesteuert und dokumentiert wird.

Prioritätenreihung der Begehungsstrecken

Nach dem Forstgesetz 1975 sind die Gemeinden verpflichtet, alle verordneten Wildbäche zumindest jährlich zu begehen. Wenn alle verordneten Wildbäche tatsächlich jedes Jahr von der Quelle bis zur Einmündung in den Vorfluter begangen werden müssten, würde dies Begehungsstrecken von insgesamt mehr als 15.000 km bedeuten, die im großteils unzulänglichem und weglosem Gelände absolviert werden müssten. Damit diese Aufgabe überhaupt zu bewältigen ist, haben die örtlich zuständigen Dienststellen des Forsttechnischen Dienstes der Wildbach- und Lawinenverbauung die gefährlichsten Bachabschnitte nach einem einheitlichen Kriterienkatalog identifiziert und im WEBGIS des Landes Tirol kartografisch erfasst. In Abhängigkeit vom Risiko, das aus dem Bachabschnitt resultiert, wurden die Bachabschnitte in die Begehungsintervalle „jährlich“, „5-jährig“ und „keine regelmäßige Begehung nötig“ eingeteilt.

Wildbachbegehung durch Gemeindewaldaufseher

Durch die Konzentration auf die Bachabschnitte mit dem größten Risikopotential war es möglich, die Begehungsstrecke auf jährlich 2.700 km zu

reduzieren. Durch die Konzentration auf das Wesentliche kann diese Aufgabe von den Waldaufsehern der Gemeinden tatsächlich auch bewältigt werden. Die Länge der jährlich zu begehenden Wildbäche beträgt im Durchschnitt ca. 10 km pro Waldaufseher, in einzelnen Gemeinden allerdings auch mehr als 40 km.

Die Begehungstermine bis zu denen die Begehungen abgeschlossen sein sollten, werden von den Wildbachaufsehern der Gebietsbauleitungen der Wildbach- und Lawinenverbauung in Abhängigkeit von der Schneedeckendauer im Frühjahr jährlich neu festgelegt. Die Termine wurden in den letzten Jahren eher nach vorne verlegt, da Schadereignisse zunehmend bereits ab Ende Mai aufgetreten sind.

Diese frühen Termine stellen die Waldaufseher vor große Herausforderungen, da im Frühjahr auch im forstlichen „Kerngeschäft“ besonders viel Arbeit anfällt und Begehungstermine daher manchmal nicht vollständig eingehalten werden können.

Dringlichkeitsreihung durch Wildbachaufseher

In jeder Gebietsbauleitung sind 1–2 Mitarbeiter mit der Beurteilung und Priorisierung der Beobachtungen der Gemeindewaldaufseher beschäftigt. Arbeitsschwerpunkt ist dabei der Zeitraum von April bis Juni, wenn der Großteil der Beobachtungen in der WEB-Applikation angelegt wird und in kurzer Zeit bewertet werden soll.

Aufgaben der Gemeinde

Die Benachrichtigung und Information der Grundeigentümer, die Erstellung von Räumungsbescheiden bei Abflusshindernissen mit bekanntem Verursacher und die Beauftragung aller Maßnahmen der Gewässerpflege liegen im Zuständigkeitsbereich der Gemeinden. In jeder Gemeinde ist

deshalb zumindest ein Mitarbeiter oder der Bürgermeister selbst mit einer entsprechenden Rolle in der WEB-Applikation ausgestattet, mit der die entsprechenden Arbeitsschritte durchgeführt werden können.

Vordefinierte Informationsschreiben und Räumungsbescheide mit den spezifischen Informationen zur gegenständlichen Beobachtung sind in der WEB-Applikation hinterlegt und erleichtern die Arbeit der Gemeinden beträchtlich. Vereinzelte Probleme in der Abwicklung werden durch das Angebot von „Wildbachtagen“ in den Gemeinden behoben. Dabei werden die vor Ort Verantwortlichen mit den Abläufen vertraut gemacht und gemeinsame Ortsaugenscheine zu bestimmten Beobachtungen durchgeführt.



Abb. 1: Abflusshindernis Holz in einem Wildbach. Dies kann zu gefährlichen Verklausungen führen

Fig. 1: Flow obstruction caused by wood. This may cause dangerous log jams

Wasser- und Naturschutzbehörde der Bezirkshauptmannschaft

Bei Schäden an Regulierungsbauten, die Sanierungsmaßnahmen erfordern, ist unter bestimmten genau definierten Voraussetzungen, auch eine Einbindung der Wasser- und Naturschutzbehörde der zuständigen Bezirkshauptmannschaft vorgesehen. Diese erhält in derartigen Fällen automatisiert Zugriff auf die jeweilige Beobachtung in der WEB-Applikation und kann hier festlegen, ob ein wasser- und / oder ein naturschutzrechtliches Verfahren bei der geplanten Sanierungsmaßnahme nötig ist.

Öffentliches Wassergut

Der Vertreter des öffentlichen Wassergutes im Land Tirol erhält lesenden Zugriff auf alle Beobachtungen, die auf Grundstücken des öffentlichen Wassergutes erfolgen und ist somit über alle geplanten Maßnahmen und deren Durchführung informiert und kann sich nötigenfalls in den Ablauf einschalten.

Bilanz der Umsetzung

Aufgaben der Gemeinde

Die von den Gemeindegewaldaufsehern zu bewältigenden Begehungsstrecken teilen sich wie folgt auf die beiden Intensitätsstufen der Begehung auf:

Intensität der Begehung	Begehungsstreckenlänge (km)	Anzahl Begehungsstrecken (n)	Durchgeführte Begehungen (%)
1-jährig	2.330	2.361	90,8
5-jährig	1.940	1.817	112
Jährliche Begehungsstrecke	2.718	2.724	

Tab. 1: Intensitätsstufen der Begehung, Begehungsstreckenlängen der Wildbachbetreuung in Tirol

Tab. 1: Intensity classes of inspections and inspection areas for the torrent monitoring in Tyrol

Die von den Gebietsbauleitungen fachlich begründete Begehungsverpflichtung wird von den Gemeinden somit zu einem sehr hohen Prozentsatz erfüllt.

Art der Beobachtungen

Seit Beginn des neuen Systems der Wildbachbetreuung in Tirol wurden fast 10.000 Beobachtungen dokumentiert. Dabei stehen Probleme mit Holzbewuchs und Holzablagerungen im Hochwasserabflussbereich mit fast 50 % aller Beobachtungen klar im Vordergrund. Schäden an Regulierungsbauten werden wesentlich seltener festgestellt (18 %).

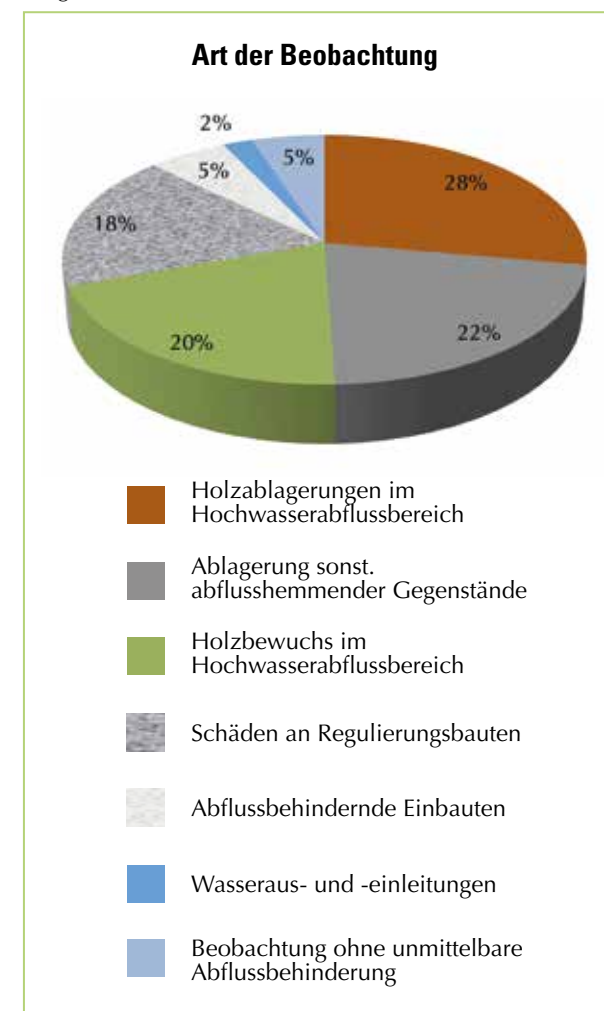


Abb. 2: Relative Anteile der Beobachtungsarten bei der Wildbachbegehung in Tirol

Fig. 2: Torrent monitoring system; percentage share of different kinds of observations

Bearbeitungsstatus

In der WEB-Applikation ist folgender Arbeitsablauf vorgegeben:

- Gemeindeforstaufseher dokumentiert und beschreibt Beobachtungen
- Wildbachaufseher bewertet, priorisiert Beobachtungen und korrigiert Maßnahmen falls nötig; kann aber auch eigene Beobachtungen und Maßnahmen erfassen
- Gemeinde benachrichtigt Grundeigentümer und beauftragt Maßnahmen
- Bezirkshauptmannschaft entscheidet über Verfahrensnötigkeit bei Schäden an Regulierungsbauten

Die Abbildung 3 zeigt den Status der Bearbeitung aller 10.000 Beobachtungen, die aktuell im System dokumentiert sind. Nur ein Viertel aller Beobachtung befindet sich derzeit noch in unterschiedlichen Stadien der Bearbeitung, der Rest der Beobachtungen ist vollständig abgearbeitet.

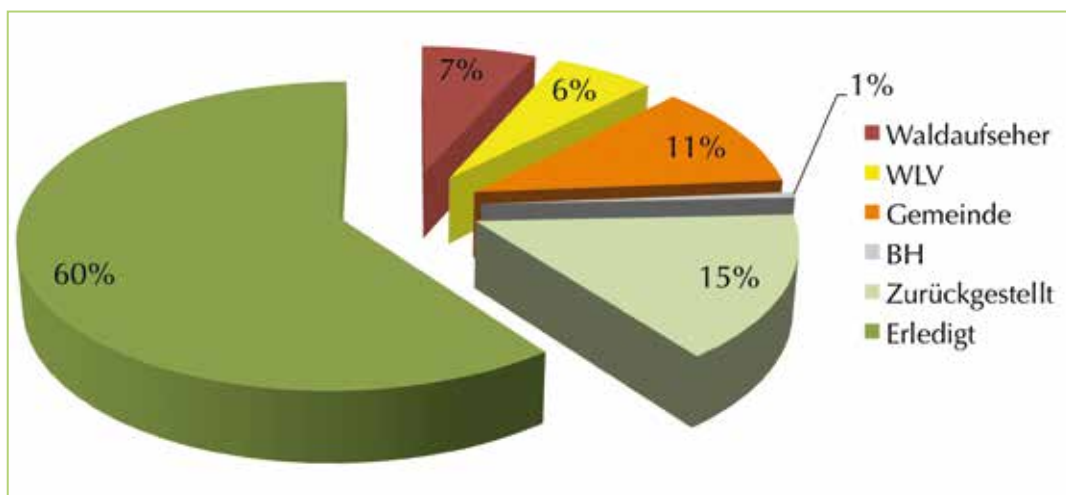


Abb. 3: Bearbeitungsstand der Beobachtungen der Wildbachbetreuung Tirol

Fig. 3: Processing status of the observations in torrents

Prioritätenreihung

73 % aller Beobachtungen wurden von den Wildbachaufsehern als hoch prioritär eingestuft. Das bedeutet, dass derartig klassifizierte Beobachtungen nach Möglichkeit innerhalb eines Jahres erledigt sein sollten. Die Gemeindeforstaufseher sind offensichtlich in der Zwischenzeit sehr gut in der Lage, wichtige von unwichtigen Abflusshindernissen zu unterscheiden.

Von den als prioritär eingestuften 6.800 Beobachtungen sind derzeit fast 5.000 (73 %) bereits in der Natur bearbeitet. Das bedeutet, die Abflusshindernisse sind beseitigt, die aufgezeigten Schäden an Regulierungsbauten saniert.

Der Erledigungsgrad bei den Schäden an Regulierungsbauten ist mit 63 % etwas geringer, weil dafür teilweise Planungen für die Bauwerksanierungen erforderlich sind.

Die Erledigungsdauer – Zeitraum von der Erstdokumentation einer Beobachtung bis zur Beseitigung / Sanierung – ist in den letzten Jahren deutlich gesunken, da inzwischen alle Akteure mit dem Ablauf vertraut sind.

Überwachung und Kontrolle der Schutzbauten

Für die Überwachung und Kontrolle der Schutzbauten sind generell die Errichter der Bauwerke verantwortlich. Für den Bereich der Bauten zum Schutz vor Naturgefahren sind in den letzten Jahren neue Normen (ONR 24803, ONR 24807, ONR 24810) entstanden, die unterschiedliche Betreuungsstufen und die technischen Standards näher definieren.

Die Normen unterscheiden zwischen laufender Überwachung, Kontrolle und Prüfung, wobei die fachlichen Anforderungen von der Überwachung bis zur Prüfung ansteigen.

Im Rahmen der Wildbachbegehungen werden bereits heute von Waldaufsehern und Wildbachaufsehern die nach der ONR 24803 vorgeschriebenen laufenden Überwachungen der Schutzbauten durchgeführt.



Abb. 4: Jährliche Begehung der Wildbäche durch die Gemeinde ist im Forstgesetz geregelt

Fig. 4: Yearly inspection of the torrent bed is task of the municipality and regulated in the Forest law.

Naturgefahrenmanagement in der Ausbildung

Die steigende Bedeutung für das Naturgefahrenmanagement auf der Ebene der Gemeinde wird seit Jahren auch im Ausbildungsprogramm des Waldaufseher-Lehrganges berücksichtigt. Das Thema „Alpine Naturgefahren“ ist als eigenes Fach etabliert. Die Lehrinhalte reichen von Grundsätzen des Naturgefahrenmanagements, Naturgefahrenprozesse und Schutzmaßnahmen bis zur Durchführung von Wildbachbegehungen.

Der österreichische Wasser- und Abfallwirtschaftsverband bietet jährlich mehrere Ausbildungskurse zum/zur „ÖWAV-Wildbachaufseher/in“ an. Dieser knüpft an die Erfahrungen der Wildbachbetreuung Tirol an und ist auch für die Aus-/Fortbildung der Wildbachaufseher in Tirol verpflichtend.

In Tirol findet jährlich ein Wildbach-

betreuungsworkshop für Wildbachaufseher und verantwortliche Mitarbeiter der Dienststellen der Wildbach- und Lawinenverbauung statt. Dabei werden praktische Erfahrungen mit der WEB-Applikation ausgetauscht, Ergebnisse ausgewertet und die laufende Anpassung und Weiterentwicklung der EDV-Anwendung besprochen.

Das Angebot von „Wildbachtagen“ in den Gemeinden ist hilfreich und oft auch Schlüssel des Erfolges bei der Umsetzung / Erledigung der in der WEB-Applikation dokumentierten Beobachtungen. Die direkte Kommunikation von Waldaufseher und Wildbachaufseher auf Augenhöhe beschleunigt den Erledigungsvorgang wesentlich.

Ausblick

Das Programm soll in den nächsten Jahren weiter präzisiert und auf die Überwachung und Kontrolle der Lawinen- und Steinschlagschutzbauten sowie der Entwässerungsanlagen in rutschgefährdeten Hängen ausgeweitet werden.

In den letzten Jahren wurden alle Schutzbauwerke in Tirol von den Gebietsbauleitungen der Wildbach- und Lawinenverbauung im digitalen Bauwerkskataster erfasst. Sobald die Basisbewertung der Schlüsselbauwerke abgeschlossen und evaluiert ist, sollen die für die Überwachung und Instandhaltung wesentlichen Merkmale in die bestehende Portalanwendung des Landes integriert werden. Damit sollen die Gemeinden Zugriff auf den aktuellen Erhaltungszustand und die Funktionsfähigkeit der Schutzbauten erhalten und die Ergebnisse der laufenden Überwachung auch dokumentieren können.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Albert Pichler
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Osttirol
Kärntnerstraße 90, 9900 Lienz
albert.pichler@die-wildbach.at

DI Dr. Dieter Stöhr
Amt der Tiroler Landesregierung
Abteilung Forstorganisation
Bürgerstr. 36, 6020 Innsbruck
dieter.stoehr@tirol.gv.at

Literatur / References

AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG (2011):
Waldstrategie 2020

WALDNER P. et al. (2007).
Schwemmholzbilanzen. In: Ereignisanalyse Hochwasser 2005, Teil 2 –
Analyse von Prozessen, Maßnahmen und Gefahregrundlagen, S. 136–
143. BAFU/WSL, 2007

FORSTTECHNISCHER DIENST FÜR WILDBACH- UND LAWINENVER-
BAUUNG, GEBIETSBAULEITUNG OSTTIROL (1995).
Wildbachbegehung – Arbeitsunterlagen für die Gemeinden

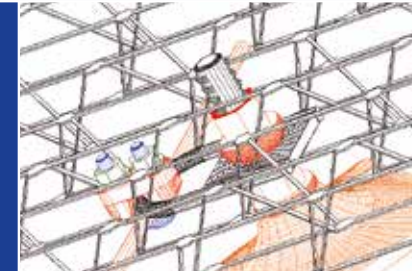
PICHLER A.(2001).
Vorbeugender Schutz vor Wildbachgefahren – Betreuung von Wildbach-
einzugsgebieten, Wildbachbegehung. In: Bundesministerium für Land-
und Forstwirtschaft (Hrsg.): Jahresbericht 2000. Innovation und Entwick-
lung des Forttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung.
Wien: 24-25

PICHLER A. (2003).
Vorbeugender Schutz vor Wildbachgefahren. Wildbachbetreuung und
Gewässerpflege. In: Wildbach- und Lawinenverbau, Heft 150: 133-141

PICHLER A., STÖHR D. (2013).
Modell der Wildbachbetreuung in Tirol. In: Wildbach- und Lawinenverbau,
Heft 170: 126-133

Wir sichern und kultivieren die Erde

Steilwälle
Wasserbau
Entwässerung
Sonderkonstruktionen



Hang- u.
Böschungssicherung
Steinschlagschutz
Stützbauwerke



J. Krismer | Bundesstraße 23
A - 6063 Innsbruck - Rum
www.krismer.at | office@krismer.at



ROBERT BRIKSI, MANFRED LARCHER, CHRISTIAN IHRENBERGER

Begründung und Pflege eines Schutzwaldes am Beispiel der Elmer Mähder-Lawine

Foundation and care of a protection forest by the example of the Elmer Mähder-Lawine

Zusammenfassung:

Im Bezirk Reutte, am Alpennordrand gelegen, werden seit Jahrzehnten ehemalige Lawenstri- che mit Anbruchverbauungen versehen und anschließend aufgeforstet. Dabei evaluieren wir laufend die Grundsätze der Bestandesbegründung und Bestandespflege und führen erforderliche Anpassungen durch. Am Beispiel des Arbeitsfeldes Elmer Mähder-Lawine wird die forstlich- schutzfunktional orientierte Vorgangsweise dargelegt und zur Diskussion gestellt.

Stichwörter:

Schutzwaldbegründung, Schutzwaldpflege, Lawinenschutzwald,

Abstract:

In the district of Reutte, in the northern Alps, we have been building snow supporting structures for a number of decades. To achieve the best benefit, we are reforesting the construction areas whenever it is possible. Therefore we are looking for detailed rules of reforestation and intervention to realize a maximum stable stand. This will be shown in the following at the example of Elmer Mähder-Avalanche.

Keywords:

Reforestation, forest care, avalanche protection forest

Einleitung

Das Einzugsgebiet der Elmer Mähder-Lawine liegt am orographisch rechten Talausgang des Bsclabser Tales im, einem rechtsufrigen Seitental des Tiroler Lechtals. Das Verbauungsgebiet ist nach Südwest exponiert, erstreckt sich von 1350 bis 1830 m Seehöhe und umfasst eine Gesamtbreite von ca. 1,2 km.

Der sehr gleichförmige, mit 70–85 % geneigte Hang ist auf Grund des langhalmigen Grasbewuchses sehr glatt. Die ehemaligen Sturz- bahnen verlaufen in mehreren, den Lenzer Wald durchschlagenden Runsen, welche auf einer See- höhe von ca. 1100 m die Bsclabser Landesstraße queren.

Das erste Verbauungsprojekt für betreffenden Bereich wurde bereits 1977 ausgearbeitet um die Sicherheit der Landesstraße (L 266) als einzige Talzufahrtsstraße zu gewährleisten.

Die Verbauungsmaßnahmen erstreckten sich mit Unterbrechungen über den Zeitraum von 1978 bis 2016.

Laut Operat der Bezirksforstinspektion Lechtal wurde der Wald als Schutzwald außer Ertrag mit einem Vorrat von 550 Vfm/ha eingestuft. Nutzungen wurden nur nach Schäden durch Wind oder Lawinen durchgeführt, sodass der Wald durch einen hohen Altholzanteil gekennzeichnet ist. Bohrungen an Stämmen ergaben ein Altersspektrum in dem gleichaltrig erscheinenden Wald von 80 bis 260 Jahren. Deutlich zeigen



Abb. 1: Verbauungsgebiet 2016

Fig. 1: Construction Area 2016

sich Auflösungserscheinungen des Waldes von oben durch ständige Lawineneinwirkungen. Gut ankommende Naturverjüngung wurde regelmäßig von abgehenden Lawinen wieder vernichtet. Zeigt sich im Altholz ein sehr hoher Tannenanteil, so ist dieser innerhalb von Verjüngungsflächen sehr gering, was sicher auf die Selektion durch Wildverbiss zurückzuführen ist. Zaghaft ankommende Tannenverjüngung deutet darauf hin, dass sich die Wildsituation in den letzten Jahren doch verbessert hat. Für die Erzielung eines tannenreichen Mischwaldes muss jedoch die Wildsituation weiterhin intensiv beobachtet werden.

Das gesamte Verbauungsgebiet ist als Objektschutzwald ausgeschieden.

Das Verbauungsgebiet liegt im forstlichen Wuchsgebiet 2.1 Nördliche Zwischenalpen-Westteil nach BFW.

Maßnahmen

Bereits im Jahr 1979 wurden die ersten Aufforstungsmaßnahmen durchgeführt, die dann sukzessive entsprechend dem Verbauungsstand der technischen Verbauung nachgezogen wurden.

Lange Zeit war es üblich die Pflanzzahl pro Hektar mit bis zu 10.000 Pflanzen hoch anzusetzen, da mit starken Ausfällen in Folge von verschiedensten schädlichen Bedingungen wie Pflanzschock, Trockenheit, Frost, Schädlinge, Gleitschnee- und Wildbelastung gerechnet wurde.

Durch die Verwendung von wurzelnackten Pflanzen, den rauen klimatischen Bedingungen und der Verdämmung durch Gras vergingen ca. 10 Jahre bis die Pflanzen stabil waren um dann aber auf den wüchsigen Mergelböden sehr kräftige Zuwächse bis heute zu zeigen (belegt durch die Auswertung von Dauerbeobachtungsflächen). Auch die seit jeher angewandte Lochpflanzung

musste im Lauf der Jahre optimiert werden, um vorrangig auf Qualität der Pflanzung zu achten als auf hohe Setzzahlen.



Abb. 2: Wurzeldeformation an Fichte durch Pflanzfehler

Fig. 2: Root deformation caused by incorrect planting

Die Forstpflanzen, in der Regel Fichte und Lärche, werden im Forstgarten Elbigenalp für die WLW aufgezogen und als zweijährig verschult zur Pflanzung ausgehoben. Das Samenmaterial wird von der WLW in Eigenregie gewonnen und dem Forstgarten zur Verfügung gestellt. Dies garantiert durch die Beachtung von Höhenlage und Exposition bei der Gewinnung ein qualitativ hochwertiges und standörtlich angepasstes Saatgut.

Problematisch war lange Zeit die Diskrepanz zwischen Vegetationsfortschritt im Forstgarten und dem möglichen Beginn der Pflanzung am Berg. Bei dem im Tal gelegenen Pflanzgarten begann der Austrieb, während sich in den Aufforstungsflächen noch eine geschlossene Schneedecke zeigte. In dieser Situation mussten dann mehrere tausend Pflanzen übernommen und die Zeit bis zur Aufforstung mit möglichst wenig Ausfall überbrückt werden.

Einem größeren Schaden wurde mit Lagerung im Kühlhaus, langem Verstaunen in Pflanzsäcken und mehrfachem Einschlagen im Schnee nahe der Aufforstungsfläche begegnet. All das vermindert natürlich die Qualität des Pflanzmaterials.

Etwa im Jahr 2008 ist daher auf die Herstellung von Topfpflanzen übergegangen worden. Seit dem hat sich die Lage sehr entspannt und kann der Pflanzzeitpunkt optimal gewählt werden.

Durch die Topfpflanzung ist ein Pflanzschock kaum mehr wahrnehmbar und ist folglich ein erheblicher Gewinn an Wuchsleistung zu erkennen.

Ein weiterer wichtiger Schritt war die Senkung der Pflanzzahl pro Hektar. Mittlerweile ist es Stand der Technik, dass zwischen den Werksreihen flächig Dreibeinböcke in Robinienholz als Gleitschneeschutz errichtet werden. Auf dem Hektar werden je nach Geländeneigung zwischen 500 und 650 Stück Gleitschneeböcke für einen effektiven Schutz benötigt. Im unmittelbaren Wirkungsbereich des Bockes werden lediglich drei Pflanzen gesetzt sowie einige Pflanzen vereinzelt zwischen den Böcken, was eine Pflanzzahl um die 2.000 Stück pro Hektar ergibt.

Betreffend der Pflanzbereiche in unmittelbarer Nähe der Werksreihen hat durch die Beobachtung der Entwicklung der Forstpflanzen ein Umdenken stattgefunden. Die Pflanzung am vermeintlich optimalen Standort unmittelbar unterhalb der Werksreihe verspricht zwar vorerst guten und stabilen Wuchs, mit fortschreitender Höhe wächst der Baum jedoch in die Balkenzwischenräume des Stützwerkes. Die Folgen sind verkrümmter Wuchs und Scheuerwunden am Stamm bis hin zu halb eingewachsenen Blechen. In Fällen von erhaltungswürdigen Individuen sind störende Bleche entfernt worden um einen ungehinderten Weiterwuchs zu ermöglichen.

Als Pflanzabstand unterhalb des Stützwerkes wird heute die Linie senkrecht vom obersten Werksbalken plus 2,0 m talwärts gemessen angenommen.

Ebenso wird heute der Hangbereich oberhalb der Werksreihe bis ca. auf horizontale Höhe

des dritten Bleches von unten von der Aufforstung ausgespart. Hier wäre zwar die Gleitschneebelastung für die Pflanze erheblich vermindert, jedoch ist die Belastung durch die längere Ausaperungszeit und damit die Gefahr von Schneeschimmelbefall zu beachten.

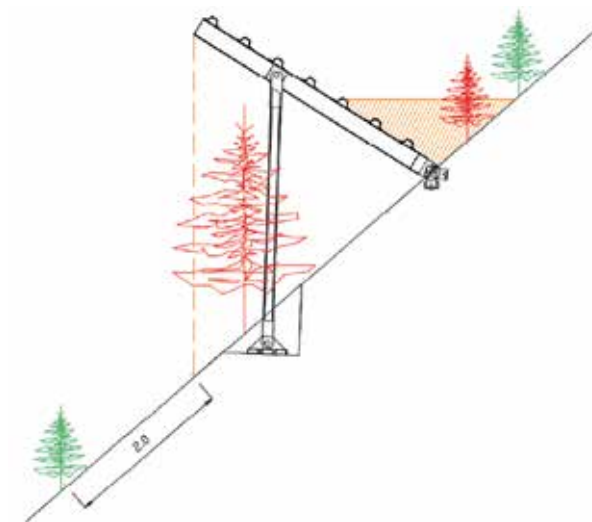


Abb. 3: Ungünstige Pflanzorte in Rot dargestellt

Fig. 3: Unfavourable sites for reforestation in red colour



Abb. 4: Keine Pflanzung in Bereichen mit verspäteter Ausaperung

Fig. 4: No trees in areas with high snowpack



Abb. 5: Probleme beim Aufwuchs

Fig. 5: Problems with growth

Gleitschneeschutz

Auf den früher bewirtschafteten Grashängen (Mähdern) entsteht zwischen den Werksreihen und verstärkt auf offener Fläche eine erhebliche Gleit- und Kriechbewegung der Schneedecke. Dieses Schneegleiten stellt eine enorme Belastung für die Aufforstung dar. Frisch gesetzte Pflanzen können durch anfrieren in der Schneedecke flächig aus dem Boden gezogen werden. Junge Pflanzen werden, so lange sie flexibel genug sind durch die Kriechbewegung der Schneedecke flach auf den Untergrund gelegt (Bild 6 unten) und stellen sich nach Ausaperung wieder auf. Dies führt vorerst zur Ausbildung von Stützwurzeln (Bild 6 oben) und eines Säbelwuchses am Wurzelanlauf.



Abb. 6: Schäden durch Schneegleiten

Fig. 6: Damages caused by snowgliding

Später, wenn die Elastizität zurückgeht kommt es zur Aufspaltung des Säbelwuchses, zum völligen Abbruch am Wurzelanlauf oder der totalen Entwurzelung.

Erste Versuche zur Stabilisierung der Schneedecke wurden Mitte der 1980er Jahre mit flächig eingeschlagenen Eisenbügeln unternommen. Diese Methode hat sich jedoch nicht bewährt.

Anfang der 1990er Jahre wurde begon-



Abb. 7: Schäden durch Schneegleiten bei älteren Pflanzen

Fig. 7: Damages to older plant caused by snowgliding

nen ein effektives Gleitschneeschutz-System zu entwickeln. Zuerst wurden gruppenweise Verpfählungen mit imprägnierten Halbrundhölzern angelegt. Der Arbeitsaufwand war aber im Vergleich zur erzielten Wirkung zu hoch.

Daraufhin ist der Dreibeinbock in Robini Holz, genannt Gleitschneebock entwickelt worden. Dieser ist mit den Jahren optimiert worden, hat sich bestens bewährt und wird bis heute in großen Stückzahlen eingesetzt.



Ein Gleitschneebock besteht aus einem 2,00 m langen Rundholz als Talstütze, zwei V-förmig angeordneten bergwärts gerichteten Halbrundhölzern und einem querliegenden Halbrundholz bergseitig. Nach Experimenten ohne und bis zu drei Querhölzern hat sich die Variante mit einem Holz als ausreichend bewährt.

Die einzelnen Robinienhölzer werden fertig abgelängt angekauft und am Bauhof der WLW vorgefertigt. Das heißt die Teile werden mittels Stahlband gegen Aufspalten abgebunden und die notwendigen Bohrungen durchgeführt. Abschließend werden Bauteile für jeweils acht Böcke mit

einem Gesamtgewicht von 750–800 kg zusammengebunden und so für den Hubschraubertransport vorbereitet.



Abb. 8:
Verschiedene
Methoden des
Gleitschneeschutzes

Fig. 8: Various
methods of
preventing
snowpressure

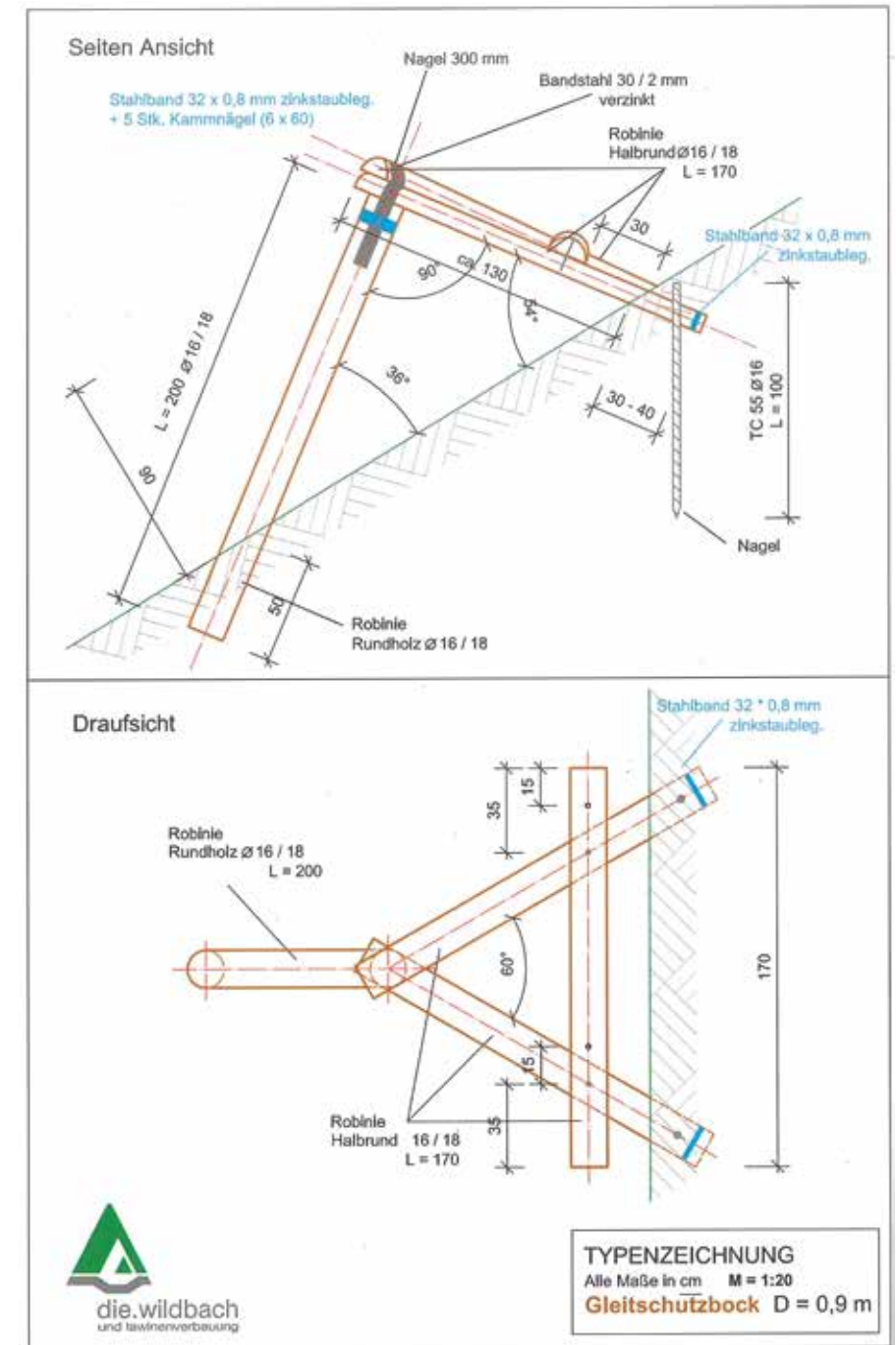


Abb. 9: Typenzeichnung des Gleitschneebocks

Fig. 9: Prototype of a snowslide preventing structure

Die reinen Materialkosten betragen ca. € 50,- pro Bock, die Kosten des fertig aufgestellten Bockes betragen je nach Untergrundbeschaffung (Erdboden / Fels) zwischen € 100,- und € 130,-. Die Gesamtarbeitszeit, ebenfalls abhängig vom Untergrund beträgt 1,0 bis 2,0 Stunden.

Wie bereits erwähnt werden heute je nach Neigungsverhältnissen 500–650 Stück Gleitschneeböcke pro Hektar im Dreiecksverband errichtet.

Die Abstände der Böcke, gemessen vom Aufstandspunkt des Stützholzes variieren abhängig von der Geländeneigung und der zu erwartenden Schneelage zwischen 3,5 und 5,0 m.

Im unmittelbaren Wirkungsbereich des Bockes werden drei Pflanzen gesetzt. Diese bil-

den mit der Zeit Kleingruppen und es wird gezielt darauf hingearbeitet dass sich jeweils ein Individuum aus der Gruppe stabil entwickelt und bestehen bleibt.

Durch den ungehinderten Wuchs werden ein optimaler H/d-Wert und eine tiefreichende Beastung ausgebildet.

Der großzügige Abstand zwischen den Gruppen schafft Platz zur Schneeablagerung und die tiefe Beastung erhöht wesentlich den Schutz gegen Wildeinfluss.

Der Einsatz der Gleitschneeböcke hat sich insgesamt extrem gut bewährt und sie tragen erheblich zur stabilen Entwicklung der Aufforstung bei.



Abb. 10: Aufforstung mit Gleitschneeschutz

Fig. 10: Reforestation with snowslide preventing structures

Pflegeeingriffe

1979 ist mit den Aufforstungsmaßnahmen begonnen worden. Heute ist der Bestand in der Verbauung Elmer Mähder-Lawine durchschnittlich 30 Jahre alt und befindet sich im Dickungs- bis Stangenholz Stadium.

In Folge der guten Wüchsigkeit und der geringen Ausfallquote zeigte sich bereits Anfang der 1990er-Jahre ein ausgeprägter Dichtstand in den Aufforstungen. Es traten auch schon erste Schneebruchschäden auf und daher ist mit Pflegeeingriffen in Form von Stammzahlreduktion begonnen worden.

Nachdem die Aufforstung ehemaliger Mähder Neuland für alle Beteiligten war, musste erst eine effektive und zielorientierte Vorgehensweise in der Pflege entwickelt werden um einen stabilen Schutzwald aufzubauen.

Auch war da und dort ein gewisses Unverständnis in der Bevölkerung zu spüren, hier in den sich mühsam entwickelnden Jungwald einzugreifen und Bäume zu entfernen.

Es wurde anfangs mit gruppenweiser Ausformung durch Freischneiden von rautenförmigen Gassen experimentiert. Im Vergleich zu einer natürlichen Gruppe fehlt hier jedoch der Trauf am Rand der Gruppe, vor allem als Schutz gegen eindringendes Wild.

Heute wird generell die flächenhafte Durchforstung angewendet. Eine in diesen Arbeiten bereits erfahrene Partie gewährleistet eine optimale Ausformung des Bestandes. Die Stämme, vorwiegend im Dickungs- oder bereits angehendem Stangenholzstadium werden in ca. einem Meter Höhe schräg abgestockt um als

Gleitschneeschutz zu dienen. Weiters werden die entstandenen Stümpfe grob entrindet um die Trocknung zu beschleunigen und einem eventuellen Schädlingsbefall entgegen zu wirken.

Das anfallende Stamm- und Astmaterial wird so weit als nötig kleingeschnitten und an Ort und Stelle liegen gelassen. Dies auch mit der Absicht die Bewegung des Wildes zu erschweren.



Abb. 11: Pflegeeingriffe zur Stabilitätssteigerung

Fig. 11: Intervention for a resilient forest

Nachdem das stockende Holz mittlerweile teilweise einen BHD von 20-25cm hat, stand die Überlegung an, das anfallende Holz zu gewinnen und einer Weiterverwendung zuzuführen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Kosten der mühsamen und zeitintensiven Vorbereitung und Bündelung für den Hubschraubertransport und dazu die Flugkosten durch die Einnahme aus dem Holzrös nicht gedeckt werden können.

Der Aufwand für Stammzahlreduktion im Jungwuchs bis Dichtung liegt bei 50–100 Arbeitsstunden/ha mit Gesamtkosten von € 2.500,- bis € 6.000,-/ha. Im angehenden Stangenholz sind es 100–160 Arbeitsstunden/ha mit Gesamtkosten von € 6.000,- bis € 11.000,-/ha.

Derzeit wird bei den Durchforstungsmaßnahmen auf einen Stammabstand von durchschnittlich ca. 4 m hingearbeitet. Das bedeutet eine Stammzahl von ca. 600 pro Hektar.

Das Pflegeziel ist ein stabiler Schutzwaldbestand mit 200–300 Bäumen pro Hektar.

Entwicklung der Aufforstung und Monitoring durch Probeflächenaufnahme

Im Projektgebiet Elmer Mähder-Lawine wurden von der WLV sechs Dauerbeobachtungsflächen angelegt und diese werden seit dem Jahr 1993 alle fünf Jahre ausgewertet.

Weiters sind drei Kontrollzäune angelegt worden um einen eventuellen Einfluss durch Wild auf die Entwicklung der Aufforstung dokumentieren zu können.

Bei der bislang letzten Aufnahme im Jahr 2012 sind bei allen Beobachtungsflächen keine nennenswerten Wildschäden beobachtet worden.

Bei Begehungen im Projektgebiet konnten bis auf vereinzelte Fege- und Verbisschäden an Fichte und Lärche keine nennenswerten Wildschäden erfasst werden.

Die Wildsituation dürfte derzeit zumin-

dest für Lärche und Fichte verträglich sein. Anzustreben wäre jedoch das weitgehend unbelastete Aufkommen einer Tannenverjüngung.

Weiters besteht die Gefahr, dass, wie in anderen gleichaltrigen Aufforstungsflächen zu beobachten ist, die Schälschäden auf Grund des verbesserten oder erst geschaffenen Einstandes zunehmen könnten.

Die folgenden Bilder zeigen die Entwicklung der Kontrollflächen im Zeitraum 1993–2012 am Beispiel Probefläche 3 (SH 1.950m). 1993 war die Aufforstung bereits 10 Jahre alt.



Abb. 12: Entwicklung der Aufforstung seit 1993

Fig. 12: Growing up of the reforestation since 1993

Zukünftige Entwicklungen

Durch die konsequente Pflege auf einen schutzfunktionalen Bestand präsentiert sich die Aufforstung in der Elmer Mähder-Lawine in einem stabilen und sehr vitalen Zustand. Ursprünglich war angedacht, zu diesem Zeitpunkt die Stahlschneebrücken zu entfernen und die Schutzfunktion vollständig dem Waldbestand zu überantworten. In der Gebietsbauleitung Außerfern hat man sich entschieden, dies zum jetzigen Zeitpunkt nicht zu tun, weil wir es im Wesentlichen mit einer gleichaltrigen Monokultur zu tun haben. Ein Borkenkäferbefall oder eine sonstige Kalamität würde sofort

ernsthafte Probleme in der Schutzfunktion mit sich bringen. Außerdem entsprechen die vorhandenen Stahlschneebrücken nicht mehr dem Stand der Technik und können daher nur verschrottet und nicht weiterverwendet werden. Durch das Belassen der technischen Verbauung erhält man sich die volle waldbauliche Freiheit, auch für einen Bestandesumbau. Dieser Gedanke scheint in Zeiten der Klimaerwärmung naheliegender als je zuvor. Noch können keine genauen Aussagen gemacht werden, wie sich das Bestandesklima im Bereich der Hochlagenaufforstungen entwickeln wird und wie die Bäume darauf reagieren. Die generelle Tendenz zur Erwärmung und zur Verstärkung der Witterungsextreme kann aber doch als Grundlage weiterer Überlegungen dienen. So dürfte es für die Hochlagenaufforstungen in der Gebietsbauleitung Außerfern der richtige Zeitpunkt sein, eine langfristige Strategie zur Risikominimierung zu entwickeln. Die Richtung dieser Strategie wird das Ergebnis intensiver Diskussionen sein.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Robert Briksi, Manfred Larcher,
Dipl. Ing. Christian Ihnenberger
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Außerfern
Buchenort 2a
6600 Lechaschau
lechaschau@die-wildbach.at

HERMANN LEDERLE

Erfahrungen in der Hochlagenaufforstung und Schutzwaldsanierung

Ein Praxisbericht

Practitioner's experiences in Alpine afforestation and protection forest restoration

Zusammenfassung:

Der Verfasser ist seit dem Jahre 1975 anfangs als Forstadjunkt und danach als Förster in der Gebietsbauleitung Bludenz tätig. Er wurde gebeten, für diese Zeitschrift seine Erfahrungen in der Hochlagenaufforstung und der Schutzwaldsanierung zu Papier zu bringen. Die Themenbereiche Aufforstung an der Waldgrenze, Schwarzer Schneeschimmel, Rottenstruktur, Jagd, Schutzwaldsanierung, Querfällungen, Schneebruch und Waldpflege sollen schwerpunktmäßig behandelt werden.

Stichwörter:

Hochlagenaufforstung, Schutzwald, Sanierung

Abstract:

The author works as forester for the Austrian Avalanche and Torrent Control in Bludenz. In this article he shares his over 40 years of experience in Alpine afforestation and protection forest restoration and gives practitioners insights into afforestation in tree line areas, snowmould infestation, hunting, cross felling, snow-break and forest management.

Keywords:

Afforestation, protection forest, restoration

Einleitung

Mein Vater ist im Katastrophenjahr 1954 als Holzknecht vom Tiroler Pitztal nach Vorarlberg gekommen, um im Sainatal nahe Feldkirch bei der Aufarbeitung von 200.000 fm Windwurfholz mitzuhelfen. Schon früh bin ich mit ihm ins Holz gegangen und dadurch ist meine Liebe zum Wald und zur Waldarbeit entstanden (mütterlicherseits entstamme ich einer Wildererfamilie).

Als ich im Juli 1975 frisch von der Försterschule Waidhofen a.d.Ybbs als Forstadjunkt meinen Dienst in der damaligen Gebietsbauleitung Walgau begann, wurde ich sprichwörtlich ins kalte Wasser geworfen. Meinen Vorgänger habe ich leider nicht gekannt, da dieser wenige Tage nach meinem Dienstantritt verstarb. 1978 wurden im Zuge einer Neuorganisation der WLW in Vorarlberg eine Bauleitung eingespart und die bis heute bestehenden Gebietsbauleitungen Bludenz und Bregenz gegründet. Zwei Jahre lang war

ich für die forstlichen Aufgaben im gesamten Bauleitungsgebiet – den politischen Bezirk Bludenz – verantwortlich, bis 1982 wieder ein zweiter Förster eingestellt wurde, der das gesamte Montafon zugewiesen bekam. So bin ich seither bis heute für das Großwalsertal, den Walgau, das Brandnertal, das Klostertal und das Gemeindegebiet von Lech zuständig. Das gesamte Betreuungsgebiet umfasst heute ca. 1.600 Hektar.

Aufforstungen an der Waldgrenze

Wenn ein neues Lawinerverbauungsprojekt ausgearbeitet wird, welches Hochlagenaufforstungen beinhaltet, so empfehle ich, neben den Erhebungen im direkten Aufforstungsgebiet bei gutem Licht sich auf die dem Projektgebiet gegenüberliegende Talseite zu begeben und einige Fotos vom zukünftigen Aufforstungsbereich zu machen. Dabei macht man sich auch einen Überblick über die aktuelle, sowie die potentielle Waldgrenze.



Abb. 1: Panorama des südexponierten Äußeren Großwalsertales. Die aktuelle Waldgrenze wird hier von zahlreichen Faktoren beeinflusst. Die Alpbewirtschaftung ist dabei die bedeutendste.

Fig. 1: Panoramic view of the southern exposed Großwalsertal. The current forest line is influenced by many factors, most important by alp farming.

Diese können besonders durch anthropogene Einflüsse weit auseinander liegen. Aufforstungen weit über der potentiellen Waldgrenze werden in der Regel scheitern. Ausaperungsfotos können bei der Auswahl günstiger Aufforstungsstandorte gute Dienste tun. Ich selber habe diese jedoch noch nie verwendet. Für gewöhnlich erkennt man vor Ort am Gelände und an der Bodenvegetation, wo der Schnee im Frühjahr lange liegen bleibt oder welche Bereiche zuerst ausapern. Exponierte Geländerrücken lassen sich erheblich weiter hinauf bestocken als gleichmäßige Hanglagen oder gar Muldenlagen, in welchen der Schnee sehr lange liegen bleibt.



Abb. 2: Gemeinde Lech von links Hahnenlawine, Flühenwanelawine, Schwarzwandlawine. Oberhalb der Hahnenlawine befindet sich auf einem exponierten Bergrücken ein lockerer Zirbenbestand. Die Waldgrenze der Fichte liegt im Bereich der Flühenwanelawine unterhalb der technischen Verbauung.

Fig. 2: Municipality Lech, from left to right avalanches Hahnen, Flühenwanne, Schwarzwand. The spruce tree line lies below the technical protection measures.

Beim Pflanzgut ist die Provenienz besonders wichtig. Über die Baumartenwahl entscheiden das Wuchsgebiet, die Höhenlage, die Exposition, benachbarte Bestände und der Boden. In schwierigen Lagen wird das Saatgut in vergleichbaren Lagen selber geerntet und in Lohnanzucht im Landesforstgarten aufgezogen und vertopft. Gepflanzt wird nach dem Verholzen der Triebe im Herbst. Bei den Aufforstungen werden je nach Topografie Kleinrotten im engen Verband gebildet, die zu größeren Rotten zusammenwachsen können. Der Abstand der größeren Rotten sollte mindestens zehn Meter betragen, damit die äußeren Bereiche auf Dauer bis zum Boden bestockt bleiben.



Abb. 3: Fontanella – Bleikamäherlawine. Rottenstruktur im Altbestand und in der Aufforstung.

Fig. 3: Fontanella – Bleikamäher avalanche. Tree structure in the old stock and in the afforestation.

Solche Bestände bilden einen guten Schutz gegen Staublawinen. Die Qualität der Pflanzung entscheidet wesentlich über den Aufforstungserfolg. Bei mir wird ausschließlich die Lochpflanzung angewandt. Da nicht immer sicher vorausgesehen werden kann, wo sich die Pflanzen gut entwickeln und wo größere Ausfälle auftreten, wird über den Endbestand erst später entschieden. Die Rotte bleibt auf Dauer die in sich geschlossene Behandlungseinheit, wird bei Läuterungen und Durchforstungen jedoch auch mitbearbeitet.

Der Schwarze Schneeschimmel (*Herpotrichia nigra*, *H. junperi*)

Mein erster Außendienst führte mich in die Abbruchgebiete der Hüggenlawine in Blons im Großwalsertal. Diese Lawine forderte bei der Lawinenkatastrophe im Jänner 1954 mit 37 Toten

die meisten Opfer. Die damals inzwischen zwanzig Jahre alte Aufforstung war bis etwa Mannshöhe herangewachsen und auf weiten Flächen vom Schwarzen Schneeschimmel befallen. Was war passiert? Aufgeforstet wurde mit 10.000 Stück Fichten pro Hektar ohne Rücksicht auf den Kleinstandort. Von den Muldenlagen ausgehend konnte sich der Pilz sehr rasch auf der gesamten Fläche ausbreiten. Geländemulden jeglicher Größe dürfen nicht mit gefährdeten Baumarten bestockt werden. Dies ist nicht so leicht zu vermitteln, da diese durch den oft tiefgründigen Boden und die geringe Vegetation erheblich leichter bepflanzt werden können als die mit einer dichten Vegetation aus verholzten Stauden bestockten Geländeerhebungen. Hier bedarf es einer konsequenten Beaufsichtigung der Aufforstungsarbeiten.

Der Schwarzpilz wurde eine Zeit lang auch chemisch bekämpft. Studien in der Schweiz

haben gezeigt, dass das Fungizid mit der zehnfachen Dosis wie in der Landwirtschaft üblich ausgebracht werden muss. Da dies zu einer starken Beeinträchtigung der sehr wichtigen Symbiose mit den Mykorrhizen führen kann und man nie weiß, ob der nächste Winter eine geringe oder hohe Verbreitungsgefahr bringen wird, wurde bald auf die chemische Bekämpfung verzichtet und der Pilz durch Wegschneiden und Verbrennen befallener Äste bekämpft. Dabei darf man nicht warten, bis sich der Schwarzpilz zu stark ausgebreitet hat. Wichtig ist auch, dass nur das untere Drittel der Äste entfernt wird. Am Rest der Pflanzen wird das Myzel ausgezupft. Schneidet man zu viel weg, werden die Pflanzen kopflastig und es kommt bei Schneelast oft zu Wipfelbrüchen.



Abb. 4: Fichte mit einem starken Befall durch *Herpotrichia nigra*. So sahen 1975 die gesamten Hochlagenaufforstungen in Blons auf 25 Hektar Fläche aus.

Fig. 4: Spruce heavily infested by snowmould. In 1975, this affected all of the afforestation areas of Blons.

Die Jagd

Einen entscheidenden Einfluss auf den Aufforstungserfolg hat nun einmal die Schalenwilddichte. Wie nach jedem Krieg, waren auch in Vorarlberg nach 1945 die Wildbestände stark dezimiert. In Westösterreich war Frankreich Besatzungs- bzw. Schutzmacht. Darunter waren zahlreiche Nordafrikaner muslimischen Glaubens und diese hatten großen Appetit auf Wildbret. Alt-Landesrat Anton Türtscher aus dem Großwalsertal bezeichnet die aus dieser Zeit stammenden Tannenaufkommen als „Marokkanertannen“. Gewildert wurde damals durch Einheimische auch recht fleißig. Als man in den 1950er Jahren die Fütterungspflicht einführte, ohne die niedrigen Abschussvorgaben anzuheben, kam es innerhalb kurzer Zeit zu einer starken Zunahme der Schalenwildbestände und der Wildschäden im Wald. Bis Ende der 1980er Jahre war es in Vorarlberg kaum möglich, Weißtannen oder Laubbäume zu verjüngen. So sind im Großwalsertal bis 1975 etwa 250.000 Mischgehölze, die seit 1954 von der WLW in den Verbauungsgebieten gepflanzt wurden, restlos durch Wildverbiss ausgefallen. Als die übriggebliebenen Fichtenbestände ins Stangenholzstadium einwuchsen, begannen die Schältschäden und man erkannte, dass sämtliche Schutzwaldaufforstungen in ihrer Existenz bedroht waren. Im Jahre 1981 wurde vom damaligen Gebietsbauleiter der Bauleitung Bludenz, Hofrat Christian Schilcher, eine Erhebung von Abschusszahlen in Auftrag gegeben, welche zeigte, dass Vorarlbergs Wälder die bei weitem höchste Wilddichte aller gebirgsreichen Bundesländer aufwiesen. Er verlangte die Halbierung der Schalenwildbestände innerhalb von drei Jahren. In den Gemeinden, in welchen dieser Forderung nicht nachgekommen wird, würden die Verbauungstätigkeiten eingestellt werden. Und das war keine leere Drohung, das wurde auch

umgesetzt. Grundlage waren die „Richtlinien Hinderungsgründe“ der WLW. Die Vorarlberger Landesregierung ist – auch unter Einfluss des gerade populär gewordenen Waldsterbens – aktiv geworden und hat durch eine Gesetzesverordnung im Jahre 1984 festgelegt, dass der Bestand an Rot-, Reh- und Gamswild drei Rotwildeinheiten je 100 Hektar wildtauglicher Fläche nicht übersteigen darf. Einer

Rotwildeinheit entsprachen einem Stück Rotwild, drei Stück Rehwild oder drei Stück Gams-



Abb. 6: Brand – Guferlawine. Schältschaden durch Rotwild. Auch wenn jedes Jahr nur wenige Bäume geschält werden, so kann dies bei dem langen Gefährdungszeitraum zu einem Totschaden führen.

Fig. 6: Brand – Gufer avalanche. Bark stripping damage by red deer.



Abb. 5: Brand – Guferlawine. Weibliches Rotwild in der WLW-Aufforstung

Fig. 5: Brand – Gufer avalanche. Female red deer in an afforestation area.

wild. Von der jagdbaren Fläche von 128.000 Hektar des Bezirkes Bludenz wurden 68 % der

Waldflächen, 65 % der Landwirtschaftsflächen, 79 % der Alpflächen, sowie 33 % der unproduktiven Flächen als wildtauglich angerechnet. Die Wilddichte betrug laut Zählung etwa 6 RWE/100 Hektar, musste also ebenfalls auf den halben Bestand reduziert werden. Die 3 RWE waren eine recht brauchbare Vorgabe, denn dort wo man nahe an diesen Wert herankam, entwickelten sich die Verjüngungen positiv.

1988 wurde von der Landesregierung das Institut für Wildtierkunde beauftragt, ein Regionalplanungskonzept zur Schalenwildbewirtschaftung auszuarbeiten. Dieses bildete die Grundlage für das neue Jagdgesetz 1988, das noch heute gilt. Darin ist u.a. festgeschrieben, dass bei allen Abschussplanbesprechungen die WLV gehört werden muss. Es versteht sich wohl von selber, dass man sein Betreuungsgebiet gut kennen muss, um bei diesen Verhandlungen glaubhaft die Interessen der WLV vertreten zu können. Als Schwerpunkte des Jagdgesetzes können die Festlegung der Wildbehandlungszonen für das Rotwild, die Definition des Begriffs waldfährdende Wildschäden, sowie als stärkste Maßnahmen die Abschussaufträge, die Aufhebung der Schonzeiten und besonders die Freihaltungen hervorgeho-

ben werden. Nach dem Wortlaut des Gesetzes ist ein Abschussauftrag zu erteilen, wenn durch einen überhöhten Wildbestand in einem bestimmten Gebiet untragbare Schäden, insbesondere waldfährdende Wildschäden drohen. Die Freihaltung ist anzuordnen, wenn forstlicher Bewuchs, der eine wichtige Schutzfunktion hat oder erlangen soll durch das Wild in seinem Bestand gefährdet wird. Die Anordnung hat zur Folge, dass jedes Stück des betreffenden Wildes, welches sich im festgesetzten Gebiet einstellt, sofort zu erlegen ist. Die Wildzählung wurde offiziell als Instrument zur Abschussplanung abgeschafft und der Waldzustand als Bemessungsgrundlage bestimmt. Landesweit wurden je 50 Hektar Wald eine eingezäunte Probefläche im Ausmaß von 6x6 m und eine daran angrenzende Vergleichsfläche

ohne Zaun eingerichtet. Je nach Standort werden die Zielbaumarten bestimmt und die Flächen alle drei Jahre aufgenommen. Der Anteil von positiven Kontrollflächen sollte die Grundlage des Abschussplanes sein. Dieses System beinhaltet jedoch entscheidende Schwächen und Fehler in der Auswahl der Zaunstandorte sowie im Aufnahmeverfahren. Deshalb wird dieses aktuell überarbeitet. In der Praxis haben die Wildzählungen immer noch mehr Gewicht als die Vergleichsflächen.



Abb. 7: Zusammenbruch des Altbestandes wegen Überalterung, Käferkalamitäten, Sturmschäden o. a., sowie Fehlen der Verjüngung durch überhöhte Schalenwildbestände führen zu einem vollständigen Verlust der Schutzfunktion.

Fig. 7: The collapse of old stock due to overaging, bug calamity, storm damages and a lack of forest rejuvenation lead to a complete loss of the forest protection function.

Im Bezirk Bludenz sind bis heute 47 Freihaltungen mit einer Gesamtfläche von 5.940 Hektar verordnet worden. Die WLV hat in den meisten Freihaltungen, die ihre Baufelder betreffen, zusätzlich eigene Projektwarte eingestellt, die aus den Projekten bezahlt werden und die Jäger unterstützen. Das sind auch – mit wenigen Ausnahmen – die am besten funktionierenden Freihaltungen. Um diese Leute an der kurzen Leine zu halten, werden in diesen Gebieten zahlreiche zusätzliche Kontrollflächen eingerichtet und jährlich aufgenommen. Diese Flächen sind nicht eingezäunt und nur durch einen Pfahl markiert. Innerhalb eines Kreises mit einem Radius von 4 Metern wird lediglich der Terminaltriebverbiss der höchsten 12 Bäume

(von 10 cm bis 2 m Höhe) der Zielbaumarten erhoben. Bei mehr als 20 % Verbiss kann der Vertrag gekündigt werden. Als Aufwandsentschädigung erhält ein Projektwart 500 Euro im Monat. Als Erster in Vorarlberg war ich selber von 1991 bis 2016 (ohne Inanspruchnahme der o.a. Aufwandsentschädigung) als behördliches Abschussorgan oder als Begehungsscheininhaber aktiv an der Bejagung von Freihaltungen in verschiedenen Revieren im Bezirk beteiligt. In Raggal wurden z.B. in einem Jagdjahr 60 Stück Schalenwild auf

100 Hektar erlegt (davon 30 Stück von mir) und nach 25 Jahren intensiver Freihaltebejagung wird in diesem Revier nachhaltig mehr als das fünffache dessen erlegt, wie vor der Freihaltung und das bei bestens funktionierender Waldverjüngung. Ich war bisher in sechs Revieren als Abschussorgan tätig und kann mit Überzeugung behaupten, dass (wenn wie in Vorarlberg die gesetzlichen Voraussetzungen gegeben sind) – ohne gegen die sog. Weidgerechtigkeit zu verstoßen – in mindestens drei Jahren der Schalenwildbestand soweit reduziert werden kann, dass alle Baumarten problemlos aufwachsen können. Das Schwerste dabei ist, den reduzierten Bestand über Jahrzehnte hinaus niedrig zu halten.



Abb. 8: Raggaler Litzelawine. Verjüngungshieb mit Jagdeinrichtung. Wenn der Hochsitz aus dem Projekt bezahlt wird, kann er bei einem Wechsel der Jagdberechtigten von den neuen Jägern verwendet werden.

Fig. 8: Raggaler Litzel avalanche. Regeneration felling and hunting construction.

Schutzwaldsanierung

In WLK Gebieten besteht meist ein hoher Anteil der höchsten Altersklassen, sowie der untersten Altersklassen durch die Verjüngungsmaßnahmen im Zuge der Projektumsetzung. Mittlere Klassen sind häufig stark unterrepräsentiert. Hier einen Ausgleich zu erreichen ist schwer, da die Altbestände rasch verjüngt werden müssen und der Anteil der Jungbestände dadurch zunimmt. Dies ergibt im Alter wieder überwiegend gleichförmige Bestände.

Auch in mittleren und tieferen Lagen haben sich Gruppenaufforstungen bewährt. Ein starkes Wachstum in der Jugend wirkt sich negativ auf die Stabilität gegenüber Schneebruch und Gleitschnee aus. Naturanflug ist hier durch sein langsames Wachstum in der Jugendphase erheblich stabiler als Pflanzen aus Aufforstungen. Bei Naturanflug findet man z.B. kaum Stammrisse. Bei der Aufforstung sollten deshalb kleine Pflanzen verwendet werden. Bei einer starken Hochstaudenvegetation fallen diese kleinen Pflanzen

jedoch oft beim Freimähen der Sichel zum Opfer, da sie leicht übersehen werden. Ich empfehle Pflanzungen in Kleingruppen zu je ca. 10 Pflanzen im Bereich von Baumstümpfen, im Schutze von Gleitschutzböcken oder unterhalb von Stützen von Lawinenwerken. Dort werden die Pflanzen bei den Pflegearbeiten leicht gefunden. Wo solche markanten Punkte fehlen, soll jede Kleingruppe durch einen Holzpfahl mit 1,5 m Höhe ersichtlich gemacht werden. Bei uns im Wuchsgebiet 4.1 werden häufig drei Weißtannen im Zentrum und sieben Fichten im Kreis um diese herum gepflanzt. So eine Gruppe hat einen Durchmesser von ca. zwei Meter und der Abstand dieser Kleingruppen beträgt je nach Kleinstandort etwa 4 bis 6 Meter. Die Pflanzmenge ist je Hektar etwa gleich groß wie bei einer flächigen Aufforstung mit einem Pflanzabstand von 1,5 Meter. Beim Freistellen der Pflanzen ist zwischen den Gruppen ausreichend Platz für das Mähgut und für eine Laubholz-Naturverjüngung. Laubbäume werden schon viele Jahre nicht mehr gepflanzt. Wenn diese von Natur aus nicht hochkommen,



Abb. 9:
Mit Holzpfählen markierte Verjüngungsgruppen. Die Pfähle sollen nur leicht in den Boden gesteckt werden, sodass sie bei Gleitschnee umfallen und nicht abbrechen. Im Frühjahr werden sie bei Bedarf wieder aufgerichtet.

Fig. 9:
Wood peg marked regeneration groups.



Abb. 10:
Verbissschutz an Weißtanne mit Markierungspfahl.

Fig. 10:
Browsing protection for a silver fir and wood peg.

hat man mit Aufforstungen auch keinen Erfolg. Es reicht, wenn ein Baum je Gruppe im Endbestand vorhanden ist. Der im Endbestand gewünschte Baum wird, wenn er dem Verbiss entwachsen ist, durch abzwicken der Konkurrenten in Augenhöhe freigestellt und die so zurückgestellten Bäume bilden über viele Jahre einen Schutz gegenüber Fege- und Schälsschäden durch Schalenwild.

Als Verbissschutz werden Streichmittel auf Quarzsandbasis oder Hanffasern verwendet. Bei hohem Verbisssdruck haben sich Spritzmittel nicht bewährt, da diese auf Geschmacksstoffen basieren, das Wild sich bald an den Geschmack gewöhnt und dieser das Wild nicht mehr vom Verbiss abhält. Das Spritzmittel müsste deswegen etwa alle drei Jahre gewechselt werden. Bis auf wenige Ausnahmen werden nur die Weißtannen mit einem Verbissschutz versehen. Wenn Fichten geschützt werden müssen, besteht eigentlich schon ein Hinderungsgrund. Kunststoffkronen haben sich dort bewährt, wo die Terminaltriebe der Tannen ausreichend stark entwickelt sind. Schwache Triebe werden bei Schneeanhang häufig abgebrochen. Wildzäune werden nur für

Beweiszwecke verwendet. Im Gebirgswald können diese auf großen Flächen nicht ausreichend stabil errichtet und erhalten werden. Außerdem würden sie das Problem in den angrenzenden Beständen nur noch verstärken.

Grundsätzlich soll der Bezug der Waldbesitzer zur Waldarbeit gefördert werden. Das heißt, dass dieser möglichst alle Arbeiten selber durchführen soll. Wenn Verjüngungshiebe vorgesehen sind, wird die Holzauszeige vom Forstschutzorgan im Beisein des Bezirksforsttechnikers, des Waldeigentümers und des WLK-Försters vorgenommen. Dabei wird vereinbart, wer die Schlägerungen, die Aufforstung und die Aufforstungspflege vornimmt und welche Förderungen in Anspruch genommen werden können. Dies bedeutet einen hohen Zeitaufwand von Seiten des WLK-Försters für Beratung, Kontrolle und die Förderungsabrechnung. In der Praxis stellt dies jedoch der Ausnahmefall dar. In der Regel werden die Nutzungen von privaten Schlägerungsunternehmen und die Aufforstungs- und Pflegemaßnahmen vom Maschinenring-Service unter Leitung der WLK durchgeführt.

Die wichtigsten Förderungssätze aus dem Vorarlberger Waldfonds sind derzeit:

- Stundensätze bei Arbeitsleistungen: Eigenleistung € 11 und Maschinenring € 26,58 Brutto. Stundensatz für Motorsäge: € 11,04 oder € 13,44 Brutto je nach Motorstärke.
- Entschädigung für quergefälltes Holz bei Eigenleistung: 47 €/fm und zusätzlich 50 % der nachgewiesenen Arbeitskosten (auch jener von Schlägerungsunternehmen).
- Entschädigung für quergefälltes Holz bei Querfällungen durch die WLW: 29 €/fm

- 80 % der Aufforstungs- und Pflegekosten (in WLW Gebieten 100 %).
- Dickungspflege unter 10 m Baumhöhe 872 €/ha bei LH unter 50 %. 1.235 €/ha bei LH über 50 % (dies ist keine gute Lösung für Lawenschutzwälder, wo ein Laubholzanteil zwischen 25 und 30 % angestrebt wird).
- Durchforstung über 10 m Baumhöhe 581 €/ha
- Für Seilkranförderung sind die Sätze nach fm/lfm gestaffelt festgesetzt.

Die neuen Führungsrichtlinien der EU für die ländliche Entwicklung können in WLW-Projekten nicht angewendet werden.



Abb. 11: Querfällung mit bis zum Splintholz eingeschnittener Rinde. Die Brut des Buchdruckers kann sich so nicht vollständig entwickeln und stirbt ab.

Fig. 11: Cross felling and tree bark cut to the sap wood to prevent bug populations.

Eine zu frühe Übergabe der Betreuung an den Waldeigentümer kann sich auch negativ auswirken. Die erste Durchforstung wird gewöhnlich über das Projekt durchgeführt. Danach wird die Fläche dem Waldeigentümer zur weiteren Bewirtschaftung übergeben. Die letzte Durchforstung kann bereits als Nutzung angesehen werden und wird vom Waldeigentümer selber vorgenommen oder in Auftrag gegeben. Dies gilt für Verbauungsprojekte, jedoch nicht für flächenwirtschaftliche Projekte. Schon öfters musste festgestellt werden, dass das Angebot, die Arbeiten vom Forstschutzorgan oder dem WLW-Förster fachlich zu begleiten, nicht angenommen wurde und es wurden mühsam hochgepflegte Mischbaumarten bei diesem Eingriff aus dem Bestand entnommen und das waldbauliche Ziel, einen Mischbestand heranzuziehen, zunichte gemacht.

Durchforstungen mit Fichtenvorkommen, bei welchen das Holz nicht aus dem Wald entfernt wird, werden zwischen September und Ende November durchgeführt. Als bei einer im Dezember vorgenommenen Durchforstung es anschließend sehr kalt wurde und bis nach dem Winter kalt blieb, sind die Bäume im Frühjahr wieder „fängisch“ geworden, d.h. dass sich der Bast nicht ausreichend zersetzt hat und die Borkenkäfer mit der Brut begonnen haben. Als rasche Maßnahme habe ich mit der Motorsäge in kurzen Abständen Streifen in die Rinde geschnitten, um so die Larvengänge zu durchschneiden. Dadurch konnte sich die Brut nicht entwickeln. Seither verwende ich dieses sehr zeit- und kostensparende Verfahren regelmäßig. Auch wenn vom Sturm sehr alte Bäume mit einer sehr groben Rinde geworfen werden, wende ich das „Streifen“ mit Erfolg an. Wichtig ist, dass die Schnitte bis ins Splintholz reichen und ausreichend eng angelegt werden.

Querfällungen

In den letzten Jahren wurden bei Verjüngungshieben häufig starke Bäume mit einer eher geringen Holzqualität als Querfällung im Wald belassen. Man erspart sich dadurch Gleitschneeverbauungen und fördert die Totholz- oder Kadaververjüngung. Wichtig ist, dass die Bäume nicht horizontal, sondern Hangdiagonal mit mindestens 45 Grad zu Schichtenlinie zu liegen kommen. Sonst kann sich oberhalb des Stammes sehr viel Material ansammeln, welches nach der Verrottung mit dem Stamm abgeht und Schäden an der unterliegenden Verjüngung verursachen kann. Der zeitliche Wettlauf mit der Zersetzung der Bäume kann nur gewonnen werden, wenn die Fällungen in der Safruhe vorgenommen werden und sich Laubbaumarten mit einem raschen Jugendwachstum ungehindert entwickeln können. Nadelbäume wachsen zu langsam und müssen später herausgepflegt werden. Vermodernde Querfällungen stellen auch eine hohe Gefahr für die Pflegepartie dar, weshalb ich diese heute sparsamer einsetze als in den vergangenen Jahren.

Schneebruch und Stammrisse

Junge Pflanzen weisen eine hohe Elastizität des Stammes auf. Mit zunehmendem Alter geht diese verloren und dann entscheidet sich, ob die Pflanze den Belastungen durch die Schneelast standhält oder Schaden erleidet. Dies kann durch Schneebruch, durch Aushebeln des Wurzelballens bei tiefgründigem, lockerem Boden oder durch Stammrisse geschehen. Ein schnelles Jugendwachstum fördert die Anfälligkeit für Stammrisse. Deshalb wäre es so wichtig, dass es gelingt, Naturverjüngungen hochzubringen. Im Verbauungsfeld Hüggenlawine in Blons scheinen

die Bedingungen für Stammrisse sehr günstig zu sein, denn ca. 90 % der Pflanzen weisen solche Schäden auf. Diese sind Sollbruchstellen für spätere Windbrüche, wenn der Baum dem Sturm ausreichend Angriffsfläche bietet.

Die stärksten Rückschläge musste ich in Blons 2012 durch Schneebruch hinnehmen. Nirgends sonst treten Schneebruch und Stammrisse in so starkem Ausmaß auf. Hofrat Schilcher sagte, dass wir mit Glück frühestens die dritte Generation von Aufforstungen zu schutzwirksamen Beständen heranziehen können. Deshalb ist es wichtig, rechtzeitig wieder dafür zu sorgen, dass die nächste Generation schon parat steht, wenn der aktuelle Bestand ausfällt.

Schlusswort

Abschließend darf ich behaupten, dass die mehr als 40-jährige Tätigkeit als Förster bei der WLV einen überwiegend positiven Lebensabschnitt in meinem Leben darstellte. Es war für mich immer etwas Besonderes, ein „Wildbächler“ zu sein. Die großen Erfolge, die in den letzten Jahren bei der Verjüngung der Objektschutzwälder erreicht werden konnten, wären ohne gegenseitiges Vertrauen und respektvollem Umgang der verschiedenen Interessensgruppe wohl nicht möglich gewesen. An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mir in der Vergangenheit dieses Vertrauen entgegengebracht haben.

Ziel eines überwiegenden Teiles unserer Verbauungen ist der Aufbau, die Wiederherstellung und die Erhaltung eines dauernd schutzwirksamen Waldbestandes. Die technischen Verbauungen stellen lediglich ein – wenn auch häufig unverzichtbares – Hilfsmittel zur Erreichung dieses Zieles dar. Wie dieser Beitrag zeigt, ist die Arbeit eines WLV-Försters abwechslungsreich und herausfordernd und das wiegt vieles auf.

Anschrift des Verfassers / Author's address:

Ing. Hermann Lederle
Wildbach- und Lawinerverbauung,
Gebietsbauleitung Bludenz
Oberfeldweg 6
6700 Bludenz
hermann.lederle@die-wildbach.at



Abb. 12: Hüggenlawine Blons: Sehr starker Stammriss trotz Schutz durch eine Stahlschneebrücke. Die meisten Stammrisse haben für gewöhnlich eine Länge von weniger als 50 cm.

Fig. 12: Hüggen avalanche Blons. Large trunk crack formation in spite of steel snow bridges.

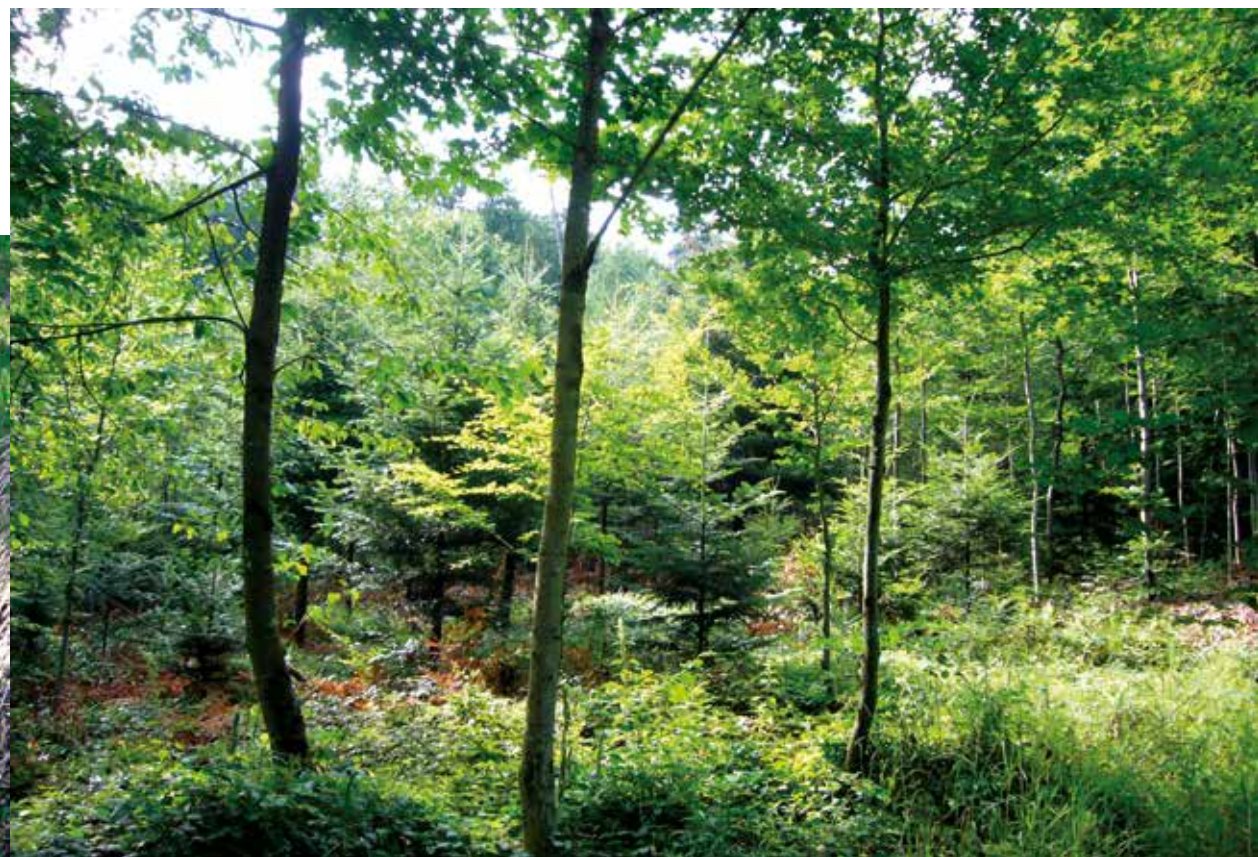


Abb. 13: Der Lohn einer langjährigen Bemühung – Eine vorbildliche Verjüngung.

Fig. 13: Reward for standing efforts – an ideal forest rejuvenation.

GEORG PIRCHER

Die Aufforstung des Vinschger Sonnenberges und die Umwandlung in naturnahe Mischwälder

The afforestation of the Vinscher Sonnberg and the change into a semi-natural mixed forest

Zusammenfassung:

Am ehemals fast völlig kahlen Sonnenberg im Vinschgau entstanden im Zuge mehrerer Aufforstungsperioden insgesamt 940 Hektar an Schwarzföhrenbeständen. Die Aufforstungen erfüllten ihren Hauptzweck und schützten vor Erosion und Übermürung, doch es entstanden Probleme wie Artenverlust, Erhöhung der Waldbrandgefahr, Abnahme der Bestandesstabilität und Massenvermehrungen des Kiefern-Prozessionsspinner. Nach einer Strategiefestlegung wurde ab 1996 mit der Umwandlung der Aufforstungen in naturnahe laubholzreiche Mischwälder begonnen. Inzwischen haben sich erste Mischbestände gebildet, welche in Zukunft als selbsttätig stabile Wälder alle Waldfunktionen übernehmen werden und Klimaänderungen verkraften.

Stichwörter:

Wiederaufforstung, Schwarzkiefer, Mischwald

Abstract:

The Vinscher Sonnberg was nearly completely deforested until 600 m above the valley floor. Since the end of the 19th century various afforestation programs were carried out with the result of in total 940 ha new black pine forest stands. The afforestation serve mainly to protect against erosion and mass movement, but not without causing negative effects like the loss of species, an increase of forest fires, the decrease of stand stability and the mass reproduction of pine processionary. Therefore the strategy was adapted and since 1996 the afforestations were transformed into semi-natural mixed stands with a high percentage of hardwood. Meanwhile several mixed stand have been evolved, which will be able to fulfill all forest functions and resist climate changes in future.

Keywords:

Afforestation, *Pinus nigra*, mixed forest

Die Erstaufforstung

Der Vinschger Sonnenberg war um 1900 bis in eine Höhe von ca. 600 m über der Talsohle fast vollständig entwaldet. Die klimatische und geologische Sondersituation hatte zusammen mit jahrhundertelanger Übernutzung, vor allem durch Kleinviehweide, zu diesem Zustand geführt. Mit der zunehmenden Entwaldung war aber die Gefährdung durch Erosion, Murgänge und Überschwemmungen kontinuierlich angestiegen. Schließlich waren bei jedem Starkregen die Ortschaften und Kulturgründe im Tal bedroht. So hatte man bereits Ende des 19. Jahrhunderts mit

kleinflächigen Aufforstungen begonnen. In den 1920er- und 1930er-Jahren wurden die sogenannten „Leitenwaldelen“ oberhalb der Dörfer angelegt und 1951–1965 folgte schließlich ein großangelegtes Aufforstungsprogramm, welches eine Bruttofläche von 1.760 ha bearbeitete. Die ersten Pflanzungen ab 1875 mit Schwarzföhre (*Pinus nigra*) waren vielversprechend gewesen. Daher wurde – obwohl die Schwarzföhre nicht heimisch ist – vor allem in tieferen Lagen mit ihr aufgeforstet. Von den zirka 6 Millionen ausgebrachten Pflanzen waren 58 % Schwarzföhren. In Summe entstanden so am Vinschger Sonnenberg 940 ha Schwarzföhrenforste.



Abb. 1: Der kahle Sonnenberg zwischen Eyrns und Laas um 1930, im Vordergrund Tschengls.

Fig. 1: The deforested Sonnberg between Eyrns and Laas in 1930, in the foreground Tschengls.



Abb. 2:
Der Sonnenberg mit den
Schwarzföhrenforsten
heute.

Fig. 2:
The Sonnenberg with Black
pine (*Pinus nigra*) forests
today

Die vordringlichste Aufgabe der Aufforstungen war der Erosions- und Hochwasserschutz, dieser wurde auch erreicht. Aus den beschriebenen Zwängen heraus konnte bei der Baumartenwahl allerdings wenig Rücksicht auf Belange wie Naturschutz, Biodiversität oder Landschaftsästhetik genommen werden. Die Schwarzföhrenforste entwickelten sich zu einförmigen Stangenholz- und Baumholzbeständen und schafften neue Problemfelder. In den geschlossenen Schwarzföhrenbeständen mit dicker Nadelstreuauflage ist beispielsweise ein merklicher Rückgang der einzigartigen Steppenvegetation der „Leiten“ und der Artenvielfalt – auch der Fauna – bemerkbar. Die Rohhumusaufgabe ist schlecht für die Infiltration von Wasser bei den sommerlichen Starkregen, es zeigten sich Podsolierungs- und Degradationserscheinungen des Bodens. Das ohnehin hohe Waldbrandrisiko auf den Trockenhängen stieg weiter an und der Lebensraum für Wildtiere wurde verschlechtert, sodass der Verbissdruck auf die spärliche Laubholzverjüngung noch weiter zunahm. Dass es sich um ökologisch labile Bestände handelt, zeigten auch die jährlich auftretenden Kalamitäten des Kiefernprozessionsspinners. Auch Schäden durch Schildläuse und

Pilzkrankungen wie das Kieferntriebsterben traten auf. In den 1990er-Jahren kam es schließlich dazu, dass Anrainer und Tourismusorganisationen eine stärkere Bekämpfung des Prozessionsspinners forderten. So begann eine Bekämpfung mit *Bacillus thuringiensis* vom Hubschrauber aus. Von 1999 bis 2009 wurden jährlich auf großer Fläche, danach unregelmäßig auf kleinerer Fläche Einsätze geflogen.

Die Umstrukturierung

Aufgrund der beschriebenen Probleme war Handlungsbedarf gegeben, man wollte weg von den Schwarzföhrenmonokulturen – doch wohin? Bevor ein derartig umfangreiches, mehrere Jahrzehnte in Anspruch nehmendes Projekt gestartet wurde, war es unabdingbar mit wissenschaftlichen Untersuchungen Klarheit zu schaffen und die Möglichkeiten aufzeigen. Immerhin handelte es sich um ein Pionierprojekt, es waren weder Vergleichswerte noch Erfahrungen vorhanden, zudem waren große organisatorische Probleme zu bewältigen. Die zentrale Frage war, wo und in welcher Form die notwendige Umstrukturierung gemacht werden kann. Man ging dabei vom Konzept der

potentiell natürlichen Waldgesellschaft aus, welche das Ziel des Waldumbaues sein sollte. Dies, da nur ein naturnaher Wald langfristig stabilen Schutz bietet, welcher mit wenig Aufwand erhalten werden kann. Im Rahmen der Studien wurde eine Karte der Schwarzföhrenforste angelegt, Waldfragmente standörtlich, vegetationskundlich und bodenkundlich untersucht, Literatur gesichtet und die Tauglichkeit einheimischer Baumarten untersucht. Es zeigte sich, dass es sich bei den potentiell natürlichen Waldtypen vor allem um Flaumeichenwälder, daneben um Mischwälder von Waldföhre bzw. Lärche mit Flaumeiche und Laubholz handelte. Diese Waldtypen wurden definiert und auf eine Karte übertragen. Bestätigung

fand man durch natürlich ankommende Flaumeichenverjüngung in den Beständen und auch das südtirolweite Projekt Waldtypisierung lieferte 2010 nochmals die Bestätigung dieser Strategie. Nachdem man das Bestandesziel definiert hatte, ging man daran, sich die waldbauliche Strategie zurechtzulegen. Man entschied sich für den sofortigen Beginn der Umwandlung, auch wenn es vom ertragskundlichen Standpunkt aus noch recht früh war, aber die Nutzfunktion ist in all diesen Wäldern sehr untergeordnet. Im Jahr 1996 wurde das Konzept zur Umwandlung mit sogenannten Biozellen entwickelt und die Arbeitsanweisungen zu vorbereitenden Durchforstungen, zu Pflanzung und Saat niedergeschrieben.



Abb. 3: Durchforsteter Schwarzföhrenbestand mit Biozellen.

Fig. 3: Thinning Black pine forest with small groups of broad-leaved trees

Die konkreten Arbeiten begannen im Jahr 1996 mit der Errichtung von 143 Biozellen in den „Laaser Leiten“. In den Folgejahren wurden die Arbeiten auf verschiedene Flächen der Forststationen Mals, Schlanders und Latsch ausgedehnt. Durch die Verteilung sollen „Keimzellen“ geschaffen werden, von wo aus es zu einer natürlichen Ausbreitung der Laubbäume kommt – zu einer biologischen Automation. Damit taugliches, einheimisches Saat- und Pflanzgut von Flaumeiche verwendet werden konnte, wurden im Vinschgau drei Erntebestände ausfindig gemacht. Es wurde ein kleiner Pflanzgarten angelegt, damit die Pflanzen vor Ort aufwachsen können und von Beginn an sich an das extreme Klima anpassen können. Es wurden verschiedene Pflanz- und Saattechniken erprobt, auch eine Diplomarbeit zur Unter-

suchung des Anwuchserfolges ausgeführt. Da Erfahrungswerte fehlten, war auch der Lernprozess wichtig und es wurden laufend Adaptionen gemacht. So zeigte sich beispielsweise, dass die Kleinzäune um die Biozellen (1 m x 1 m), welche Schutz vor Schalenwildverbiss bieten sollen, nur wenige Jahre stabil bleiben. Auch Einzelschutz-Drahtkörbe haben sich wenig tauglich erwiesen. Folglich werden nun größere Zaunflächen (bis maximal 50 m x 50 m) mit stabilen Zaunsäulen angelegt. Neben der Flaumeiche wird vor allem Blumenesche gepflanzt, aber auch Mischbaumarten wie Kirsche, Nuss, Birke, Linde, Ahorn und verschiedene Straucharten werden eingebracht.

All diese Arbeiten werden in tabellarischer und kartographischer Form erfasst, damit der Fortschritt der Arbeiten sichtbar ist und der



Abb. 4: Örtlich ist man dem Ziel von laubholzreichen Mischbeständen bereits nahe.

Fig. 4: The goal to reach forest stands with rich broad-leaved trees is in some places almost reached.

Überblick gewahrt bleibt. An den Biozellen werden auch regelmäßig Kontrollerhebungen gemacht, wobei Merkmale wie Höhe, Höhenzuwachs, Mortalität oder Durchmesser erhoben werden. Dadurch kann man Rückschlüsse auf die wesentlichen Witterungseinflüsse ziehen oder die Notwendigkeit von Eingriffen in der Oberschicht ableiten. Bisher wurden durch die Umstrukturierung über 100 Hektar an Schwarzföhrenwald bearbeitet, zusätzlich zirka 100 Hektar vorbereitend durchforstet.

Die letzten beiden Winterhalbjahre mit den überdurchschnittlich warmen Temperaturen und der extremen Trockenheit haben 2017 zu Föhrensterben-Erscheinungen geführt. Ende Juni 2017 waren 800 Hektar Bruttofläche von Wald- und Schwarzföhrenwäldern betroffen. Die Verfärbungen und Absterbeprozesse werden in tiefen Lagen vor allem durch das Diplodia-Triebsterben ausgelöst, in höheren Lagen befallen Borkenkäfer wie der Kleine Waldgärtner (*Tomicus minor*) oder der Sechszählige Kiefernborkekäfer (*Ips acuminatus*) die geschwächten Föhren. Daher ergibt sich aktuell die Notwendigkeit, neben phytosanitären Maßnahmen und Schadholznutzung, die Maßnahmen zur Umstrukturierung zu intensivieren.

Ein wichtiger Punkt ist auch die Information und Einbeziehung der Waldeigentümer, aber auch der örtlichen Bevölkerung. Die Umstrukturierung ist kein Projekt, welches in der breiten Öffentlichkeit große Aufmerksamkeit erregt, und auch nicht auf den ersten Blick gut sichtbar ist. Umso wichtiger ist die Präsentation und Erklärung der durchgeführten Maßnahmen. Auch im Rahmen von Fachexkursionen, Waldpädagogikprojekten und Tagungen werden immer wieder die Umstrukturierungsflächen besucht.

Kurz gesagt zeigt uns der Vinschger Sonnenberg einerseits, dass vorhandene Schutzwaldbestände in jedem Fall zu schützen und zu

erhalten sind, denn ein Wiederaufbau ist extrem schwierig und langwierig, wobei auch immer ungeahnte Probleme auftauchen. Andererseits zeigt er uns, auch in Hinblick auf zukünftige Herausforderungen wie Klimawandel, dass nur naturnah aufgebaute Waldbestände, mit einer möglichst breiten Mischung und Strukturierung langfristig alle Funktionen erfüllen und mit wenig Aufwand erhalten werden können.

Anschrift des Verfassers / Author's address:

DI Georg Pircher
Forstinspektorat Schlanders
Schlandersburgstraße 6
I-39028 Schlanders (BZ)
Georg.Pircher@provinz.bz.it

THOMAS L. CECH, GERNOT HOCH

Hochlagen in den Ostalpen – Forstpathologische Herausforderungen und Risiken der künstlichen Bestandesbegründung

Afforestation in high altitudes in the Eastern Alps – Forest pathological challenges and risks

Zusammenfassung:

Die Aufforstung von Hochlagen ist in jüngster Zeit aufgrund vermehrter Lawinen- und Murengefahren wieder in den Blickpunkt der alpinen Forstwirtschaft gerückt. Im aktuellen Beitrag wird auf die Forstschutz-Risiken und die für eine erfolgreiche Bestandesbegründung zu berücksichtigenden Faktoren näher eingegangen. Die bei großflächigen Aufforstungen im Gebirge epidemisch auftretenden Pilzkrankheiten, einige in jüngster Zeit in der hochmontan-alpinen Höhenstufe verbreitete Nadelkrankheiten, Wurzelkrankheiten sowie klimatisch bedingtes Absterben werden erläutert und Möglichkeiten des Management diskutiert.

Stichwörter:

Hochlagenaufforstungen, Pilzkrankheiten, Herausforderungen

Abstract:

Afforestation in high altitudes is of increasing importance according to increasing danger from natural hazards in the Alps. Risks regarding forest protection and related requirements enabling a successful establishment of forests are described. Fungal diseases causing epidemics in large-scale afforestations, some recently spreading needle diseases, stem rots, root diseases as well as climate-thriven decline are presented and possibilities of management are discussed.

Keywords:

Afforestation, high altitudes, fungal diseases, challenges

Einleitung

Die künstliche Bestandesbegründung in der hochmontanen bis subalpinen Höhenstufe hat in den Ostalpen eine lange Tradition. Die Basis dafür stellte die Absenkung der natürlichen Baumgrenze während des 18. und 19. Jahrhunderts durch menschliche Eingriffe dar. Maßgeblich waren vor allem im 19. Jahrhundert großflächige Entwaldungen als Folge exzessiver Holznutzungen (Kahlschläge) für Eisenverhüttung und Salzgewinnung, sowie der Ausweitung von Weideflächen für Schafe und Rinder (siehe Fromme, 1957). Mitte des 20. Jahrhunderts kam es zu zahlreichen Lawinen- und Murabgängen, die ihren Ursprung zu etwa zwei Drittel in ursprünglich bewaldeten Hochlagen hatten (Donaubauer, 1984). Angesichts der katastrophalen Schäden wurde mit dem Bau technischer Lawinenverbauungen sowie zeitgleich mit der Aufforstung großer, meist zuvor als Almen bewirtschafteter Flächen in der hochmontan bis subalpinen Höhenstufe begonnen (Hampel, 1954; Aulitzky 1955). Den Höhepunkt erreichte dies Ende der 1950iger und Anfang der 1960iger Jahre.

Wenige Jahre nach Beginn der massiven Aufforstung von Lawineneinzugsgebieten kam es bereits zu großflächigen Verlusten an jungen Bäumen (Donaubauer, 1980). Diese wurden als Folge von epidemischen Pilzkrankheiten vor allem bei Zirben und Lärchen erkannt, die zwischen 1950 und 1980 nahezu alle Aufforstungen zerstörten oder dezimierten (Donaubauer, 1983). Die zentrale Rolle kam dabei der großflächigen künstlichen Bestandesbegründung in Seehöhen von über 1800 m ohne Rücksicht auf kleinstandörtliche und mikroklimatische Gegebenheiten als Prädisposition für diese Epidemien zu (Donaubauer, 1980). In der Folge wurden die für einen Aufforstungserfolg in Hochlagen essentiellen Bedingungen erforscht (vgl. Donaubauer & Stephan, 1988).

Letztere wurden danach bei weiteren Aufforstungsprojekten weitgehend befolgt, so dass seit etwa 1990 Massensterben durch Pilzepidemien in Hochlagenaufforstungen meist ausblieben. Die Konsequenz war insgesamt ein Ersatz der Flächenaufforstung durch kleinflächige Begründung von Horsten, eben unter Berücksichtigung der in dieser Höhenstufe vorhandenen topographischen, standörtlichen sowie klimatischen kleinräumig wechselnden Gegebenheiten.

Zunehmende Probleme mit Lawinen und Murabgängen im Alpenraum, nunmehr im Zusammenhang mit Klimaextremen und damit der globalen Klimaänderung rücken eine Intensivierung der Aufforstungen von Hochlagen wieder in den Blickpunkt der Strategien im Alpenraum. Die Risiken durch epidemische Pilzkrankheiten und die dabei zu berücksichtigenden Aspekte werden im Folgenden angeführt.

Kiefern (*Pinus* spp.)

Bei Zirben limitieren im Wesentlichen zwei verschiedene Pilzarten den Aufforstungserfolg: Der weiße Schneeschimmel (*Phacidium infestans*) und das Scleroderris-Triebsterben (*Gremmeniella abietina*).

Der weiße Schneeschimmel befällt bodennahe Zweige, wo er den Nadelbesatz mit einem oberflächlichen, schimmelartigen Pilzgeflecht umspinnt und zum Absterben bringt. Dabei werden die Nadeln weiß-grau und zeigen (Lupe!) kreisrunde, flache Fruktifikationen. Der Verlust der Assimilationsmasse führt zum Absterben der Bäume. Die Ausbreitung am Baum erfordert eine langfristige Bedeckung mit Schnee bzw. Temperaturen um den Gefrierpunkt (Optimum -3 °C bis 0 °C; Vuorinen und Kurkela, 1993).

Diese Bedingungen herrschen in Muldenlagen (Schneetälchen) sowie in Schattlagen. Darüber hinaus wird die Ausbreitung von Pha-

cidium infestans in Jahren mit lang andauernder Schneebedeckung im Frühjahr begünstigt. Für die Praxis ergibt sich, dass Lagen, in denen mit anhaltenden Schneeablagerungen zu rechnen ist, generell nicht aufgeforstet werden sollten (Donaubauer, 1980). An Standorten mit stark gegliederter Topographie ist eine Schneeflächenerfassung mit Hilfe einer pflanzensoziologischen Kartierung der Vegetation (Ökogramm) mit dem Ziel einer Ausperungs-Karte empfehlenswert (Aulitzky, 1963). Danach können die schneereichen Kleinstandorte erfasst und von der Aufforstung ausgenommen werden (Donaubauer, 1980).

Das Scleroderris-Triebsterben kann sich in Hochlagenaufforstungen mit einer Verzögerung von einigen Jahren bemerkbar machen. Im Anfangsstadium ist der Nadelbesatz an der Spitze von Seiten- oder Leittrieben rötlichbraun verfärbt (Abb. 1), wobei dies zuerst auf die innere (proximale) Nadelhälfte beschränkt ist (Abb. 2). Von der Spitzenknospe aus stirbt der Trieb zurück. Bei Zirben kann sich diese Krankheit bis etwa 3 m Höhe epidemisch ausbreiten, wobei Leittrieb und alle Seitentriebe befallen werden und das Triebsterben auf ältere Jahrgänge und den Stamm übergreift (Abb. 3). Wenn die Befalls- und Ausbreitungsvoraussetzungen stimmen, sterben Zirben in Hochlagen bis zum Alter von 20–25 Jahren innerhalb einiger Jahre ab.



Abb. 1: Scleroderris-Triebsterben, Zirbe: Verbraunung der Nadeln um die abgestorbene Spitzenknospe

Fig. 1: Scleroderris-shoot dieback: browning of needles around the dead terminal bud



Abb. 2: Scleroderris-Triebsterben, Zirbe: Nadelverfärbung ist zuerst auf die innere Hälfte beschränkt

Fig. 2: Scleroderris-shoot dieback, Swiss stone pine: needle discoloration is initially limited to the proximal parts of the needles

Gremmeniella abietina ist vor allem auf der nördlichen Halbkugel weit verbreitet und tritt oft als desaströse Krankheit in großflächigen Pflanzungen fremdländischer Kiefernarten auf. Die Voraussetzungen für epidemischen Befall bestehen (in Hochlagenaufforstungen) in der Kombination folgender Faktoren: (1) Hohe Anzahl gleichaltriger Pflanzen unter gleichzeitig einsetzenden Stressbedingungen, (2) falsche Provenienz (nicht an die Höhenstufe angepasste Zirbenherkünfte aus tieferen Lagen), (3) Klima.

Große Zahlen befallsfähiger Pflanzen sind für die meisten Krankheitsepidemien eine relevante Vorbedingung. Verbunden mit gleichzeitigem und gleichartigem Stress (Setzschock, Klima) begünstigen diese ein oft sprunghaft ansteigendes Infektionspotential. Zur Zeit der großen Verluste von Hochlagenaufforstungen im Alpenraum kam dem Faktor Provenienz besondere Bedeutung zu. Die Verwendung von Tieflandherkünften führt über unzureichende Verholzung der Triebe und Zweige zu einer erhöhten Infektionsanfälligkeit. Die kleinstandörtlichen Unterschiede in alpinen Lagen sind über die damit verbundenen Temperaturextreme in hohem Ausmaß für Gremmeniella

abietina relevant. Allerdings sind vor allem Grate und Windkanten, wo die Pflanzen extrem niedrigen Wintertemperaturen ausgesetzt sind, die für Gremmeniella abietina-Befall günstigen Kleinstandorte. Umgekehrt können sich Zirbenpflanzen am ehesten im Windschatten von derartigen Kanten halten.

Mindestens ebenso bedeutend sind großklimatische Aspekte. Alle Bedingungen, unter denen die Verholzung der jungen Triebe reduziert ist, wirken befallsfördernd (Donaubauer, 1972; Uotila 1988). So disponieren einerseits langanhaltende Schneebedeckung im Frühjahr (verspäteter Austrieb!), andererseits niederschlagsreiche, kühle Sommer die jungen Zirben für Gremmeniella abietina-Befall. Folgen derartige Situationen aufeinander, so bricht die Krankheit aus (Nierhaus-Wunderwald, 1996). Darüber hinaus können Kaltlufteinbrüche im Herbst die gleichen Folgen zeitigen (Marosy et al., 1989). So kam es im Jahr 2002, bedingt durch zwei Kaltlufteinbrüche



Abb. 3: Scleroderris-Triebsterben, stark befallene junge Zirbe, Steiermark, Seckauer Alpen 2015

Fig. 3: Scleroderris-shoot dieback, heavily infested young Swiss stone pine, province of Styria, Seckauer Alps 2015

im Herbst 2001, bei Weißkiefern in Tirol sogar in tiefen Lagen zu weit verbreitetem Triebsterben (Cech, 2003a).

Ein weiterer wesentlicher Faktor sind die klimatischen Voraussetzungen für die Bildung der Sporen: Nach kühl-feuchten Sommern ist im Herbst mit besonders hohem Infektionsdruck zu rechnen. In trocken-heißen Sommern hingegen wird die Ausbreitung der Scleroderris-Krankheit auch deshalb unterbunden, weil die Konidien bei höheren Temperaturen absterben (Nierhaus-Wunderwald, 1996).

Im Winter bringt Gremmeniella abietina die befallenen Gewebe zum Absterben (Nierhaus-Wunderwald, 1996). Dies erfordert Temperaturen um den Gefrierpunkt, weshalb es gerade in schneereichen Wintern zu Absterbenschüben kommt. Im Gegensatz dazu sind diese konstanten Bedingungen in schneearmen Wintern kaum gegeben, da die Temperaturen stärker variieren.

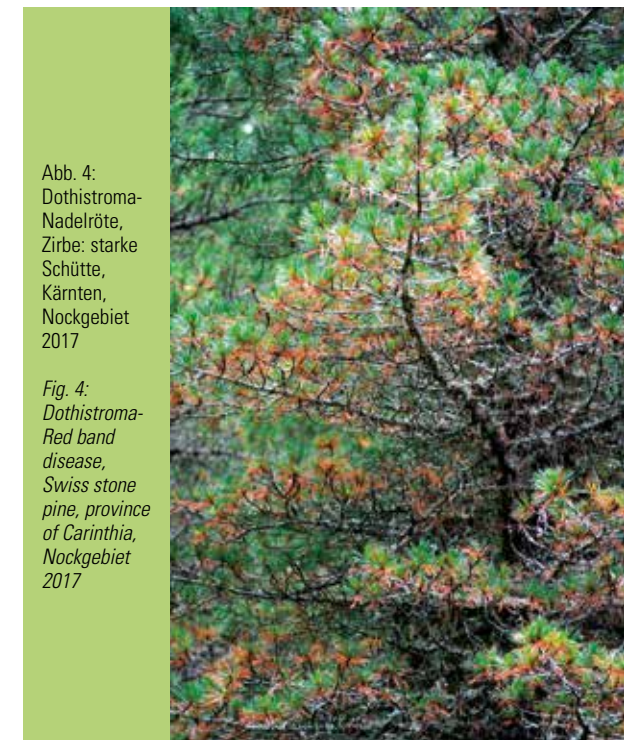


Abb. 4: Dothistroma-Nadelröte, Zirbe: starke Schütte, Kärnten, Nockgebiet 2017

Fig. 4: Dothistroma-Red band disease, Swiss stone pine, province of Carinthia, Nockgebiet 2017

Neben diesen beiden Krankheiten geben zwei neu in Europa aufgetretene Schütte-Erreger Anlass zur Sorge. Ein verhältnismäßig neuer, in Österreich an Zirben erst vor etwa 20 Jahren etablierter Stressfaktor ist die Dothistroma-Nadelröte (*Dothistroma pini* und *Dothistroma septosporum*), die Zirben aller Altersstufen bis zur Baumgrenze befällt (Abb.4). Da zur speziellen Pathologie bei Zirben noch keine Erkenntnisse vorliegen, kann die Krankheit hier nur als zukünftig potentieller Bedrohungsfaktor angeführt werden (Kirisits und Cech, 2007). Ein bis drei Jahre nach dem Befall kommt es zum Schütten der Nadeln, bei mehrjährigem Befall kann es zum Nadelverlust bis auf den diesjährigen Jahrgang kommen. Allgemeine Informationen zu Dothistroma sind in Kirisits und Cech (2006) zusammengestellt.

Dem gegenüber stellt die *Lecanosticta*-Nadelbräune (*Lecanosticta acicola*), schon jetzt eine Bedrohung für Kiefern im Alpenraum dar.

Betroffen sind derzeit Latschen (*Pinus mugo*) und Spirken (*Pinus uncinata*). Der aus Nord- bzw. Mittelamerika stammende Erreger tritt seit den späten 1970er Jahren in Europa auf, blieb aber in Mitteleuropa meist auf den Zierpflanzenbereich und Moorstandorte beschränkt. 2015 wurde ein Befall an Spirken erstmals in einem Objektschutzwald auf steilem felsigen Standort festgestellt. In Latschen- und Spirkenbeständen breitet sich diese Schütte zurzeit in zwei Regionen in Tirol epidemisch aus und bedroht dort hochmontane Schutzwälder sowie den Latschengürtel (Abb. 5). Die andauernde Infektion führt zu massiver Schädigung bis zum Absterben. Das Risiko durch die *Lecanosticta*-Nadelbräune sowie die Entwicklung von Managementmaßnahmen sind Gegenstand des vom BFW koordinierten Forschungsprojektes "BROWNSPOTRISK" auf Europäischer Ebene (EUPHRESKO).



Abb. 5: *Lecanosticta*-Nadelbräune, Latsche: Schütte, Tirol, Karwendel 2017

Fig. 5: *Lecanosticta* needle cast (Brown spot disease), mountain pine: needle cast in the province of Tyrol, Karwendel 2017

Lärche (*Larix decidua*)

Die europäische Lärche ist in Hochlagen von einer Pilzkrankheit (*Gremmeniella laricina*) bedroht, die bei massivem Triebsterben zum Tod junger Pflanzen führen kann. Diese Art wurde in Österreich erstmals 1968 von Donaubaue (1971) als Verursacher des alpinen Lärchentriebsterbens nachgewiesen. Auch bei dieser Krankheit verbraunen zuerst die Nadeln an befallenen Trieben (Abb.6). Die Befalls- und Ausbreitungsvoraussetzungen sind im Wesentlichen die gleichen wie bei der Scleroderris-Krankheit (Nierhaus-Wunderwald, 1996).

Zu den stabilitätsgefährdenden Fäulepilzen der Lärche zählt *Laetiporus montanus*, eine neue Art des Schwefelporlings. Diese Art wurde erst 2009 an Koniferen entdeckt und ist bei Lärchen im Alpenraum ein lokal häufiger Stammfäuleerreger. Über die genaue Verbreitung bzw. ein damit verbundenes Risiko für die alpinen Lärchen- und Fichtenbestände fehlen noch Daten (Tomšovský und Jankovský, 2008).



Abb. 6: *Gremmeniella laricina* Triebsterben, Lärche: Salzburg, Hohe Tauern, 1997

Fig. 6: *Gremmeniella laricina* shoot dieback of European larch: province of Salzburg, Hohe Tauern, 1997

Fichte (*Picea abies*)

Wenn die Fichte in höheren Lagen zur Bestandesbegründung verwendet wird, sollte sich die Praxis auf eine optimale Pflege zur Erzielung nachhaltig stabiler Bestände konzentrieren. Das betrifft im Alpenraum vor allem die Erhaltung gesunder Wurzelsysteme und Stämme, denn das Gefahrenpotential durch die Rotfäule (*Heterobasidion annosum*) ist hoch. Ein Stockfäuleprozent von 70 und mehr birgt ein erhöhtes Risiko von Windbrüchen bzw. auch Windwürfen und kann der Erosion im Schutzwaldbereich Vorschub leisten. Erforderliche Maßnahmen sind hier vor allem Schutz vor mechanischen Verletzungen im Stammanlauf- bzw. Wurzelbereich (z.B. Trittschäden durch Weidevieh, Verletzungen durch Holzernte, Forststraßenbau etc.), bzw. die Anwendung biotechnischer Maßnahmen durch Applikation bzw. Förderung von antagonistisch wirkenden Pilzen (Cech und Steyrer, 2008; Cech et al., 2008). In diesen Bereich präventiver Maßnahmen fällt auch der Schutz vor Verbiss- bzw. Schälsschäden, sowie die Wahl von Pflanzgut geeigneter, an die alpinen Verhältnisse angepasster Provenienzen.

Ganz allgemein ist für Pflanzungen von Bäumen an Grenzstandorten eine erhöhte Sorgfalt beim Setzen essentiell. Setzfehler jeglicher Art, vor allem aber zu tiefes Setzen sowie Methoden, die Wurzeldeformation bzw. Bildung sekundärer Wurzelsysteme führen, sollten gewissenhaft vermieden werden, denn der Reaktionspielraum der Setzlinge ist in alpinen Lagen enger als im Tiefland.

Eine Pilzkrankheit, die das Aufkommen von Fichten behindern kann, ist der Fichtenblasenrost *Chrysomyxa rhododendri*. Diese Art führt regional und gelegentlich überregional zu massiven Nadelverlusten von Fichten in der montanen bis subalpinen (alpinen) Stufe. Zwar ist ihre

Rolle beim Absterben von Jungfichten umstritten (Zottele et al., 2014), doch ist denkbar, dass sie das Aufkommen der Naturverjüngung begrenzen kann. Entscheidend ist der Wirtswechsel zwischen Fichten und Alpenrosen (*Rhododendron* spp.), an den auch der Bezug zu klimatischen Faktoren geknüpft ist: die bei Fichten infektiösen Sporen entwickeln sich auf den Blättern der Alpenrosen. Abhängig davon, wie stark letztere im Winter abfrieren, ist im Frühjahr wenig oder viel Infektionspotential vorhanden. Hier werden somit die Wintertemperaturen in Zukunft maßgeblich sein, wieweit mit jährlich wiederkehrendem und damit an Bedeutung zunehmenden Befall zu rechnen ist. Kürzlich wurden neue Erkenntnisse zur Resistenz der Fichten gegenüber *Chrysomyxa rhododendri* gewonnen, was Möglichkeiten zur Förderung von Fichten an der Waldgrenze eröffnen könnte (Ganthaler et al., 2014).

Für den in Hochlagen verbreiteten und nach schneereichen Wintern junge Fichten schä-

digenden Schwarzen Schneeschimmel (*Herpotrichia nigra*) gelten im Grunde dieselben Kriterien wie für den Weißen Schneeschimmel (Nierhaus-Wunderwald, 1996).

Grünerle (*Alnus viridis*) und Grauerle (*Alnus incana*)

Beide Erlenarten sind zurzeit von regionalem Absterben betroffen. Zurücksterben von Grünerlen tritt lokal nach schneearmen Wintern auf und wird bei langfristigen Klimaänderungen wahrscheinlich ein größeres Problem werden. Vor allem, wenn im ausgehenden Winter die Schneebedeckung signifikant verkürzt ist, kommt es zu Trockenstress der sehr feuchtigkeitsbedürftigen Baumart. Die klimatischen Vorbedingungen wurden vor einigen Jahren im Trentino (Italien) genau untersucht (Pisetta et al., 2012). Frost führt danach zu Rindennekrosen, die vorerst auf eine Baumseite (vorwiegend sonnseitig) beschränkt bleiben, bald aber den Stamm umfassen und zur Blattwelke und



Abb. 7:
Grünerlensterben: Salzburg,
Venedigergruppe 2015

Fig. 7:
Decline of Green alder:
province of Salzburg,
Venedigergruppe 2015



Abb. 8: Grauerlensterben: Salzburg, Rauris 2016

Fig. 8: *Decline of Grey alder:* province of Salzburg, Rauris 2016

Abdürren der Erlen führen (Abb.7). Das Absterben verläuft immer von oben nach unten. Hygienische Maßnahmen sind nicht sinnvoll, da das Phänomen primär abiotisch bedingt ist. Falls möglich, sollten die Erlen auf den Stock gesetzt werden, um ein Einwachsen von Fäulepilzen in die Stammbasis zu verhindern, was allerdings nur unmittelbar nach Erscheinen der Symptome Sinn macht.

Grauerlen entlang alpiner Flüsse und Bäche sind zurzeit von einem in Österreich weit verbreiteten Absterben betroffen (Abb.8), das vor etwa 20 Jahren im oberen Murgebiet zuerst beobachtet wurde (Cech, 2003b). Das Absterben wies damals einheitlich für *Phytophthora* charakteristische Symptome auf: Kronenverkümmern, Saftfluss am Stammanlauf verbunden mit von der Stammbasis aufsteigenden Rindenzwischenläsionen. 2002 wurde an zahlreichen Standorten *Phytophthora alni* als primärer Krankheitserreger nachgewiesen (Balci und Cech, 2005). Im Laufe der folgenden Jahre intensivierte sich das Absterben und weitete sich auf mehrere Bundesländer aus, wobei Halimasch und rindenbrütende Prachtkäfer (*Agrilus*

viridis) als Faktoren dazukamen. Im Murgebiet spielen diese gegenwärtig die Hauptrolle beim Absterben der Erlen, in anderen Regionen tritt *Phytophthora* nach wie vor und auch in höheren Lagen (Flusstäler bis 1600 m Seehöhe) als erster biotischer Faktor auf (Abb. 9 und 10). Der Krankheitskomplex lässt auf ein Zusammenspiel von vermutlich eingeschleppten oder eingewanderten *Phytophthora*-Arten als Initialfaktor mit Schwächungsfaktoren (Änderungen im Wasserhaushalt, mangelnde Bestandespflege und daraus resultierende Wurzelkonkurrenz und Zusammenbruch der Bestände) schließen (Cech, 2015). In Bezug auf das Grünerlensterben ergibt sich für die Praxis angesichts der Klimaänderung nur das Ausweichen auf andere geeignete Baumarten. Bei der Grauerle sollten Maßnahmen der Bestandespflege (in erster Linie rechtzeitige Durchforstung), Hygiene (Entfernung des absterbenden und abgestorbenen Materials), sowie Maßnahmen zur Vermeidung der weiteren Verbreitung der bodenbürtigen *Phytophthora*-Arten mittels Pflanzgut ergriffen werden.



Abb. 9: Grauerlensterben, Saftfluss an der Stammbasis als Anzeichen für Stammnekrosen durch Phytophthora: Tirol, Gschnitztal 2014

Fig. 9: Decline of Grey alder, sap exudation at the stem base indicating a stem necrosis caused by Phytophthora: province of Tyrol, Gschnitztal 2014

Schlussfolgerungen

Die zukünftigen Risiken für Baumbestände in Hochlagen sind mannigfaltig. Die besondere Bedeutung des Klimas in alpinen Lagen muss, vor allem angesichts der noch nicht ausreichend kalkulierbaren klimatischen Änderungen einen hohen Stellenwert bei allen strategischen Überlegungen zur Erhaltung der Hochlagen einnehmen. Bei künstlicher Bestandesbegründung sollten Standorte und Pflanzgut sorgfältig gewählt werden und kleinräumige Pflanzungen sollten mit Rücksicht auf kleinstandörtliche Gegebenheiten Flächenaufforstungen ersetzen. Bei der Pflanzung sollte auf größtmögliche Sorgfalt geachtet wer-

den, um die dabei für die Bäume entstehenden Hypotheken auf ein Minimum zu begrenzen. Weiters sollte das Risiko durch invasive Arten in alle Überlegungen einbezogen werden. Pflanzgut sollte kontrolliert frei von Schadfaktoren sein. Schließlich sollte auch der weiteren Pflege der heranwachsenden Bestände besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Dr. Thomas L. Cech
Bundesforschungszentrum für Wald (BFW)
Institut für Waldschutz
Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien
thomas.cech@bfw.gv.at



Abb. 10: Grauerlensterben, von der Stammbasis aufwachsende breite Nekrose durch Phytophthora-Infektion: Tirol, Gschnitztal 2014

Fig. 10: Decline of Grey alder, broad necrosis ascending from the stem base, caused by Phytophthora-infection: province of Tyrol, Gschnitztal 2014

DI Dr. Gernot Hoch
Bundesforschungszentrum für Wald (BFW)
Institut für Waldschutz
Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien
gernot.hoch@bfw.gv.at

Literatur / References

- AULITZKY H. (1955). Die Bedeutung meteorologischer und kleinklimatischer Unterlagen für Aufforstungen im Hochgebirge. Wetter und Leben 7: 241–252.
- AULITZKY H. (1963). Grundlagen und Anwendung des vorläufigen Wind-Schnee-Ökogrammes. Mitt. forstl. Bundes-Vers.-Anst. Mariabrunn/Wien, H. 60/II: 763–834.
- BALCIY., CECH T.L. (2005). Alder decline in Austria caused by a hybrid Phytophthora. In: Gottschalk, K. W. (Ed.), Proceedings, XV U.S. Department of Agriculture interagency research forum on gypsy moth and other invasive species 2004. Gen. Tech. Rep. NE-332: 3.
- CECH T.L. (2003a). Untersuchungen von Pflanzenproben am Institut für Waldschutz - auffällige Schadorganismen im Jahr 2002. Forstschutz Aktuell, Wien, 30: 6–8.

CECH T.L. (2003b). Phytophthora aktuell –zur Situation der Wurzelhalsfäule der Erle in Österreich. Forstschutz Aktuell, Wien, 30: 6–8.

CECH T.L. (2015). Grauerle auf absteigendem Ast. Jahresbericht 2014 / Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Wien: 44–45

CECH T.L., STEYRER G. (2008). Wurzelschwamm-Bekämpfung im Schutzwaldbereich. Jahresbericht 2007 / Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Wien: 17

CECH T.L., STEYRER G., LAKOMY P. (2008). Preliminary results of Norway spruce stump treatment with *Hypophloeum fasciculare* and *Phlebiopsis gigantea* in an Austrian Alpine protection forest. In: Garbelotto, M.; Gonthier P. (Eds.), Proceedings of the 12th International Conference on Root and Butt Rots of Forest Trees. Berkeley, California - Medford, Oregon, 12th-19th August 2007. The University of California, Berkeley, USA: 192–194.

DONAUBAUER E. (1971). Über ein Lärchen-Triebsterben in Hochlagenaufforstungen. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 88: 65–72.

DONAUBAUER E. (1972). Environmental factors influencing outbreak of *Scleroderma lagerbergii* Gremmen. European Journal of Forest Pathology 2: 21–25.

DONAUBAUER E. (1980). Über Pilzkrankheiten in Hochlagenaufforstungen. Mitteilungen der forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien 129: 51–62.

DONAUBAUER E. (1983). Die Forstschäden im Wandel der forstwirtschaftlichen Entwicklung Österreichs. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 110: 120–132.

DONAUBAUER E. (1984). Experiences with Scleroderris canker on Pinus cembra L. in afforestations of high altitude. In: Manion P.D. (Ed.) Scleroderris canker of conifers. Forestry Sciences, vol 13. Springer, Dordrecht.

DONAUBAUER E., STEPHAN B.R. (1988). Neuere Forschungen über das Scleroderris-Triebsterben der Koniferen. Mitteilungen der forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien 129: 51–62.

FROMME G. (1957). Der Waldrückgang im Oberinntal (Tirol). Mitteilungen der forstlichen Bundesversuchsanstalt Mariabrunn 162: 167 S.

GANTHALER A., MAYR S., ANNEWANTER C., SCHWANINGER C. (2014). Negative Auswirkungen des Fichtennadelblasenrosts (*Chrysomyxa rhododendri*) auf den subalpinen Fichtenwald. Resistente Fichten könnten eine Lösung sein. Forstschutz Aktuell, Wien 60/61: 42–47.

HAMPEL R. (1954). Forschungsarbeiten und Versuche auf dem Gebiet der Wildbach- und Lawinenerverbauung. Allgemeine Forstzeitung 65: 288–290. Kirisits T., Cech T.L. (2006). Entwickelt sich die Dothistroma-Nadelbräune zu einem Forstschutzproblem in Österreich? Forstschutz Aktuell, Wien 36: 20–26.

KIRISITS T., CECH T.L. (2007). Auffälliges Vorkommen der Dothistroma-Nadelbräune an Zirben im oberen Murtal. Forstschutz Aktuell, Wien 41: 14–15.

MAROSY M., PATTON R.F., UPPER C.D. (1989). A conducive day concept to explain the effect of low temperature on the development of Scleroderris shoot blight. Phytopathology 79: 1293–1301.

NIERHAUS-WUNDERWALD D. (1996). Pilzkrankheiten in Hochlagen. Wald und Holz 77, 10: 18–24.


PISETTA M., MONTECCHIO L., OLIVEIRA LONGA C.M., SALVADORIA C., ZOTTELE F., MARESI G. (2012). Green alder decline in the Italian Alps. Forest Ecology and Management 281: 75–83.

TOMSOVSKÝ, M., JANKOVSKÝ, L. (2008). Validation and typification of *Laetiporus montanus*. Mycotaxon 106: 289–295.

UOTILA A. (1988). The effect of climatic factors on the occurrence of Scleroderris canker. Folia forestalia 721: 1–23.

VUORINEN M., KURKELA T. (1993) Concentration of CO₂ under snow cover and the winter activity of the snow blight fungus *Phacidium infestans*. European Journal of Forest Pathology 23: 441–447.

ZOTTELE F., SALVADORI C., CORRADINI S., ANDREIS D., WOLYNSKI A., MARESI G. (2014). *Chrysomyxa rhododendri* in Trentino: a first analysis of monitoring data. Baltic Forestry 20: 28–36.




ALPIN CONSULTING
DI WERNER TIWALD ZT-GMBH

ZT für WLW -, Studien, Projekte, Gutachten, Ausschreibungen,
Baubegleitung, Sicherheitsanalysen, Wildbachbegehungen...

Standort Ost
Langseitenrotte 19
3223 Wienerbruck

Standort West
Saurweinweg 5
6020 Innsbruck

T: +43 2728 20404
M: +43 664 2047240
Web: www.tiwald.at



Stahlschneebrücken • Gleitschneeböcke • Tribschneewände
Ablenkewände • Stahlteile für Schutzbauten



Mair Wilfried GmbH

I-39030 St. Lorenzen (BZ)

info@mairwilfried.it • www.mairwilfried.it

MARKUS MOSER

Technische Maßnahmen als Garant für die Gewährleistung der Schutzfunktion nach abiotischen/ biotischen Schäden in der Hochlagenaufforstung – Beispiele aus dem FWP Tauernrampe Süd

Technical measures as warrantor for verification of the protective function after abiotic/biotic damage in high-elevation afforestation – examples from the FWP Tauernrampe Süd

Zusammenfassung:

Die Katschberg-Bundesstraße B 99 ist neben dem Tauerntunnel die wichtigste Verkehrsverbindung zwischen dem Norden und Süden Salzburgs. Bedingt durch die Naturgefahren wie Lawinen, Schneerutsche und –verwehungen mit einem erheblichen Gefährdungspotential wurden bereits in den 50ziger Jahren Schutzmaßnahmen in Form von Stützverbauungen und Schnee-/Steinschlagschutznetze errichtet. Aus lawinentechnischer Sicht haben die in den 50er Jahren errichteten Maßnahmen den zahlreichen Waldlawinen nicht standhalten können, woraufhin ein flächenwirtschaftliches Projekt (FWP Tauernrampe Süd 1997) zur Verbesserung des Waldbestandes ausgearbeitet wurde. Die vorgesehenen waldbaulichen und technischen Maßnahmen hatten zum Ziel, langfristig stabile Lawinenschutzwälder zu schaffen. In diesem Beitrag werden die Umsetzung der Maßnahmen laut Projekt und jene Aktivitäten dargestellt, die durch abiotische Schäden (Sturm, Schneefall) seit 1999 notwendig wurden.

Stichwörter:

Flächenwirtschaftliches Projekt, abiotische Schäden, technische Maßnahmen

Abstract:

The Katschberg highway B99 - besides the "Tauerntunnel"- is the most important transport connection between the north and south of Salzburg. As a result of the natural hazards such as avalanches, snow-slides and drifts with a considerable hazard potential protection measures in form of snowpack-stabilizing structures in steel and snow-/rockfall nets have been constructed

since the 1950s. Unfortunately the protection measures from 1950s did not withstood the forest avalanches, therefore a forest management project (Tauernrampe Süd 1997) was developed to improve the forest stocks. The intended forestry and technical measures aimed to create stable avalanche protection forests in the long term. This article presents the implementation of the measures according to the project and also shows those activities which have been necessary due to abiotic damage (storm, snowfall) since 1999.

Keywords:

Protection forest management, abiotic damage, technical measures

Einleitung

Die Entwicklung der Schutzmaßnahmen entlang der Tauernrampe Süd hat eine lange Tradition. Schon seit den 50er Jahren wurde mit damals einfachen Mitteln technische Schutzbauten in Form von Schneerechen (sog. Arlbergrechen) und verschiedensten Netzkonstruktionen errichtet. Zur Gewährleistung der Schutzfunktion der damals einzigen Verbindung zwischen dem Norden und Süden Salzburgs waren laufende Adaptierungen und Verbesserungen notwendig. Die Erfahrungen mit diesen Maßnahmen in einem schwierigen hochalpinen Gelände werden beispielhaft in diesem Beitrag vorgestellt und diskutiert.

Projektgebiet

Das Projektgebiet weist eine Fläche von 127,5 ha auf und umfasst die wesentlichen Lawinenstriche des obersten Taurachtales entlang der Katschberg-

Bundesstraße B 99, beginnend mit der nahe der Ortschaft Obertauern gelegenen Rötelgrabenlawine bis zu den Kleinen Lahnen im Bereich des sogenannten Twenger Talpasses. Das Hauptsanierungsgebiet liegt am orographisch linken Einhang der Taurach (98,8 ha) und ein kleiner Teil am orographisch rechten Einhang (28,7 ha). Die Projektfläche erstreckt sich von der Tauernhöhe (2328 m) über die Steinkarhöhe (2299 m), Gollitschspitz (2247 m) bis zum Gurpitscheck (2526 m) und Mittereck (1899 m) bis zur Katschberg-Bundesstraße B 99.

Geologisch liegt das Projektgebiet im Radstädter Deckensystem an dessen petrographischem Aufbau Dolomite und Kalke in großem Ausmaß beteiligt sind. Gesteinsbildend treten neben Kalken und Dolomiten, Schiefer sowie eingesprengte Grauwacke auf. Stellenweise findet sich auch der sogenannte Lantschfeld Quarzit. Die Böden sind seicht bis tiefgründig, wobei Braunerden und Rendzinen als Bodentypen überwiegen.

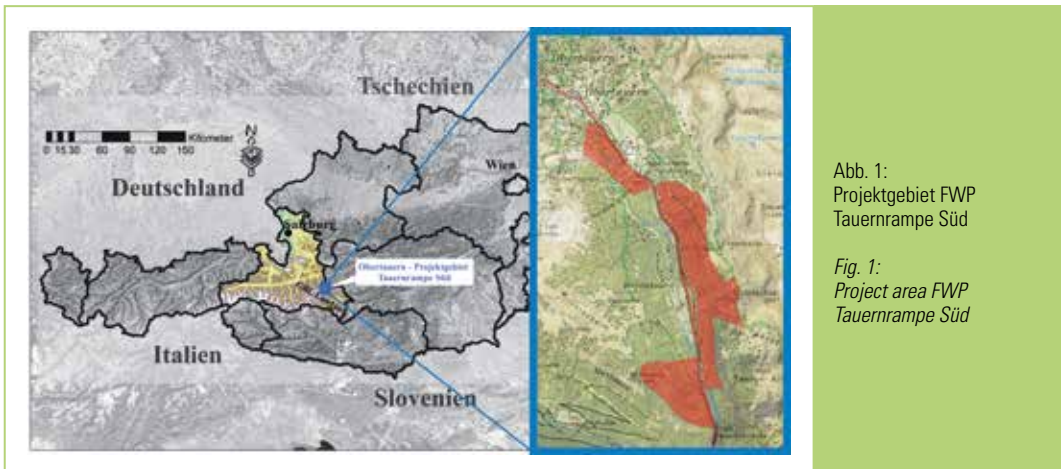


Abb. 1:
Projektgebiet FWP
Tauernrampe Süd

Fig. 1:
Project area FWP
Tauernrampe Süd

Maßnahmen

Als erste Maßnahme wurden die beschädigten technischen Stützverbauungen in Form von

Stahlschneebrücken und unterschiedlichsten Netzkonstruktionen aus den 50er Jahren saniert sowie mit neuen Stahlschneebrücken die Lücken im Anbruchbereich zahlreicher Lawenstriche geschlossen.



Abb. 2: Beschädigte Stützverbauung infolge Steinschlag (linkes Bild) sowie desolates Schneenet (rechtes Bild)

Fig. 2: Damaged snowpack-stabilizing structures in steel due to rockfall (left picture) as well as desolate snow net (right picture)



Abb. 3: Neue Stahlschneebrücken zwischen alten Schneenetzen

Fig. 3: New snowpack-stabilizing structures in steel between old snow nets

Begleitend zu den technischen Maßnahmen erfolgten waldbauliche Eingriffe in Form von Hochlagenaufforstungen (Abb. 4), Bestandespflege-

maßnahmen und -umwandlungen, Bodenverwundungen (Einleitung der Naturverjüngung) und Verpfählungen gegen Schneeschub.



Abb. 4: Hochlagenaufforstung mit Topfpflanzen von Zirbe, Lärche und Fichte

Fig. 4: High altitude afforestation with potted plants cembra pine, larch and spruce



Abb. 5: Pflegemaßnahmen in Form von Verbisschutz, Durchforstung und Verpfählungen

Fig. 5: Tending strategies in form of browsing protection, thinning and array of pales

Entwicklung der waldbaulichen Maßnahmen

Die Hochlagenaufforstung mit Topfpflanzen von Zirbe, Lärche und Fichte wurden zwischen den bestehenden Werksreihen und in Bestandeslücken (Freiflächen) zur Bestandesumwandlung getätigt. Da es sich in diesem Fall um Ergänzungsaufforstungen handelt, ist auch ein fixer Pflanzverband nicht möglich. Weiters mussten die Pflanzen

aufgrund des teilweise anstehenden Felsen dort eingebracht werden, wo es auch technisch möglich war. Der Anwuchserfolg ist durchwegs positiv zu sehen, vereinzelt hat der Wildverbiss jedoch Schaden angerichtet. Um diesen Wildverbiss einzudämmen erfolgte jährlich ein Verbisschutz durch verstreichen mit dem Mittel Cervacol. Einzelne Fichten wurden von Schwarzen Schneeschimmel befallen, aber auch diese Ausfälle in kleinen Muldenlagen hielten sich in Grenzen.



Abb. 6: Lärchenwuchs (links), Verbisschäden (Bildmitte), Schneeschimmelbefall (rechts)

Fig. 6: Larch growth (left picture), browsing damages (center picture), snow blight (right picture)



Abb. 7: Deformierte Fichte nach Steinschlag (links), Säbelwuchs in älteren Beständen (Mitte), Schäden durch Steinschlag (rechts)

Fig. 7: Spruce deformation after rockfall (left), sabre growth in old stands (center), damages after rockfall in old stands (right)

In älteren Bestandesteilen sind die Auswirkungen von Schneegleiten und -kriechen mit Säbelwuchs deutlich zu erkennen, auch Schäden an den Stämmen infolge Steinschlag reduzieren die Stabilität der Bestände.

Schäden durch möglichen Schneeschub verhinderten eine Verpfählung kritischer Flächen, an diesen Stellen wurden hauptsächlich Zirben aufgeforstet. Zwischen den Werksreihen

haben sich die Jungpflanzen gut entwickelt, die Lärche konnte da aufgrund der Vorwüchsigkeit einen Vorsprung erzielen, zu Lasten von Zirbe und Fichte. Die Bestandesumwandlung der Altbestände erfolgte in Abstimmung mit der Forstbehörde und dem Eigentümer, diese Tätigkeiten beschränkten sich auf vereinzelte Querfällungen auf Flächen mit bereits eingeleiteter Naturverjüngung.

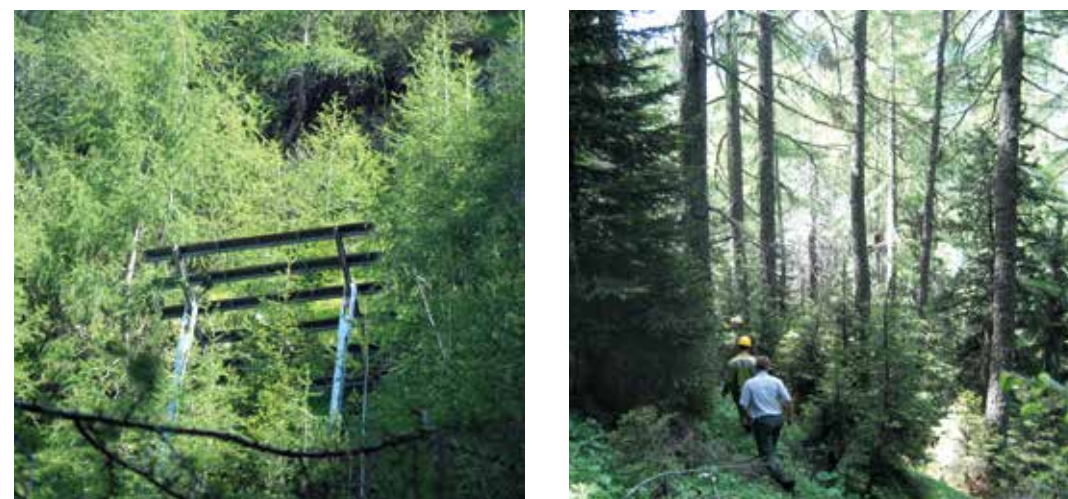


Abb. 8: Fichten/Lärchendickung zwischen den Werksreihen (links); Auswahl der Querfällungen (rechts)

Fig. 8: Spruce/larch thicket between the snowpack-stabilizing structures in steel (left), cross-felling selection (right)

Entwicklung der technischen Maßnahmen

Neben der Neuerrichtung von Werksreihen war auch die Schließung der Lücken eine wichtige Aufgabe. Die in den 50er Jahren und später errichteten Werke standen eher vereinzelt etwa im Abstand eines heutigen Zwischenwerkes. Offenbar hatte man damals die Hoffnung, die stützende Wirkung würde die Entwicklung der Jungpflanzen fördern, sodass ein stabiler Waldbestand dann die Schutzwirkung übernehmen kann. Leider ist dies nicht eingetreten und zwischen den Stützverbauungen konnte sich kein stabiler Waldbestand entwickeln.



Abb. 9: Schließen von Lücken in den Werksreihen

Fig. 9: Filling gaps between the snowpack-stabilizing structures in steel

Neben der Neuerrichtung zur Schließung von Lücken musste auch eine Vielzahl der bestehenden Werksreihen saniert werden, die durch Steinerschlag und Windwurfereignisse zerstört worden sind oder deren Funktion nicht mehr gewährleistet war. In vielen Fällen litt auch die Bedielung durch Steinerschlagschäden, die verbogenen Teile wurden ebenfalls ersetzt. Im Zuge der Sanierung erfolgte auch eine Bestandserhebung der Anker. Auch hier mussten einige Fundamente neu errichtet werden.



Abb. 10: Zerstörtes Schneenet durch Steinerschlag (links), Beschädigtes Stützwerk aus Stahl (rechts)

Fig. 10: Damaged snow net due to rockfall (left picture), damaged snowpack-stabilizing structures in steel (right picture)



Abiotische Schäden durch Waldlawinen, Stürme und extreme Schneefälle im Herbst

Im Projektzeitraum 1999 bis 2014 kam es immer wieder zu extremen Wettersituationen. Obertauern ist eines der schneereichsten Wintersportgebiete Österreichs, Aufzeichnungen seit 1908 belegen die hohen Schneemengen mit im Durchschnitt 258 cm maximaler mittlerer Schneehöhe pro Wintersaison und Spitzen bis zu 470 cm (Quelle: www.zukunftskisport.at).

Meistens in Verbindung mit tagelangen Stürmen und Windstärken über 100 km/h sind schon bei 3 Tagesneuschneemengen von ca. einem halben Meter Staublavinabgänge an der Tagesordnung. Diese Ausgangssituation ist für die Umsetzung eines flächenwirtschaftlichen Projektes eine echte Herausforderung. Eine solche Staublawine hat im Bereich des Postknechtgrabens Schäden an der Aufforstung zwischen den Lawi-

nenwerken angerichtet und ist sehr nahe an die Tauernpassstraße vorgedrungen. Als Sofortmaßnahme wurden dann an den bestehenden obersten Werksreihen Geflechtauflagen angebracht.



Abb. 11: Staublavinablagerung im Postknechtgraben (oberes Bild), Geflechtauflage (unteres Bild)

Fig. 11: Powder avalanche deposition in Postknechtgraben (upper picture), overlay netting (lower picture)



Abb. 12: Windwurfschäden und Aufarbeitung Vor-Ort-Entrindung (rechtes Foto)

Fig. 12: Wind through damage and local reconditioning-barking (right picture)

Nicht nur Lawinen sind in diesem Projektgebiet eine große Herausforderung, Stürme mit Windwurfschäden gibt es fast in jedem Winter. Diese Windwürfe mussten sofort aufgearbeitet werden. Einerseits zur Wiederherstellung der Schutzfunktion der Werksreihen im Falle einer Beschädigung und andererseits als forstschutztechnische Maßnahme zur Verhinderung von Folgeschäden und Vermeidung von Borkenkäferbefall durch Entrinden der Stämme. Auch technische Sicherungen der Wurzelstöcke waren nötig, um lose liegende Steine in den Wurzeltellern und im Bereich der aufgerissenen Schadfläche zu sichern.

Ein Wintereinbruch Anfang September 2007 mit lokalen Neuschneehöhen bis über 100 cm führte zu einer erheblichen Belastung der Lärchen- und Fichtenbestände bis zu einem Alter von ca. 50 – 60 Jahren. Ein Schneedruck im September führt bei der Lärche – aufgrund der noch vorhandenen Benadelung – zu erheblichen Schäden, die bis zum Bruch führen können. Der

oben beschriebene Wintereinbruch, beginnend vom 5. September war auch von einem Sturmergebnis begleitet, wodurch es an den Altbeständen auch zu zahlreichen Windwurfschäden gekommen ist. Ein umfangreicher Maßnahmenplan umfasste Aufforstungen in Rottenform mit Zirbe, Lärche und Fichte im Topf mittels Lochpflanzung. Die Bepflanzung der Rotten erfolgte mit einer hohen Pflanzenanzahl zur Schaffung eines günstigen Innenklimas und einer guten Resistenz gegen Schneedruck. Im Bereich der bestehenden Dickungen erfolgten weitere waldbauliche Behandlungen in Form von Läuterungen (Stammzahlreduktionen). Durch diese Läuterungen sollen einerseits Mischbestände gefördert werden und andererseits das H/D Verhältnis der einzelnen Stämme zur Vorbeugung von Schneebruch- und Schneedruckschäden verbessert werden. Da derzeit auf diesen Flächen vorwiegend Lärchen stocken, war auf die Förderung der Mischbaumarten (Zi, Fi) zu achten.

In den Altbeständen erfolgte zur Schaffung stabiler Bestände eine Bestandesumwandlung in Form von Einzelstammentnahmen und Querschlägerungen zur Einleitung der Naturverjüngung. Die quergefallten Stämme sowie die Wurzelsteller wurden mit Seilen gegen das Abrutschen gesichert. Zur Sicherung der initialen Abbruchgebiete, welche infolge des Ereignisses im September 2007 neu entstanden sind, mussten auch neue Schneebrücken aus Stahl errichtet werden.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die abiotischen Schäden haben im Projektzeitraum einige Rückschläge im flächenwirtschaftlichen Projekt gebracht. Als Reaktion auf Windwurfschäden und Waldlawinen wurden technischen Maßnahmen (Geflechtauflege) oder Bestandesumwandlungen umgesetzt. Lärchen sind durch die kurze Vegetationszeit zwischen Anfang Juni und Mitte September (durchschnittlich 115 Tage pro Jahr) meistens Anfang September noch mit grüner Benadelung. Große Neuschneemengen in dieser Zeit sind für die Lärche eine große Belastung. Am 5. September 2007 fielen im Projektgebiet 60 cm Neuschnee an einem Tag, dieser Belastung konnten viele Lärchen bis zu einem Alter von 60 Jahren nicht standhalten und Schneedruckschäden waren die Folge. Eine Analyse der Tagesneuschneemengen der letzten 30

Jahre zeigt deutlich, dass bis auf den 5. September 2007 die Tagesneuschneemengen im September Spitzen bis ca. 30 cm betragen.



Abb. 13: Schneedruckschäden nach extremen Neuschneemengen

Fig. 13: Snow pressure damages after high amounts of fresh snow

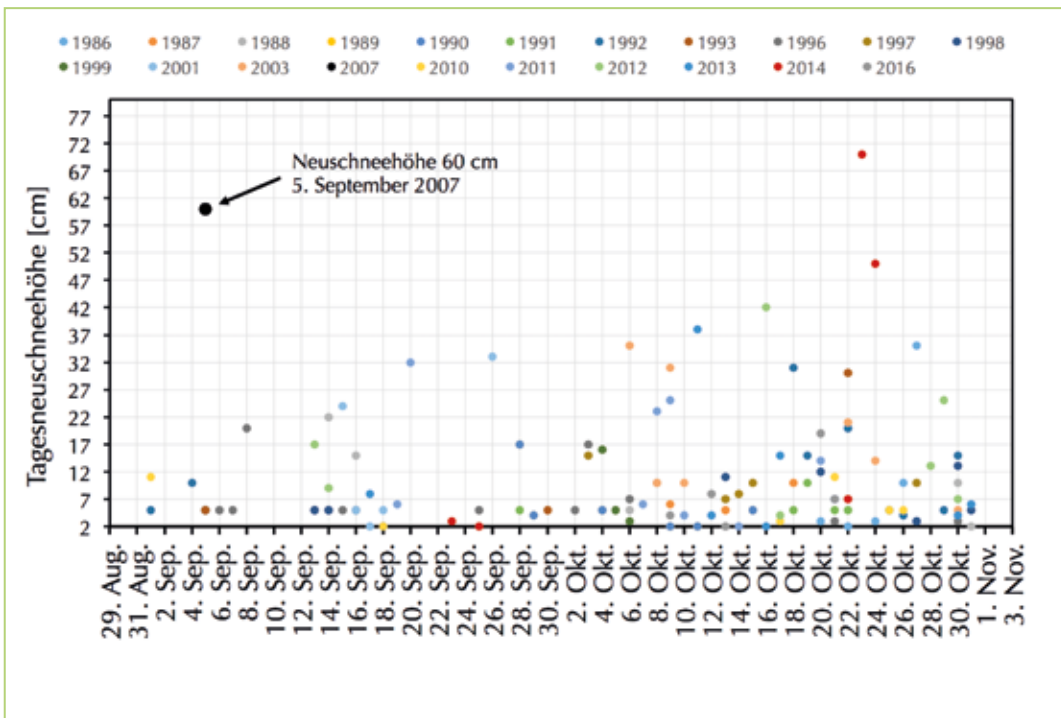


Abb. 14: Tagesneuschneesummen in Obertauern 1986 – 2016 (Datenquelle: HD Salzburg)

Fig. 14: Daily snow accumulation at Obertauern 1986 – 2016 (data set: HD Salzburg)

Die in diesem Bericht aufgezeigten Ereignisse und umgesetzten Maßnahmen zeigen deutlich, dass technische Schutzmaßnahmen ein Garant für einen nachhaltigen Schutz sind, Wälder in extremen Lagen fast in jedem Altersstadium durch abiotische Schadereignisse total ausfallen können. Wichtig ist somit eine Kombination von technischen und waldbaulichen Maßnahmen um für seltene, aber mögliche Extremereignisse gerüstet zu sein.

Anschrift des Verfassers / Author's address:

DI Markus Moser
 Wildbach- und Lawinenverbauung
 Gebietsbauleitung Lungau
 Johann Löcker Str. 3
 5580 Tamsweg
 markus.moser@die-wildbach.at

BAUCON ZT GmbH | Schiliftstr. 3 | 5700 Zell am See | T: +43 (0) 65 42 / 740 55 - 0 | office@baucon.at

Zell am See
 Berlin
 Kitzbühel
 Bozen
 Wien

BAUCON_{zt}

STATIK UND KONSTRUKTION
 VERKEHRSWEGEBAU, WASSERBAU
 BAULEITUNG, BAU KG

www.baucon.at

**PERZ
 LAN**

Ingenieurkonsulent • Ingenieurbüro

Forst- und Holzwirtschaft
 Wildbach- und Lawinenschutz
 Kulturtechnik und Wasserwirtschaft
 www.perzplan.at

2630 Ternitz
 3100 St. Pölten
 8600 Bruck/Mur
 office@perzplan.at

MICHAEL SCHIFFER

Flächenwirtschaftliche Projekte sowie Bann- und Schutzwälder im Salzkammergut – Erfahrungen und Zukunftsperspektiven

Protection forest management plans and protection forests in the Salzkammergut – Experiences and future prospectives

Zusammenfassung:

Im Salzkammergut haben flächenwirtschaftliche Projekte zur Absicherung des Lebens- und Wirtschaftsraumes lange Tradition. So entstanden zur nachhaltigen Nutzung der Holzvorräte bereits im Mittelalter die ersten Forstregale.

Die Region ist durch hohe Reliefenergie und schroffe Geländeformationen geprägt. Neben zahlreichen Wildbächen und Lawinenzügen treten in den Steilhangbereichen zusätzlich flächenhafte Gefährdungen durch Steinschläge, Waldlawinen und Massenbewegungen auf. In Bereichen flächenhafter Gefährdung sind schutzoptimale Waldbestände nach wie vor von entscheidender Wichtigkeit.

Im folgenden Artikel sollen bestehende und abgeschlossene Flächenwirtschaftliche Projekte in der Region vorgestellt und über die Erfahrungen in der Durchführung sowie die Erfolge berichtet werden. Weiters wird auf den zukünftigen Handlungsbedarf und die Umsetzungsmöglichkeiten eingegangen.

Stichwörter:

Bannwald, Flächenwirtschaftliches Projekt, flächenhafte Gefahren

Abstract:

In the Salzkammergut protection forest management projects to secure the inhabited and economic areas of the region have a long tradition. The first attempts of a sustainable forest use date from the middle ages.

The region is characterized by a high relief energy and its cragged landscape formation and, therefore, has to deal with not only torrential and avalanche hazards but also extensive hazards like rockfall, forest avalanches and gravitational hazards. For those extensive hazards protection optimized forest stands are still of high importance.

The following article presents current and completed protection forest management projects of the Salzkammergut. It also reports about the experiences made during implementation and its success. Finally, the future need for action and the possibilities for implementation are explained.

Keywords:

Protection forest, forest management plans, gravitational natural hazards

Einleitung

Der Süden Oberösterreichs, speziell das Salzkammergut ist durch hohe Reliefenergie und schroffe Geländeformationen geprägt. Neben zahlreichen Wildbächen und Lawinenzügen treten in den vorliegenden Steilhangbereichen zusätzlich flächenhafte Gefährdungen durch Steinschläge, Waldlawinen und bedingt durch komplexe Untergrundverhältnisse, auch vermehrt Massenbewegungen auf.

Im Salzkammergut haben flächenwirtschaftliche Projekte zur Absicherung des Lebens- und Wirtschaftsraumes lange Tradition. So entstanden zur nachhaltigen Nutzung der Holzvorräte bereits im Mittelalter die ersten Forstregale. Wälder wurden in Bann gelegt um wichtige Siedlungs- und Wirtschaftsbereiche sowie Infrastruktureinrichtungen (Kronprinz-Rudolf-Bahn, wichtige Straßenverbindungen) zu schützen. Schon damals war das erklärte Ziel den vorhandenen Lebens- und Wirtschaftsraum bestmöglich zu schützen und zu erhalten.



Abb. 1:
Extremstandort
Bannwald
Hallstatt

Fig. 1:
Extreme
site protective
forest Hallstatt

Im Laufe der Zeit haben sich Lebens- und Wirtschaftsräume ausgeweitet und die Interessen an der Landnutzung vervielfacht. Der Grundgedanke ist aber derselbe geblieben: alpine Lebens- und Wirtschaftsräume bestmöglich gegen vorhandene Naturgefahren sichern, sie erhalten und weiterentwickeln. Besonders der Tourismus ist in den letzten Jahrzehnten unter Nutzung der landschaftlich imposanten Kulisse des Salzkammergutes ein wichtiger Impulsgeber der wirtschaftlichen Entwicklung geworden.

In Bereichen flächenhafter Gefährdung sind schutzoptimale Waldbestände nach wie vor von entscheidender Wichtigkeit. Nur durch das Vorhandensein bodendeckender und bodenfestigender Vegetations- bzw. Waldstrukturen, ist die Absicherung flächiger Gefahrenbereiche wirtschaftlich leistbar und nachhaltig machbar.



Abb. 2: Femelungen Bannwald Wimmersberg, Marktgemeinde Ebensee

Fig. 2: Femel-tapering in the protection forest Wimmersberg, municipality Ebensee

Laufende Flächenwirtschaftliche Projekte im Bereich der Gebietsbauleitung Oberösterreich West

Alle laufenden flächenwirtschaftlichen Projekte, haben den Schutz vor Steinschlägen zum Inhalt. Vielfach gilt es auch den Schutz vor Waldlawinen sicherzustellen.

Im Bereich der Marktgemeinde Ebensee sind aktuell die Flächenwirtschaftlichen Projekte Bannwald Brentenkogel, Bannwald Wimmersberg und Bannwald Sonnstein zu nennen. Auf insgesamt rd. 500 ha werden laufend forstlich/biologische Maßnahmen in Form von Aufforstungen und Verjüngungseingriffen (Femelungen) getätigt sowie Schutzmaßnahmen gegen Steinschlag und Waldlawinen getroffen.



Abb. 3: Bannwald Brenntekogl, Steinschlagschutzverbauung Aufnahmekapazität 3000 kJ, Schutz des Ortsteiles Kohlstatt, Marktgemeinde Ebensee

Fig. 3: Protection forest Brenntekogl: rockfall barrier with maximum energy level of 3000 kJ to protect the district Kohlstatt, municipality Ebensee.

Schwerpunkt der Flächenwirtschaftlichen Projekte im Bereich der Gebietsbauleitung Oberösterreich West stellt der Steinschlagschutz dar. Wurden Ende der 1980-er und Anfang der 1990-er Jahre noch vorwiegend Eigenbaubarrieren gegen Steinschlag errichtet, so werden aktuell

nur noch geprüfte Systeme gemäß ONR 24810 aufgestellt.

Im Bereich Sonnstein, Wimmersberg und Brentenkogel werden aktuell auch Anbruchverbauungen (Schneenetze) zum Schutz vor Waldlawinenabgängen errichtet.



Abb. 4: Bannwald Sonnstein Teufelsgraben, Montage von Schneenetzen

Fig. 4: Protection forest Sonnstein Teufelsgraben, erection of snow nets

Ebenso wird der Abtrag überalterter Bestandeselemente oberhalb von Siedlungen und Infrastruktureinrichtungen durchgeführt.



Abb. 5: Bannwald Hallstatt, Hallstätter Mühlbach, Abtrag von absturzgefährlichen Altbestandselementen

Fig. 5: Protection forest Hallstatt, Hallstätter Mühlbach, removal of dangerous matured stands

Im Raum Attersee sind die Flächenwirtschaftlichen Projekte Schuttlawine Weissenbach und Seeleiten in Umsetzung, die ebenfalls Steinschlagschutz und die Verhinderung von Schäden durch den Absturz von Baumteilen zum Inhalt haben. Zuletzt trat 2017 ein massiver Windwurf



Abb. 6: Schuttlawine Weißenbach, Gde. Steinbach am Attersee Windwurf 2017

Fig. 6: Debris avalanche and windfall, Weißenbach 2017; municipality Steinbach am Attersee

auf, der gemeinsam mit der ÖBF AG und externen Partnern aufgearbeitet wurde. Bei abgehenden Hangmuren im Zuge von Starkniederschlägen 2014, Gde. Steinbach am Attersee, hielten Steinschlagschutznetze den Großteil der ankommenden Massen zurück.



Abb. 7: Durch Hangmuren beaufschlagte Steinschlagschutznetze, Gde Steinbach am Attersee (2014)

Fig. 7: Shallow landslide which went into a rockfall protection net, municipality Steinbach am Attersee (2014)

Das Flächenwirtschaftliche Projekt Bannwald Grünberg West, Stadtgemeinde Gmunden beispielsweise beinhaltet durch seine Lage im Flysch auch Maßnahmen zur Hintanhaltung von Erosionsschäden und Massenbewegungen im Bereich des dichtbesiedelten Traunsee-Ostufers. Aufgrund anhaltender Verbissprobleme stand ein vorzeitiger Projektschluss und die Rückforderung von Bundesmitteln im Raum. Durch die Optimierung der jagdlichen Ausrichtung (Einsatz von Berufsjägern, organisatorische Änderung der Jagdgenden durch Übernahme des Bannwaldbereiches in Eigenregie der ÖBF AG) ist es gelungen, die Wilddichten entsprechend zu senken. Nach Ausstieg der Straßenverwaltung aus dem laufenden Fördervertrag (Übergabe der Traunsteinstraße an die Stadtgemeinde Gmunden) muss zur Fortführung noch offener Maßnahmen nun ein neuer Finanzierungsschlüssel gefunden werden (verbleibende Interessenten: ÖBF AG und Stadtgemeinde Gmunden).

Abgeschlossene flächenwirtschaftliche Projekte – Funktionalität sehr zufriedenstellend

In letzter Zeit wurden die Flächenwirtschaftlichen Projekte Bannwald Klaushof/Ghängwand (Projektsbeginn 1986), Gde. Gosau; Bannwald Bürgelstein (Projektsbeginn 1989), Gden. St. Wolfgang und Strobl sowie Bannwald Gstättenberg (Projektsbeginn 1990), Stadtgemeinde Bad Ischl abgeschlossen. Der erforderliche Schutz ist aus heutiger Sicht bei entsprechender Durchführung der jeweiligen Instandhaltungsarbeiten



Abb. 8: Bannwald Bürgelstein St. Wolfgang, nach einem Windwurf 2017 wurden zahlreiche Blöcke und Stammteile vor Eintritt in das Areal des unterliegenden Bundesinstitutes für Erwachsenenbildung durch die hergestellten Schutzmaßnahmen zurückgehalten.

Fig. 8: Protection forest Bürgelstein St. Wolfgang: After a windfall in 2017, the rockfall protection measures could retain many stone blocks and log pieces.



Abb. 9: 2015 fertiggestellte Steinschlagschutzverbauung Bannwald Gstättenberg Bad Ischl

Fig. 9: Completed rockfall fence, protection forest Gstättenberg in Bad Ischl 2015

sowie Pflegemaßnahmen nachhaltig hergestellt. Wobei die Instandhaltung primär an die Gemeinden (Konsensinhaber der Schutzbauten) bzw. die jeweiligen Infrastrukturbetreiber (ÖBB, Straßenverwaltung) übergeht. Die weiterführend erforderlichen Pflegemaßnahmen in diesen Schutzwaldbeständen gehen nach Projektsabschluss in den Verantwortungsbereich ÖBF AG als Grundeigentümer über.

Im Bereich der Ortseinfahrt Gosau (B 166) wurde aus einer ehemaligen Kahlfläche mit Steinschlag- und Schneerutschproblematik mit Hilfe technischer Maßnahmen (Stahlschneebrücken mit Steinschlagpanzerung) und Aufforstungen ein funktionierender Objektschutzwald hergestellt (Projektslaufzeit 1986 – 2015).



Abb. 10: Blick auf das erfolgreich abgeschlossene Projektgebiet Bannwald Klaushof/Ghängwand, Gde. Gosau

Fig. 10: View on the successfully finalized project area of the protection forest Klaushof/Ghängwand, Gosau

Im Bereich des Flächenwirtschaftlichen Projektes Bannwald Hallstatt sind durch die Maßnahmen 1986–2015 (Ausgabensumme rd. 6,7 Mio €) zwar deutliche Sicherheitszugewinne erreicht worden, durch Klimaextreme in Form mehrmaliger Sturmschäden ist aber genau oberhalb des Ortszentrums eine große Freifläche (ca. 2,5 ha) entstanden. Die extremen Geländebeziehungen und Klimaeinflüsse machen Schutzmaßnahmen im Bereich des Bannwaldes Hallstatt zur Daueraufgabe. Ein Folgeprojekt ist in Ausarbeitung.



Abb. 11: Blick auf das Marktzentrum von Hallstatt, im Vordergrund die 2012 durch Windwurf entstandene Freifläche im Bannwald.

Fig. 11: View on the town center of Hallstatt, in the front you can see an open area that resulted from a windfall in the protection forest in 2012.

Erfahrungen im Bereich Hochlagen

Kürzlich wurde das Projekt Hochlagenaufforstung Dachsteinplateau endkollaudiert. Die Erfahrung hat gezeigt, dass sich im Bereich der Kampfzone Erfolge nur sehr langsam und kleinräumig einstellen. Seit Anfang der 1960-er Jahre wurden im Bereich des Dachsteinplateaus (ca. 1650 – 1750 m Seehöhe) großflächig Aufforstungen getätigt (350.000 Pflanzen vorwiegend Zirben und Lärchen). Im Zuge des nunmehr abgeschlossenen Projektes (1991 – 2016) wurden nochmals rd. 150.000 Pflanzen (vorwiegend Zirben und Lärchen als Topfpflanzen) ausgebracht. Das Ziel des Projektes war es offene Erosionsbereiche zu schließen und auf etwaige Hochwasserwellen im Talbereich dämpfend zu wirken. Weiters sollen die Aufforstungen helfen die Trinkwasserreserven

im Karstgebiet des Dachsteinplateaus zu sichern (Wohlfahrtswirkung). Zwischenzeitlich sind weite Teile des Dachsteinplateaus einschließlich des gegenständlichen Projektsgebietes als Natura 2000 – Gebiet ausgewiesen und unterliegen der FFH-Richtlinie. In der Folge wurden die Aufforstungen seitens des Naturschutzes kritisiert und in Frage gestellt. Da eine Quantifizierung des Aufforstungserfolges hinsichtlich der Projektziele (Dämpfung von Hochwasserspitzen) schwierig ist und die noch offenen Projektmaßnahmen im Zuge der Kollaudierungsverhandlung als nicht vordringlich eingestuft wurden, wurde das Projekt abgeschlossen.

Mit Abschluss des Projektes Hochlagenaufforstung Dachsteinplateau sollen Kapazitäten für dringlichere Schutzprojekte mit klareren Schutzziele und weniger Interessenskonflikten freigesetzt werden.

Aktuelle Naturräumliche Entwicklung – Schutzbedarf stark steigend

Seit dem Lawinenwinter 1999 und dem Jahrhunderthochwasser 2002 gab im Bereich der Gebietsbauleitung OÖ West nahezu jährlich Schadereignisse wie Hochwässer, Murenabgänge, Massenbewegungen (Gschiefgraben 2007) und Sturmschäden (Kyrill, Emma, Paula) mit weitreichenden Entwaldungen. Anschließende Borkenkäfergradationen und deren Folgewirkungen dauern bis heute an (vermehrter Unholzanfall, vermehrte Abflüsse und erhöhter Geschiebeanfall). 2013 wurde mit dem nächsten Jahrhunderthochwasser ein neuer Höhepunkt an Schadereignissen innerhalb von etwas mehr als einem Jahrzehnt erreicht. Aktuell mehren sich wieder Sturmschäden (2016, 2017). Seit 1999 sind im Bereich des Trauntales tausende ha Kahlflächen entstanden. Der Schutzbedarf steigt stark an und macht die Ausarbeitung weiterer Schutzprojekte zwingend

erforderlich. Eine besondere Rolle wird dabei die flächige Behandlung der weitläufigen Problem-bereiche spielen. Kurzfristig gilt es schutzwirksame Objektschutzwaldstrukturen zu initiieren, die künftig die Basis für stabile, schutzwirksame Mischwaldstrukturen schaffen sollen.

Ohne die Herstellung entsprechender Rahmenbedingungen im Bereich der Wald/Wild-Frage sowie umfassender Überlegungen zur Waldweide-Trennung werden sich aber keine dauerhaften Erfolge einstellen.

Künftige Flächenwirtschaftliche Projekte im Bereich der Gebietsbauleitung

Die ÖBF AG als Eigentümer von rd. 85 % der vorhandenen Waldflächen des Salzkammergutes ist, neben dem Land OÖ (Straßenverwaltung), den Gemeinden und Infrastrukturbetreibern wie ÖBB und OÖ Netz GmbH (Ferngas, elektrisches Energieversorgungsnetz) ein besonders wichtiger



Abb. 12: Blockschlag Fleischhackerwand am Fuße des Wehrkogles 2014, Gde Obertraun

Fig. 12: Block fall Fleischhackerwand at the foot of the Wehrkogel Mountain, Obertraun 2014

Partner und Akteur zur Deckung des anstehenden Schutzbedarfes im Bereich Flächenwirtschaftlicher Projekte. Zum einen ergeben sich forstfachliche Synergien zu Fragen der Wiederbewaldung von schutzrelevanten Kahlflächen und waldbaulichen Umsetzungskonzepten, zum anderen gilt es aber auch die erforderlichen Rahmenbedingungen wie zweckentsprechende Organisation der Jagdgenden in vorliegenden Problembereichen zu schaffen und im Bereich erforderlicher Wald-Weide-Trennungen gemeinsam nachhaltige Lösungen zu erarbeiten. Fördervoraussetzung für flächenwirtschaftliche Projekte ist die Herstellung ökologisch tragbarer Wilddichten und eine entsprechende, nachvollziehbare Erfolgskontrolle der getätigten forstlich/biologischen Maßnahmen.

Ohne abgestimmte und koordinierte jagdliche Gesamtkonzeptionen sind flächenwirtschaftliche Maßnahmen nicht zielgerichtet umsetzbar.

Aufgrund eingetretener Ereignisse liegen im Bereich der Gebietsbauleitung OÖ West (Bezirke Gmunden und Vöcklabruck) Flächen mit dringendem Schutzbedarf im Ausmaß von insgesamt 6.754,4 ha (Schwerpunkt Steinschlagschutz, zusätzlich Waldlawinen sowie Schutz vor Erosionsgefahren) und einem geschätzten Investitionsbedarf von rd. 40,0 Mio € vor. In Vorgesprächen seitens WLW und ÖBF AG wurden die anstehenden Projektflächen für die Umsetzungsperiode 2020 bis 2050 erörtert, mögliche Vorgehensweisen beraten und die erforderlichen Rahmenbedingungen festgelegt.

FWP neu 2020 - 2050				
FWP	Gemeinde	Bezirk	Ausmaß in ha	Kosten (in Mio €)
Wehrkogel	Obertraun	GM	200	0,50
BW Hallstatt	Hallstatt	GM	520	5,00
Gosau Schattseite	Gosau	GM	2100	7,50
Gosauschlucht	Gosau	GM	1300	3,50
Lauffen/Engleithen	Bad Ischl	GM	86,9	1,50
Jainzenberg	Bad Ischl	GM	57,5	1,50
Hohe Schrott/Bromberg-Looskogel	Bad Ischl/Ebensee	GM	1600	7,50
Unterm Stein	Gmunden	GM	200	3,50
Siegesbach	Traunkirchen	GM	100	1,50
Schoberstein FWP (Weissenbach)	Steinbach	VB	590	6,50
			6754,4	38,50

Tab. 1: Erforderliche Schutzbedarfsdeckung durch künftige Flächenwirtschaftliche Projekte im Bereich der Gebietsbauleitung OÖ West für die Jahre 2020 – 2050

Tab. 1: Financing requirements for future protection forest management projects in the area of the regional office Upper Austria West for the years 2020 - 2050

Erforderliche Rahmenbedingungen – Klärung der Wald/Wild-Frage, Einbeziehung erforderlicher Wald-Weide-Trennungen

Künftig werden in der Planung von flächenwirtschaftlichen Projekten die Belange der Jagd bereits in das Entwurfsstadium Eingang finden (Anlage jagdlicher Infrastrukturen wie Begehungssteige etc., angepasste jagdliche Organisation mit zweckmäßig abgestimmten Revierabgrenzungen etc.). Prinzipiell geht es darum, die erforderlichen jagdlichen Erfolge zur Erreichung der Projektziele durch gezielte Maßnahmen (Einsatz von Berufsjägern, mit diesen abgestimmte Anlage von Infrastrukturen und jagdlichen Ordnungssystemen etc.) möglichst effizient sicherzustellen. Flächenwirtschaftliche Projekte sind örtlich begrenzt und meist klar abgrenzbar. Unnotwendige emotionale Aufschaukelungen hinsichtlich jagdlicher Vorgehensweisen in den Projektgebieten und den angrenzenden Revieren sollen künftig durch entsprechende Bewusstseinsbildung, frühzeitige Einbindung aller maßgeblichen Akteure und Betroffenen sowie gezielte Absprachen und klare Vereinbarungen vermieden werden. Durch die klare Darlegung gegebener Sachzwänge und notwendiger Zielvorgaben im Bereich flächenwirtschaftlicher Projekte soll durch die Erarbeitung lösungsorientierter Gesamtkonzepte eine emotionale Entflechtung im Bereich der Wald/Wildfrage erreicht werden. Dabei sollen schutztechnisch relevante Bereiche wie Projektgebiete von flächenwirtschaftlichen Maßnahmen, die mit öffentlichen Mitteln gefördert werden, auch jagdlich möglichst effizient und zielgerichtet unter Ausschöpfung aller organisatorischen und gesetzlichen vorgesehenen Möglichkeiten, wie etwa Zwangsabschuß, Aufhebung aller Klassen der Schußzeitverlängerungen, Einsatz von Berufsjägern, entsprechende organisatorische Ausrichtung von Reviergrenzen etc. bewirtschaft-

tet werden. Ebenso sollen erforderliche Wald-Weide-Trennungen in die Gesamtkonzeptionen künftiger Flächenwirtschaftlicher Projekte einbezogen werden.

Interdisziplinarität wichtig für nachhaltige Gesamtlösungen und Weiterentwicklungen

Das Forsttechnische System der Wildbach- und Lawinenverbauung als Querschnittsmaterie ermöglicht durch die gesamtheitliche Betrachtung der Einzugsgebiete und die Kombinationsmöglichkeit von forstlich/biologischen, ingenieurbio-logischen und technischen Maßnahmen für jeden speziellen Problemfall innovative und angepasste Lösungen zu finden. Ein ausgewogener Interessensausgleich und die Erzielung von Win-Win-Situationen spielt für nachhaltige Strukturen eine wichtige Rolle. Interdisziplinäre Lösungsansätze und das Verständnis für Gesamtzusammenhänge und gegenseitige Abhängigkeiten in alpinen Lebensräumen werden künftig für den nachhaltigen Erfolg von Schutzkonzepten und die nachhaltige Weiterentwicklung dieser Bereiche von entscheidender Wichtigkeit sein.

Anschrift des Verfassers / Author's address:

DI Michael Schiffer
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Oberösterreich West
Traunreiterweg 5a
4820 Bad Ischl
michael.schiffer@die-wildbach.at

**ROSEMARIE STANGL, EDUARD HOCHBICHLER,
JULIA EISL, MICHAEL SCHIFFER, WOLFRAM BITTERLICH, WOLFGANG GASPERL**

Empfehlungen für die Evaluierung flächenwirtschaftlicher Projekte

Recommendations for evaluating area related object-protecting forest efforts

Zusammenfassung:

Flächenwirtschaftliche Projekte in Objektschutzwäldern gewannen in den letzten Jahrzehnten im Tätigkeitsbereich der Wildbach- und Lawinenverbauung für den Erhalt und die Verbesserung der Schutzwälder und deren Schutzfunktion zunehmend an Bedeutung. Damit einhergehend ist die Forderung einer effizienten und begleitenden Erfolgskontrolle in den Vordergrund gerückt. Gemeinsam mit der Unterstützung der WLV Sektion Oberösterreich wurde ein Vorschlag für ein Evaluierungs- und Bewertungssystem (Vorgehensweise und Bewertungsverfahren) erarbeitet, welches in den Pilotgebieten Bannwald Brentenkogel und Hallstätter Bannwald praktisch erprobt wurde. Neben einer Prozessbeschreibung werden auch Beispiele für Bewertungsansätze und Ergebnisse anhand thematischer Karten vorgestellt.

Stichwörter:

Objektschutzwald, flächenwirtschaftliches Projekt, Waldbewirtschaftung, Evaluierungs- und Controllingsystem

Abstract:

Within the scope of torrent and avalanche control area related projects have gained in importance relating to the conservation and improvement of object-protecting forest and their protective functions. Thus, the claim for an efficient and supporting performance review came to the fore. In cooperation with the Torrent and Avalanche Control Section of Upper Austria an approach and procedure towards an evaluation and rating system were elaborated and implemented in the pilot protective forests Brentenkogel and Hallstätter Bannwald. Our contribution illustrates the workflow and process phases of the valuation model and presents exemplary results on basis of thematic maps.

Keywords:

Object-protecting forest, area related project, forest management, evaluation and control system

Einleitung

Bekannte Problematiken in Wildbach- und Lawineneinzugsgebieten wie Steinschlag, Lawinen, Massenbewegungen, Sturmschäden etc. stellen steigende Risiken innerhalb der Standortschutzwälder ebenso wie in Objektschutzwäldern dar und erhöhen entsprechende Risiken in angrenzenden Gemeinden und deren Siedlungsstrukturen. Klimatische (Extrem)-Ereignisse nehmen insgesamt zu und sind vermehrt Auslöser der genannten Risikofaktoren. Sie erfordern eine Unterstützung der Waldwirkung durch technische, ingenieurbio-logische und raumplanerische Schutzmaßnahmen. Dies wiederum bedingt gerade in Schutz- und Bannwäldern mehr als in anderen Waldflächen ein gesamtheitliches Bewirtschaftungskonzept ebenso wie flächenbezogene Maßnahmenkonzepte, die sowohl waldbauliche, technische und ingenieurbio-logische Ansätze vereinen bzw. ihre Abstimmung und vor allem eine Erfolgskontrolle erfordern.

Flächenwirtschaftliche Projekte in Bann- und Schutzwäldern gewannen in den letzten Jahrzehnten im Tätigkeitsbereich des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung für den Erhalt und die Verbesserung der Schutzwälder zunehmend an Bedeutung. Während die Feststellung von Objekt- und Standortschutzwäldern bzw. die Bannlegung von Objektschutzwäldern per Bescheid durch die Behörde geregelt ist, sind wiederum die WaldeigentümerInnen per Gesetz zur Durchführung von Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Schutzwirkung verpflichtet (Forstgesetz 1975/2016). Die Schutzwaldbewirtschaftung stellt Behörden und EigentümerInnen weiterhin vor neue Herausforderungen.

Thematik sowie Problematik des Schutzwaldmanagements sind daher zunehmend Gegenstand öffentlicher Diskussion und erfordern Unterstützung aus der Forschung (Teich und Bebi,

2009; Frehner, 2009; BMLFUW, 2009; BMLFUW, 2008; Dorren und Berger 2005, Dorren et al. 2006, MCPFE, 2007; 2006; O'Hara, 2006, Brang et al., 2006). Ansätze zur Evaluierung von Pflegemaßnahmen in Schutzwäldern sind bekannt aus der Schweiz. Frehner et al. (2005) publizierten ein Instrument für die Praxis, das zum einen waldbauliche Anforderungsprofile für die verschiedenen Waldstandorte und Naturgefahren beschreibt, zum anderen als Hilfe für die Planung der Schutzwaldpflege sowie als Anleitung für die Erfolgskontrolle gedacht ist.

In Österreich hat Ziegner (2008) in der Abteilung für Forstplanung im Amt der Tiroler Landesregierung ein internes Papier zur Projektsteuerung samt Aufnahmeanweisung entworfen. 2009 wurde vom Lebensministerium das Förderprogramm ISDW – Initiative Schutz durch den Wald vorgestellt, das der Sicherung und Verbesserung der Schutzwirkung von Objektschutzwäldern dient (Lebensministerium IV/4, 2010). Vordefinierte waldbauliche Maßnahmen, die bei Bedarf durch technische Maßnahmen ergänzt werden können, sollen den Schutz vor Naturgefahren erhöhen. Aufbauend auf den Waldentwicklungsplänen sind gutachtlich erstellte Bezirksrahmenpläne die Basis für die Förderung von ISDW-Detailprojekte. Diese wiederum beinhalten die Erfassung der Standorts- und Waldbestandseigenschaften über ein einfaches Bewertungsmodell, das die Definition von Waldstrukturzielen sowie ein Instrument für vergleichbare Dokumentation und die Bewertung von Gefahrenpotenzialen und Schutzwirkungen beinhaltet. Eine adaptierte Arbeitsanleitung des Handbuchs für OSWI-Bezirksrahmenplanung wurde 2016 herausgegeben (Schima et al. 2016). Nach Perzl (2008) wurden mit dem ISDW (später OSWI) erstmalig in Österreich einheitliche Standards für die Erhebung und Bewertung von Indikatoren des Naturgefahrenpotenzials und der Schutzwirkung des Waldes entwickelt.

Für eine begleitende Erfolgskontrolle von Maßnahmen in flächenwirtschaftlichen Projekten wird von Seiten der Wildbach- und Lawinerverbauung an einer laufenden Verbesserung der Maßnahmenevaluierung gearbeitet. Dieser Beitrag stellt einen Vorschlag für ein Evaluierungs- und Bewertungssystem vor, das auf Basis der Pilotprojekte Bannwald Brentenkogel und Hallstätter Bannwald gemeinsam mit der Wildbach- und Lawinerverbauung Sektion Oberösterreich und Gebietsbauleitung Bad Ischl entwickelt wurde.

Entwicklung eines Evaluierungsprozesses und -modells

Die Studie zur Evaluierung flächenwirtschaftlicher Maßnahmen in Schutz- und Bannwäldern umfasste drei wesentliche Prozesse: [1] die Aufbereitung von Grundlagen für ein Evaluierungs-

konzept als Basis für [2] die Entwicklung eines Bewertungssystems und [3] die kartografische Darstellung (vergleiche Abbildung 1). Letzteres zielt darauf ab, als visuelles Instrument eine Hilfestellung zur Entscheidungsfindung zu leisten. Letztlich stellten diese Evaluierungsprozesse das Fundament für die Entwicklung eines Controlling-Prozesses dar, der in der Lage ist, flächenwirtschaftliche Maßnahmen und ihre Wirkungen zu beurteilen sowie eine Zustandsbewertung, eine Gefährdungseinschätzung als auch eine Handlungsableitung bereitzustellen.

Die Entwicklung dieser Prozessschritte umfasste vier Phasen, dargestellt in Abbildung 2: die Vor- und Aufbereitung von Evaluierungsbögen, [2] die detaillierte Erhebung der Schutzflächen im Feld, [3] die Ableitung eines Bewertungsmodells und [4] der Entwurf eines Entscheidungsinstruments und die Erarbeitung von thematischen Karten.



Abb. 2: Entwicklungs- und Arbeitsphasen des Bewertungsmodells

Fig. 2: Work phases of the valuation model



Abb. 1: Prozessschritte zur Entwicklung eines Controlling-Systems

Fig. 1: Process flow in order to develop a controlling system

Die Anwendung des Modells erfolgte beispielhaft in den Pilotgebieten Bannwald Brentenkogel und im Hallstätter Bannwald, wo eine flächen- und maßnahmenbezogene Detailevaluierung durch eine systematische Bestandesanalyse (Stichprobeninventur am Brentenkogel) ergänzt wurde (Abbildung 3). Die Felddatenerhebungen ermöglichen damit eine Einschätzung des Ist-Zustandes sowohl des Bestandes als auch der Flächenmaßnahmen sowie die Ableitung einer Waldentwicklungsprognose (aus Bestandes- und Verjüngungsdaten). Die Kombination aus der Bestandes- und Maßnahmenbewertung dient als Instrument zur Maßnahmenfestlegung und Entscheidungsfindung.

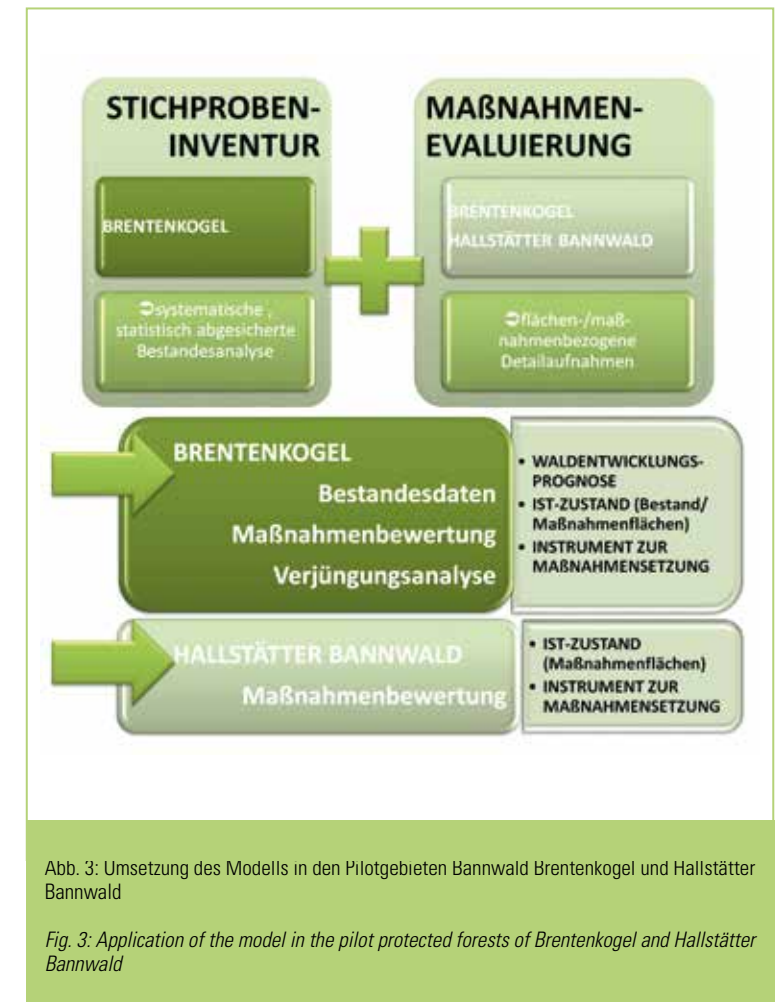


Abb. 3: Umsetzung des Modells in den Pilotgebieten Bannwald Brentenkogel und Hallstätter Bannwald

Fig. 3: Application of the model in the pilot protected forests of Brentenkogel and Hallstätter Bannwald

Auf Basis bestehender Aufnahmeblätter der Wildbach- und Lawinenverbauung (Gebietsbauleitung Salzkammergut) sowie auf Basis des ISDW-Aufnahmeschemas (Lebensministerium IV/4 2010) wurden Evaluierungsbögen für die Maßnahmenerhebung entwickelt und um fehlende Parameter erweitert [Phase 1]. Die Erhebungsparameter inkludierten klassische Standort- und Bestandesdaten, ISDW-Maßnahmentypen und eine Stich-

probeninventur (Winkelzählprobe und Traktanalyse). Die Feldanalyse wurde in 60 x 60 m je Hektar großen Probeflächen und je nach Charakteristik der Flächenausdehnung im Regelfall rasterförmig oder in Abhängigkeit von inhomogenen Charakteristiken repräsentativen Teilflächen durchgeführt [Phase 2]. Die Erhebungen wurden mit einer umfangreichen Fotodokumentation ergänzt.

EINGANGSKATEGORIEN	ZUSTANDSGRUPPEN				
	1 Naturräumliche Gefährdungen	2 Gefährdung Bestandeseinwirkung	3 Verjüngungspotential	4 Schutzwirkung Wald	5 Zustand Bauwerke
A Standortdaten					
A.1 Hangneigung	X	X			
A.2 Steinschlag Häufigkeit	X				
A.3 Steinschlag Alter	X				
A.4 Steinschlag Größe	X				
B Bestandesdaten					
B.1 Wuchsklasse JW			X		
B.2 Wuchsklasse JW u./od. DI aus Kultur			X		
B.3 Wuchsklasse < DI2	X				
B.4 Wuchsklasse DI1 u./od. DI2				X	
B.5 Wuchsklasse STH u./od. BH1/BH2/Bst		X		X	
B.6 Anteil Nadelholz (immergrün)				X	
B.7 Anteil Bu/Ah/LA				X	
B.8 Stammzahlen JW			X		
B.9 Stammzahlen JW u./od. DI aus Kultur			X		
B.10 Stammzahlen DI1 u./od. DI2				X	
B.11 Stammzahlen STH u./od. BH1/BH2/Bst				X	
B.12 Lückenkänge (Breite > 10m)	X				
B.13 Beschirmung umliegender Bestand				X	
B.14 Totholzmenge legend		X			
B.15 Käferbefall			X		
B.16 Windwurf			X		
B.17 Wind-/Schneebruch			X		
B.18 Schädlingschäden			X		
C Verjüngungsansprüche					
C.1 Verjüngung ges. JA/NEIN		X		X	
C.2 Verbleib gesamt		X	X	X	
C.3 Schäden Verjüngung		X	X	X	
D Traktanalyse und Winkelzählprobe (WZP)					
D.1 Stämme WZP JA/NEIN				X	X
D.2 Stammzahlen WZP				X	X
D.3 Anteil Bu/Ah/LA WZP				X	
D.4 Anteil Nadelholz (immergrün) WZP				X	
D.5 Beschirmung				X	
D.6 Stammzahlen Verjüngung			X	X	
D.7 Leitbäumeverbleib o. FI [%]		X			
D.8 Seitenbäumeverbleib o. FI [%]		X			
Zustand technische Elemente					
Steinschlagschutzbauten				X	
Lawenschutzbauten					X
Gletschneeschutzbauten					X
Umzäunung					X

Abb. 4: Übersicht und Pfade für die Eingangskategorien in die Bewertungsmatrix

Fig. 4: Overview and paths for input data into the assessment matrix

[Phase 3] beinhaltete die Auswertung der Maßnahmenevaluierung und darauf aufbauend die Entwicklung eines Bewertungsmodells anhand des Pilotgebietes Bannwald Brentenkogel. Die detaillierte Erhebung der verschiedenen Maßnahmentypen (technische, waldbauliche) vor Ort anhand eines Bewertungsschemas ermöglichte die Zusammenführung der einzelnen Aufnahmeparameter zu Zustandsgruppen in Bezug auf naturräumliche Gefährdungen, Gefährdung Bestandeseinwirkung, Verjüngungspotential, Schutzwirkung Wald und Zustand Bauwerke.

Die Charakteristik des Bewertungsschlüssels lässt sich wie folgt darstellen: Anhand von Eingangskategorien gemäß relevanter Zusammenhänge wurden die Aufnahmedaten in ein Bewertungsschema integriert. Berücksichtigt wurden Kategorien nach in der Praxis und Literatur gegebenen Klassen. Die Bewertung erfolgte

nach einfachen, additiven Funktionen. Die daraus resultierenden Ergebnisse wurden in Wertekategorien mit Minimal- und Maximalwerten unterteilt und auf Bewertungsnoten gemäß einfachem Ampelfarbenschema ROT – GELB – GRÜN reduziert (s. Abbildungen 5 und 6).

Darauf aufbauend wurde eine Bewertungsmatrix präzisiert, die einerseits die Eingangskategorien und andererseits die Zustandsgruppen und ihre Bewertungskategorien vereint (Abbildung 4). Nachfolgend werden beispielhaft die Bewertungsansätze für die Zustandsgruppe 1 „Naturräumliche Gefährdungen“ Kategorie 1.1 Steinschlag und für die Zustandsgruppe 4 Schutzwirkung Wald Kategorie 4.4 Steinschlag Bestand Maßnahmenfläche dargestellt (Abbildung 5 und Abbildung 6). Der Bewertungsschlüssel wurde anhand der Daten Bannwald Hallstatt geprüft und validiert.

Beispiel Bewertungsansatz für Naturräumliche Gefährdungen

1.1 STEINSCHLAG			
Eingangskategorien:	A.2 Steinschlag Häufigkeit	A.3 Steinschlag Alter	A.4 Steinschlag Größe
Eingabewert:	3 Klassen	2 Klassen	3 Klassen
0	kein Steinschlag		
1	vereinzelt	alt	< 30cm
2	häufig	neu	40-60 cm
3	massiv		> 70 cm
Funktion:	$1.1 \text{ Steinschlag} = \left(\frac{\text{Steinschlag Häufigkeit}}{3} \right) + \left(\frac{\text{Steinschlag Alter}}{2} \right) + \left(\frac{\text{Steinschlag Größe}}{3} \right)$		
Ergebnis:	Bewertungsnote:	Bewertung Gefährdung durch Steinschlag:	
Maximalwert 3	2, 1-3	Hoch	3
Minimalwert 0	1, 1-2	Mäßig	2
	0	Keine/Gering	1

Abb. 5: Beispiel Bewertungsansatz für die Zustandsgruppe 1 „Naturräumliche Gefährdungen“ Kategorie 1.1 Steinschlag

Fig. 5: Example of the valuation approach for the Condition Cluster 1 "Natural Hazards" Category 1.1 Rockfall

Anmerkungen zum Bewertungsansatz Kategorie 1.1 Steinschlag:

- Es herrscht keine Gefährdung durch Steinschlag, wenn keine der drei Steinschlagkategorien Häufigkeit, Alter und Größe besetzt ist.

Beispiel Bewertungsansatz für Schutzwirkung Wald

4.4 STEINSCHLAG BESTAND MAßNAHMENFLÄCHE				
Eingangskategorien:	D.1 Stämme WZP JA/NEIN	A.1 Hangneigung	D.2 Stamm-zahlen WZP	D.3 Anteil Bu + Ah + Lärche WZP
Eingabewert:	JA/NEIN	4 Klassen	4 Klassen	4 Klassen
0	Nein	<30° (58%)	>1000	81-100 %
1	Ja	30-34° (58-69%)	800-1000	51-80 %
2		35-40° (70-84%)	500-700	21-50 %
3		41-45° (85-100%)	200-400	0-20 %
4		>45° (100%)	< 200	
5				

Funktion:

$$4.1 \text{ Steinschlag} = \text{Stämme WZP JA/NEIN} * \left(\frac{\text{Hangneigung}}{4} + \left(\frac{(\text{N WZP}) * 2}{5} \right) + \left(\frac{(\text{Anteil Bu + Ah + Lärche WZP}) * 0,5}{4} \right) \right)$$

Ergebnis:

Maximalwert	3,5	Bewertungsnote:	2,1-3,5	Gering	Bewertung Schutzwirkung Wald: Steinschlag Bestand	3	Maßnahmenfläche
Minimalwert	0,725		1,1-2	Mäßig		2	
0: kein STH/BH/Bst vorhanden			0,725-1	Hoch		1	

Abb. 6: Beispiel Bewertungsansatz für die Zustandsgruppe 4 „Schutzwirkung Wald“ Kategorie 4.4 Steinschlag Bestand Maßnahmenfläche

Fig. 6: Example of the valuation approach for the Condition Cluster 4 "Forest Protection Effect" Category 4.4 Rockfall Stand in Measurement Area

Anmerkungen zum Bewertungsansatz Kategorie 4.4 Steinschlag Bestand Maßnahmenfläche:

- Die Bewertungskategorie '4.4 Schutzwirkung Wald – Steinschlag Bestand Maßnahmenfläche' gibt die Steinschlagschutzwirkung des verbliebenen Bestandes in den Maßnahmenflächen an, der über die Winkelzählprobe erfasst wurde. Ausgehend davon, dass Stämme über die WZP registriert wurden („Stämme WZP JA/NEIN“ dient als Multiplikator) fließen die Kategorien Hangneigung, Stammzahlen (WZP) und Baumartenanteile von Buche (Bu), Ahorn (Ah) und Lärche (Lä) ein.
- Wie in Kategorie 4.1 werden die Wuchsklassen Stangenholz (> 10 m Höhe), Baumholz 1 und 2 (BHD 20–50 cm) und Baumstarkholz (BHD > 50 cm) als Bestand angesehen. Die Stammzahlen in Maßnahmenflächen sind naturgemäß stark reduziert. Es erwies sich daher als günstig, eine Gewichtung von 2 in die Formel einzuführen, während die Gewichtung des Anteils Bu+Ah+Lä halbiert wurde.
- Die Schutzwirkung Wald gegen Steinschlag ist hoch, wenn die Hangneigung gering ist und die Stammzahlen bzw. der Anteil Bu+Ah+Lä hoch sind.

Anwendung des Evaluierungsmodells im Pilotgebiet Bannwald Brentenkogel/Ebensee

Thematische Karten

Das Ergebnis des hier vorgestellten Bewertungsmodells sind GIS-bezogene thematische Karten mit visuellen Bewertungsmerkmalen (Ampelfarbenschema GRÜN – GELB – ROT). Nachfolgend werden beispielhaft thematische Karten für die Zustandsgruppe 1 „Naturräumliche Gefährdungen“ und 4 „Schutzwirkung Wald“ angeführt (Abbildung 7 und Abbildung 8). Sie veranschaulichen zum einen die Abgrenzung der Maßnahmenflächen (I/1 bis V/3) sowie der Probestflächen

und die in Abhängigkeit von inhomogenen Charakteristiken repräsentativen Teilflächen (s. Beschreibung [Phase 2] oben). Die Bewertung nach dem oben vorgestellten und auf Ampelfarben reduzierten Bewertungsschema ergab eine Teilfläche mit keiner Gefährdung (GRÜN), 6 Teilflächen mit mäßiger Gefährdung (GELB) und mehrheitlich hohe Gefährdung (ROT), wodurch sowohl die Problematik des Risikogebietes als auch die räumliche Verteilung illustriert werden. Abbildung 7 bildet die Schutzwirkung des Waldes gegenüber Steinschlag innerhalb der Teilflächen ab. Am gezeigten Beispiel stechen der hohe Anteil mit geringer Schutzwirkung und wenige Teilflächen mit mäßiger Schutzwirkung ins Auge.

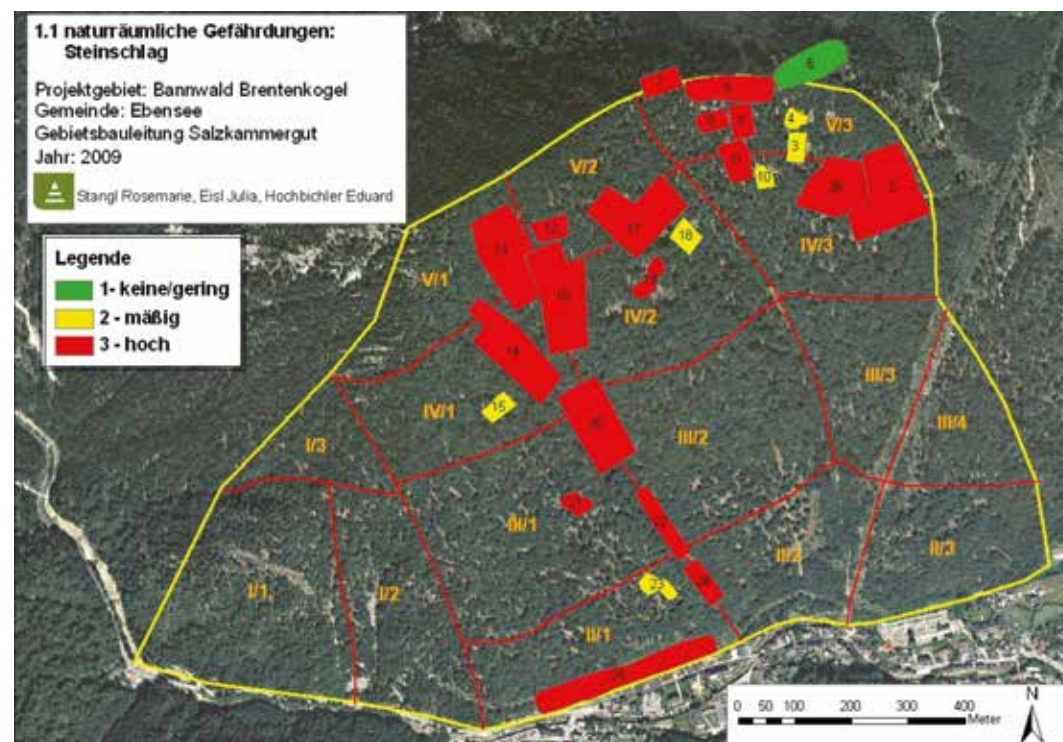


Abb. 7: Thematische Karte für die Zustandsgruppe 1 „Naturräumliche Gefährdungen“ Kategorie 1.1. Steinschlag – BANNWALD BRENTENKOGEL

Fig. 7: Thematic map for the Condition Cluster 1 „Natural Hazards“ Category 1.1 Steinschlag – BANNWALD BRENTENKOGEL

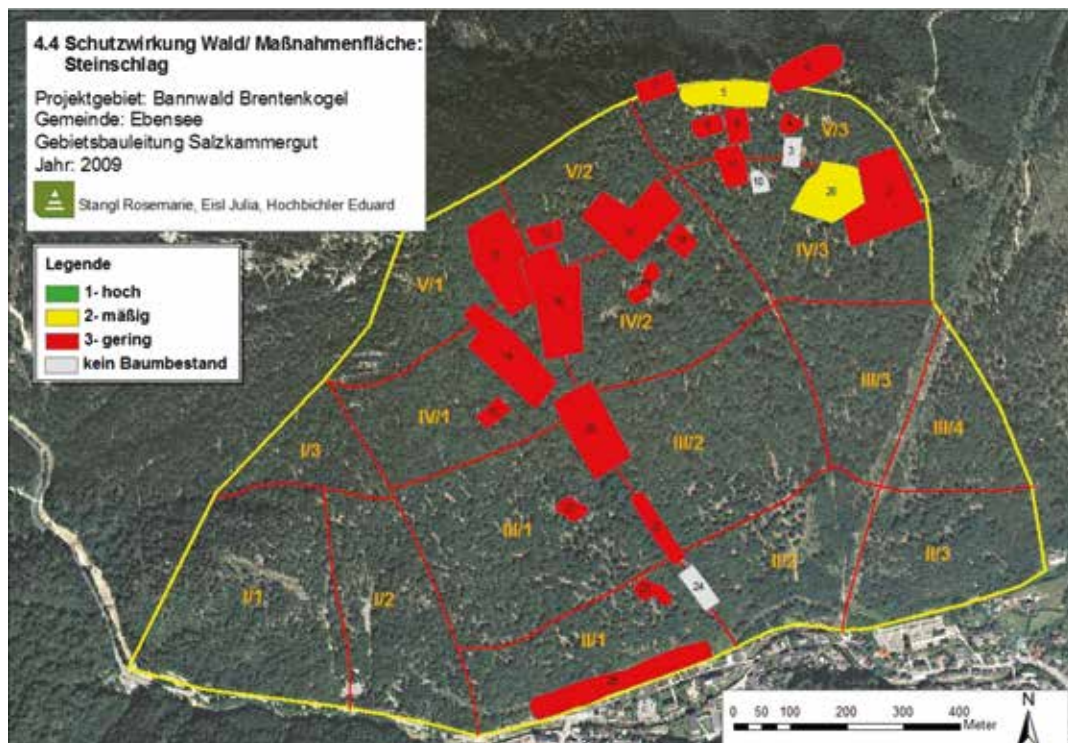


Abb. 8: Beispiel Bewertungsansatz für die Zustandsgruppe 4 „Schutzwirkung Wald“ Kategorie 4.4 Steinschlag Bestand Maßnahmenfläche

Fig. 8: Example of the valuation approach for the Condition Cluster 4 "Forest Protection Effect" Category 4.4 Rockfall Stand in Measurement Area

Aktivitäten

Die bis 1982 umgesetzten Bewirtschaftungsmaßnahmen umfassten „konservative“ Einzelstamentnahmen. 1982 erfolgte eine Erstinventur auf ca. 32 ha (Hochbichler und Mayer 1982). Mitte der 1980er-Jahre wurden Pirschbezirke mit Abschussplanung bzw. Zwangsabschüssen vergeben. Nach 1987 wurden im Rahmen eines flächenwirtschaftlichen Projektes auf ca. 110 ha technische Verbauungen zum Steinschlag- und Lawinenschutz bzw. Steignetze errichtet. Im Anbruchgebiet erfolgten Verjüngungsfreistellungen und -einleitungen (Zaun). 1989 wurde der Bannwald Brentenkogel Teil des Schutzwald-

sanierungsprojektes Höllengebirge. 1999 und 2009 erfolgten Folgeinventuren mit permanentem Stichprobennetz (32 ha, Erweiterung auf 110 ha).

Beispiel Verjüngungs- und Jungwuchsentwicklung

Aus der Verjüngungsanalyse kann ein Trend zu einer Verbesserung der Verjüngungssituation gegenüber 1982 und 1999 abgeleitet werden. Auf rund 90% der Probeflächen sind Verjüngungsansätze über das Keimlingsstadium hinaus vorhanden. Dies deutet darauf hin, dass die Samenproduktion der Bestände (Altbäume) noch ausreicht, um die „flächige“ Verjüngung über Naturverjüngung, bei Verjüngungszeiträumen von 20–40 Jahren, zu erzielen. Erste Erfolge der Wildbewirt-

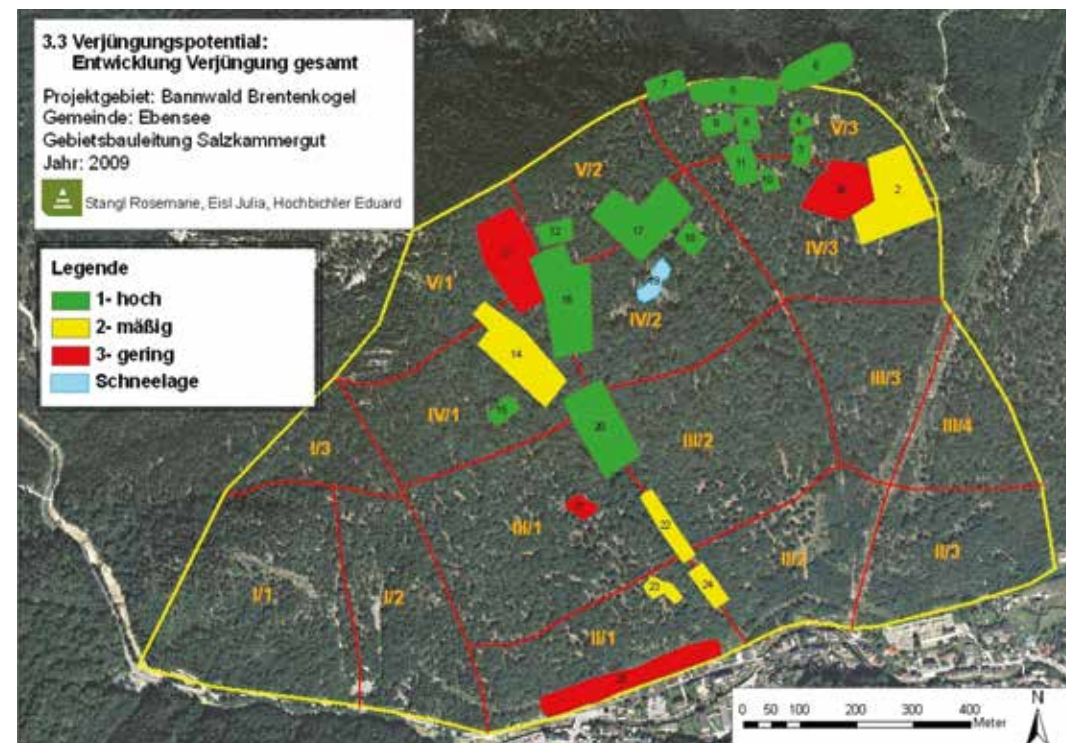


Abb. 9: Beispiel Bewertungsansatz für die Zustandsgruppe 3 „Verjüngungspotenzial“ Kategorie 3.3 Entwicklung Verjüngung gesamt

Fig. 9: Example of the valuation approach for the Condition Cluster 3 "Forest Rejuvenation Potential" Category 3.3 Development State of Rejuvenation"

schaftung sind erkennbar. Die Stammzahlen der Verjüngung haben sich nach leichtem Anstieg bis 1999 im letzten Jahrzehnt auf durchschnittlich 10.000 – 15.000 N/ha erhöht. Die positive Entwicklung der Verjüngung geht mit der starken Bejagungsaktivität bis 2005 einher. Die noch stark gegebene Verbiss- und Entmischungsdynamik rechtfertigt die abnehmenden Abschusskennzahlen in den letzten Jahren nicht. Aus Abbildung 8 ist erkennbar, dass sich der positive Trend bezüglich der allgemeinen Verjüngungssituation auch bei der Bewertung der Maßnahmenflächen zeigt. Der überwiegende Anteil der Maßnahmenflächen, welche in einer Kombination von Lochhieben mit Aufforstung sowie Femelhieben zur Verjüngungseinleitung behandelt wurden, zeigen guten Zustand mit hohem Verjüngungspotenzial.

Aus Abbildung 8 ist jedoch erkennbar, dass von den Jungwuchs- und Dickungsflächen auf den Maßnahmenflächen ohne technische Steinschlag- und Waldlawinenschutzwerke noch kein ausreichender Schutz geboten werden kann. Es lag im Erwartungsbereich, dass innerhalb der ersten zwei Dekaden nach Aufforstungsmaßnahmen die Steinschlagschutzwirkung des juvenilen Bestandes noch nicht ausreichend gegeben ist. Die Übergangsphase demonstriert, dass technische Maßnahmen für den Sofortschutz wichtige und unverzichtbare Maßnahmenelemente darstellen. Entscheidend dabei ist die Kombination von technischem Objektschutz mit forstlich-ingenieurbiologischen Maßnahmen, mit deren Hilfe ein zunehmender und langfristiger Schutzbeitrag erzielt werden kann.

Empfehlungen für die Weiterentwicklung eines Evaluierungs- und Controlling-Systems

Schutzwald stellt die Basis für eine funktionierende Infrastruktur dar und ist eine essentielle Lebensgrundlage für unsere Gesellschaft. Ohne Schutzwald können wir auf keinen sicheren Lebens- und Wirtschaftsraum zurückgreifen. In den Diskussionsgruppen beim Waldgipfel 2017 in Innsbruck kam zum Ausdruck, dass das Thema Schutzwaldmanagement aktuell hoch brisant ist und strategische Steuerung benötigt. Unter Experten herrscht ein Bewusstsein für einen allgemein unbefriedigenden Zustand unserer Schutzwälder sowie ein allgemeiner Konsens darüber, dass technische Verbauungen wichtig sind, die (Erhaltungs)kosten dafür jedoch steigen und eine gezielte Schutzwaldpflege daher zwingend wird.

In einem nachhaltigen und proaktiven Schutzwaldmanagement und verantwortungsvollen Waldbau liegen die Grundsteine für die Erhaltung unserer Schutzwälder. Eine vertiefte Zusammenarbeit mit den WaldeigentümerInnen und allen Beteiligten ist für die Aufrechterhaltung und aktive Steuerung ihrer Schutzfunktionen künftig unverzichtbar.

Flächenwirtschaftliche Maßnahmen, die neben technischen Verbauungen auch forstlich-ingenieurbologisch basierte Ausführungen beinhalten, sind entscheidende Beiträge für ein erfolgreiches Schutzwaldmanagement mit langfristiger Wirkung. Ergänzend wichtig sind ein laufendes Monitoring und periodische Evaluierungen, um die Wald- und Standortentwicklung aktiv steuern sowie negativen Entwicklungen gegensteuern zu können. Die Einführung eines Rahmenplans mit

einem konsequenten Controlling-System könnte einen wesentlichen Beitrag für eine effiziente Ausrichtung des Schutzwaldmanagements darstellen. Abbildung 10 stellt einen Vorschlag für einen integrierten Controlling-Ansatz auf Basis des hier vorgestellten Bewertungssystems dar, der über eine periodisch wiederkehrende Ist-Analyse, eine Gegenüberstellung zum Ziel-Zustand die Planung und Vorbereitung von Anpassungsmaßnahmen und deren Umsetzung vorsieht. Dieses Konzept ist als Steuerungsinstrument und ein Element von mehreren für eine integrierte Kooperation zwischen verantwortlichen Behörden und WaldeigentümerInnen zu verstehen.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Univ.Prof. DI Dr. Rosemarie Stangl, DI Julia Eisl
Universität für Bodenkultur Wien
Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau
Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien
rosemarie.stangl@boku.ac.at

Ao.Univ.Prof. DI Dr. Eduard Hochbichler
Universität für Bodenkultur Wien
Institut für Waldbau
Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien
eduard.hochbichler@boku.ac.at

DI Michael Schiffer, DI Wolfram Bitterlich
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Oberösterreich West
Traunreiterweg 5, 4820 Bad Ischl
michael.schiffer@die-wildbach.at

DI Wolfgang Gasperl
Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektion Oberösterreich
Schmidtorstraße 2/II, 4020 Linz
wolfgang.gasperl@die-wildbach.at

Literatur / References

- BMLFUW (2008): Nachhaltige Waldwirtschaft in Österreich. Österreichischer Waldbericht 2008. Broschüre des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Wien.
- BMLFUW (2009): Der Österreichische Wald. Broschüre des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Wien.
- BRANG P., SCHÖNENBERGER W., FREHNER M. ET AL. (2006): Management of protection forests in the European Alps: an overview. For. Snow Landsc.Res. 80, 1: 23-44.
- DORREN, L.K.A.; BERGER, F. (2006): Balancing tradition and technology to sustain rockfall-protection forests in the Alps. For.Snow Landsc.Res. 80,1: 87-98.
- DORREN, L.K.A.; BERGER, F.; MAIER, B. (2005): Der Schutzwald als Steinschlagnetz. LWFaktuell Nr. 50, 25-27. Online-Version: 02.03.2007. http://www.waldwissen.net/themen/naturgefahren/stainschlag/lwf_stainschlagnetz_2005_DE. Letzter Zugriff: 02.02.2010.
- FORSTGESETZ 1975/2016: Bundesgesetz vom 3. Juli 1975, mit dem das Forstwesen geregelt wird (Forstgesetz 1975), BGBl. Nr. 440/1975 idF BGBl. Nr. 231/1977, 142/1978, 576/1987, 257/1993, 970/1993, 532/1995, 419/1996, BGBl. I Nr. 158/1998, 108/2001, 59/2002, 65/2002, 78/2003, 83/2004, 87/2005 und 55/2007. In: Lebensministerium I/3, 2007: <http://www.lebensministerium.at/article/articleview/19480/1/5563>. Letzter Zugriff: 30.09.2017.
- FREHNER M (2009): Erfolgskontrolle auf allen Ebenen. Forstzeitung 5: 8-9.
- FREHNER M., WASSER B., SCHWITTER R. (2005): Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemaßnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: Bern.
- HOCHBICHLER E., MAYER H (1982): Der Steinschlagwald Brentenkogel/Ebensee – Eine jagdliche Herausforderung. AFZ-W 93.
- LEBENSministerium IV/4 (2010): ISDW - Initiative Schutz durch Wald. <http://www.isdw.at/>. Letzter Zugriff: 08.02.2010.
- SCHIMA JOHANNES, GRIESHOFFER ALFRED, STARSICH ALEXANDER (2016): Wälder mit Objektschutzwirkung. Handbuch für OSWI-Bezirksrahmenblätter. Stand: April 2016. BMLFUW: Wien.
- MCPFE (2007): State of Europe's Forests 2007. The MCPFE report on sustainable forest management in Europe. Ministerial conference on the Protection of Forest in Europe Liaison Unit Warsaw, UNECE and FAO.
- O'HARA K. (2006): Multiaged forest stands for protection forests: concepts and applications. For.Snow Landsc.Res. 80, 1: 45-55
- PERZL F. (2008): Ein Minimalstandard für die Dokumentation der Schutzwirkungen des Waldes im Rahmen der Österreichischen „Initiative Schutz durch Wald“. Interpraevent 2008 – conference Proceedings, 2: 551-562.
- TEICH M., BEBI P. (2009): Evaluating the benefit of avalanche protection forest with GIS-based risk analyses – A case study in Switzerland. Forest Ecol.Manag. 257: 1910-1919.
- ZIEGNER K. (2008): Projektsteuerung Aufnahmeanweisung (Version 2., März 2008). Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung für Forstplanung. Internes Papier.

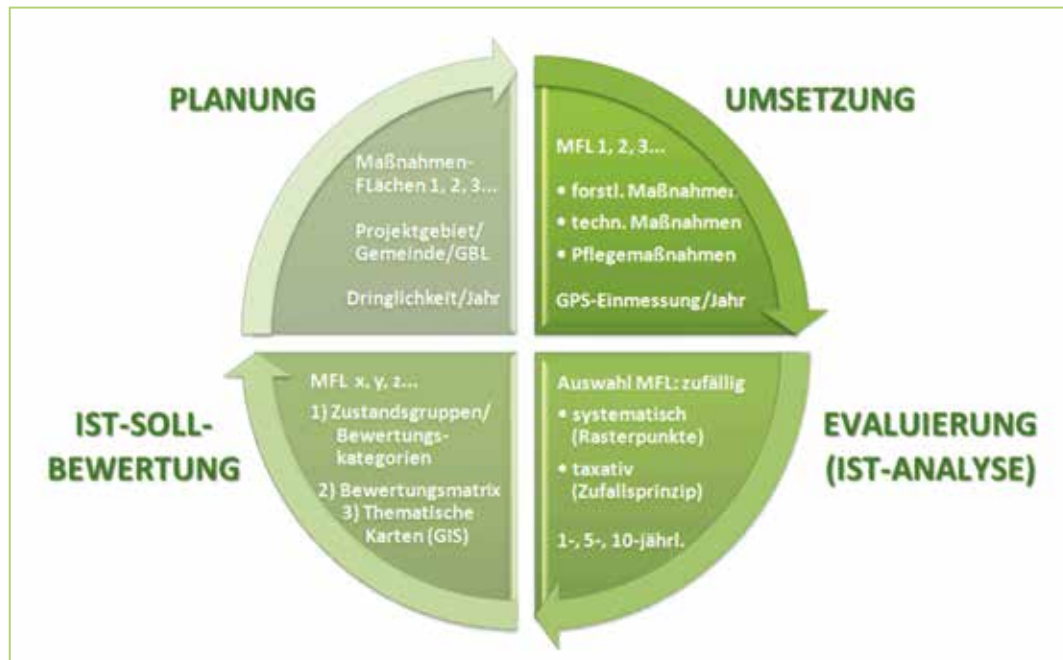


Abb. 10: Empfehlung für ein integriertes Controlling-System auf Basis des hier vorgestellten Bewertungsansatzes

Fig. 10: Recommendation for an integrated controlling system referring to the presented evaluation approach

WALTER FÜRST, SEBASTIAN LIPP, ROBERT JANDL, SILVIO SCHÜLER

Schutzwald im Klimawandel: Auswirkungen, Maßnahmen und Forschungsbedarf

Protection forest and climate change: Effects, action and need for research

Zusammenfassung:

Zwei Arten von Auswirkungen des Klimawandels auf den Schutzwald können differenziert werden, einerseits unmittelbare Effekte auf die Waldzusammensetzung und das Waldwachstum und andererseits indirekte Effekte auf die Schutzleistung des Waldes als Resultat veränderter Gefahrenszenarien. Während die Klimaerwärmung nur auf globaler Ebene eingedämmt werden kann, gilt es auf lokaler Ebene Lösungen zur Vorbeugung und Anpassung an steigende Temperaturen zu finden. Gefahrenmanagement und Waldbewirtschaftung werden derzeit oft unabhängig voneinander betrachtet, sollten sich aber ergänzen. Eine stärkere Verschränkung und integrierte Bewirtschaftung ist notwendig, um im Klimawandel und unter den sich ändernden gesellschaftlichen Schutzansprüchen die Leistungsfähigkeit des Waldes als Schutzwald bestmöglich zu nutzen.

Stichwörter:

Klimawandel, Waldwachstum, Naturgefahren, Monitoring, Waldbau

Abstract:

Two effects of climate change on protective forests can be distinguished: on the one hand direct effects on forest composition and forest growth, and on the other hand indirect effects on the forests' protective services due to changes of hazards scenarios. While climate change itself can only be mitigated on a global scale, preparatory and adaptive measures have to be implemented on local and regional level. At present natural hazard and forest ecosystem management are often organized independently. To utilize the full potential of protective forests under changing climate conditions and changing societal demands, a closer interdisciplinary action needed.

Keywords:

Climate change, forest yield, natural hazards, monitoring, silviculture

Einleitung

Schutzwälder im Gebirgsraum tragen wesentlich zum Schutz der Bevölkerung sowie von menschlichen Siedlungen und Infrastruktur vor Naturgefahren bei. Mit dem Klimawandel verändern sich nicht nur die Art und Häufigkeit von Naturgefahrenprozessen, sondern auch die Waldausstattung und Waldstruktur und die damit verbundenen Leistungen des Waldes. Daher müssen sowohl die Naturgefahrenprozesse selbst, als auch der Wald als variabel ausgebildete Komponenten eines Beziehungsgefüges auf Landschaftsebene betrachtet werden und die Auswirkungen des Klimawandels auf beide Komponenten analysiert werden. Der vorliegende Artikel soll eine Übersicht über den aktuellen Stand des Wissens geben, notwendige Maßnahmen zur Sicherung der Schutzwirkung des Waldes diskutieren und daraus den Bedarf an zukünftiger Forschung und Entwicklung ableiten.

Klimawandel

Der Klimawandel ist eine globale Entwicklung. Es herrscht Übereinstimmung darüber, dass die derzeitige Erwärmung ganz wesentlich auf die steigende Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre zurückzuführen ist. Der globale Temperaturanstieg kann auf regionaler und lokaler Ebene sehr unterschiedliche Auswirkungen haben. So stieg die Jahresmitteltemperatur seit 1880 global um ungefähr 1 °C, in Österreich dagegen um fast 2 °C (APCC, 2014). Beobachtungen und Modellsimulationen zeigen, dass der Alpenraum eines der am empfindlichsten auf den Klimawandel reagierenden Gebiete Europas ist (ClimChAlp, 2008).

Die wichtigsten Trends und Prognosen der Klimaforscher wurden 2014 im Österreichischen Sachstandsbericht Klimawandel von mehr als 240 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zusammengetragen (APCC, 2014). Demnach gilt es als sehr wahrscheinlich, dass die Temperatur bis Mitte des Jahrhunderts im Vergleich zum derzeitigen Niveau um bis zu 1,4 °C ansteigt (APCC, 2014). Darüber hinausgehende Prognosen hängen stark von den verwendeten Emissionsszenarien und Klimamodellen ab und könnten bis zum Ende des 21. Jahrhunderts einen weiteren Temperaturanstieg um 3–5 °C im Sommer und 4–6 °C im Winter bedeuten.

Vorhersagen für die Niederschlagsentwicklung sind unsicherer, denn Österreich liegt großräumig im Übergangsbereich zwischen zwei Zonen mit entgegengesetzten Trends: einer Zunahme von Niederschlägen in Nordeuropa und einer Abnahme im Mittelmeerraum. Obwohl die Modellierung von Niederschlagsverteilungen in Gebirgsregionen schwierig ist, zeigen die meisten Projektionen eine jahreszeitliche Verschiebung der Niederschläge: so ist bis 2100 tendenziell mit einer Abnahme im Sommer und einer Zunahme im Winter zu rechnen. Zudem ist es sehr wahrscheinlich, dass Starkniederschläge vor allem von Herbst bis zum Frühjahr zunehmen werden.

In Verbindung mit höheren Temperaturen wird in den gesamten Alpen und besonders den unteren und mittleren Lagen seit Jahrzehnten eine Abnahme der Schneedecke sowohl hinsichtlich der Mächtigkeit als auch der Dauer beobachtet. Es ist sehr wahrscheinlich, dass dieser Trend in allen Alpenländern im 21. Jahrhundert anhalten wird.

Sichtbare Folge des Klimawandels ist der Rückgang der Alpengletscher, welcher seit dem Ende der „Kleinen Eiszeit“ (vom 15. bis ins

19. Jahrhundert) beobachtet wird. Für das 21. Jahrhundert werden das Verschwinden der Gletscher in mittleren Höhen und eine allgemeine Abnahme der Gletschervolumina und -längen vorhergesagt. Zudem ist mit einem Anstieg der Permafrostgrenze zu rechnen.

Naturgefahren und Klimawandel

Trends zur Häufigkeit und Intensität von Naturgefahrenprozessen im Klimawandel lassen sich einerseits aus tatsächlichen Beobachtungen von Gefahrenereignissen erschließen und andererseits durch Projektionen klimatisch bedingter künftiger Gefahren- und Risikoszenarios vorhersagen. Einige im Alpenraum beobachtete Veränderungen wurden im Interreg-III-B-Alpenraum-Projekt Climate Change, Impacts and Adaptation Strategies in the Alpine Space (ClimChAlp, 2008) zusammengestellt:

- **Hochwasser:** In einigen Alpenregionen (z.B. Süddeutschland) wurde eine Zunahme der Intensität und Häufigkeit von Hochwässern beobachtet. Für die Zukunft wird eine Zunahme des Winterhochwassers und Abnahme der Sommerniedrigwasserabflüsse sowie eine frühere Hochwasserspitze durch die Schneeschmelze erwartet.
- **Muren:** In den letzten Jahren treten in einigen Bereichen der Alpen Muren tendenziell in höheren Lagen auf, während in mittleren Lagen teilweise eine Abnahme beobachtet wird. Die Zunahme der sich in der Umgebung von Gletschern und Permafrostgebieten bildenden Materialmenge und die Veränderung in der Verteilung von Starkniederschlägen können lokal die Gefahr von Muren verstärken
- **Lawinen:** Mit dem Anstieg der Mitteltemperatur verkleinert sich modellgemäß die

Fläche mit Grunddisposition für Lawinenanbruch in Österreich (Perzl, 2010). Die heutigen „Kerngebiete“ der Lawinengefahr wären aber weiterhin gleich gefährdet. Bei vermehrtem Nassschnee könnten jedoch neue Anbruchflächen in den Hochlagen relevant werden, die bisher nicht zu Lawinen geführt haben. Bereits für die vergangenen Jahrzehnte wurde eine steigende Häufigkeit von Naßschneelawinen nachgewiesen (Naaim, 2017).

- **Gletschergefahren:** Stabilitätsverluste bei Hängegletschern und die zunehmende Zahl und Größe von Gletscherseen in Folge von Gletscherrückgang und Eistemperaturanstieg scheinen in Bezug auf Gletschergefahren die wichtigsten Folgen des Klimawandels zu sein. Dabei können neue Gefahren entstehen, z.B. von instabilen Moränen gedämmte oder durch Eislawinen gefährdete Seen.
- **Felsstürze:** Trotz der beobachteten Zunahmen von Felsstürzen zum Beispiel während der Hitzewelle 2003 lässt sich ein Zusammenhang zwischen Klimawandel und Felsstürzen derzeit nicht nachweisen (Gruner und Brönnimann, 2016). Gegebenenfalls tritt eine jahreszeitliche Verlagerung vom Sommer in das Frühjahr auf, die durch warme Winter und saisonal früher auftretende Frost-Tau-Wechsel ausgelöst werden (Sass und Oberlechner, 2012; Gruner und Brönnimann, 2016).

Ganz generell zeigen zahlreiche Studien (OECD, 2007; IPCC, 2007), dass der Alpenraum, sowie Gebirgsregionen weltweit durch den Klimawandel einer zunehmenden Einwirkung von Naturgefahren auf Siedlungen und Infrastruktur ausgesetzt sein werden. Dabei können durchaus auch neue,

heute in Österreich noch wenige beachtete Naturgefahren auftreten, wie beispielsweise großflächigere und intensivere Waldbrände.

Neben den Auswirkungen des Klimawandels ist der Alpenraum weiteren Änderungen unterworfen, die eine wichtige Bedeutung für die Exposition gegenüber Naturgefahren haben. Dazu gehören die fortschreitende Besiedelung, die Zunahme von Infrastruktur und andere Land-

nutzungsänderungen, wie beispielsweise die Auflassung von Almen. Da in vielen Alpentälern der nutzbare Siedlungsraum ohnehin bereits begrenzt ist (Abbildung 1), kann eine Veränderung der Naturgefahrenexposition Raumkonflikte zwischen dem Schutz vor Naturgefahren einerseits und den Belangen der Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung andererseits antreiben.



Abb. 1: Schmirntal, Tirol. Raumrelevanter Bereich (orange) mit rezenten Lawinen-Einzugsgebieten (schwarz) und Gefahrenzonenplan (rote und gelbe Zonen) der Wildbach- und Lawinenverbauung (GeoDatenInfrastruktur-BMLFUW, Release 07, Juli 2014).

Fig. 1: Schmirntal, Tyrol. Recent avalanche catchments (black polygons) and hazard zone map of the avalanche and torrent control (red and yellow polygons)

Schutzwald

Schutzwald wird in Österreich in Abhängigkeit von der Fragestellung unterschiedlich verstanden (Perzl, 2014). Im Folgenden betrachten wir Schutzwald als wirksames Element auf Landschaftsebene, dessen primäre Funktion der Schutz der Bevölkerung vor Naturgefahren ist. Diese Definition von Brang et al. (2001) setzt voraus, dass

- 1) Siedlungen und Infrastruktur vorhanden sind, die potenziell geschädigt werden könnten,
- 2) Naturgefahren auftreten können, die zu Schäden an Leib und Leben der Bevölkerung oder der genannten Anlagen führen können und dass
- 3) ein Wald vorhanden ist, der diese Schäden verhindern oder abmildern kann (Brang et al., 2001).

Dabei ist es irrelevant, ob derartige Wälder bewirtschaftet werden oder nicht, ob diese als Schutzwälder ausgewiesen sind und ob die Wälder weitere Funktionen erfüllen oder nicht.



Abb. 2:
Schutzwald im Tiroler
Radurschltal (Foto: G.
Gollobich)

Fig. 2:
Protection forest Radurschl
valley, Tyrol

Die Bedeutung der Schutzleistung aus Wald im alpinen Lebensraum lässt sich eindrucksvoll aus einer historischen Analyse der Waldausstattung skizzieren (Forschungsstelle für Lawinenvorbeugung Innsbruck, 1961). So wurde bei der Erstellung einer Vegetationskarte Tirols gezeigt, dass über zwei Jahrhunderte von 1774 bis 1961 der Wald vom Paznauntal bis zum Wipptal um die Hälfte zurückgegangen war und die obere Waldgrenze bis um 400 m nach unten gedrückt wurde. Dieser stetige Rückgang der oberen Waldgrenze erhöhte den Umfang von Lawineneignissen, welche in den katastrophalen Lawinenabgängen von 1951 und 1954 kulminierte. Um derartigen Ereignissen vorzubeugen wurde damals die aufzuforstende Fläche auf 50.000 ha in Tirol (= Waldverlustfläche), für ganz Österreich auf 200.000 ha geschätzt.

Der fachliche Zugang zu Schutzwäldern, die einen „Schutz durch Wald“ ermöglichen, hat sich in den letzten Jahren von rein fachinternen Gutachten der forstlichen Raumplanung zu einer interdisziplinären Begutachtung auf Landschaftsebene unter Einbezug physikalisch-geographi-

scher Methoden gewandelt. So können aus geländemodellgestützten, waldlosen, dynamischen Modellen resultierende Gefahrenprozessräume und deren Schadenpotenzial identifiziert und mit Waldperimetern verschnitten werden. Die daraus abgeleiteten "schadenrelevanten Prozessflächen im Wald" können dann als Grundlage einer harmonisierter Schutzwaldabgrenzung dienen (Wehrli, 2007).

Auswirkung des Klimawandels auf die Schutzwirkung des Waldes

Betrachtet man den Schutzwald als wirksames Element in einem dynamischen Beziehungsgefüge auf Landschaftsebene, so können zwei Arten von Auswirkungen des Klimawandels differenziert werden: einerseits die unmittelbaren Effekte auf (Schutz-)Wald an sich und andererseits die Effekte auf die Schutzleistung des Waldes aus der klimabedingten Veränderung des Gefahrenszenarios heraus. Im Folgenden sollen beide Auswirkungen besprochen werden:

Auswirkungen auf den Wald

Klimawandel führt zu einer veränderten Ökogeographie des Raumes. In Teilbereichen des Alpenraumes wird sich die Baumartenzusammensetzung verändern, weil die veränderten Standortbedingungen die jetzt geläufigen schutzwaldrelevanten Baumarten nicht mehr zulassen. Diese Veränderungen werden mit den Klimahüllen (Kölling et al., 2009) dargestellt. Gleichzeitig werden andere Baumarten eine größere Bedeutung erlangen und zum Beispiel aus mittleren Lagen in das Areal schutzkritischer Hochlagen hineinwachsen. Damit wird die heutige potenziell natürliche Waldgesellschaft als Referenz für die Baumartenwahl obsolet.

Temperaturanstieg und verändertes

Niederschlagsregime beeinflussen, teilweise im Zusammenwirken mit anderen Faktoren (Stoffeinträge, steigende CO₂-Konzentration) den Wachstumsverlauf von Bäumen, auch auf Waldflächen mit Schutzfunktion. Der in zahlreichen Untersuchungen bestätigte Trend zu höherer Wuchsleistung bestätigt sich seit den 1960er Jahren auf verschiedenen Raum- und Zeitskalen: von zunehmenden Jahrringbreiten einzelner Baumindividuen bis zum Vorrat ganzer Baumbestände. Zum Beispiel konnten Pretzsch et al. (2014) und Rössler (2015) auf ertragskundlichen Versuchsflächen (beobachtet seit 1870) zeigen, dass Fichten und Buchen seit 1960 einen signifikant höheren Zuwachs aufweisen. Diese Wachstumsbeschleunigung ist in erster Linie auf Temperaturerhöhungen und eine Verlängerungen der Vegetationszeit zurückzuführen und fällt auf gut mit Nährstoffen versorgten Standorten besonders deutlich aus (Pretzsch et al. 2015).

Auf flachgründigen Karbonatstandorten kann die niedrige Wasserspeicherkapazität der Böden für einige Baumarten in extremen Trockenjahren zum Problem werden. Besonders die Fichte zeigt auf Einzelbaumebene einen Rückgang des Radialzuwachses (Hartl-Meier und Rothe, 2014). Das deckt sich mit Dendrometer-Untersuchungen des Bundesforschungszentrums für Wald (BFW) auf Dauerversuchsflächen, wo die Fichte eine höhere Empfindlichkeit auf Trockenheit erkennen lässt als Buche (Neumann, 2006). In Höhenlagen über 1400 m zeigen hingegen Buche und Tanne positive Reaktionen auf den Zuwachs in Trockenjahren (Hartl-Meier et al., 2014). Insbesondere der Tanne wird somit auch im Schutzwald höhere Bedeutung zukommen, auch wenn noch diverse andere Problemfelder (vgl. Verbissituation) zu lösen sind.

Die Zunahme der Wuchsleistung im Klimawandel (Abbildung 3) und auch die Gefährdung der Baumarten durch Trockenperioden lässt

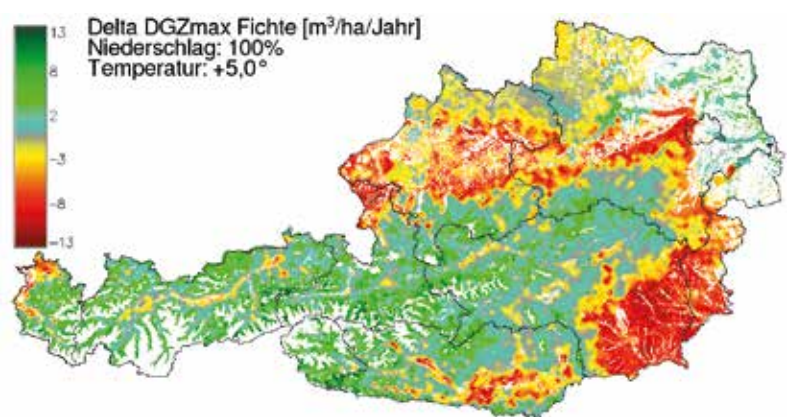
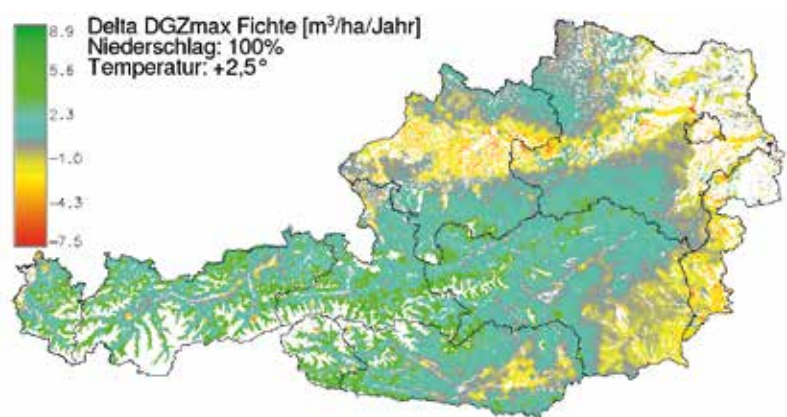
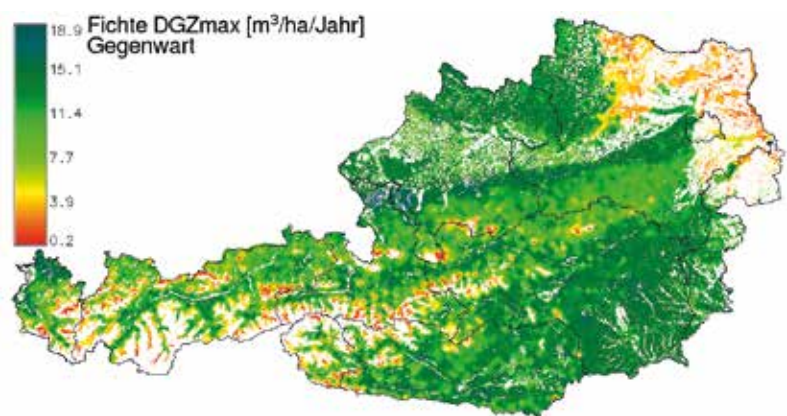


Abb. 3:
Prognostizierte Zunahme
der Wuchseleistung
(durchschnittlicher
Gesamtwuchs)
der Baumart Fichte
bei unverändertem
Niederschlag und
Temperaturzunahme von
2,5 °C (Mitte) und 5 °C
(unten). Besonders
Hochlagen profitieren stark.
(Grafik: G. Kindermann)

Fig. 3:
Predicted increase of
growth rates (average
total growth) for spruces
at present (upper figure),
under unvaried precipitation
conditions and 2,5 °C
increase of temperature
(center figure) and 5 °C
temperature increase (lower
figure). Especially subalpine
altitudes seem to profit.

sich in Waldwachstumsmodellen abbilden (Kindermann, 2010) und so für verschiedenste Bestandestypen eine zielgerichtete Prognose abgeben (Ledermann und Kindermann, 2013; Ledermann und Kindermann, 2017).

Während die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald in höheren Lagen tendenziell positiv sind, verändert sich mit steigenden Temperaturen auch die Bedrohung durch Waldschädlinge und Krankheiten. Zum Beispiel konnte man bisher davon ausgehen, dass Fichtenborken-

käfer wie der Buchdrucker in größerer Seehöhe keine Bedrohung für Fichtenwälder darstellen. Die letzten Jahrzehnte haben hingegen gezeigt, dass diese Annahme nicht mehr gültig ist, denn hohe Sommertemperaturen ermöglichten die Entwicklung von zwei Generationen und Geschwisterbruten auch in höheren Lagen (Tomiczek et al., 2014). Für diese Dynamik ist die temperaturgesteuerte Entwicklung der meisten Schadinsekten verantwortlich, die nicht notwendigerweise nur die Fichte befallen (Abbildung 4).



Abb. 4:
Eine Massenvermehrung
des Sechszähligen
Kiefernborkekäfers
führte zu groß-flächiger
Baummortalität auf einem
Schutzwaldstandort.
Schutzzäune mussten
errichtet werden,
um die verlorene
Steinschlagschutzwirkung
zu kompensieren. BFW
Praxisinformation Nr. 34 –
2014, Bad Bleiberg (Foto:
BFW/Tomiczek, Cech, Hoch,
2014)

Fig. 4:
A mass reproduction of the
pine engraver beetle led to
extensive tree mortality in
protection forest stands.
Therefore, protection
fences had to be erected
to compensate the lost
protection function against
rockfall.

Eine besondere Gefahr geht von eingeschleppten Schädlingen aus, die durch das Ausbleiben von kalten Wintern jetzt auch in Österreich überdauern können (Krehan und Steyrer, 2006). So wurde 2017 erstmals eine kleine überwinternde Population des Kiefern-Prozessionsspinner in Kärnten entdeckt (pers. Mitteil. Hoch, BFW).

Auswirkungen auf die Schutzleistung des Waldes

Die sich ändernden Naturgefahrenszenarien verändern auch die Schutzleistung der bestehenden Wälder. Zum Beispiel kommt eine Beurteilung der Lawinen-Schutzwirkung des Waldes in sub- und tiefmontanen Lagen von Perzl et al. (2012) zur Schlussfolgerung, dass die Schutzwirkung des Waldes gegenüber Lawinen in Zukunft abnehmen wird, denn der Wald besitzt gegen Gleit- und nassen Lockerschneelawinen eine geringere Schutzwirkung als gegen trockene Schneebrettlawinen. Mit steigenden Temperaturen nehmen die Bedingungen für Schneebrettlawinen eher ab, während Gleit- und nasse Lockerschneelawinen dagegen häufiger werden sollten.

Daher muss die Bewertung der Schutzwirkung eines bestimmten Waldzustandes im Rahmen des Schutzwald-Managements dem klimabedingt veränderten Gefahrenszenario angepasst werden. Im Fall Lawinenschutz führen die Klimaänderungen dazu, dass die Überschirmung (der Nadelholzanteil) als Schutzmechanismus wahrscheinlich an Bedeutung verliert und die Oberflächenrauigkeit (Totholz, Jungwuchs, Stammzahl) vor allem in den montanen Lagen zum entscheidenden Faktor der Schutzwirkung des Waldes gegen Lawinenanbrüche wird (Perzl et al., 2012). Dabei sind Wechselwirkungen mit anderen Naturgefahren zu beachten.

Maßnahmen

Die von Menschen verursachte Klimaerwärmung kann nur auf globaler Ebene durch die Minderung von Treibhausgasemissionen wirksam eingedämmt werden. Für Bewirtschafter von Ökosystemen und öffentliche Entscheidungsträger gilt es, Lösungen zur Anpassung der jeweiligen Systeme an steigende Temperaturen zu finden. Im Bereich des Schutzwaldes ist eine enge Abstimmung zwischen Naturgefahrenmanagement, Raumplanung und Waldbewirtschaftung gefragt. Voraussetzung dafür ist das Monitoring von Schadereignissen und Abgrenzungen von Gebieten mit Gefahrendisposition und von Prozessgebieten mit Schadenspotenzial. Hier gilt es die Aktualität der verwendeten Eingangsgrößen zu überprüfen und laufend anzupassen. Insbesondere sollte auf Basis der klimabedingt veränderten Gefahrensituation die Bewertung der Schutzwirkung eines bestimmten Waldzustandes angepasst werden (Perzl, 2012) und ggf. neue angepasste Schutzziele formuliert werden.

Auf Schutzwaldbestandesebene wurden präventive, auch unter geänderten Klimabedingungen voraussichtlich schutzwirksame Behandlungskonzepte schon vielfach beschrieben: Bebi et al. (2013) empfehlen waldbauliche Eingriffe mit dem Ziel der Förderung der Vorverjüngung (Erhöhung der Resilienz) und rechtzeitige Eingriffe mit dem Ziel verbesserter Bestandesstabilität (Erhöhung der Resistenz) durch unverkürzte Kronen und niedere Schlankheit (geringen H/D Wert) der Bäume. Auch die räumliche Verteilung der Baumindividuen in rottenartigen Strukturen in der hochmontanen und subalpinen Höhenstufe wirkt sich positiv auf die Schutzwirkung aus (Ott et al., 1997). Aufgrund der schwierigen Zugänglichkeit, einer oftmals fehlenden Erschließung und fehlendem geschultem Personal für komplexe Pflegeeingriffe sind waldbaulichen Maßnahmen im Schutzwald derzeit Grenzen gesetzt.

Bedeutung wird deshalb einer ergänzenden Erschließung abgelegener Schutzwälder zukommen, um Forstschäden aufgrund kleinräumiger Windwürfe und abiotischer Schadereignisse (Borkenkäfer) rechtzeitig zu entdecken und aufarbeiten zu können. Neue Schadsituationen erfordern grundsätzlich auch neue Erschließungskonzepte. Eine bessere Zugänglichkeit kommt auch häufigeren Nutzungen entgegen, die aufgrund des höheren Waldwachstums im hochmontanen und subalpinen Bereich notwendig sind, um einer Überalterung des Schutzwaldes und einer höheren Störungsanfälligkeit vorzubeugen. Zudem ist für den erwarteten Anstieg an Waldbränden, der auch den Schutzwaldbereich betreffen kann, neben effizienten Monitoring- und Einsatzplänen auch eine gute Erreichbarkeit unabdingbar.

Für das Monitoring des gegenwärtigen Schutzwaldzustandes können neben einem fachlich geschulten Personal verstärkt Methoden der Fernerkundung (Satelliten und Drohnen) zum Einsatz kommen, um Sturm- und Käferschäden rechtzeitig zu erkennen.

Forschungsbedarf

Gefahrenmanagement und Waldbewirtschaftung werden meist als getrennte Disziplinen angesehen. In dicht besiedelten alpinen Regionen ist aber ein ganzheitliches Verständnis notwendig, um die Folgen des Klimawandels und der sich verändernden Siedlungsstruktur auf die Leistung des Waldes als Schutzwald einzuschätzen und integrierte Bewirtschaftungsansätze zu entwickeln.

Aus Sicht der Walddynamik ist es besonders wichtig zu verstehen, ob sich die Baumartenzusammensetzung in Schutzwäldern verändert und welche Auswirkungen diese Veränderungen auf die Schutzleistung des Waldes haben. Zudem stellt sich bei der Frage der ansteigenden Waldgrenze, ob diese Verschiebung durch nachlas-

senden Beweidungsdruck oder bedingt durch den Klimawandel erfolgt und ob ein natürlicher Anstieg ebendieser von zusätzlichen Aufforstungsmaßnahmen unterstützt werden sollte, um die Baumarten- und genetische Vielfalt dieser zukünftigen Wälder zu fördern. Als wichtige Studienobjekte können hierbei die Hochlagenaufforstungen der vergangenen Jahrzehnte dienen. Erfolge und Misserfolge dieser Flächen sollten umfangreich ausgewertet werden, um die damals angestrebte Schutzfunktion mit der tatsächlich erzielten Schutzleistung zu vergleichen.

Neben der Waldentwicklung sollte der Bewirtschaftung bestehender Bestände bei stärkerem Waldwachstum und der Verjüngung überalterter Schutzwälder eine besondere Bedeutung zukommen. Hierbei können verschiedenen Verjüngungs- und Durchforstungsstrategien erprobt und in dauerhaften Versuchs- und Demonstrationsflächen wissenschaftliche begleitet und für die Praxis als Beispielflächen eingerichtet werden. Langfristig können die so gewonnenen Daten genutzt werden, um Waldwachstums- und Ökosystemmodelle für Schutzwälder anzupassen und in Landnutzungs- sowie Gefahrenprozessmodelle zu integrieren.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Walter Fürst
Bundesforschungszentrum für Wald (BFW)
Institut für Waldwachstum und Waldbau
Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien
walter.fuerst@bfw.gv.at

Dr. Silvio Schüller
Bundesforschungszentrum für Wald (BFW)
Institut für Waldwachstum und Waldbau
Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien
silvio.schueler@bfw.gv.at

Literatur / References

- APCC, (2014): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14): Synopse – Das Wichtigste in Kürze. Austrian Panel on Climate Change (APCC), Climate Change Centre Austria, Wien, Österreich.
- BEBI, P., KRUMM, F., BRÄNDLI, U., ZINGG, A. (2013): Dynamik dichter, gleichförmiger Gebirgsfichtenwälder, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 164 (2013) 2: 37–46
- BRANG, P., SCHÖNENBERGER, W., OTT, E., GARDNER, B. (2001): The Forests Handbook, Volume 2: APPLYING FOREST SCIENCE FOR SUSTAINABLE MANAGEMENT, Chapter 3; Wiley-Blackwell
- ClimChAlp, (2008): ClimChAlp, Klimawandel, Auswirkungen und Anpassungsstrategien im Alpenraum Strategisches Interreg-III-B-Alpenraum-Projekt, Common Strategic Paper, http://www.alpine-space.org/2000-2006/uploads/media/Clim-ChAlp_Common_Strategic_Paper_DE_brochure.pdf
- FORSCHUNGSSTELLE FÜR LAWINENVORBEUGUNG INNSBRUCK (1961): Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe zum Zwecke der Hochlagenaufforstung, Teil I, Mitteilungen der FBVA-Mariabrunn, Heft 59
- FORSCHUNGSSTELLE FÜR LAWINENVORBEUGUNG INNSBRUCK (1963): Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe zum Zwecke der Hochlagenaufforstung, Teil II, Mitteilungen der FBVA-Mariabrunn, Heft 60
- GRUNER, U., BRÖNNMANN, C. (2016): Felsstürze und Klimawandel. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern 2016. 136.
- HARTL-MEIER, C., ROTHE, A. (2014): Zuwachsreaktionen des Bergwaldes auf Klimaänderungen. LWF aktuell 99, S. 42–44.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, (2007): Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Genf.
- KÖLLING, C., ZIMMERMANN, I., BORCHERT, H. (2009): Von der "Kleinen Eiszeit" zur "Großen Heißezeit". LWF aktuell Nr. 69, S. 58 – 61.
- KREHAN, H., STEYRER, G. (2006): Klimaänderung - Schadorganismen bedrohen unsere Wälder. BFW-Praxisinformation 10, April 2006, Seite 15 - 17
- KINDERMANN, G. (2010): Eine klimasensitive Weiterentwicklung des Kreisflächenzuwachsmodells aus PROGNAUS. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 127, 147-178.
- LEDERMANN, T., KINDERMANN, G. (2013): Modelle für die künftige Bewirtschaftung der Fichte. BFW-Praxisinformation 31: 16–19.
- LEDERMANN, T., KINDERMANN, G. (2017): Wie geht man mit gefährdeten Fichtenbeständen um? BFW-Praxisinformation 44: 19–22.
- NAAIM, M. (2017) Statistical analysis and trends of wet snow avalanches in the French Alps over the period 1959-2010. Geophysical Research Abstracts 19: EGU2017-16060.
- NEUMANN, M. (2006): Wie reagieren die Bäume auf Temperatur und Niederschlag? BFW-Praxisinformation 10, April 2006, Seite 21 - 24
- OECD (2007): Climate Change in the European Alps. Adapting Winter Tourism and Natural Hazards Management. Paris.
- OTT, E., FREHNER, M., FREY, H., LÜSCHER, P. (1997): Gebirgsnadelwälder. Ein praxisorientierter Leitfaden für eine standortgerechte Waldbehandlung. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt.
- PRETZSCH, H., BIBER, P., SCHÜTZE, G., UHL, E., RÖTZER, T. (2014): Forest stand growth dynamics in Central Europe have accelerated since 1870. Nature Communications 5: 4967, DOI: 10.1038/ncomms5967
- PRETZSCH, H., BIBER, P., SCHÜTZE, G., UHL, E., RÖTZER, T. (2015): Baumwachstum auf der Überholspur. LWF aktuell 104, S. 31
- PERZL, F., KAMMERLANDER, J. (2010): Schneehöhe und Lawinengefahr einst und im Jahre Schnee?, BFW-Praxisinformation 23: 8–10
- PERZL, F., WALTER, D. (2012): Die Lawinenschutzwirkung des Waldes im Klimawandel, Literaturüberblick über gegenwärtige Klimatrends in den Alpen, mögliche Auswirkungen der Klimaveränderung auf die Schneedeckenparameter, die Lawinenaktivität und die Lawinen-Schutzwirkung des Waldes; Projekt MANFRED, https://bfw.ac.at/cms_stamm/600/PDF/MANFRED_CC_Avalanche_Forest_DE_3.pdf
- PERZL, F. (2014): Der Objektschutzwald - Bedeutung und Herausforderung. BFW-Praxisinformation 34: 20–24
- RÖSSLER, G. (2015): Wuchsleistungsvergleich zwischen Vor- und Folgebeständen langjähriger Fichten-Dauerversuchflächen BFW-Dokumentation 19, 1-199
- SAAS, O., OBERLECHNER, M. (2012): Is climate change causing increased rockfall frequency in Austria? Natural Hazards and Earth System Science (NHESS) 12: 3209-3216, doi:10.5194/nheSS-12-3209-20
- TOMICZEK, C., CECH, T., HOCH, G. (2014): Waldschutz schützt vor Naturgefahren. BFW-Praxisinformation 34: 29–32
- WEHRLI, A., BRANG, P., MAIER, B., DUC, P., BINDER, F., LINGUA, E., ZIEGNER, K., KLEEMAYR, K., DORREN, L. (2007): Schutzwaldmanagement in den Alpen - eine Übersicht. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 158, 6: 142–156.



HYDROLOGIE



METEOROLOGIE



GEOLOGIE



sommer
MESSTECHNIK

Lösungen für die Geologie/Geotechnik Temporäre Maßnahmen oder dauerhafte Überwachung von Massenbewegungen, Brücken, Straßen oder Seilbahnen. Messen, Aufzeichnen und Sichern mit Sensoren und Anlagen von SOMMER MESSTECHNIK. www.sommer.at

Spezialsensorik · Anlagenbau · Systemintegration · Beratung · Planung



SOMMER MESSTECHNIK
Straßenhäuser 27, A 6842 Koblach / Vorarlberg
Tel.: +43 5523 55989 | office@sommer.at | www.sommer.at

JÖRG HEUMADER, JOSEF NEUNER, GERHARD MARKART

Evaluierung von Hochlagenaufforstungen in Österreich

Evaluation of Alpine afforestations in Austria

Zusammenfassung:

Es ist geplant, eine Erfolgs- und Zielerreichungsüberprüfung forstlicher Schutzmaßnahmen der Wildbach- und Lawinerverbauung (WLV) durchzuführen. Dabei soll mit den seit rund 60 Jahren durchgeführten Hochlagenaufforstungen begonnen werden. Vorgeschlagen wird eine Bearbeitung in 3 Stufen: (1) Datenerhebung bei den örtlichen Dienststellen (Unterlagen aus Kollaudierungsoperaten), (2) Beurteilung des Aufforstungserfolges an Hand von Luftbildern (Kriterium Überschirmungsgrad), (3) Beurteilung des Schutzerfüllungsgrades (dafür sind nach Schutzziele getrennt zusätzliche Kriterien wie Baumartenzusammensetzung, Bestandesstruktur, Weideregulungen etc. erforderlich). Folgende Schutzziele mit den jeweils zugrundeliegenden Waldwirkungen werden in diesem Beitrag bearbeitet: Abflusssdämpfung, Rutschungsvorbeugung, Unterbindung Bodenerosion und Lawinenvorbeugung.

Stichwörter:

Schutzwald, Schutzwirkungen des Waldes, Evaluierung von Hochlagenaufforstungen

Abstract:

For more than 60 years now high-elevation afforestations with the goal to establish protective forest stands in unstocked subalpine areas are carried out by the Torrent and Avalanche Control in Austria. Until now no evaluation of these long-term measures has been made, but without a doubt a critical investigation is overdue. The work is proposed to be done in 3 steps: (1) Collection of data in the regional offices, (2) Estimation of the afforestation success based on the criterion "percentage of canopy cover" using aerophotos, (3) Evaluation of protective

effects of the afforestation stands and their degree. For this task additional criteria like tree-species composition, stand structure, grazing restrictions etc. are necessary. The following protection goals, requiring different protective forest functions, will be presented in this paper: runoff reduction, landslide prevention, soil-erosion reduction and avalanche prevention.

Keywords:

Protection forest, protective function, evaluation of afforestations

Einleitung

Der Lawinenwinter 1951 war für den Forsttechnischen Dienst der Wildbach- und Lawinerverbauung (WLV) der Auslöser, die Aufforstung waldfreier Hochlagen mit den Zielen „Lawinenvorbeugung“ und „Abflusssdämpfung“ schwerpunktmäßig in die Arbeitsprogramme aufzunehmen.

Dies war damals Neuland, daher wurde unter Federführung und Leitung Dr. Hampels in Tirol die „Subalpine Waldforschung“ ins Leben gerufen. Ziel war die Erarbeitung von Grundlagen für die praktische Durchführung der bald darauf begonnenen Aufforstungsarbeiten. Die Untersuchungen wurden dabei in den ersten 10 Jahren von Mitarbeitern der WLV durchgeführt, welche später von der damaligen „Forstlichen Bundesversuchsanstalt“, übernommen wurden.

Nach nunmehr rund 60 Jahren Aufforstungstätigkeit in den Hochlagen ist es an der Zeit, mit einer Evaluierung dieser Maßnahmen eine vorläufige Bilanz zu ziehen. Aufforstungen in der subalpinen Höhenstufe zählen zu den langfristigen forstlichen Maßnahmen, bis zum Erfolg erfordern sie Kontrolle und Betreuung durch mehrere Generationen.

Aufforstungen verändern sich ständig, einerseits durch Wachstum und Pflegeeingriffe, andererseits durch schädliche Einflüsse. Diese

können sich positiv oder negativ auf die Erreichung der Schutzziele, deren Erreichung naturgemäß sehr lange Zeiträume erfordert, auswirken. Die Evaluierung forstlicher Maßnahmen ist daher periodisch notwendig. Die nachstehend beschriebene Evaluierung ist eine Aufgabe, die mit der vor kurzem fertig gestellten Untersuchung technischer Maßnahmen („Bauwerkskataster“) vergleichbar ist. Die vertiefte Beschäftigung mit den bestehenden Hochlagenaufforstungen soll jedoch auch Anlass sein, sich (wieder) verstärkt der forstlichen Komponente des Wildbach- und Lawinenschutzes zu widmen, damit die WLV ihrer Bezeichnung „Forsttechnischer Dienst“ auch gerecht wird.

Zielvorstellung

Die Evaluierung soll nach einheitlichen Kriterien erfolgen, wobei 3 Schritte bzw. Stufen vorgesehen sind.

Als Ergebnis wird erwartet, dass nicht nur über Erfolg oder Misserfolg der Hochlagenaufforstungen vergleichbare Aussagen vorliegen, sondern dass auch über den Grad der Erreichung der Schutzziele Schlussfolgerungen gezogen werden können.

Die geplante Evaluierung dient nicht der Ursachenerforschung bei Aufforstungsmisserfolgen, eine solche wäre im Anschluss daran aber sehr sinnvoll.

Gegenstand und Methoden der Evaluierung

Untersucht werden sollen alle Aufforstungen in der subalpinen Höhenstufe, die im Rahmen von Projekten der WLW ausgeführt wurden. Erforderlichenfalls kann zur Bestimmung der subalpinen Höhenstufe die Veröffentlichung „Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs“ (Forstl. Bundesversuchsanstalt 1994) herangezogen werden.

Es spielt dabei keine Rolle, ob die Aufforstungsflächen ursprünglich waldfrei oder bereits mit einzelnen Verjüngungsgruppen und/oder Einzelbäumen bestockt waren. Aus einer Doppelnutzung hervorgehende von der WLW aufgeforstete, sogenannte „Lärchwiesen“ sind auch zu erfassen.

Schutz durch Wald wirkt flächenhaft, daher ist auch nur eine flächige Beurteilung aus der Luft sinnvoll (Interpretation von Bildern aus

rezenten Luftbildflügen der Länder bzw. des Bundes). Stichproben sind dafür ungeeignet, da sie nur punktuelle Aussagen liefern.

Als Beurteilungskriterium für den Aufforstungserfolg dient der Grad der Überschirmung in Zehntel. Voraussetzung für eine Beurteilung aus der Luft ist, dass die aufgeforsteten Bäumchen überwiegend das Dickungsstadium erreicht oder überschritten haben, für unsere Zwecke definiert durch eine Höhe von 1,3m (Brusthöhe). Die Höhen können gutachterlich im Gelände abgeschätzt oder alternativ automatisiert über Modelle abgeleitet werden.

Die Beurteilung, ob dies auf der Aufforstungsfläche oder auf Teilflächen der Fall ist, obliegt den örtlichen Dienststellen und sollte auf Basis durchgeführter Kontrollbegehungen sicher möglich sein.



Abb. 1: Aufforstung Bichlbächle-Lawine, Gemeinde Berwang, Tirol. Schutzziel: Lawinenvorbeugung

Fig. 1: Afforestation Bichlbaechle-Avalanche, Community Berwang, Tyrol. Protection goal: Avalanche prevention.

Vorgangsweise in 3 Schritten (Stufen)

Schritt 1: Datenerhebung

Erhebung aller bei den örtlichen Dienststellen vorhandenen relevanten Daten nach einem vorgegebenen Schema, in diesem Stadium ohne zusätzliche Erhebungen im Gelände. Derartige Daten sind auch bei jenen Aufforstungen zu erheben, die das Dickungsalter noch nicht erreicht haben oder neu angelegt werden. Sie dienen als Grundlage für spätere Evaluierungen.

Schritt 2: Beurteilung des Aufforstungserfolges

Ermittlung des Überschirmungsgrades durch Interpretation von Bildern aus rezenten Luftbildflügen der Länder bzw. des Bundes. Dabei sind jene Areale auszulassen, welche bei der Luftbildinterpretation als nicht aufforstbar identifiziert werden können (z.B. Schutthalden, reine Felsflächen...) oder die mit Altholzgruppen bestockt sind, sofern ihr Ausmaß 0,1 ha überschreitet. Diese Arbeiten lassen sich zweckmäßigerweise extern durchführen. Zur Ermittlung der für das Schutzziel (Schritt 3) wichtigen Anteile winter- und sommergrüner Baumarten sollte eine Schätzung vor Ort ausreichen. Als Ergebnis des 2. Schrittes sollte nach einheitlichen Kriterien über den Aufforstungserfolg befunden werden können.

Schritt 3: Beurteilung der Schutzwirkung / Erreichung eines Schutzzieles

Für diesen Schritt ist vorher eine Festlegung des jeweiligen Schutzzieles notwendig. Aufbauend auf die Ergebnisse des 2. Schrittes ist von den WLW – Dienststellen an Hand gesonderter Kriterien zu beurteilen, ob und in welchem Umfang das Schutzziel der Aufforstung erreicht wurde oder (noch) nicht. In Einzelfällen werden dafür

möglicherweise ergänzende Erhebungen vor Ort erforderlich sein. Diese könnten auch extern vergeben werden, z.B. in Form von Diplomarbeiten.

Notwendige Unterlagen

Schritt 1

Diese erforderlichen Daten sind von den örtlichen Dienststellen auf Basis der Ausführungsnachweise in den Kollaudierungsoperaten bereitzustellen. Sie sollen enthalten:

- **Kollaudierungslagepläne in digitaler Form**
Bei größeren Flächen, großer Höhendifferenz zwischen oberer und unterer Aufforstungsgrenze oder starker Gliederung des Geländes sind stark unterschiedliche Wuchserfolge zu erwarten, sodass eine Unterteilung in Teilflächen zur Beurteilung notwendig ist. Die Abgrenzungen dieser nummerierten Teilflächen sind ergänzend in die Lagepläne einzutragen und sollten aus der Luft möglichst identifizierbar sein
- **Daten zum Arbeitsfeld**
 - Projektsbezeichnung und –jahr
- **Gemeinde, Bezirk, Bundesland**
- **Eigene Namen** für verschiedene Aufforstungsflächen bei Großprojekten
- **Wuchsgebiet** (bei Grenzlagen ist auch das benachbarte Wuchsgebiet anzugeben)
 - SH der oberen und unteren Aufforstungsgrenzen in m
 - Flächenzustand und –nutzung am Beginn der Aufforstung: Waldfrei, vereinzelt Naturverjüngung und/oder Einzelbäume, ehemalige Bergmäher, Weideflächen, Zwergstrauchheiden, Gebüschflächen, anderes

- **Relevante Daten aus den Ausführungsnachweisen**
 - Gesamte Aufforstungsfläche in ha
 - Teilflächengrößen werden aus Luftaufnahmen ermittelt
- **Erstaufforstung**
 - Aufforstungsjahr(e)
 - Verwendete Baumarten und Stückzahl
 - Auf Angaben zu Saatgutherkünften wird (vorläufig) verzichtet, da sie nicht immer bekannt und allenfalls zur Erforschung von Misserfolgen heranzuziehen sind.
- **Pflanzmaterial**
 - Wurzelackte Pflanzen, Topfpflanzen, Jiffypots, andere (diese sind wenn möglich den einzelnen Baumarten zuzuordnen)
 - Sonstige Hinweise, .z.B. Gruppenaufforstung, Startdüngung, andere.
- **Nachbesserungen:** Datenangabe wie bei Erstaufforstung
- **Pflegemaßnahmen**
 - Durchführungsjahre
 - Maßnahmen: Jungwuchsflege, phytosanitäre Maßnahmen, Stammzahlreduktionen, andere.
- **Technische Maßnahmen als Voraussetzung und Unterstützung**
 - Lawinenanbruchverbauung
 - Gleitschutzmaßnahmen (Verpfählung, Gleitschutzböcke, Bermen, anderes.)
 - Einzäunung gegen Weidevieh und/oder Wild
- **Sonstige Voraussetzungen**
 - Dauernde Weidefreistellung der aufgeforsteten Flächen



Abb. 2: Aufforstung Lichtmäher-Lawine, Gemeinde Häselgehr, Tirol. Schutzziel: Lawinenvorbeugung.

Fig. 2: Afforestation Lichtenmaehder-Avalanche, Community Haeselgehr, Tyrol. Protection goal: Avalanche prevention.

Kriterium zur Beurteilung des Aufforstungserfolges

Dafür wird der im 2. Schritt erhobene Überschirmungsgrad herangezogen.

6/10 und mehr	erfolgreich
4/10 bis weniger als 6/10	größtenteils erfolgreich
1/10 bis unter 4/10	teilweise erfolgreich
Unter 1/10	Misserfolg

Teilflächen sind gesondert zu beurteilen. Das Kriterium 1/10 entspricht der Definition für „Wald“ der FAO.

Kriterien zur Beurteilung der Schutzzieleerreichung

Für alle Schutzziele gilt, dass zu ihrer Beurteilung einerseits die Ergebnisse des 2. Schritts betreffend den Aufforstungserfolg heranzuziehen sind und andererseits eine zusätzliche Differenzierung nach den angestrebten Waldwirkungen erforderlich ist.

Da der Grad der Schutzzieleerreichung nicht nur vom Aufforstungserfolg, sondern darüber hinaus von verschiedenen anderen spezifischen Gegebenheiten abhängt, ist ihre Beurteilung wesentlich diffiziler. Es wird daher vorgeschlagen, derartige Kriterien erst auf Grund mehrerer Probeläufe zu erarbeiten.

Da eine Aufforstung auch mehr als ein Schutzziel anstreben kann, ergeben sich bei der Beurteilung zusätzliche Komplikationen. Spezifische Erfordernisse für verschiedene Schutzziele ergeben sich aus den jeweiligen positiven Waldwirkungen.



Abb. 3: Hochlagenaufforstung Madlein-Lawine, Gem. Ischgl, Tirol. Schutzziel: Lawinenvorbeugung.

Fig. 3: High-elevation afforestation Madlein-Avalanche, Community Ischgl, Tyrol. Protection goal: Avalanche prevention.

Schutzziel Abflussdämpfung

Positive Waldwirkungen im Einzugsgebiet von Wildbächen: Verminderung des Abflusses und Dämpfung der Hochwasserspitzen durch das große Wasserhaltevermögen des Waldbodens, Freihalten der Aufnahmekapazität des Bodens durch Transpiration, Schneerückhalt und Schneeeverdunstung in den Kronen wintergrüner Bestände, Verzögerung der Schneeschmelze durch den Schattenwurf immergrüner Bäume. Von geringer Bedeutung ist dagegen die Kroneninterzeption.

Sehr nachteilig ist die durch Beweidung verursachte Bodenverdichtung. Daher ist wesentlich für eine Schutzzielerrreichung (Bedeutung nach absteigender Reihenfolge):

- Dauernde Weidefreistellung
- Höherer Anteil immergrüner Baumarten

Schutzziel Rutschungsvorbeugung

Positive Waldwirkungen im Versickerungsbereich (auf und oberhalb potenzieller Rutschflächen):

Starke Herabsetzung der Häufigkeit einer Vorverfüllung bzw. Wassersättigung des Bodens durch Schneeinterzeption und Schneeeverdunstung im Kronendach immergrüner Bestände sowie Verzögerung der Schneeschmelze durch Schattenwurf der Bäume. Daher wesentlich:

- Dauernde Weidefreistellung
- Hoher Anteil immergrüner Baumarten.

Schutzziel Unterbindung Bodenerosion

Dies betrifft Aufforstungen ehemals vegetationsfreier Flächen (z.B. Blaiklen) in Hochlagen, die nach technischer Sanierung in Ergänzung zur Begrünung aufgeforstet werden.



Abb. 4: Fendlermure/Schwemmgraben, Gem. Fendels, Tirol. Aufforstung technisch konsolidierter Grabeneinhänge. Schutzziel: Unterbindung Bodenerosion.

Fig. 4: Torrent Fendlermure/Schwemmgraben, Community Fendels, Tyrol. Afforestation of technically consolidated gully slopes. Protection goal: Soil-erosion reduction.

Positive Waldwirkungen: Intensive Durchwurzelung der obersten Bodenschichten, Schutz vor Oberflächenabtrag.

Daher wesentlich:

- Hoher Anteil tiefwurzelnder Baumarten, die für Rohböden geeignet sind.
- Hohe Bodendeckung

Schutzziel Lawinenvorbeugung

Positive Waldwirkungen in unverbauten (Ausnahmefall) oder technisch verbauten primären Anbruchgebieten sowie in sekundären Anbruchgebieten im Schutz technischer Lawinengebieten:

Ausgleichende und vermindernde Wirkung auf die Schneeablagerung durch Windruhe sowie durch Schneeauffang und Kronenverdunstung im Bestand, Verhinderung der Bildung ungestört abgelagerter Schneeschichten und von Gleit-schichten in der Schneedecke sowie weitgehende Unterbindung einer Schwimmschneebildung bei wintergrünen Beständen durch Traufbildung und Bestandesinnenklima, die Stützwirkung der Stämme auf die Schneedecke ist nur punktuell und von geringer Bedeutung.

Daher wesentlich:

- Hoher Anteil an Bäumen, welche um mind. 1 m höher sind als die örtlich zu erwartende Maximalschneehöhe
- Hoher Anteil an wintergrünen Baumarten

Die gegenständlichen Ausführungen sind als vorläufiger Entwurf zu betrachten und sollten auch die Diskussion über die weitere Vorgangsweise anknüpfen.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Jörg Heumader
Ehem. Leiter der Gebietsbauleitung Oberes Inntal
des Forsttechnischen Dienstes der WLV
Lehngasse 73, 6460 Imst
joerg.heumader@cni.at

DI Josef Neuner
Ehemaliger Leiter der Sektion Tirol
des Forsttechnischen Dienstes für WLV
Andechsstrasse 45, 6020 Innsbruck

DI Dr Gerhard Markart
Bundesforschungszentrum für Wald (BFW)
Institut für Naturgefahren
Rennweg 1 – Hofburg, 6020 Innsbruck
gerhard.markart@bfw.gv.at

JÖRG HEUMADER

High-elevation afforestation in subalpine areas of the European Alps.

Hochlagenaufforstung in der subalpinen Stufe der Alpen.

Abstract:

Austrian experiences on the field of high-elevation afforestation in subalpine areas of the European Alps as part of torrent, avalanche, landslide and erosion control works in high-mountain regions are dealt with in this paper. It is based mostly on a lecture, held by the author at a symposium in Istanbul/Turkey. It deals in particular with special reforestation and regeneration problems in the subalpine altitudinal zone in the Alps coming from harsh environmental conditions and negative influences like winter-desiccation, snow-blight fungi, snow gliding on steep slopes etc. and describes successful solutions of these problems.

Keywords:

Subalpine forest zone, high-elevation afforestation, protective functions of forests

Zusammenfassung:

Dieser Beitrag basiert im Wesentlichen auf einem Referat, das der Verfasser 2007 bei einem Symposium in Istanbul/Türkei gehalten hat. Es werden darin die Erfahrungen aus mehreren Jahrzehnten Aufforstungsarbeiten in Hochlagen, insbesondere in Tirol, beschrieben. Wiederbewaldungen in der subalpinen Höhenstufe der österr. Alpen sind Teil der kombinierten Strategie aus technischen Verbauungen, raumordnerischen Lenkungs- und forstlichen Vorbeugungsmaßnahmen zum Schutz vor Wildbächen, Lawinen, Rutschungen, Steinschlag und Erosion. Es werden darin die bei Verjüngungs- und Aufforstungsarbeiten auftretenden Probleme aufgezeigt, welche aus den extremen klimatischen Bedingungen, aus Schäden durch Frosttrocknis, Schadpilzen, Schneegleiten u.a.m. resultieren. Die bei der Bewältigung dieser Probleme gemachten Erfahrungen werden beschrieben und kommentiert.

Stichwörter:

Subalpine Waldstufe, Hochlagenaufforstung, Schutzwirkungen des Waldes

Introduction

"The catastrophic disaster of 1882 once more has shown the enormous importance of torrent defense works in connection with forest preservation, forest-grazing regulation, reforestation and revegetation in mountainous regions".

This was written by V. SECKENDORFF 1884, in the year of the establishment of the Austrian Federal Service for Torrent and Avalanche Control. From the beginning therefore this Service tries to prevent or reduce mountainous hazards or their effects by a combination of technical defense works and all sorts of watershed and forest management measures.

Forests are not the best protection against mountain hazards, as often can be heard or read, because they have distinct functional limits, but there is no doubt, that forests are the best vegetation cover regarding runoff and soil-erosion reduction, landslide and avalanche prevention and as rockfall barrier (Heumader 2000).

Therefore subalpine forests with direct protective functions for settlements, roads and railways play an important role for human activities in high-mountain areas of the Alps.

Consequently in-time regeneration of such forest stands as well as high-elevation afforestation works are of public interest in Austria. 4,000.000 ha of Austria's total area are covered by forests, that are 47,6 %. Every year the forest cover is increasing by 2000 ha. Protective forests cover 820.000 ha (20,5 % of the total forest area) and are concentrated in the mountainous western parts of Austria.

Subalpine zones and tree species in the Austrian Alps

The highest reach of trees into the realm of cold is represented by subalpine forests. Downslope lie mid-elevation montane forests; upslope, the treeless alpine zone. The subalpine zone generally consists of a lower, closed-forest belt and an upper, more open parkland or timberline belt.

In the central ranges with continental climate subalpine zones roughly cover the following altitudinal belts:

- Upper line (timberline) min. 2000 m/ max. 2300 m a.s.l.
- Lower line min. 1600 m/max. 1800 m a.s.l.
- Subalpine main tree species in the central mountain ranges:
- Norway Spruce (*Picea abies*), European larch (*Larix decidua*) and Cembran pine (*Pinus cembra*), the last especially at the timberline.
- On special sites Scots pine (*Pinus silvestris*, especially var. *engadinensis*) may be of some importance.
- In the outer (northern and southern) ranges with more oceanic climate:
- Upper line (timberline) min. 1800 m/ max. 2000 m a.s.l.
- Lower line min. 1400 m/max. 1700 m a.s.l.
- Subalpine main tree species in the outer ranges:
- Norway Spruce (*Picea abies*) and European larch (*Larix decidua*).

More in the lower subalpine belt and on special sites silver fir (*Abies alba*), mountain maple (*Acer pseudoplatanus*), European beech (*Fagus silvatica*) and sometimes Scots pine (*Pinus silvestris*) can be of importance.

Positive effects of subalpine forests:	Long-term forest composition and condition targets:	Comments on management of existing forest stands:	Comments on reforestation of unstocked areas:
TORRENTS Headwaters, upper catchment basin	<i>Processes:</i> <i>Flood development, formation of runoff peaks; sheet erosion, rill erosion, sometimes gully erosion</i>		
Reduction of runoff and of flood peaks by precipitation interception in the canopy; increase of water-holding soil capacities by transpiration, snow interception and snow evaporation in the canopy of wintergreen stands; slowing down of snow melt by the shadowing effect of wintergreen trees; prevention and reduction of soil erosion by stabilizing tree roots.	High percentage of wintergreen conifers and of deep-rooting tree species with high interception rates, mixed in small stable groups of different age (femel structure).	Large-scale prohibition of livestock grazing is already quite effective.	The higher the percentage of reforested catchment area, the better the effect.
AVALANCHES Starting zone	<i>Processes:</i> <i>Accumulation of snow layers by snowfall and wind; destructive and constructive metamorphism in the snowpack; triggering of snow slabs; triggering of loose-snow avalanches normally of no importance</i>		
Levelling and reducing the snowpack thickness by calming wind-shield effects and by snow interception and snow evaporation in the canopy of wintergreen stands; prevention of the formation of undisturbed layers and of sliding surfaces in the snowpack by snow lumps dropping from the trees; prevention of depth-hoar formation by the microclimate inside the forest; supporting effect of tree-trunks on the snowpack.	High percentage of winter-green tree species; mixture of small, multiple-layered, stable groups of different age (femel structure).	Potential starting zones. Preventive management is effective and advisable.	Actual starting zones. Normally only in combination with technical countermeasures as longterm, sustainable substitution of snowpack-stabilizing works.
LANDSLIDES Infiltration area	<i>Processes:</i> <i>Infiltration of precipitation, snowmelt and surface runoff</i>		
Increase of water-holding soil capacities by interception and transpiration of rain and snow in the canopy; slowing down of snow melt by the shadowing effect of wintergreen trees.	High percentage of wintergreen tree species with high interception rates, mixed in small stable groups of different age (femel structure).	Prohibition of livestock grazing very important and quite effective. In some cases additional draining works advisable.	Useful and advisable; most effective in combination with technical draining works.

Tab. 1: Preventive and protective functions of subalpine forest stands and resulting targets for management and high-elevation afforestation (Heumader 1996)

High-elevation afforestation

Successful and sustainable afforestations of subalpine unstocked areas are among the most difficult tasks for foresters (Heumader 2000 and 2007):

- They reach upwards to the timberline, an absolute limit for the existence of upright trees, and have to withstand the climatic extremes of open mountain areas, in contrast to regeneration in the shelter of a stand.
- Because of very slow growth recruitments and thickets need very long and continuous care and tending.

- They need enhancing long-term frame conditions, especially continuous game and livestock regulation measures.
- Afforestation of steep slopes with heavy snow packs is normally only possible with the help of expensive technical anti-gliding and snow-pack stabilizing measures (Fig. 1).

When planning and carrying out high-elevation afforestations it is very important,

- to learn from nature, that means to study natural regeneration of unstocked sites and
- to draw the right conclusions from positive or negative results of former afforestation works for future activities.



Fig 1: High-elevation afforestation in an avalanche starting zone, controlled by snowpack-stabilizing and anti-gliding structures. Forest can take over the functions of the technical measures in the long run.

Tree species used for high-elevation afforestations

Principally only or to a high percentage the same species should be planted, which are growing naturally in neighbored stands.

In the Austrian Alps mostly planted tree species are Norway spruce (*Picea abies*), European larch (*Larix decidua*) and Cembran pine, also called Swiss stone pine (*Pinus cembra*), the latter on acidic soils in the Inner Alps.

Despite its very slow growth in youth stage Norway spruce (*Picea abies*) should be paid more attention, because it is least susceptible to snow-blight diseases and many natural stands can be found reaching timberline.

On dry sites, especially on limestone and dolomite, the upright mountain pine (*Pinus mugo* ssp. *uncinata*), native to the Western Alps and the Pyrenees, proved to be worth testing.

Planting tests in Tyrol with secondary and pioneer trees and shrubs like mountain ash (*Sorbus aucuparia*) and dwarf mountain-pine (*Pinus mugo* ssp. *mugo*) were of little use.

Seed provenance

Tree seeds for cultivation have to be of best suited origin, which means they must be collected from stands in the same growth area and at the same altitude as the afforestation site.

If possible, it is more than worth the efforts and the costs to harvest cones from a sub-alpine stand neighbored to the afforestation site.

Cultivation of subalpine tree species

Plants for high-elevation afforestations should be cultivated in a "biological" way, using green manuring and compost instead of chemical fertilizers and weeding by hand if possible instead of herbicides (Göbl and Heumader 1989).

Very important, especially for Cembran pine (*Pinus cembra*), is mycorrhizae inoculation of seed and transplant beds in the nursery.

Suitable microsities for regeneration

Timberline is not an abrupt boundary, but a more or less broad zone of transition, in which conifers gradually decrease in size and number and – in face of an increasingly hostile climate - can survive only on favourable microsities (Fig. 2), sometimes as individuals, but mostly in groups.

To all our experiences therefore the following principle is a basical requirement for success in timberline areas:

- Plant only on suitable microsities and never on unsuitable ones.
- Unsuitable are not only those heavily exposed to wind influence with little or no snow cover in winter.
- Unsuitable are also those sites with thick and long-lasting snowpacks (Fig. 2), melting very late in spring, because of shortened vegetation periods and because snow-blight fungi dangerous to conifer seedlings and saplings are bound to such sites.



Fig 2: Natural regeneration at timberline, in this case by Cembran pine (*Pinus cembra*), is possible only on suitable microsities (at the left) covered little by snow and becoming snow-free early in spring.

Ignoring nature in this case will lead and has led to heavy damages to afforestations by fungal diseases.

Dangerous fungi are *Gremmeniella laricina* on European larch (*Larix decidua*), *Gremmeniella abietina* and *Phacidium infestans* on Cembran pine (*Pinus cembra*) and *Herpotrichia juniperi* on Norway spruce (*Picea abies*).

Planting on sites with long-lasting snow cover means not only money thrown away, but will lead also to new infection foci for snow-blight fungi.

How can suitable and unsuitable microsities be found in the afforestation area?

Not only trees but also ground vegetation species and plant associations correspond to the distribution of wind-exposed and snow-covered, late-melting microsities. Therefore ground vegetation and special indicator plants can be used for that purpose; for example the so-called "wind-snow-ecogram" (Aulitzky 1963) in the continental Inner Alps.

A good and advisable method is a survey of the afforestation area in late spring, because at that time still snow-covered parts and patches are clearly to be seen (Fig. 3); some photos will be of good use for the following planting period.

If planting is possible in spring at a time, when unfavorable microsities are still snow-covered, the better.

Planting stock, methods and seasons

According to the special situation bare-root transplants and pot plants are used.

For bare-root plants only pit-planting is advisable, because angle-notch planting may lead and has led to negative root deformations.

Pot plants have to be planted as carefully as bare-root plants, especially to avoid losses by drying up.



Fig 3: High elevation afforestation in clusters of Cembran pine (*Pinus cembra*) observing suitable microsities. The picture, taken in the melting season, still shows some snow patches indicating unsuitable planting sites

On dry, southlooking slopes covering the bare soil of the planting pit with one or two stones storing moisture and collecting dew in the night proved to enhance the trees' growth.

In case of bare-root plants planting in spring has some advantages (easier choice of microsities, positive effects of snow-melt moisture).

For planting in autumn the earlier the start the better; when the summer heat has ended, from the middle of August on. Cembran pine (*Pinus cembra*) and Norway spruce (*Picea abies*) have ceased their sprout growth already, but their root growth goes on to the first frost, which leads to better rooting.

Slight fertilizing with organic fertilizers in the first 2 or 3 years helps to overcome the planting shock.

Forming tree clusters

Natural timberline areas almost always show trees growing in groups and clusterlike stand structures.

These cluster structures are the result of harsh climatic conditions with favorable microsities only in parts of the area on one hand and of



Fig 4: Planted spruce group (*Picea abies*)

natural regeneration processes on the other; Cembran pine (*Pinus cembra*) seedlings germinate in small dense clusters from seeds cached by nut-cracker birds (*Nucifraga caryocatactes*), Norway spruce (*Picea abies*) often reproduce by branch-layering.

Clusters of several saplings or trees are better able to withstand the harsh environmental conditions, because their interlacing branches form a sheltering screen down to the ground, which results in a positive microclimate inside the cluster.

In the timberline belt we can do no better than imitate this successful strategy of nature by planting small tree groups (Fig. 4) on favourable microsites (Schönenberger 1986).

One cluster should be composed only of individuals of one tree species.

Tending of recruitments and thickets

Of special importance for a long-term afforestation success are continuous control inspections, thus enabling in-time acting in case of damages or negative developments.

Infections by snow fungi for example can be combatted normally only in early stages. This is done by removing and burning infested branches and saplings; this must be done also in infested neighbored natural recruitments and thickets, otherwise these will be infection foci.

Application of fungicides has been tried, but brought no to negligible results.

Tending dense and closed afforestations in thicket stage is the last chance to form cluster structures, because the young trees are still branched to the ground.

This can be done advantageously in a schematic way by removing all trees in diagonal, at least 4 m broad strips criss-crossing the afforested slope.

Anti-snowgliding measures

An important cause for damaging recruitments and thickets on steep slopes is settling, creeping and gliding of the snow pack (Fig. 5). Normally all three effects are referred to as "snow gliding".



Fig 5: Settling, creeping and sliding of snow on steep slopes can damage and even destroy unprotected thickets.

Especially thickets are endangered, because the young trees have reached a size, where they are not bent any longer but broken or uprooted.

Avalanche defense structures like snow fences or bridges are of little use in case of snow gliding; the trees are protected only in a relatively small, 4–5 m strip directly downslope the snow-pack stabilizing structures.

Protection against snowgliding can only

be achieved by densely arranged structures covering the whole slope (Sauermoser 1996).

For this purpose arrays of posts or poles (Heumader 1987), anti-snowgliding tripods and berms (Heumader 1987) proved to be effective.

At relatively small costs berms can be made with a plow pulled by a cable winch.

Slopes terraced by berms are easily to afforest because young trees can be planted directly into the furrows (Fig. 6); above that berms are good seed-beds for natural and artificial tree-seeding.



Fig 6: Plantings with Cembran pine (*Pinus cembra*) on plow-made berms.

Final remarks

The Austrian strategy to prevent and reduce natural hazards combines technical defense works, preventive land-use/settlement regulations and watershed/forest management measures. Mountain forests play a sustainable role in this combined strategy (Fig. 7 and 8).

To achieve the goal of stable mountain forests with hazard-orientated structures long-term thinking and learning from nature is absolutely necessary.



Fig. 7 and 8: Afforestation near the timberline with Cembran pine (*Pinus cembra*), planting year 1986, Community Spiss/Tirol. The photos show the situation after 15 and 30 years. The planted forest stand has already taken over the protective functions of the technical avalanche-control measures.



Anschritt des Verfassers / Author's address:

DI Jörg Heumader
Ehem. Leiter der Gebietsbauleitung Oberes Inntal
des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach-
und Lawinerverbauung
Lehngasse 73, 6460 Imst
joerg.heumader@cni.at

Literatur / References

- AULITZKY H. (1963):
"Grundlagen und Anwendung des vorläufigen Wind-Schnee-Ökogramms".
Mitteilungen der Forstl. Bundesversuchsanstalt, Wien, Heft 60, 1963.
- GÖBL F., HEUMADER J. (1989):
"Biologische Forstpflanzenanzucht". Österr. Forstzeitung 12/1989.
- HEUMADER J. (2000):
"High-elevation afforestation and regeneration of subalpine forest stands".
Proceedings INTERPRAEVENT 2000, Villach, Österreich
- HEUMADER J. (1987):
"Pflugbermen als Gleitschneeschutz und Verjüngungshilfe".
"Schutz vor Gleitschneeschäden durch Verpfählung mit Drahtverspannung".
Wildbach- und Lawinerverbau 105/1987.
- HEUMADER J. (2007):
"High-elevation afforestation in subalpine areas of the European Alps –
Experiences from Austria". Proceedings International Symposium, Istanbul,
Turkey.
- SAUERMOSE S. (1996):
"Die Aufforstung von Gleitsneehängen." Österr. Forstzeitung 3/1996.
- SCHÖNENBERGER W. (1986):
"Rottenaufforstung im Gebirge". Eidgen. Anstalt für das forstl. Versuchs-
wesen, Bericht 279/1986.

**ERDBAU
RAM**

A-6274 Aschau, Kohlerweg 4, Telefon & Fax 05282 . 3372, Mobil 0664 . 5403046, e-mail: erdbewegung.ram@aon.at

**TOP Ausrüstung
für den Forst Profi**

www.interforst.at

**FORST
SPEZIAL**

**AKTUELLE ANGEBOTE
für Wildbach- und Lawinerverbauung
ANFORDERN**

**8740 Zeltweg
Bundesstraße 64
VERJAND-FACHGESCHÄFT-SERVICE
03577 25700**

INTERFORST

STEFAN ORTNER, THOMAS THALER, SEBASTIAN SEEBAUER

Bottom-Up:Floods – Möglichkeiten und Herausforderungen von Bürgerinitiativen im Hochwasser- und Naturgefahrenmanagement

Bottom Up: Floods – possibilities and challenges for Bottom-up citizen initiatives in flood and natural hazard management

Zusammenfassung:

Bürgerinitiativen werden zukünftig eine bedeutendere Rolle im Naturgefahrenmanagement einnehmen müssen. Schon heute gibt es viele Initiativen die in dieser Richtung tätig sind. Dem nimmt sich das Forschungsprojekt BottomUp:Floods (finanziert vom Klima- und Energiefonds) an, und untersucht wie Bürgerinitiativen im Naturgefahrenmanagement eine Rolle spielen können, welche Rahmenbedingungen dafür bestehen müssen und wie sich alle Stakeholder in ihren Rollenbildern anpassen und neu ausrichten sollten.

Stichwörter:

Naturgefahrenmanagement, Bürgerinitiativen, Partizipation, Rollenbilder, Hochwasser,

Abstract:

The risk governance agenda is calling for a stronger involvement of private actors in natural hazard management. Bottom-up citizen initiatives (BUIs) may bridge the gap between mainstream institutions and citizens at risk. Flood BUIs are active in all stages of the risk management cycle. They often take over roles that the authorities are not willing or able to fulfil. BUIs emerge out of frustration with current policy, after a catastrophic flood event, or when facilitated by civic engagement projects or availability of funding. BUIs range from oppositional pressure groups, to self-help movements for disaster response and recovery, and to initiatives formally installed by law.

Keywords:

Natural hazard management, action groups, participation, floods

Einleitung

Bürgerinitiativen, die sich im Hochwasserrisiko-management engagieren bilden sich aus Frust über die politischen Verhältnisse bzw. das politische Handeln, nach einem katastrophalen Hochwasserereignis oder im Zuge von Bürgerbeteiligungsprojekten. Das ist der Status Quo.

Die zunehmenden Hochwasserrisiken unter Klima- und gesellschaftlichen Veränderungen (IPCC, 2014) verwandeln die Rollen unterschiedlicher Akteure im Hochwasserrisiko-management deutlich. Die Behörden und die Politik kämpfen auf der einen Seite um einen adäquaten Katastrophenschutz im Sinne eines ganzheitlichen Naturgefahrenmanagements (Pfurtscheller & Thieken, 2013). Auf der anderen Seite geben Internationale Strategien wie die Lokale Agenda 21 (UN, 1992), die EU-Hochwasserrahmenrichtlinie (EU, 2007) oder der Sendai-Framework zur Reduzierung von Katastrophenrisiken (UNISDR, 2015)

vor, dass politische nationale Strategien zunehmend mit lokalen Strategien zur Bewältigung lokaler Risiken (van Aalst et al., 2008, Veraart et al., 2014) kombiniert werden sollen. Gemeinsam mit lokalen Stakeholdern sollen die betroffenen Bürgerinnen und Bürger bei der Entwicklung und Umsetzung von lokalen Hochwasserrisiko-managementstrategien (Thaler & Levin-Keitel, 2016) im Mittelpunkt stehen.

Den Bürgern eine stärkere Stimme und Verantwortung im täglichen Leben zu geben, ist schon seit Jahrzehnten ein Thema (z. B. Arnstein, 1969), im Hochwasserrisiko-management wird dies gelebt (Renn, 2008). Um dies zu bewerkstelligen müssen Rollenbilder, Verantwortlichkeiten udgl. zwischen den einzelnen Akteuren offen diskutiert werden um ein gemeinsames Fundament für die notwendigen Arbeiten zu erstellen (Al-Brechts, 2013, Boyle & Harris, 2009, Innes & Booher, 2004). Hierbei spielen Bürgerinitiativen eine zentrale Rolle. Bürgerinitiativen können als kleine



Abb. 1:
Hochwasser 2005,
Paznauntal bei Kappl, Tirol
(Bundesheer)

Fig. 1:
Flood 2005, Paznauntal
nearby Kappl, Tyrol

Basisgruppen von engagierten Personen auftreten oder von Seiten der Behörden initiiert werden, die eine öffentlich-private Zusammenarbeit anstreben. Darüber hinaus verkleinern Bürgerinitiativen die Lücke zwischen Behörde, Politik, Gesellschaft und dem einzelnen Bürger, da sie als Organisation bzw. als Stakeholder gleichermaßen von allen Seiten anerkannt werden (Djordjevic et al., 2011, Termeer et al., 2011). Die Bürgerinitiativen fungieren u.a. als Vermittler. Auf diese Weise tragen sie dazu bei, die Ansichten von Einzelpersonen und Institutionen auf das Hochwasserrisikomanagement auszurichten (Lupo Stanghellini, 2009, Reed et al., 2009). Trotzdem ist die öffentliche Verwaltung manchmal zögerlich, wenn es darum geht Bürgerinitiativen direkt einzubinden, da der offene, partizipative Bürgerdialog sich leicht in Protest und Medienaufmerksamkeit verwandeln kann. Dies blockiert und beeinträchtigt den gegenständlichen Prozess. (Blackstock et al., 2015, Buchecker et al., 2016, Newig et al., 2016).

Das Forschungsprojekt BottomUp:Floods (finanziert durch den Klima- und Energiefonds), welches gemeinsam von der Universität für Bodenkultur Wien – Institut für Alpine Naturgefahren, Joanneum Research – LIFE – Center for Climate, Energy & Society und alpS durchgeführt wird, greift diese und ähnliche Fragestellungen auf, mit dem Ziel eines verbesserten Verständnisses der Entstehung und der Aktivitäten von lokalen Initiativen im Hochwassermanagement österreichischer Gemeinden. BottomUp:Floods analysiert und bewertet Bottom-up Initiativen im Naturgefahrenmanagement als Ergänzung zu den traditionellen Schutzstrategien.

Rechtliche Grundlagen für eine Bürgerbeteiligung im Umweltschutz wurden bereits 1998 in der Aarhus-Konvention unterzeichnet. Österreich hat dies im Jahre 2005 ratifiziert. Das Übereinkommen schreibt fest, dass jede Person Zugang zu Informationen, zur Öffentlichkeitsbe-

teiligung an Entscheidungsverfahren und Zugang zu Gerichten in Umweltangelegenheiten haben muss. Weiterführende Beteiligungsmechanismen wurden in der Wasserrahmenrichtlinie aus dem Jahr 2000 sowie in der Hochwasserrichtlinie 2007 verankert. Die Partizipation – das Prinzip der Betroffenenbeteiligung – ist hier zentrales Element der Beteiligung der Öffentlichkeit. Durch eine aktive Beteiligung sollen einerseits Betroffene zu Mitgestaltern werden. Auf der anderen Seite soll durch Bürgerbeteiligung das Risikobewusstsein und die Eigenvorsorge gestärkt werden.

Vielfach wird Bürgerinitiativen ein Status als Gegner, Blockierer oder Verhinderer unterstellt, obwohl die Gesetzgebung einen positiven Zugang verfolgt. Warum hierzu der negative Eindruck – wenn man über Bürgerinitiativen spricht – überwiegt, liegt sicherlich in der mangelnden, teilweise nicht offenen Kommunikation mit allen Stakeholdern in den Partizipationsprozessen. Da wird aus den „Aktionsbürgern“ schnell mal ein „Wutbürgertum“. Dass es aber auch andere Beispiele geben kann, wurde im Rahmen der ersten Arbeitspakete von BottomUp:Floods herausgearbeitet.

Dazu wurden über 70 verschiedene Initiativen aus acht Ländern in Europa und Nordamerika untersucht. Der Fokus der Untersuchung lag auf jenen Gruppierungen, die positive „Grundeinstellungen“ vertreten und einen entsprechenden Beitrag im Naturgefahrenmanagementkreislauf liefern. Die Charakterisierung der einzelnen Bürgerinitiativen wurde nach folgenden 4 Parametern vorgenommen:

- Protestgruppe JA/NEIN
- Gründe für den Zusammenschluss zu einer Bürgerinitiative
- Position im Naturgefahrenmanagementkreislauf
- Tätigkeitsfeld – Lokal, Regional oder National

Protestgruppen konzentrieren sich auf Gegenreaktionen zu behördlichen Prozessen. Ein starkes Mittel dieser Gruppen ist die zielorientierte und „aggressive“ Kommunikation ihrer Anliegen. Dazu werden von Social Media Kampagnen über Protestmärsche etc. eine Vielzahl von Kommunikationsstrategien umgesetzt und dies teilweise über Jahre hinweg.

Gründe für den Zusammenschluss von Bürgern zu einer Bürgerinitiative lassen sich nach mehreren Kriterien abtufen. Neben der Frustration, dass der Prozess zur Implementierung von Schutzmaßnahmen nur sehr langsam vorangeht, über den intransparenten Informationsfluss, sind auch spezifische Möglichkeiten zur Gründung (beispielsweise die Verfügbarkeit von Fördergeldern oder ein formales Beteiligungsverfahren) wichtige Auslöser. Oftmals führen aber einfach ein kurz vorher stattgefundenes Ereignis und die persönliche Betroffenheit zu einer „Aktionswelle“.

Im Naturgefahrenmanagement und des-

sen Prozessschritten sind die Bürgerinitiativen überwiegend in der Prävention (in der Planung und Umsetzung von Schutzmaßnahmen), in der aktiven Vorbereitung unmittelbar vor einem Ereignis (bei Frühwarnungen) und im Wiederaufbau (auch durch freiwillige Hilfeleistungen, Spendenaufrufe) tätig. Ein weiterer Aspekt des Naturgefahrenmanagements – die Bewusstseinsbildung – spielt bei manchen Bürgerinitiativen eine Kernrolle. Bürgerinitiativen sind meist sehr lokal tätig. Manche Initiativen schließen sich überregional zusammen. Als Beispiel können hierbei Bürgerinitiativen genannt werden, die sich an Flussläufen zusammenschließen und ein gemeinsames Schutzkonzept verfolgen.

Aufbauend auf diesen Kernelementen aus der Charakteristik von Bürgerinitiativen werden im Folgenden kurz drei Bürgerinitiativen vorgestellt (mittels Faktenbox) die gut die ersten Ergebnisse aus der Studie repräsentieren.

Flood Action Group „Cockermouth“ (Großbritannien)	
Standort	Lake District (tourismusintensive Region)
Hochwasserereignisse	2005, 2008 und 2009
Gründung „Flood Action Group“	2009
Grund für den Zusammenschluss	Frustration, keine Finanzmittel für Schutzmaßnahmen aus London
externe Unterstützung	National Flood Forum
Rolle im Naturgefahrenmanagement	Prävention – Finanzierung der Schutzmaßnahme
Schwierigkeiten	Keinen Expertenstatus, die Gruppe wurde nicht ernst genommen → Einkauf von Expertenwissen durch Ingenieurleistungen
Zielerreichung	Budget für die Finanzierung der notwendigen Schutzmaßnahmen wurde aufgestellt; Schutzmaßnahme nach Wunsch der Bürger umgesetzt

Bürgerinitiative Hochwasserschutz Übigauer Insel	
Standort	Dresden (Deutschland) → Stadtteile Übigau und Altmickten
Hochwasserereignisse	2002, 2006 und 2013
Gründung „Bürgerinitiative“	2013
Grund für Zusammenschluss	Frustration – im Stich gelassen (keine Einsatzorganisationen im lokalen Gebiet, nicht im Hochwasseralarmplan der Stadt Dresden vertreten)
externe Unterstützung	arche NoVa, Stadt Dresden
Rolle im Naturgefahrenmanagement	Frühwarnung, Krisenbewältigung während des Ereignisses und Wiederaufbau
Schwierigkeiten	Keine Expertenstatus, die Gruppe wurde nicht ernst genommen → Arche Nova leistet Expertenwissen dazu, um Gehör bei den Behörden zu finden; Langfristige Umsetzung der Maßnahmen („Halbwertszeit des Vergessens“)
Zielerreichung	Aufnahme in Hochwasseralarmplan; Unterstützung durch die Stadt Dresden (Einsatzorganisationen & Politik) bei Maßnahmensetzung

Flutschutzgemeinschaften Hamburg HafenCity	
Standort	Hamburg – Hafen City
Hochwasserereignisse	Sturmflut 1962, 1976, 2016, 2017
Gründung „Flutschutzgemeinschaft“	2002
Grund für Zusammenschluss	Gesetzliche Verpflichtung zur Gründung durch Stadtsenat
externe Unterstützung	Stadt Hamburg & Einsatzorganisationen
Rolle im Naturgefahrenmanagement	Maßnahmensetzung im Ereignisfall inkl. Evakuierungsplanung
Schwierigkeiten	Umsetzung, wenn Aufgaben gesetzlich verpflichtend sind; Flutschutzbeauftragter zu benennen
Zielerreichung	Maßnahmen sind umgesetzt und werden jährlich geübt

Die drei Feldstudien – Cockermouth Flood Action Group, Bürgerinitiative Hochwasserschutz Übigauer Insel und Flutschutzgemeinschaften Hamburg HafenCity – bildeten auch eine der zentralen Informationspunkte bei den Workshops in Osttirol, die im Rahmen von BottomUp:Floods durchgeführt wurden. Bei diesen Veranstaltungen auf Gemeinde- und Bezirksebene ging es um die Fragen, ob solche Konzepte in Österreich umsetzbar sind, wie der Status von Bürgerbeteiligung vor Ort aktuell abläuft und welche konkreten Rahmenbedingungen notwendig sind, um die Bürger im Rahmen von Bürgerinitiativen mehr ins Naturgefahrenmanagement zu integrieren.

Die Umsetzbarkeit von Konzepten, wie in den drei Feldstudien realisiert, ist in Österreich zwar grundsätzlich machbar, jedoch besteht in Österreich eine andere Struktur und auch eine ganz andere Art der Bewältigung von Katastrophensituationen. Durch das Freiwilligenwesen in Österreich und durch die lokale Verwaltung gibt es bereits sehr viel Kompetenz vor Ort, welche in Krisensituationen verfügbar ist. Durch wachsenden Ressourceneinsatz der freiwilligen Einsatzorganisationen, durch eine Vielzahl von Einsätzen und der daraus resultierenden Ungewissheit, ob dieses System auch langfristig tragbar ist, sind weitreichende Gedanken über den Einbezug der Bevölkerung im Naturgefahrenmanagement sinnvoll.

Rahmenbedingungen wie die Anpassung und Neudefinition der Rollen im Naturgefahrenmanagement sind zentral für eine erfolgreiche Integration von Bürgerbeteiligungen in diesem Kontext. Beispielsweise ist es zukünftig für die Experten auf Bezirksebene unerlässlich sich neue Kompetenzen im Bereich der Kommunikation und Moderation anzueignen. Definierte Rollenbilder und Aufgabenteilung helfen dabei. Die Integration von Bürgerinitiativen muss auf lokaler Ebene erfolgen, die kleinstmögliche Einheit – die

Gemeinde – ist dabei der wesentliche Partner der Bürger. Unterstützende Aufgaben werden von den Einsatzorganisationen auf Gemeindeebene notwendig sein, um Bürgerinitiativen für zielgerichtete Hilfeleistungen zu schulen. Bürgerinitiativen sollen nicht die Einsatzorganisationen ersetzen, sondern gezielte Unterstützung in mehreren Bereichen des Managements von Naturgefahren leisten.

In der Prävention spielen die Instandhaltung von Schutzmaßnahmen und der Blick auf die lokalen Gegebenheiten eine wichtige Rolle. Was früher – gerade im alpinen Raum – als selbstverständlich gegolten hat, wird schon heute und zukünftig umso mehr strukturell und organisatorisch gelöst werden müssen. Bürgerbeteiligungen können helfen, das aktuelle Schutzniveau aufrechtzuhalten. Genauso können Gemeinden durch Bürgerversammlungen, Bürgermessen, Katastrophenschutztage oder Zivilschutzveranstaltungen das Risikobewusstsein hoch halten und auch dafür sorgen, dass sich Bürger engagiert einbringen. Im Einsatzfall bzw. im Wiederaufbau können Bürgerinitiativen unterstützende Tätigkeiten durchführen und dabei für eine Entlastung der Einsatzorganisationen sorgen. Dabei spielt aber die strukturierte und organisierte Vorgehensweise eine wesentliche Rolle. Rollenbilder und definierte Informations- und Kommunikationswege müssen dafür sorgen, dass jeder (Bürgerinitiative, Behörde, Einsatzorganisation,...) im Sinne eines effizienten Naturgefahrenmanagements tätig ist.

Die Definition der Rahmenbedingungen und besonders die Rollenbilder und das Verständnis aller Beteiligten für das Rollenbild des anderen ist eine grundlegende Voraussetzung für die Umsetzung von integriertem Naturgefahrenmanagement. Das BottomUp:Floods Projekt wird genau hier in weiterer Folge ansetzen: Einerseits werden diese Rahmenbedingungen detaillierter abgesteckt, andererseits werden kommunikative

Maßnahmen entwickelt wie beispielsweise dieser Prozess schlüssig und sinnvoll dem Motto „Wissen schafft Gemeinwohl“ folgen kann, damit alle Beteiligten ein gemeinsames Bild der wechselseitigen Rollenbilder entwickeln.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Mag. Stefan Ortner
alpS GmbH
Grabenweg 68, 6020 Innsbruck
ortner@alps-gmbh.com

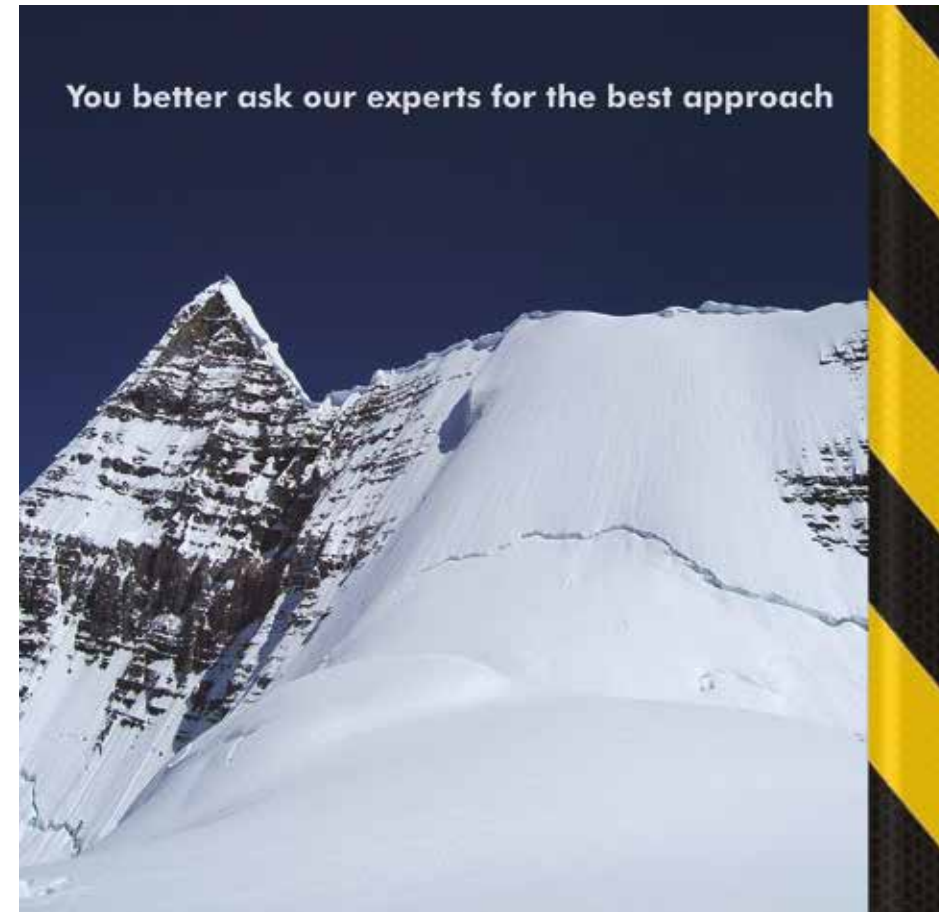
MMag. Ph.D. Thomas Thaler
Universität für Bodenkultur Wien,
Institut für Alpine Naturgefahren
Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien
thomas.thaler@boku.ac.at

Mag. Dr. Johannes Seebauer
Joanneum Research – LIFE – Center for Climate,
Energy & Society
Wagner-Biro Straße 100, 8020 Graz
sebastian.Seebauer@joanneum.at

Literatur / References

- ALBRECHTS, L., 2013. Reframing strategic spatial planning by using a coproduction perspective. *Planning Theory* 12 (1), 46-62. doi: 10.1177/1473095212452722
- ARNSTEIN, S.R., 1969. A ladder of citizen participation. *Journal of the American Institute of Planners* 35 (4), 216-224. doi: 10.1080/019436690897225
- BLACKSTOCK, K., DINNIE, L., DILLEY, R., MARSHALL, K., DUNGLINSON, J., TRENCH, H., HARPER, K., FINAN, K., MACPHERSON, J., JOHNSTON, E., GRIFFIN, A., 2015. Participatory research to influence participatory governance: managing relationships with planners. *Area* 47 (3), 254-260. doi: 10.1111/area.12129
- BOYLE, D HARRIS, M., 2009. The challenge of co-production. How equals partnerships between professionals and the public are crucial to improving public services. London: New Economics Foundation
- BUCHECKER, M., OGASA, D.M., MAIDL, E., 2016. How well do the wider public accept integrated flood risk management? An empirical study in two Swiss Alpine valleys. *Environmental Science & Policy*, 55 (2), 309-317. doi: 10.1016/j.envsci.2015.07.021
- DJORDJEVIC S, BUTLER D, GOURBESVILLE P, OLE E, PASCHE E, 2011. New policies to deal with climate change and other drivers impacting on resilience to flooding in urban areas: the CORFU approach. *Environmental Science & Policy* 14:864-873

- EU (2007). Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks. *Official Journal of the European Union*, L 288/27.
- INNES, J.E., BOOHER, D.E., 2004. Reframing public participation: strategies for the 21st century. *Planning Theory & Practice*, 5 (4), 419-436.
- IPCC (2014) *Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom
- LUPO STANGHELLINI, P.S., 2009. Stakeholder involvement in water management: the role of the stakeholder analysis within participatory processes. *Water Policy* 12 (5), 675-694. doi: 10.2166/wp.2010.004
- NEWIG, J., KOCHSKÄMPER, E., CHALLIES, E., JAGER, N.W., 2016. Exploring governance learning: How policymakers draw on evidence, experience and intuition in designing participatory flood risk planning. *Environmental Science & Policy* 55 (2), 353-360. doi: 10.1016/j.envsci.2015.07.020
- PFURTSCHHELLER, C. and THIEKEN, A.H., 2013. The price of safety: costs for mitigating and coping with Alpine hazards. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22 (2), 2619-2637. doi:10.5194/nhess-13-2619-2013
- REED, M.S., GRAVES, A., DANDY, N., POSTHUMUS, H., HUBACEK, K., MORRIS, J., PRELL, C., QUINN, C.H., STRINGER, L.C., 2009. Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of Environmental Management* 90 (5), 1933-1949. doi: 10.1016/j.jenvman.2009.01.001
- RENN, O. (2008) *Risk governance: Coping with uncertainty in a complex world.* London: Earthscan
- TERMEER C, DEWULF A, VAN RIJSWICK H, VAN BUUREN A, HUITEMA D, MEIJERINK S, RAYNER T, WIERING M (2011) The regional governance of climate adaptation: a framework for developing legitimate, effective, and resilient governance arrangements. *Climate Law* 2 (2):159-179
- THALER, T., LEVIN-KEITEL, M., 2016. Multi-level stakeholder engagement in flood risk management – A question of roles and power: Lessons from England. *Environmental Science & Policy* 55 (2), 292-301. doi: 10.1016/j.envsci.2015.04.007
- UN Conference on Environment and Development (1992) *Agenda 21 – Action Plan for the Next Century* (Rio de Janeiro, UNCED).
- UNISDR (2015) *Sendai framework for disaster risk reduction, 2015-2030.* Geneva: UNISDR.
- VAN AALST M K, CANNON T, BURTON I (2008) Community level adaptation to climate change: the potential role of participatory community risk assessment. *Global Environmental Change* 18:165-179
- VERAART, J.A., VAN NIEUWAAL, K., DRIESSEN, P.P.J., KABAT, P., 2014. From climate research to climate compatible development: experiences and progress in the Netherlands. *Regional Environmental Change* 14 (3), 1-13. doi: 10.1007/s10113-013-0567-7



software
maps
geostatistics
reporting
data

"That's it."

Gregor Ortner, CTO UNIDATA

UNIDATA GEODESIGN GMBH
Gärtnergasse 3 Top 6, 1030 Vienna
+43(1) 96 901 78
office@unidata.at
www.unidata.at

unidata
geo
design

CLAUDIA SAUER MOSER, CHRISTOF SEYMANN, MARKUS MOSER, GERT FISCHER

Murgänge am Tronitzerbach 2016 – Ereignisanalyse, Katastrophenmanagement und Stand der Verbauung

Debris flow events Tronitzerbach 2016 – event evaluation, disaster management, construction progress

Zusammenfassung:

Im Spätsommer 2016 ereigneten sich zwei Murgänge am Tronitzerbach, die zu massiven Schäden an Gebäuden und Infrastruktur im Ortsteil Kraa in der Gemeinde Afritz am See führten. Die Ereignisse wurden von der zuständigen Gebietsbauleitung Kärnten Nordost der Wildbach- und Lawinerverbauung dokumentiert und analysiert. Basierend auf den Ergebnissen wurde ein Verbauungskonzept ausgearbeitet, das sich derzeit in Umsetzung befindet. Außerdem wird im folgenden Artikel das Katastrophenmanagement unter Einbeziehung aller Beteiligten näher beleuchtet.

Stichwörter:

Murgang, Differenzenmodell, FLO-2D, RAMMS, Katastrophenmanagement, Verbauungskonzept

Abstract:

Afritz, a small village on the debris cone of the Tronitzer Torrent was hit two times by subsequent debris flows on the 29th of August and 4th of September 2016, that caused damages to residential buildings and other infrastructural facilities. Both events were analysed by the regional office Carinthia Northeast of the Austrian Service for Torrent and Avalanche Control. Based on this analysis protection measures were planned and are now under construction. Further this article takes a closer look to disaster management among all involved organizations.

Keywords:

Debris flow, event analysis, DEM of Difference, disaster management, protection measures

Einleitung

Am Abend des 29.08.2016 ereignete sich am Tronitzerbach ein Murgang, der den Ortsteil Kraa in der Gemeinde Afritz am See vermurte und zu zahlreichen Schäden an Gebäuden und Infrastruktur führte. Ausgelöst durch ein Starkregenereignis und einen extremen Oberflächenabfluss konnte sich im obersten Einzugsgebiet unterhalb einer Forststraße eine flachgründige Rutschung ausbilden, welche den Ausgang des Murganges darstellte. Das Geschiebe wurde ausschließlich durch Tiefen- und Seitenerosion mobilisiert. Knapp eine Woche später, am 04.09.2016, vermurte der Tronitzerbach erneut den Ortsteil Kraa. Zum Zeitpunkt des Ereignisses war der Ortsteil bereits vorausschauend evakuiert. Durch die bereits unterschrittenen Einhänge über den gesamten Bachlauf hinweg, wurde abermals Geschiebe in der mengenmäßigen Dimension der ersten Mure mobilisiert. Seitens der zuständigen Gebietsbauleitung Kärnten Nordost wurden umgehend die Sofortmaßnahmen eingeleitet und ein Verbauungsprojekt ausgearbeitet.

Der folgende Artikel soll einen Überblick über die Ereignisanalyse, das Katastrophenmanagement sowie das Schutzkonzept samt derzeitigem Verbauungsstand am Tronitzerbach geben.

Katastrophenmanagement

Verlauf des Geschehens

Durch die Medien (Fernsehen, Internet und Radio) wurde gemeldet, dass es im Bereich des Gegendales in Kärnten zu schweren Vermurungen aus mehreren Wildbacheinzugsgebieten gekommen war. Eine „Alarmierung“ der Wildbach- und Lawin-

nenverbauung (WLV) durch die Landesalarmzentrale des Landes Kärnten erfolgte am Abend des 29.08.2016 nicht. Aufgrund des Wohnortes des stellvertretenden Sektionsleiters in der Nachbargemeinde, war dieser von Beginn an gemeinsam mit dem Bürgermeister von Afritz, der örtlichen Feuerwehr und der Polizei sowie ortskundigen Anrainern vor Ort, um die Lage zu beurteilen. Infolge der Finsternis war es jedoch nicht möglich, sich ein Bild über die Lage im Einzugsgebiet und am Schwemmkegel zu verschaffen, das sowohl das Ausmaß der Vermurungen als auch eine aktuelle Einschätzung der Gefährdung der Wohngebiete und der Infrastruktur ermöglichen hätte.

Am späten Nachmittag des 4. September 2016 kam es erneut zu einem Murgang. Vom Bürgermeister der Gemeinde Afritz am See wurde Zivilschutzalarm ausgelöst. Die Situation glich, auch in Bezug auf die wildbachtechnische Erstbeurteilung, den Verhältnissen nach dem Ereignis vom 29.8.2016.

Bereits in den ersten Stunden nach Eintreten der Katastrophe manifestierte sich das Faktum, dass die Kommunikation in seiner gesamten Bandbreite die große Herausforderung zur Bewältigung der Ereignisse sein wird.

Vom Bürgermeister der Gemeinde Afritz am See wurde noch am späten Abend des 29.8.2016 ein Krisenstab unter Einbeziehung der örtlich verfügbaren Feuerwehr und Polizeikommandanten, des Amtsleiters der Gemeinde und der WLV eingerichtet, der anschließend drei Wochen unter Verstärkung durch das Bundesheer, des Roten Kreuzes und der BH Villach Land sowie zusätzlichen technischen Hilfestellungen durch die Landesgeologie Kärnten, Landesstraßenverwaltung Kärnten, die Agrarbezirks- und die Forstbehörde aufrecht erhalten wurde.

Der Tronitzerbach war bis zu den Ereignissen zur Gänze unverbaut. Somit war es nicht möglich, vorhandene Schutzmaßnahmen wieder herzustellen. Da, wie auch geschehen, jederzeit mit Nachfolgeereignissen zu rechnen war, war die Lage aus wildbachtechnischer Sicht als äußerst kritisch einzu stufen.

Exkurs Krisenkommunikation – was sagt die Theorie dazu

In einer demokratischen Gesellschaft erwartet die Öffentlichkeit, dass Entscheidungen, die ihr Leben und ihre Gesundheit betreffen, öffentlich legitimiert werden. Das geht nicht ohne wechselseitige Kommunikation. Dabei kann es nicht das Ziel sein, die jeweils andere Seite davon zu überzeugen, dass ein Risiko tragbar oder unzumutbar ist. Vielmehr sollte die Öffentlichkeit durch entsprechende Angebote der Information (Einwegkommunikation) und des Dialogs (Zweiwegkommunikation) in die Lage versetzt werden, auf Basis der Kenntnis der faktisch nachweisbaren Konsequenzen von risikoauslösenden Ereignissen oder Aktivitäten, der verbleibenden Unsicherheiten und anderer risikorelevanter Faktoren eine persönliche Beurteilung der jeweiligen Risiken vorzunehmen.

Ziele der Krisenkommunikation sind:

- der Aufbau von Vertrauen und Glaubwürdigkeit – auch und gerade in der Krise.
- konsequentes Handeln entlang des zuvor abgestimmten Kommunikationsleitfadens.
- proaktive Kommunikation mit allen relevanten Zielgruppen.
- die Meinungshoheit zu behalten, die Diskussion zu moderieren und Präsenz zu zeigen.

- verständlich und sensibel über Ursachen, Auswirkungen und die Folgen einer Krise zu informieren.

Krisenkommunikation Checkliste:

- Erarbeitung eines Kommunikationsleitfadens und Aktionsplans.
- Planung von Ressourcen und Abstimmungsprozessen – intern wie extern.
- Definition der zielgruppenspezifischen Verantwortlichkeiten innerhalb der Krisenkommunikation.
- Ansonsten gilt: Krisenkommunikation ist Chefsache!
- Aufbau und Pflege der Medien-, Experten-, und Online-Influencer-Netzwerke.
- Vorbereitung von Sprachregelungen, Botschaften und Darksites.
- Ausarbeitung und Aktualisierung krisenspezifischer Informationsmaterialien, Dossiers etc..
- Regelmäßige Medien-, Krisen-, und Kommunikationstrainings mit dem Krisenstab.
- Implementierung eines Risiko-Frühwarnsystems [Monitoring].
- Definition von Hotlines/ Notfallcallcentern.
- Sicherstellung der Nachbereitung und Auswertung der Krisenkommunikation.
- Festschreiben aller Regelungen in einem Krisenplan.

Der Krisenstab

Die wichtigste Kommunikationsebene war der in der Gemeinde Afritz am See unter Führung des Bürgermeisters eingerichtete Krisenstab unter Einbeziehung der oben genannten Institutionen.

Der Krisenstab trat während des gesamten Zeitraumes jeweils in der Früh und am Abend jeden Tages zusammen, um eine aktuelle Lagebeurteilung zusammen zu stellen und daraus die erforderlichen organisatorischen Maßnahmen fest zu legen. Seitens der WLV waren der Sektionsleiter, stellvertretend, der Gebietsbauleiter und fakultativ der Lokalbauführer und der Partieführer Mitglieder des Krisenstabs.

Wesentlich für das Funktionieren des Krisenstabes waren:

- Das Pionierbataillon Villach des Österreichischen Bundesheeres leitete vom 30.8.2016 an über Wochen einen Assistenzeinsatz. Der Aufbau eines „Gefechtsstandes“ im Gemeindeamt von Afritz diente als Logistikzentrum, dokumentierte und berichtete laufend den Einsatz aller Mannschaften und Geräte im Katastrophengebiet.
- Die Kommunikation im Krisenstab verlief äußerst konstruktiv. Diskussionen wurden nicht nach außen getragen. Die Entscheidungen wurden gemeinsam getragen und kommuniziert. Die Kompetenzen der einzelnen Fachstellen wurden untereinander anerkannt. Jeder konzentrierte sich auf die Erledigung seiner Aufgaben.
- Der Bürgermeister und die Bediensteten der Gemeinde Afritz am See hatten das erforderliche lokale Wissen über die Bevölkerung, die lokale Infrastruktur und die Leistungsfähigkeit der technischen Betriebe in der Gemeinde
- Die Kommunikation mit der Bevölkerung erfolgte, abgesehen von vielen Gesprächen vor Ort, im Wesentlichen

bei Bürgerversammlungen im Gemeindegarten von Afritz. Die Sachlage wurde dabei von Verantwortlichen umfassend erklärt. Die Verantwortlichen standen für Fragen aus der Bevölkerung zur Verfügung. Diese Bürgerversammlungen fanden während des Katastropheneinsatzes vier Mal statt. Zudem stand das Kriseninterventionsteam des Roten Kreuzes für die Bevölkerung zur Verfügung. Die Herausforderung bei diesen Versammlungen besteht darin, den Betroffenen die Empathie entgegen zu bringen, die gewünscht wird, vor allem aber die Fakten und das Mögliche so darzustellen, dass es verstanden wird. Die richtige Rollenverteilung beginnend beim Bürgermeister bis zu den einzelnen Vortragenden Technikern ist dabei besonders wichtig.

Die Rolle der Wildbach- und Lawinerverbauung

Auch für die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der WLV sind Ereignisse in der Größenordnung, wie sie am Tronitzerbach passierten außergewöhnlich und können nicht im „Normalbetrieb“ einer Gebietsbauleitung bewältigt werden, da sich die Aufgabenstellung und ihr Umfang wesentlich vom täglichen Geschäft unterscheiden.

• Kommunikation mit der Abteilung III/5

Die Kommunikation mit der zuständigen Abteilung III/5 im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft erfolgte zur Gänze über die Sektion Kärnten. Da die Medienaufmerksamkeit österreichweit vorhanden war, war diese auch von Interesse für das Ministerbüro und den Minister selbst. Gespräche mit der Abteilungsleiterin,

dem Sektionsleiter von Salzburg und einer Mitarbeiterin der Firma wikopreventk waren wichtig und hilfreich.

- **Beurteilung der Lage aus wildbachtechnischer Sicht**

Die Beurteilung erfolgte nach intensiven Begehungen, Befliegungen und aus den ersten Ergebnissen der Ereignisdokumentation und war von besonderer Bedeutung, da am Tronitzerbach keinerlei wildbachtechnische Schutzmaßnahmen vorhanden waren. Zudem war die Wetterlage als kritisch einzustufen und auch nach dem zweiten Ereignis waren Starkniederschläge im Zuge von örtlichen Gewittern wahrscheinlich.

- **Ereignisdokumentation**

Zwei Bedienstete der Gebietsbauleitung Kärnten Nordost wurden mit der sofortigen Ereignisdokumentation beauftragt. Die Ergebnisse waren essentiell für die Beurteilung der wildbachtechnischen Situation, die Kommunikation mit der Bevölkerung und den Medien und die Erstellung des Verbauungsprojektes. Wichtig war, dass die Ergebnisse der Ereignisdokumentation sofort zur Verfügung standen. Die Ergebnisse der Ereignisdokumentation sind in den nachfolgenden Kapiteln dargestellt.

- **Kommunikation der Ereignisse an die Medien**

Die Kommunikation mit den Medien wurde vom Sektionsleiterstellvertreter zur Gänze übernommen. Darüber hinaus wurde grundsätzlich ein Wording mit allen involvierten Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen festgelegt. Der Druck der Medien, neben den Ursachen auch „Schuldige“ zu finden war nicht zu unterschätzen. Es wurde, letztlich erfolgreich,

versucht dem heute üblichen Betroffenheitsjournalismus mit kompetenter Information und Fakten zu begegnen.

- **Festlegung und Umsetzung der Sofortmaßnahmen im Zusammenwirken mit dem Assistenzeinsatz des BH und der Feuerwehren**

Als wildbachtechnische Sofortmaßnahmen wurde die Errichtung von provisorischen Schutzdämmen neben der Wiederherstellung der Abflussverhältnisse festgelegt. Diese Sofortmaßnahmen mussten in engem Zusammenwirken mit dem Assistenzeinsatz des Pionierbataillon Villach des Österreichischen Bundesheeres und der Feuerwehren erfolgen, die für den Abtransport der großen Geschiebemengen aus dem Ortsteil Kraa und das Freiräumen der Häuser zuständig war. Die Arbeiten wurden vom Lokalbauführer und dem Partieführer der WLW geleitet.

- **Einleitung des Planungsprozesses für die Erstellung eines Verbauungsprojektes**

Da der Tronitzerbach bis zum Ereignis zur Gänze unverbaut war, herrschte sofort Klarheit, dass in kürzest möglicher Zeit ein Verbauungsprojekt auszuarbeiten und umzusetzen ist. Mitarbeiter der Gebietsbauleitung wurden mit dieser Aufgabe beauftragt. Es konnte mit Unterstützung aus der Sektion Salzburg in enger Zusammenarbeit mit der Sektion Kärnten, dem Gebietsbauleiter und dem Projektierungsteam innerhalb von wenigen Wochen ein schlüssiges Verbauungskonzept und eine darauf aufbauendes Verbauungsprojekt ausgearbeitet werden. Die Überprüfungsverhandlung für das Projekt fand bereits am 22. 9. 2016 statt.

- **Koordination der erforderlichen behördlichen Genehmigungen und Durchführung der Anrainerverhandlungen für die Umsetzung des Verbauungsprojektes**

Da, wie schon beschrieben, möglichst rasch mit dem Bau der Schutzmaßnahmen begonnen werden sollte, war es auch erforderlich, mit den Behörden und Sachverständigen einen engen Zeitplan zu koordinieren. Durch eigens organisierte und somit gebündelte Bereisungen mit den Sachverständigen konnte der Zeitplan gehalten werden.

Die Gespräche und Verhandlungen mit den Anrainern und Grundbesitzern konnte mit der Gemeinde Afritz am See erfolgreich geführt werden. Aber auch angesichts großer Ereignisse ist es notwendig, mit jedem einzelnen Anrainer zu sprechen, vor Ort zu besichtigen und die geplanten Baumaßnahmen zu erklären.

Hydrologie und Meteorologie

Die Niederschlagsanalyse erfolgte mit Hilfe der INCA-Daten der ZAMG, die vom Fachbereich Wildbachprozesse der WLW grafisch aufbereitet

wurden. Zur Bestimmung einer Vorbefeuchtung wurden die Niederschläge ab dem 20.08.2016 betrachtet. Diese zeigen mit Ausnahme des 20. und 21. August keine Niederschläge an den Vortagen der Ereignisse. Bei zahlreichen Begehungen im Zuge der Gefahrenzonenplanung in der Nachbargemeinde Arriach, konnte allerdings über den gesamten Sommer hinweg eine Wassersättigung des Bodens beobachtet werden.

Beide Niederschlagsereignisse hatten gemein, dass das Einzugsgebiet des Tronitzerbachs von jeweils zwei Niederschlagszellen umschlossen wurde. Die Analyse des räumlich zeitlichen Verlaufs anhand der 15 min-INCA-Daten zeigt eine Hauptzugrichtung des Niederschlagsereignisses vom 29. August 2016 von Nordwest nach Südost. Dabei wurden um 15:30 Maximalwerte im Oberen Einzugsgebiet von 11 mm/15min und im Umkreis bis 19 mm/15min erreicht (Abbildung 1). Die Niederschläge, die für das Ereignis am 04. September 2016 verantwortlich waren, kamen aus nordöstlicher Richtung und verweilten von 14:15 Uhr bis 16:00 über dem Einzugsgebiet. Die INCA-Daten zeigen, dass sich das obere Einzugsgebiet des Tronitzerbachs um 14:45 im Zentrum der östlichen Zelle befindet mit Intensitäten bis 20 mm/15 min (Abbildung 2).

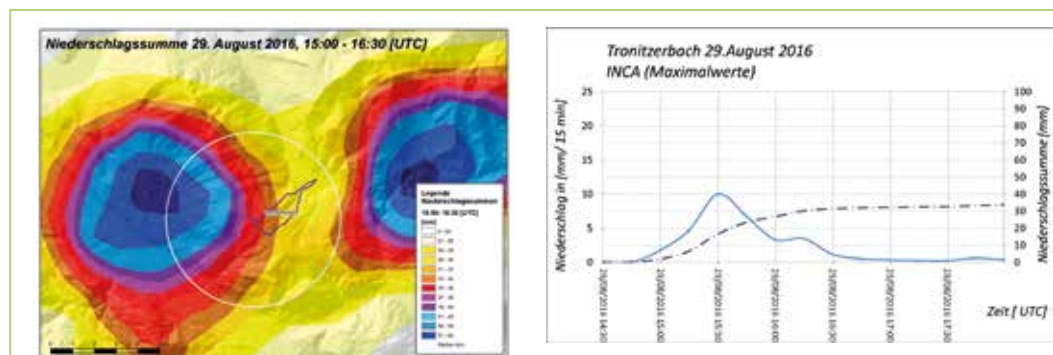


Abb. 1: INCA- Daten Auswertung für den 29.08.2016; 1a: das Einzugsgebiet wurde von 2 Niederschlagszellen umschlossen; 1b: Maximalwerte bis zu 50 mm in Summe und 11 mm/15min

Fig. 1: INCA-Data for the event on 29.08.2016; 1a: the catchment area was enclosed by two precipitation cells; 1b: maximum precipitation up to 50 mm and 11 mm/15min

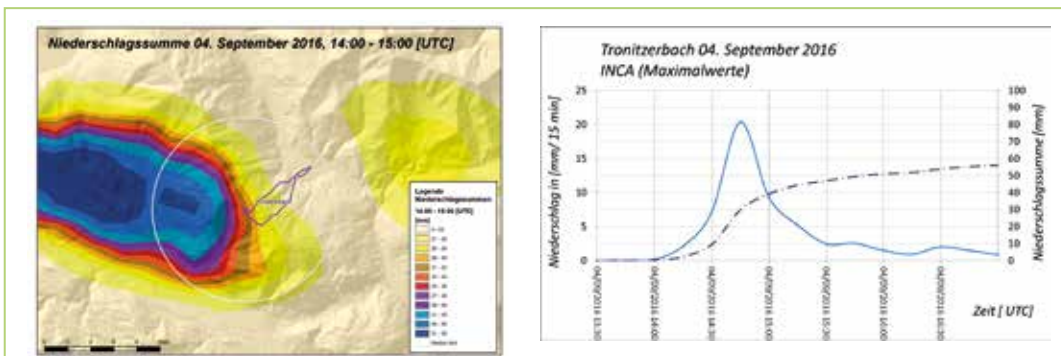


Abb. 2: INCA- Daten Auswertung für den 04.09.2016; 2a: maßgeblich für den Niederschlag war die östliche Zelle; 2b: Maximalwerte bis 60 mm in Summe und 20 mm/15min

Fig. 2: INCA-Data for the event on 04.09.2016; 2a: the eastern cell caused the heavy precipitation; 2b: maximum precipitation up to 60 mm and 20 mm/15min

Während beider Ereignisse wurde ein extremer Oberflächenabfluss aus den Almflächen im obersten Einzugsgebiet beobachtet (Abbildung 3) Hagel

wurde nur beim zweiten Ereignis im Bereich der Schwarzseehüte beobachtet.



Abb. 3: Oberflächenabfluss im obersten EZG während dem Ereignis am 04.09.2016 (Quelle: Robert Pließnig)

Fig. 3: Surface runoff in the upper catchment during the second event on 04/09/2016 (source: Robert Pließnig)

Prozessanalyse

Eine genaue Festlegung der zeitlichen sowie der örtlichen Abläufe hinsichtlich Erosion und somit der Geschiebeeinträge ist bei beiden Murgängen nur schwer möglich. Im Oberlauf konnte nach dem ersten Ereignis bei der Befliegung und bei der anschließenden Begehung eine flachgründige Rutschung mit einer Mächtigkeit von ca. 30 cm und einer Breite von ca. 20 m unterhalb einer Forststraße ausgemacht werden, die durch die Konzentration des Oberflächenwasser bei einem Entwässerungsrohr ausgelöst wurde (Abbildung 4).

Diese flachgründige Rutschung gelangte begleitet von Oberflächenwasser schwallar-

tig in das Gerinne und erzeugte an dieser Stelle eine Tiefenerosion, die den Ausgangspunkt für die massive Tiefen- und Seitenerosion über den gesamten Bachlauf hinweg darstellte. Es dürfte außerdem zu mehreren Verklausungen durch vorhandenes Wildholz gekommen sein. Die Unterschneidung der seitlichen Einhänge erfolgte in das Gerinne fortwährend. Durch den massiven Geschiebeeintrag konnte sich ein Murgang entwickeln, der ca. 15 ha des Ortsteil Kraa vermurte. Laut Augenzeugenberichten kam es um ca. 17:00 Uhr zum Murgang, anschließend wurde fortwährend Geschiebe eingetragen. Die Situation beruhigte sich erst gegen Mitternacht. Insgesamt wurden etwa 25.000 – 30.000 m³ am Schwemmkegel abgelagert.



Abb. 4: Unterhalb der Forststraße bildete sich eine flachgründige Rutschung aus, die beim Eintrag in das Gerinne eine Tiefenerosion auslöste

Fig. 4: Shallow landslide underneath a forest road caused vertical bederosion



Abb. 5:
Massive Tiefen- und
Seitenerosion nach dem
zweiten Murgang mit
Eintiefungen bis zu 7 m.

*Fig. 5:
Massive vertical and lateral
erosion after the second
debris flow up to 7 m.*

Knapp eine Woche später am 04.09.2016 konnte sich aufgrund der offenen Einhänge über den gesamten Bachlauf verursacht durch die massive Tiefen- und Seitenerosion in Kombination mit dem intensiven Niederschlag erneut ein Murgang ausbilden (Abbildung 5). Der Ausgangspunkt des Prozesses konnte im Nachhinein nicht bestimmt

werden. Mengenmäßig überstieg das zweite Ereignis leicht mit ca. 30.000–35.000 m³, das am Schwemmkegel abgelagert wurde (Abbildung 6 und Abbildung 7) das erste Ereignis. Beide Murgänge riefen massive Schäden an Gebäuden sowie der Infrastruktur hervor (Abbildung 8).



Abb. 6:
Ein Großteil des Geschiebes
wurde beim ersten
Murgang am oberen
Schwemmkegel abgelagert.

*Fig. 6:
Bedload after the first
debris flow on the upper
range of the debris cone*

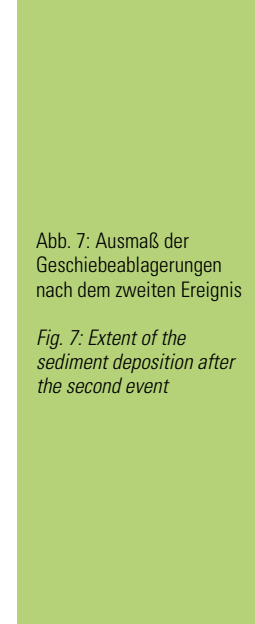


Abb. 7: Ausmaß der
Geschiebeablagerungen
nach dem zweiten Ereignis

*Fig. 7: Extent of the
sediment deposition after
the second event*



Abb. 8: Massive Murablagerungen im Ortsteil Kraa in der Gemeinde Afrist

Fig. 8: Massive sediment deposition in the village of Afrist



Geschiebeanalyse

Mit Hilfe einer Laserdatenaufnahme und einem Differenzenmodell wurde eine Geschiebeanalyse durchgeführt. Die Befliegung fand nach dem zweiten Ereignis statt, wodurch eine Betrachtung der einzelnen Ereignisse nicht möglich ist. Zudem

wurden am Schwemmkegel das Ausmaß, die Mächtigkeit der Ablagerung und die Korngrößen aufgenommen.

Für das Differenzenmodell wurden als Ablagerungsbereiche die Dämme am Tronitzerbach, die als Sofortmaßnahme errichtet wurden, die Deponie und die Dämme am Kraagraben sowie der Siedlungsbereich herangezogen. Die

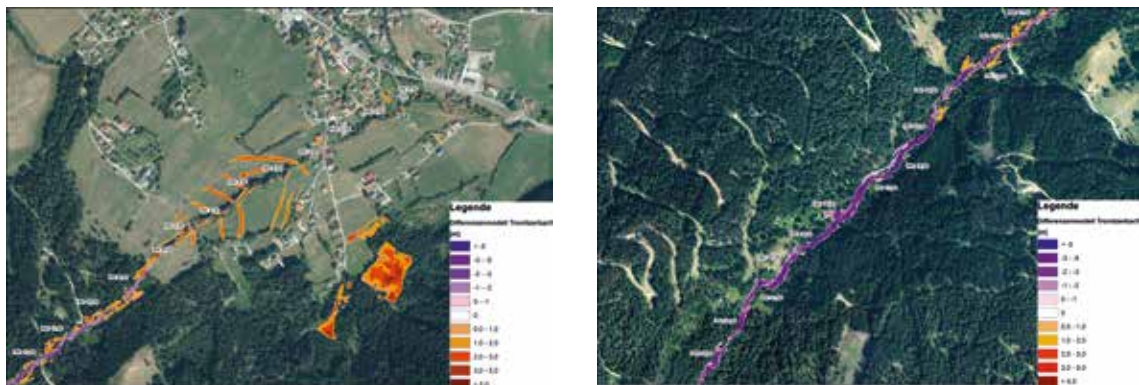


Abb. 9: Differenzenmodell für den Schwemmkegel (links) und den Mittellauf (rechts)

Fig. 9: DEM of Difference for the debris cone (left) and the middle reach (right)

tatsächliche Geschiebemenge im Siedlungsbereich ist aus dem Laserscan nicht mehr zu ermitteln, da ein Teil bereits vor der Befliegung im Zuge der Erstmaßnahmen abtransportiert wurde bzw. wurde ein Teil des Geschiebes in den Vorfluter transportiert. Der Siedlungsbereich wurde daher für die Geschiebebilanzierung nicht betrachtet. Außerdem kann aus dem Differenzenmodell nur die gesamte Geschiebemenge beider Murgänge ermittelt werden, da die Befliegung nach dem zweiten Ereignis stattfand. In Tabelle 1 sind die

Geschiebemengen nach Abschnitten aufgelistet.

Wie aus dem Differenzenmodell hervorgeht, wurde das Geschiebe ausschließlich durch Seiten- und Tiefenerosion bereitgestellt. Ein Geschiebeeintrag aus den Zubringern fand nicht statt. Ab hm 23,00 ist im Differenzenmodell eine mächtige Eintiefung mit > 5 m zu beobachten. Ab hm 12,00 ist ein Rückgang der Erosion aufgrund der Neigungsänderung ersichtlich. Hier beginnt bereits die Ablagerung des Geschiebes entlang des Gerinnes (Abbildung 9).

INSGESAMT AUS DEM EINZUGSGEBIET BIS HM 7,00 ERODIERT	-56.000 m ³
Erosion Mittellauf hm 23,00 – hm 7,00	-52.000 m ³
Erosion Oberlauf	-4.000 m ³
ABLAGERUNGEN GESAMT	+52.500 m ³
Ablagerung am Schwemmkegelhals hm 12,00 – 7,00	+6.000 m ³
Ablagerung in Dämmen (Tronitzerbach)	+18.500 m ³
Ablagerungen Deponie	+21.000 m ³
Dämme Kraagraben	+7.000 m ³
DIFFERENZ (VERMUTLICH IN DEN VORFLUTER TRANSPORTIERT BZW. AUS DEM SIEDLUNGSGEBIET BEREITS ABTRANSPORTIERT)	+3.500 m ³

Tab. 1: Ergebnisse aus dem Differenzenmodell für die Gerinneabschnitte und die definierten Ablagerungsbereiche

Tab. 1: Results of the DEM of Difference for the debris cone and different reaches

Durch die eher schlechte Qualität des „alten“ Laserscans waren über den gesamten Ausschnitt Fehler im Differenzenmodell ersichtlich. Für die Ergebnisdarstellung wurden diese Fehler ausgeblendet. Die ermittelte Geschiebemenge aus dem Differenzenmodell korreliert gut mit der Erhebung der Geschiebemengen am Schwemmkegel, daher kann davon ausgegangen werden, dass sich die vorhandenen Fehler im Differenzenmodell nur gering auf die erodierte Gesamtgeschiebemenge auswirken. Außerdem empfiehlt es sich die Befliegung so rasch wie möglich nach dem Ereignis durchzuführen, um die tatsächlichen Ablagerungen im Siedlungsgebiet möglichst genau aufzunehmen.

Simulation

Im Zuge der Ereignisdokumentation wurde auch versucht, den Murgang vom 29. August 2016 mit den gängigen numerischen Modellen (FLO-2D und RAMMS-debris flow) nachzubilden. Numerische Berechnungen von Murgängen sind aufgrund des komplexen Abflussprozesses mit vielen Unsicherheiten behaftet und können als Ergebnis bestenfalls eine Bandbreite möglicher Fließwege, Abflusshöhen und Fließgeschwindigkeiten

liefern. Gut dokumentierte Ereignisse, wie jenes vom 29. August, haben den Vorteil, dass ein Teil der notwendigen Parameter nicht durch Experten abgeschätzt werden muss, sondern wie in diesem Fall – z. B.: durch das Laserdifferenzenmodell – teils auf direkt gemessenen Daten beruhen. Das Ereignis vom 04.09. wurde nicht betrachtet, da hier durch den vorhergegangenen Murgang, die Datengrundlagen zu stark beeinflusst bzw. nicht vorhanden sind.

Als Eingangsdaten dienten das digitale Geländemodell auf Basis einer Laserbefliegung (1 x 1 m), die Hausgrundflächen der Gebäude am Schwemmkegel, Fließrauigkeiten sowie ein rekonstruierter Sedigraph des Murgangs vom 29. August 2016. Die murrheologischen (Reibungs-) Parameter konnten aufgrund der dokumentierten Anschlaglinien und –formen auf Basis von Literaturdaten gutachterlich abgeschätzt werden, aus mehreren Parameterkombinationen wurde schließlich die „BEST FIT“-Variante gewählt.

Die berechneten Ablagerungsflächen mit dem Modell RAMMS streuen sehr stark. Die „BEST FIT“ wurde in der nachfolgenden Abbildung (Abbildung 10) der kartierten Ablagerungsfläche (Weiße Linie) gegenübergestellt. Durch das Modell wird ein orographisch rechtsufriger

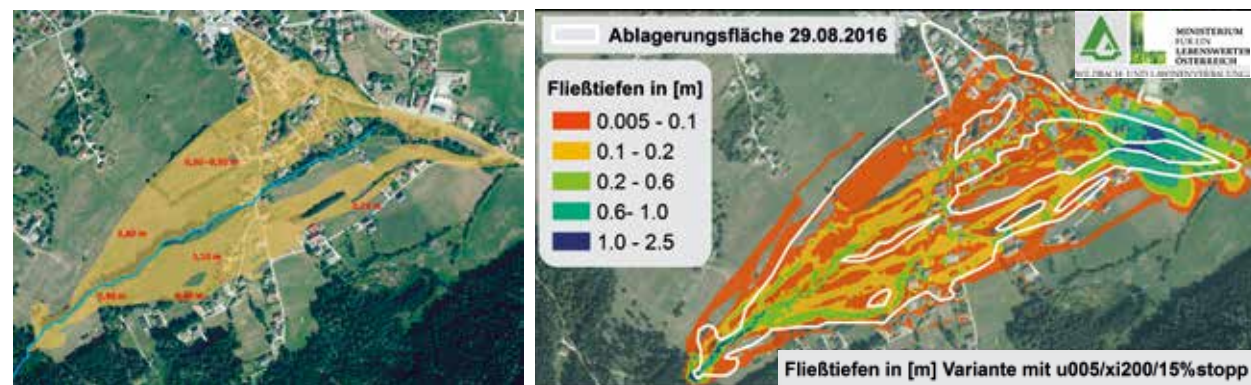


Abb. 10a: Kartierte Ablagerungsfläche Ereignis 29.08.2016 mit Ablagerungshöhen in m (ROT); 10b: Ergebnisdarstellung RAMMS – BEST FIT

Fig. 10a: Mapped deposition area and deposition height for the event of 29.08.2016; 10b: Results with RAMMS – BEST FIT

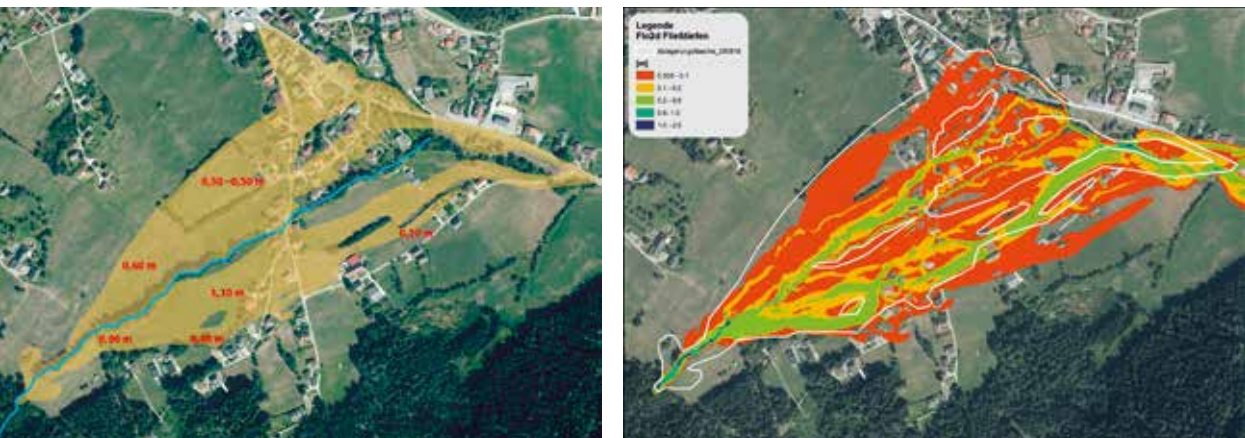


Abb. 11a: Kartierte Ablagerungsfläche Ereignis 29.08.2016 mit Ablagerungshöhen in m (ROT); 11b: Ergebnisdarstellung FLO-2D

Fig. 11a: Mapped deposition area and deposition height for the event on 29.08.2016; 11b: Results with FLO-2D

Ausbruch über den gesamten Schwemmkegel berechnet, im Vergleich mit dem stattgefundenen Ereignis erfolgt hier eine starke Überschätzung. Unterschätzt wird der orographisch linksufrige Ausbruch im besiedelten Teil. Hohe Differenzen sind hinsichtlich Fließtiefen festzustellen, hier erfolgt eine starke Überschätzung besonders im Mündungsbereich in den Vorfluter Afritz.

Die Ergebnisse der FLO-2D Berechnungen zeigen Ablagerungen vor allem auf der rechtsufrigen Schwemmkegelseite (Abbildung 11). Hier werden die Fließwege gut abgebildet, allerdings werden Fließtiefen und Ablagerungshöhen im Mündungsbereich in den Vorfluter stark überschätzt. Der linksufrige Ausbruch in der Siedlung wird – wie mit RAMMS – nur schlecht nachgebildet.

Verbauungskonzept und Verbauungsfortschritt

Unmittelbar nach dem ersten Ereignis wurden Sofortmaßnahmen von der zuständigen GBL Kärnten Nordost eingeleitet, die die Wiederherstellung des Bachbettes und die Errichtung von mehreren Dämmen oberhalb des Siedlungs Bereichs vorsahen.

Zudem wurde in kürzester Zeit ein Verbauungsprojekt ausgearbeitet, das sich momentan in Umsetzung befindet. Das Schutzkonzept sieht folgende Maßnahmen vor:

- Im obersten Einzugsgebiet ist eine Wasserdosiersperre geplant, die in einer natürlichen Geländemulde für den Rückhalt und die Dosierung des Oberflächenwassers aus den Almflächen sorgt und damit den Reinwasserabfluss drosselt.
- Um den unteren Mittellauf zu konsolidieren und stabilisieren sind Konsolidierungsbauwerke mit Murbrecherzähnen vorgesehen, die die Murdynamik beeinflussen und zu einer Verringerung der Energie und Fließgeschwindigkeit der Mure führen.
- Die Errichtung eines Murbrechers mit Geschiebeablagerungsplatz (6.000 m³) dient der Energieumwandlung sowie der Filterung von Grobgeschiebe und Wildholz.
- Eine Geschiebedosiersperre am Grabenausgang mit einem Fassungsvermögen von 37.000 m³ gewährleistet eine schad-

lose, geschiebeentlastete Abfuhr von Hochwasser durch die Ortschaft.

- Zur schadlosen Ableitung des Bemessungsereignisses durch den Ortsbereich von Kraa ist die Herstellung eines entsprechend dimensionierten Gerinnes erforderlich (250 lfm Leitwerke in Beton, Grobsteingerinne mit 86 Grundschwelen in Beton, 1 Gemeindestraßenbrücke, 3 Wirtschaftsbrücken und 1 Steg). Im Zuge dessen ist auch die Einmündungssituation in den Afritzerbach zu verbessern.

Die Kosten für die Verbauungsmaßnahmen belaufen sich auf insgesamt € 11,4 Millionen. Als Interessenten sind die Gemeinde Afritz am See und Marktgemeinde Treffen am Ossiachersee sowie die Landesstraßenverwaltung Kärnten beteiligt.

Die Verbauungen im Ortsbereich wurden bereits im Juni 2017 abgeschlossen (Abbildung 12 und Abbildung 13). Bis Ende 2017 wird der Bau der Geschiebedosiersperre weitestgehend fertiggestellt sein. Die Fertigstellung des Unterlaufgerinnes bis zur Geschiebedosiersperre (Abbildung 14) sowie die Errichtung eines Hochwasserrückhaltebeckens im Almbereich erfolgt im Frühjahr bzw. Herbst 2018.



Abb. 12: Grobsteingerinne und Grundschwelen in Beton im Unterlauf bis zur Geschiebedosiersperre hm 10,81

Fig. 12: Bedded rockfill and concrete sills along the lower course of until to the sediment control dam



Abb. 13: Beidseitige Leitwerke mit Strukturschalung im beengten Ortbereich Kraa

Fig. 13: Retevment walls of both sides in structuralconcrete in the cramped part because of settlements

Resümee

Ein entscheidender Faktor für das Funktionieren des Krisenmanagements und damit eine erfolgreiche Bewältigung einer Hochwasserkatastrophe, wie sie am Tronitzerbach in Afritz am See stattgefunden hat, ist die kompetente Kommunikation aller erforderlichen Entscheidungsträger untereinander. Darüber hinaus ist es unbedingt erforderlich, die Kommunikation in die beschriebenen Richtungen und Ebenen zur Bevölkerung und den Medien zu bedienen, zu pflegen und die dafür erforderlichen Kanäle aufzubauen. Das Beispiel der Hochwasserkatastrophen am Tronitzerbach

im Jahr 2016 zeigt, dass die Krisenkommunikation über sehr lange Zeit stattfindet und eigentlich erst endet, wenn ein Verbauungsprojekt baureif ist und die Umsetzung begonnen hat.

Voraussetzung für die rasche Ausarbeitung eines Projektes war die Aufarbeitung der Ereignisse, um ein Verbauungskonzept angepasst an den Wildbachprozess zu entwickeln. Auch die enge Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Wildbachprozesse und der Sektion Salzburg waren ein wesentlicher Faktor für die Projekterstellung. Die Einbeziehung der zuständigen Behörden von Anfang an, gewährleistet zudem eine rasche Abwicklung der erforderlichen Genehmigungen.



Abb. 14a, b: Geschiebedosiersperre in hm 10,81 mit einer Länge von 250 m und einer Höhe bis. max. 14 m; insgesamt werden 5.000 m³ Beton und 460 t Bewehrungsstahl benötigt.

Fig. 14a, b: Sediment control dam in hm 10.81 with a length of 250 m and a height until 14 m; in total 5000 m³ concrete and 460 t reinforcing steel;



Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DIⁱⁿ Claudia Sauermoser
 Wildbach- und Lawinerverbauung
 Gebietsbauleitung Kärnten Nordost
 Meister-Friedrich-Straße 2; 9500 Villach
 claudia.sauermoser@die-wildbach.at

DI Christof Seymann
 Wildbach- und Lawinerverbauung
 Sektion Kärnten
 Meister-Friedrich-Straße 2; 9500 Villach
 christof.seymann@die-wildbach.at

DI Markus Moser
 Wildbach- und Lawinerverbauung
 Fachbereich Wildbachprozesse
 Johann-Löckerstraße 3; 5580 Tamsweg
 markus.moser@die-wildbach.at

Ing. Gert Fischer
 Wildbach- und Lawinerverbauung
 Gebietsbauleitung Kärnten Nordost
 Meister-Friedrich-Straße 2; 9500 Villach
 gert.fischer@die-wildbach.at

Literatur / References:

JANU, S., MEHLHORN, S., MOSER, M. (2012):
 Ereignisdokumentation und -analyse der Ereignisse vom 21. Juli in St. Lorenzen. Unter Mitarbeit von: Universität für Bodenkultur Institut für Alpine Naturgefahren, Michael Fischlschweiger, Geologische Bundesanstalt, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Lebensministerium (Hrsg.) Wien.

KAITNA, R., SCHRAML, K., DELAGO, L., KAMPER, S.:
 Evaluierung von rheologischen Parameter verschiedener Einzugsgebiete für das numerische Simulationprogramm Flo2d (EZG-Rheo), IAN Report 159, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur – Wien

LEHMANN, D., BRENNER, B. (2014):
 Checkliste Krisenkommunikation – Leitfaden für Krisenmanagement und Medienarbeit. Hrsg.: CURAVIVA. Bern.

MOSER, M., MEHLHORN, S. (2016):
 INCA- Auswertung Niederschlagsereignisse August und 09. September 2016 Tronitzerbach, Gemeinde Aflitz; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung III/5 Wildbach- und Lawinerverbauung (Hrsg.). (unveröffentlicht).

ONR 24802:
 Schutzbauwerke der Wildbach- und Lawinerverbauung – Bemessung und konstruktive Durchbildung. Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabedatum: 2011-01-01

Referat KM 1, Koordinierungszentrum Krisenmanagement (2014):
 Leitfaden Krisenkommunikation. Hrsg. Bundesministerium des Inneren.. Berlin.

SAUERMOSE, C. MOSER, M., MEHLHORN, S. (2016):
 Ereignisdokumentation und -analyse der Ereignisse am Tronitzerbach vom 29.08.2016 und 04.09.2016; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung III/5 Wildbach- und Lawinerverbauung (Hrsg.). (unveröffentlicht).

SCHRAML K., THOMSCHITZ B., MCARDELL, B. W., GRAF, C., KAITNA, R. (2015):
 Modeling debris-flow runout patterns on two alpine fans with different dynamic simulation models, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 15, 1483–1492, 2015 www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/15/1483/2015/doi:10.5194/nhess-15-1483-2015

THANNER GmbH

ERDBAU • TRANSPORTE • RECYCLING

Lindenweg 12 · 6265 Hart i.Z. · Austria · www.erdbau-thanner.at
 Telefon: 05288/62548 · Fax: 05288/62548-3 · transporte-thanner@aon.at

MARKUS MOSER, JOHANNES KAMMERLANDER, MICHAEL TRITTHART, STEFAN JANU, HANNES BURGER

Abflussmessungen in Wildbachgerinnen mit FlowSens – Fließgeschwindigkeiten und abgeleitete Fließrauigkeiten

Discharge measurements in torrents with FlowSens – flow velocities and derived roughness coefficients

Zusammenfassung:

Die Berechnung der Abflusskapazität von Wildbachgerinnen gehört sicherlich zu den Kernaufgaben in Planung und Projektierung von Schutzmaßnahmen, Abgrenzung von Gefahrenzonen und Sachverständigengutachten. Der Fließvorgang in Wildbachgerinnen erfolgt unter freier Wasseroberfläche und es sind Feststoffe in Form von Geschiebe oder Wildholz beigemischt. Zur Berechnung müssen zahlreiche Vereinfachungen angenommen werden: eine davon ist ein mittlerer Fließrauigkeitsbeiwert, der aus Tabellenwerten gutachterlich ermittelt werden muss. Da dieser Beiwert eine große Bandbreite aufweist und Feldmessungen in Wildbachgerinnen nur spärlich vorhanden sind, wurde nun versucht, mit dem Messgerät FlowSens die Fließgeschwindigkeiten und Abflüsse direkt zu messen und daraus Erkenntnisse für die Wahl passender Fließrauigkeiten abzuleiten.

Stichwörter:

Geschwindigkeitsmessung, Abflussmessung, Feldmessungen, Fließrauigkeiten

Abstract:

The calculation of discharge capacities for torrents is one of the main tasks in planning and designing protection measures, delineating hazard zones and preparing expert opinions. In torrents, the flow behavior is characterized by a free surface flow and needs to be calculated for bankfull discharges with solid-transport bedload and woody debris. Numerous simplifications have to be assumed for the calculation, mostly with advisory determination of roughness coefficients taken from tables. Since these coefficients have large bandwidths and direct field measurements are rare, it has now been attempted to measure the flow velocities and discharges directly with FlowSens to derive appropriate values for roughness coefficients.

Keywords:

Velocity measurement, discharge measurement, field measurements, roughness coefficients

Einleitung

Die Kenntnis über die Abflusskapazität von Gerinnen ist eine entscheidende Grundlage für zahlreiche Aufgabenfelder der Wildbachverbauung (bspw.: Gefahrenzonenplanung oder Projektierung). Mit Abflusskapazität ist hierbei der Maximalabfluss (bordvoller Abfluss) gemeint, welcher unter den gegebenen Umständen schadlos abgeführt werden kann. In unverbauten Wildbächen ist die reine Abflusskapazität von untergeordneter Bedeutung, zumal im Ereignisfall zumeist mit Geschiebeablagerungen, Wildholzverkeilungen oder sonstigen negativen Einflüssen zu rechnen ist. Aufgrund der zunehmenden Schutzmaßnahmen zur Geschiebe- und Wildholzdosierung in den Mittelläufen, tritt die Frage nach der Abflusskapazität aber vermehrt in den Vordergrund. Gerade in Bachstrecken unterhalb von Retentionssperren muss gewährleistet sein, dass der Beckenausfluss auch schadlos im Unterlaufgerinne abgeführt werden kann.

Die Berechnung der Abflusskapazität erfolgt in der Regel mit Geschwindigkeitsformeln und der Querprofilgeometrie. In der Praxis ist hierfür zur Berechnung der Fließgeschwindigkeit die Stricklerformel (STRICKLER, 1923) seit alters her weit verbreitet:

$$v = K_{ST} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad [1]$$

Hierbei ist v die mittlere Fließgeschwindigkeit (m/s) im Querprofil, R der hydraulische Radius (m), I die Sohlneigung (m/m) und K_{ST} ein empirischer Rauheitsbeiwert ($m^{0,33}/s$), genau genommen für die Ufer- und Sohlrauigkeit. Die Stricklerformel ist eine verhältnismäßig einfach anzuwendende Formel und eigentlich nur für flache Sohlneigungen bis zu 2,3 % entwickelt. Trotzdem ist diese Formel seit Generationen auch für Wildbäche in Verwendung und auch Grundlage zahlreicher Simulati-

onsmodelle. Der hydraulische Radius und die Sohlneigung sind im Felde meistens noch einfach zu bestimmen, die Wahl des Rauigkeitsbeiwerts (Stricklerbeiwert K_{ST}) ist nach wie vor mit Unsicherheiten verbunden. Dieser Stricklerbeiwert ist je nach Gerinneform und -rauigkeit festzulegen; für Wildbäche mit grober Sohle ist der Stricklerbeiwert auch noch von der jeweiligen Fließtiefe bzw. der relativen Überdeckung (Fließhöhe / D_{90}) abhängig (Ferguson, 2010). Die „richtige“ Wahl wird mittels Tabellenwerten erleichtert, welche für unterschiedliche Gerinnetypen und -formen eine gewisse Bandbreite an Stricklerbeiwerten vorgeben. Diese Tabellenwerke basieren in den allermeisten Fällen auf Naturmessungen in verhältnismäßig flachen Gerinnen (Preißler und Bollich (1980), Lange und Lecher (1986)). Eine umfangreiche, für die praktische Anwendung der Wildbachverbauung geeignete Evaluierung für steile Gerinne steht bislang noch aus. Zwar ist mit der langjährigen Anwendung dieser Formel auch die Erfahrung entsprechend gewachsen, allerdings sollten auch Erfahrungswerte objektiv überprüft und gegebenenfalls angepasst werden.

Ziel

Da Feldmessungen von Abflüssen für Wildbachgerinne sehr spärlich vorhanden sind, wurde nun versucht, mit dem Messgerät FlowSens (OTT MF pro) die Fließgeschwindigkeiten und Abflüsse in Wildbächen mit unterschiedlichen Ufer- und Sohlzuständen zu messen und daraus Erkenntnisse für die Wahl passender Fließrauigkeiten abzuleiten. Weiters kann damit auch ein Beitrag dazu geleistet werden, in welchen Bandbreiten sich die Fließgeschwindigkeiten in Wildbachgerinnen bei den jeweiligen Abflussmengen und Gerinnecharakteristika (Profiltyp, Sohlneigung) bewegen. Die vorliegenden Daten stammen aus 19 Messungen von Unterlaufgerinnen mit Sohl-

neigungen zwischen 0,5 und ~4 %, Gerinnenbreiten zwischen 1,5 und 10 m und gemessenen Abflüssen bis zu 20 m³/s. Die untersuchten Wildbachgerinnetypen erstrecken sich von Natursohle mit Grobsteinschichtung (GSS), Natursohle mit Bruchsteinmauerwerk, Sohle und Böschung mit Bruchsteinmauerwerk und gemischten Profilen mit Natursohle und Böschung aus Beton sowie Grobsteinschichtung.

Messprinzip

Beim Messgerät FlowSens (OTT MF pro) handelt es sich um eine magnetisch-induktive Messsonde,

mit der die eindimensionale Fließgeschwindigkeit an einem bestimmten Punkt gemessen werden kann. Wird die Sonde entgegen die Fließrichtung ausgerichtet, entspricht die gemessene Anströmgeschwindigkeit der Fließgeschwindigkeit in diesem Punkt (lokale Fließgeschwindigkeit).

In offenen Gerinnen variiert die Fließgeschwindigkeit über das Querprofil erheblich. Bei ungestörten Abflussverhältnissen (gleichförmiger Abfluss) nimmt die Fließgeschwindigkeit in Richtung der Gerinneberandung (Sohl- und Ufernähe) stark ab und erreicht nahe der Wasseroberfläche in Bachmitte ihr Maximum.



Abb. 1: Abflussmessung mit FlowSens OTT MF Pro

Fig. 1: Discharge measurement with FlowSens OTT MF Pro

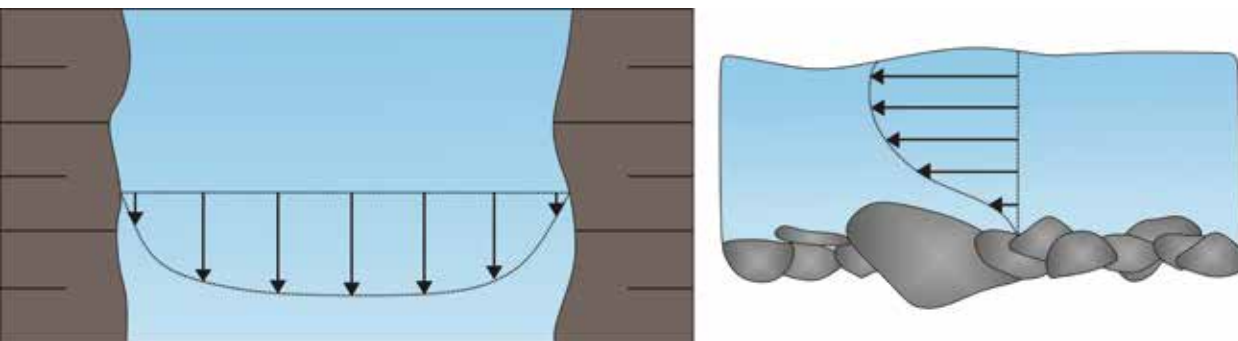


Abb. 2: Typische Geschwindigkeitsverteilung in einem rauen Gerinne; die Länge der Pfeile symbolisiert die Fließgeschwindigkeit

Fig. 2: Lateral and vertical velocity profile in a rough stream

Für den Ingenieur ist die mittlere Fließgeschwindigkeit im Querprofil von Bedeutung; diese entspricht dem Mittelwert der quer- und höhengerichteten Geschwindigkeitsverteilung. Zur Bestimmung dieser mittleren Fließgeschwindigkeit ist die lokale Fließgeschwindigkeit an mehreren Lotrechten zu messen (zwischen 5 bis 10 je Querprofil) und durch gewichtete Mittelwertbildung zu berechnen. In relativ seichten Wildbächen eignet sich hierfür die 2-Punkt Methode, wonach in jeder Messlotrechten die Fließgeschwindigkeit einmal in Sohlhöhe (Messhöhe = 20 % vom aktuellen Wasserstand) und einmal in Oberflächennähe (Messhöhe = 80 % vom aktuellen Wasserstand) zu messen ist. Über die gewichtete Mittelwertbildung (über die Höhe und die Querrichtung) lässt sich dann die mittlere Fließgeschwindigkeit berechnen.

Bestimmung des Stricklerbeiwerts aus direkter Messung und Ableitung für bordvolle Querschnitte

Ausgehend von der „gemessenen“ mittleren Fließgeschwindigkeit im Querprofil wird der Stricklerbeiwert durch Umformen der Formel 1 ermittelt und nachfolgend als „gemessener“ Stricklerbeiwert bezeichnet:

$$K_{ST} = v / (R^{2/3} * I^{1/2}) \quad [2]$$

In rauen Wildbächen mit relativen Überdeckungen (Fließhöhe / D_{90}) von weniger als 5 unterscheidet sich der Stricklerbeiwert in einem Querprofil auch in Abhängigkeit der Fließhöhe. Bei kleinen Fließhöhen ist oftmals ein sehr niedriger Stricklerbeiwert notwendig, um mit der Formel 1 die gemessenen Fließgeschwindigkeiten zu erhalten. Für die Berechnung der Abflusskapazität in einem Wildbachgerinne ist der Stricklerbeiwert für den bordvollen Abfluss notwendig. Die

Geschwindigkeitsmessung bei bordvollen Abflüssen mitsamt einer Rückrechnung des Stricklerbeiwerts gestaltet sich allerdings aus zwei Gründen als sehr schwierig: zum einen treten bordvolle Abflüsse sehr selten und nur kurzzeitig auf und zum anderen erschweren die hohen Strömungskräfte und der einhergehende Geschiebetransport die Messungen solcher Abflüsse ungemein. Um dennoch eine Aussage zum Stricklerbeiwert bei bordvollem Abfluss $K_{ST, \text{bordvoll}}$ zu erhalten, können die „gemessenen“ Stricklerbeiwerte entsprechend umgerechnet werden:

$$K_{ST, \text{bordvoll}} = (3,9528 * (2 * \ln(R_{\text{bordvoll}} / k_s) + 5) / R_{\text{bordvoll}}^{1/6}) \quad [3]$$

Hierin ist R_{bordvoll} der hydraulische Radius bei bordvollem Abfluss und k_s die absolute Rauheitshöhe (m), welche über das Abflussspektrum näherungsweise konstant bleibt und daher aus dem „gemessenen“ Stricklerbeiwert K_{ST} und dem gemessenen hydraulischen Radius R rückgerechnet werden kann:

$$k_s = R / \exp(-2,5 + 0,1265 * R^{1/6} * K_{ST}) \quad [4]$$

Diese Methode zur Ermittlung des Stricklerbeiwerts bei bordvollem Abfluss basiert auf dem universellen Fließgesetz und dem darin enthaltenen logarithmischen Geschwindigkeitsprofil, welches bei rauen Wildbächen oftmals nicht völlig zutreffend ist (Anwendungsgrenze in Anlehnung an Naudascher (1987): $5 > R/k_s > 250$, in Wildbachgerinnen wird die untere Grenze oftmals nicht erreicht). Trotzdem ergeben sich durch diese Umrechnung plausible Werte und stellen eine vertretbare Alternative dar, solange keine Messwerte von bordvollen Abflüssen vorliegen.




Wildbachgerinnetypen

Der Wunsch möglichst viele Wildbachgerinne beginnend von unverbaut bis total ausgebaut zu messen, stößt einerseits hinsichtlich der verwendeten Messmethode mit FlowSens an Grenzen, andererseits ist es äußerst schwierig Hochwasserabflüsse anzutreffen. Mit dem Gerät FlowSens ist man auf das Vorhandensein von Brücken angewiesen, da man mittels Messstange die Abflussmessungen durchführt und eine direkte Messung im Bach nur bei sehr niedrigen Abflüssen möglich ist. Im Zuge der Messungen der letzten Jahre konnten 4 verschiedene Wildbachgerinnetypen mit brauchbaren Abflüssen erfasst werden.

Abb. 3: Wildbachgerinnetypen mit Abfluss- und Fließgeschwindigkeitsmessungen

Fig. 3: Torrent channel types with discharge and flow velocity measurements



Natursohle mit Böschung in GSS <i>Schöttlbach</i>	Natursohle mit Böschung in GSS <i>Bachname [Querprofil im hm]</i>	Sohle [m]	Böschung [li.1: m/re. 1: n]	Profiltiefe [m]	Neigung [%]
	Oberste Mur im hm 85.2	9	0.1/0.1	2	3.5
	Enns im hm 18	8	0.1/0.1	1.5	2.0
	Donnersbach im hm 124.75	10.8	0/0	2	1.26
	Lessachbach im hm 4.0	9.5	0/0	1.8	1.1
	Lignitzbach im hm 0.5	4,5	0/0	3.0	1.2
	Schöttlbach im hm 4.80	8	1/1	2.5	1.5
Natursohle; Böschung Bruchsteinmauer <i>Oberste Mur</i>	Natursohle; Böschung Bruchsteinmauer <i>Bachname [Querprofil im hm]</i>	Sohle [m]	Böschung [li.1: m/re. 1: n]	Profiltiefe [m]	Neigung [%]
	Oberste Mur im hm 71.3	10	0/0	2	0.9
	Gödersdorfer-Feistritzbach im hm 16.50	4	0.2/0.2	1.5	2.0
	Leisnitzbach im hm 0.5	5	0.1/0.1	1.5	2.0
	Zederhausbach im hm 9.0	9	0/0	3.0	0.8
	Taurach Tweng im hm 107.8	5	0/0	2.5	1.0
	Schöttlbach im hm 7.40	8	0/0	2.5	3.0
Böschung und Sohle mit Bruchsteinpflasterung <i>Wattenbach</i>	Sohle/Böschung mit Bruchsteinpflasterung <i>Bachname [Querprofil im hm]</i>	Sohle [m]	Böschung [li.1: m/re. 1: n]	Profiltiefe [m]	Neigung [%]
	Lichtmessbach im hm 5.3	1.9	0/0	1.8	2.2
	Reiche Liesing im hm 54.3	2.5	1/1	2.0	1.0
	Zauchbach im hm 18.4	2.6	1/1	2	2
	Nötschbach im hm 13.7	2.0	2/2	3	1.3
	Kokrabach im hm 6.0	2.0	1/1	2	3.7
	Wattenbach im hm 7.0	5.0	0/0	1.8	1.0
Sohle Natur mit Sohlswellen, Ufermauer aus Beton (links) und GSS (rechts) – <i>Eibenseebach</i>	Sohle Natur mit Sohlswellen, Ufermauer ans Beton (links) und GSS (rechts)	Sohle [m]	Böschung [li.1: m/re. 1: n]	Profiltiefe [m]	Neigung [%]
Eibenseebach im hm 2.6	Eibenseebach im hm 2.6	3.25	0.05/0.25	2.45	1.8

Messstandorte und Profilkenndaten

Während der Messreihe ist an 19 Standorten

gemessen worden. Die Kenndaten der Standorte und Profile sind im Folgenden nach Gerinnetyp aufgelistet:

Tab. 1: Querprofilkenndaten

Tab. 1: Cross-sections characteristics

Messergebnisse – Natursohle mit Böschung in GSS

Die Messungen an Profilen mit Natursohle und Böschung mit Grobsteinschichtung (GSS) für Abflüsse zwischen 2.2 und 19.2 m³/s und Abflusstiefen zwischen 0.44 und 1.20 m ergaben Fließ-

geschwindigkeiten in einer Bandbreite zwischen 1.2 (v_{Sohle}) und 2.6 m/s (v_{Oben}), sowie maximale, lokale Fließgeschwindigkeiten von bis zu 4.0 m/s. Die Sohlneigungen lagen in einer Bandbreite zwischen 1.0 und 3.5 % (Tab. 2).

Bachname [Querprofil im hm]	Kenndaten und Ergebnisse der Messung				
	Anzahl Messlot- rechte	Abflusstiefe _{max} [m]	Mittlere Fließ- geschwindigkeit $v_{\text{OBER}}/v_{\text{SOHLE}}$ [m/s]	v_{MAX} [m/s]	Abfluss [m ³ /s]
Oberste Mur im hm 85.2	7	1.20	2.4/1.5	3.9	19.2
Enns im hm 18	6	0.66	2.4/1.9	3.2	7.9
Donnersbach im hm 124.75	6	0.86	1.7/2.0	2.7	16.4
Lessachbach im hm 4.0	6	0.59	1.6/1.0	2.4	6.7
Lignitzbach im hm 0.5	6	0.44	1.2	1.5	2.2
Schöttlbach im hm 4.80	5	0.80	2.6	4.0	16.3

Tab. 2: Messergebnisse Naturgerinne mit Böschung in GSS

Tab. 2: Measurement results for natural channel with side slope in placed rockfill

Im Oberlauf der Mur (Oberste Mur im hm 85.2) konnte ein relativ großes Abflussereignis gemessen werden. Der halbe bordvolle Abfluss mit 19.2 m³/s zeigte ein turbulentes Abflussverhalten mit Geschiebetransport und einer starken

Abnahme der Fließgeschwindigkeit in Richtung Böschungsrand. Ca. in Profilmittte lagen die höchsten Fließgeschwindigkeiten mit 4 m/s und mit 2.4 m/s auf Höhe der Bachsohle.

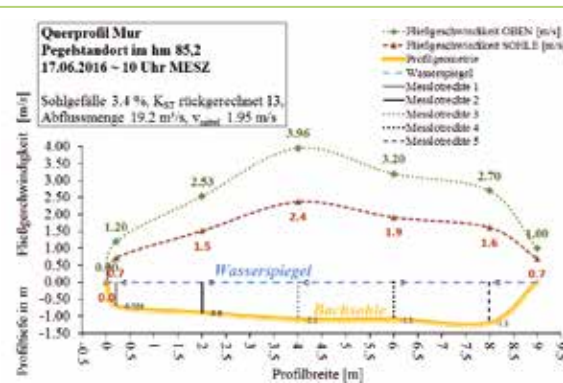


Abb. 4: Beispiel Oberste Mur im hm 85.2; Profilgeometrie, Fließgeschwindigkeiten sowie Durchflussmenge je Messlotrechte

Fig. 4: Example Oberste Mur hm 85.2; cross-sections geometry, flow velocity and flow discharge per measured verticals

Messergebnisse – Natursohle mit Böschung in Bruchsteinmauerwerk

Profile mit Natursohle und Böschung in Bruchsteinmauerwerk lieferten bei Sohlneigungen von 0.8 bis 3.0 % Abflüsse zwischen 1.6 und

19.7 m³/s und maximale, lokale Fließgeschwindigkeiten von bis zu 3.5 m/s. Die mittleren Fließgeschwindigkeiten lagen deutlich unter diesem Maximalwert, an der Sohle reicht die Bandbreite von 0.7 bis 1.5 m/s und unterhalb der Wasseroberfläche von 1.4 bis 2.4 m/s.

Bachname [Querprofil im hm]	Kenndaten und Ergebnisse der Messung				
	Anzahl Messlot- rechte	Abflusstiefe _{max} [m]	Mittlere Fließ- geschwindigkeit $v_{\text{OBER}}/v_{\text{SOHLE}}$ [m/s]	v_{MAX} [m/s]	Abfluss [m ³ /s]
Oberste Mur im hm 71,3	7	1.08	2.0/1.5	2.7	19.7
Gödersdorfer-Feistritzbach im hm 16.5	5	0.41	1.4/1.1	1.6	1.6
Leisnitzbach im hm 0.5	6	0.59	1.6/1.1	2.5	3.9
Zederhausbach im hm 9.0	4	0.92	2.0/1.2	2.2	7.7
Taurach Tweng im hm 107.8	5	0.5	1.5/0.7	1.5	3.8
Schöttlbach im hm 7.40	5	0.8	2.35	3.5	16.2

Tab. 3: Messergebnisse Natursohle mit Böschung in Bruchsteinmauerwerk

Tab. 3: Measurement results for natural channel with natural stone masonry

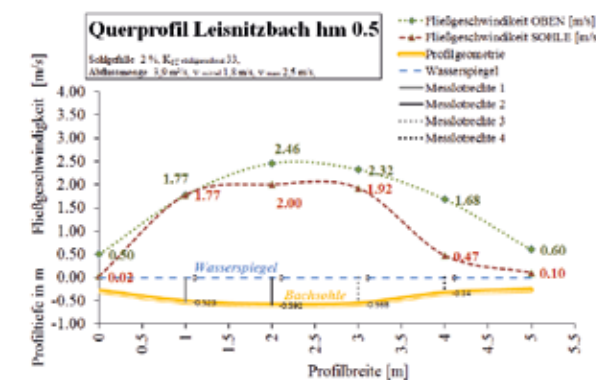


Abb. 5: Beispiel Leisnitzbach im hm 0.5; Profilgeometrie, Fließgeschwindigkeiten sowie Durchflussmenge je Messlotrechte

Fig. 5: Example Leisnitzbach hm 0.5; cross-sections geometry, flow velocity and flow discharge per measured verticals

Messergebnisse – Böschung und Sohle mit Bruchsteinen gepflastert

Sehr glatte Profile mit Bruchsteinpflasterung in der Sohle und Böschung lieferten die höchsten maximalen, lokalen Fließgeschwindigkeiten mit bis zu 5.5 m/s. Die mittleren Fließgeschwindigkeiten

lagen aufgrund der gleichen Fließrauigkeit von Sohle und Böschung nicht weit darunter. So lag der maximale Wert für den Kokrabach bei 3.6 m/s bei mittleren Fließgeschwindigkeiten von ca. 3.0 m/s sowohl an der Sohle als auch unterhalb der Wasserspiegeloberfläche.

Bachname [Querprofil im hm]	Kenndaten und Ergebnisse der Messung				
	Anzahl Messlotrechte	Abflusstiefe [m] ^{max}	Mittlere Fließgeschwindigkeit $v_{\text{OBER}}/v_{\text{SOHLE}}$ [m/s]	v_{MAX} [m/s]	Abfluss [m ³ /s]
Lichtmessbach im hm 5.3	4	0.31	1.6/2.5	3.0	1.5
Reiche Liesing im hm 54.3	3	0.26	1.2	1.7	0.8
Zauchbach im hm 18.4	3	0.21	3.2	3.9	1.4
Nötschbach im hm 13.7	5	0.68	3.7/2.3	5.5	9.5
Kokrabach im hm 6.0	3	0.30	3.0/3.0	3.6	1.5
Wattenbach im hm 7.0	4	0.37	1.6/1.4	2.6	2.3

Tab. 4: Messergebnisse Böschung und Sohle mit Bruchsteinen gepflastert

Tab. 4: Measurement results for side wall and sole with natural stone pavement

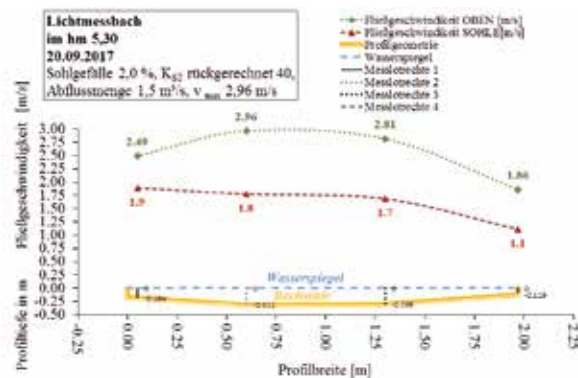


Abb. 6: Beispiel Lichtmessbach im hm 5.3; Profilgeometrie, Fließgeschwindigkeiten sowie Durchflussmenge je Messlotrechte

Fig. 6: Example Lichtmessbach hm 5.3; cross-sections geometry, flow velocity and flow discharge per measured verticals

Messergebnisse – Natursohle mit Sohlschwellen, Ufermauer aus Beton (links) und GSS (rechts)

Am Eibenseebach im hm 2.6 erfolgten zwei Messungen (zu unterschiedlichen Zeitpunkten) an je 9 Messlotrechten. Zwischen rechtem Ufer und Bachmitte wurden die höchsten Geschwindigkeiten gemessen: bei einem Abfluss von 1.4 m³/s betrug die maximale, lokale Fließgeschwindigkeit knapp 1.7 m/s. Die mittlere Geschwindigkeit war 1.0 m/s bei 1.4 m³/s und 0.6 m/s bei 0.5 m³/s. Der rückgerechnete K_{ST} liegt für dieses Profil zwischen 12 m^{0.33}/s (bei 0.5 m³/s) und 15 m^{0.33}/s (bei 1.4 m³/s), was nicht mit der visuel-

len Schätzung übereinstimmte; diese war höher. Der Grund dafür dürfte eine Sohlschwelle (bestehend aus unregelmäßig verlegten Wasserbausteinen; Absturzhöhe ca. 0.4 m) direkt oberhalb des Mess- und Pegelstandorts sein. Bei leicht erhöhten Abflüssen reicht der Wechselsprung im Unterwasser bis zum Messstandort und die Fließhöhen sind dort dadurch etwas höher als im unbeeinflussten Gerinne. Der Einfluss des Wechselsprungs auf das Fließverhalten zeigte sich auch anhand der nicht vorhandenen Geschwindigkeitsunterschiede entlang der Lotrechten: nahe der Sohle war die Fließgeschwindigkeit ähnlich wie nahe der Wasseroberfläche.

Bachname [Querprofil im hm]	Kenndaten und Ergebnisse der Messung				
	Anzahl Messlotrechte	Abflusstiefe [m] ^{max}	Mittlere Fließgeschwindigkeit $v_{\text{OBER}}/v_{\text{SOHLE}}$ [m/s]	v_{MAX} [m/s]	Abfluss [m ³ /s]
Eibenseebach im hm 2,6	9	0.5	1.0/1.0	1.7	1.4
Eibenseebach im hm 2,6	9	0.3	0.5/0.7	1.3	0.5

Tab. 5: Messergebnisse Natursohle mit Sohlschwellen, Ufermauer aus Beton (links) und GSS (rechts)

Tab. 5: Measurement results for natural channel with bed sill, concrete side walls (left side) and placed rockfill (right side)

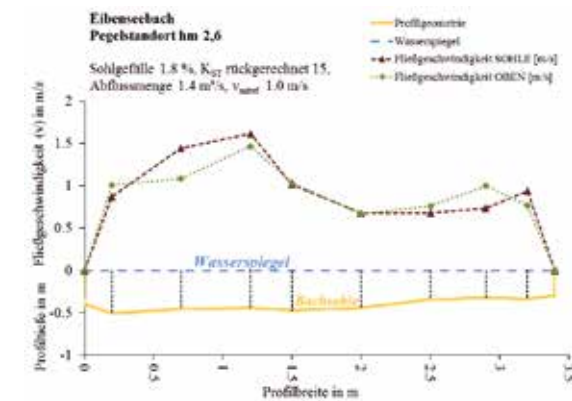


Abb. 7: Beispiel Eibenseebach im hm 2.6 bei 1.4 m³/s Abfluss; Profilgeometrie, Fließgeschwindigkeiten sowie Durchflussmenge je Messlotrechte

Fig. 7: Example Eibenseebach im hm 2.6 at a discharge of 1.4 m³/s; cross-sections geometry, flow velocity and flow discharge per measured verticals

Abgeleitete Fließrauigkeiten

Auf Basis der gemessenen Abflussprofile sind mit der umgeformten Stricklerformel (Formel 2)

die Fließrauigkeitsbeiwerte rückgerechnet worden. Diese sind im Folgenden gegliedert nach Gerinnetyp aufgelistet:

Bachname [Querprofil im hm]	Mittelwert je Querprofil – Fließrauigkeiten Messung und bordvoller Abfluss			
	Hydr. Radius R [A/U] Messung	Fließrauigkeit Messung nach Strickler rückgerechnet [K_{ST} ($m^{1/3}/s$)]	Hydr. Radius R [A/U] Bordvoll	Fließrauigkeit Bordvoll nach Strickler rückgerechnet [$K_{ST, bordvoll}$ ($m^{1/3}/s$)]
Oberste Mur im hm 85.2	0.75	13	1.38	16
Enns im hm 18.0	0.41	27	1.09	31
Donnersbach im hm 124.75	0.65	20	1.46	23
Lessachbach im hm 4.0	0.69	16	1.41	20
Lignitzbach im hm 0.5	0.46	15	1.06	20
Schöttlbach im hm 4.80	0.75	25	1.33	27

Tab. 6: Fließrauigkeiten rückgerechnet – Natursohle mit Böschung GSS

Tab. 6: Back-calculated roughness coefficients - natural channel with side slope in placed rockfill

Bachname [Querprofil im hm]	Mittelwert je Querprofil – Fließrauigkeiten Messung und bordvoller Abfluss			
	Hydr. Radius R [A/U] Messung	Fließrauigkeit Messung nach Strickler rückgerechnet [K_{ST} ($m^{1/3}/s$)]	Hydr. Radius R [A/U] Bordvoll	Fließrauigkeit Bordvoll nach Strickler rückgerechnet [$K_{ST, bordvoll}$ ($m^{1/3}/s$)]
Oberste Mur im hm 71,3	0.81	24	1.15	25
Gödersdorfer-Feistritzbach im hm 16.5	0.25	24	1.00	30
Leisnitzbach im hm 0.5	0.36	33	0.93	37
Zederhausbach im hm 9,0	0.49	26	1.8	30
Taurach Tweng im hm 107.8	0.42	20	1.1	25
Schöttlbach im hm 7.40	0.65	22	1.71	26

Tab. 7: Fließrauigkeiten rückgerechnet – Natursohle mit Böschung Bruchsteinmauerwerk

Tab. 7: Back-calculated roughness coefficients - natural channel with natural stone masonry

Bachname [Querprofil im hm]	Mittelwert je Querprofil – Fließrauigkeiten Messung und bordvoller Abfluss			
	Hydr. Radius R [A/U] Messung	Fließrauigkeit Messung nach Strickler rückgerechnet [K_{ST} ($m^{1/3}/s$)]	Hydr. Radius R [A/U] Bordvoll	Fließrauigkeit Bordvoll nach Strickler rückgerechnet [$K_{ST, bordvoll}$ ($m^{1/3}/s$)]
Lichtmessbach im hm 5.3	0.22	40	0.62	43
Reiche Liesing im hm 54.3	0.19	35	0.62	43
Zauchbach im hm 18.4	0.23	41	0.70	43
Nötschbach im hm 5.3	0.47	36	0.77	43
Kokrabach im hm 6.0	0.21	45	0.79	47
Wattenbach im hm 7.0	0.28	35	1.1	39

Tab. 8: Fließrauigkeiten rückgerechnet – Böschung und Sohle mit Bruchsteinen gepflastert

Tab. 8: Back-calculated roughness coefficients - side wall and sole with natural stone pavement

Bachname [Querprofil im hm]	Mittelwert je Querprofil – Fließrauigkeiten Messung und bordvoller Abfluss			
	Hydr. Radius R [A/U] Messung	Fließrauigkeit Messung nach Strickler rückgerechnet [K_{ST} ($m^{1/3}/s$)]	Hydr. Radius R [A/U] Bordvoll	Fließrauigkeit Bordvoll nach Strickler rückgerechnet [$K_{ST, bordvoll}$ ($m^{1/3}/s$)]
Eibenseebach im hm 2.5	0.34	15	1.1	21
Eibenseebach im hm 2.5	0.23	12	1.1	21

Tab. 9: Fließrauigkeiten rückgerechnet – Natursohle mit Sohlswellen, Ufermauer aus Beton (links) und GSS (rechts)

Tab. 9: Back-calculated roughness coefficients - natural channel with bed sill, concrete side walls (left side) and placed rockfill (right side)

Vergleich der gemessenen und berechneten Ergebnisse mit Tabellenwerten

Nachfolgende Grafiken zeigen einen Vergleich der gemessenen und berechneten Fließrauigkeiten mit gemittelten Tabellenwerten aus der Literatur nach Preißler und Bollrich (1980) sowie Lange und Lecher (1986). Die gutachterlich ermittelten

Tabellenwerte sind nur grobe Anhaltspunkte, da je nach verwendeter Literatur auch andere Kennzahlen verwendbar sind. Es zeigt sich im Vergleich mit den gemessenen und rückgerechneten Werten bei bordvollem Abfluss, dass für die aus wildbachtechnischer Sicht glatten Sohlen die Tabellenwerte viel höher sind, die Ergebnisse mit Natursohle und Böschung in Grobsteinschichtung liegen wesentlich näher bei den Tabellenwerten.

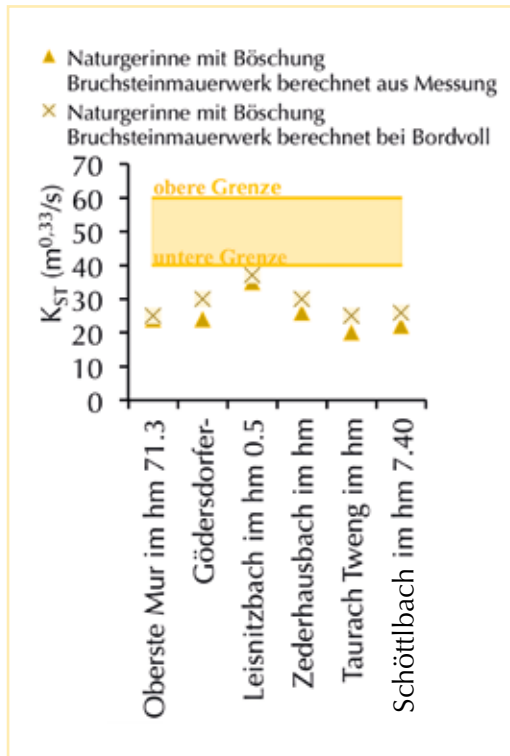
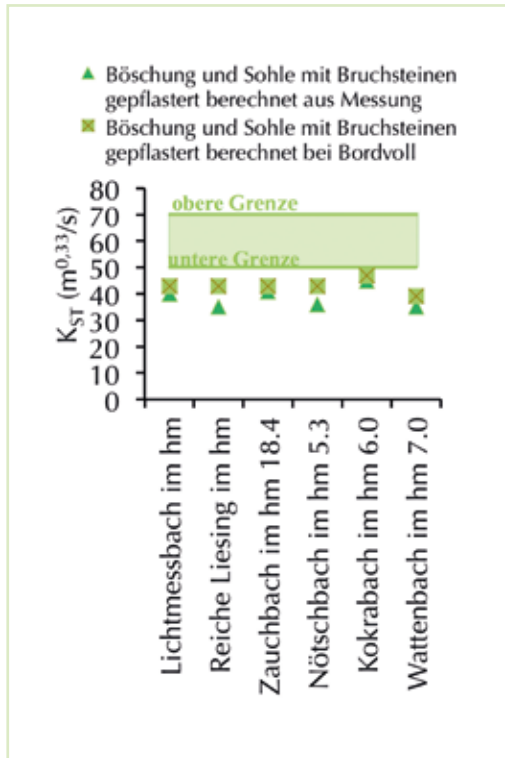
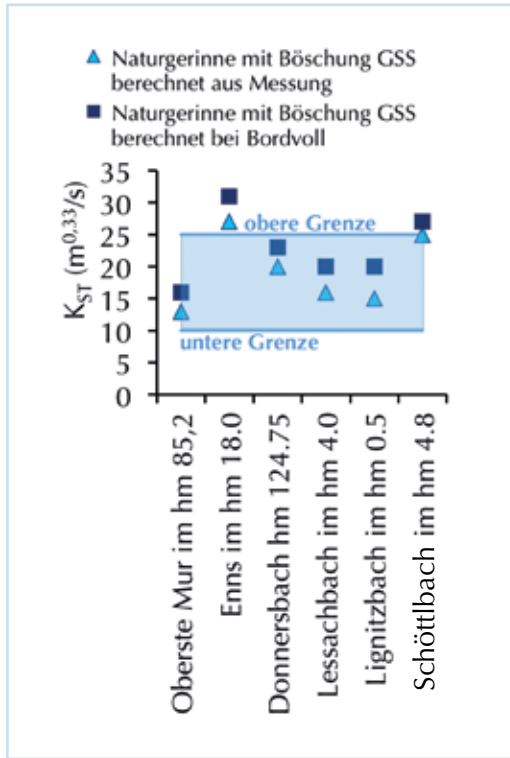


Abb. 8:
Vergleich von gemessenen und berechneten Fließrauigkeitsbeiwerten mit Tabellenwerten

Fig. 8:
Comparison between measured and calculated roughness coefficients with table values

Diskussion und Schlussfolgerungen

Die durchgeführten Messungen geben grobe Anhaltspunkte für Fließgeschwindigkeiten und abgeleitete Fließrauigkeiten in Wildbachgerinnen. Mit der verwendeten magnetisch-induktiven Messmethode mit eindimensionaler Fließgeschwindigkeitsbestimmung an einem bestimmten Punkt über ein Gestänge ergeben sich Grenzen in der Anwendung. Die Messungen waren meistens nur von Brückenstandorten aus möglich und repräsentieren vordergründig Messungen des Reinwasserabflusses. Geschiebe wurde im Zuge der Messung über das Gestänge nur „erfühlt“, ein Sensor wurde bei der Messung am Nötschbach durch Geschiebetrieb beschädigt. Die Messungen am Nötschbach zeigten darüber hinaus die Grenzen der Anwendbarkeit. Bei hohen Brücken ist die Belastung des Gestanges (Länge 5–6 m und starke Durchbiegung) sehr groß, bei Oberflächengeschwindigkeiten von ca. 5.5 m/s war es kaum mehr möglich das Gestänge im Wasser zu halten. Abgesehen von weiteren Grenzen in der Anwendung, etwa bei starker Wildholzföhrung und hohen Abflüssen (hier wird es schwierig eine 2-Punktmessung umzusetzen, da man das Gestänge nicht mehr halten kann), konnten gute Abflüsse gemessen und Fließrauigkeiten rückgerechnet werden. Da Hochwässer aber unangekündigt stattfinden, z.B. am Wochenende oder in der Nacht, ist die Erfassung des Hochwasserscheitels eher schwierig, meistens ist man lange nach dem Scheitel am Messstandort und kann nur mehr Messungen bei ablaufender Welle erfassen. Trotzdem bekommt man bei der Durchführung von Geschwindigkeitsmessungen einen guten Einblick in das Fließverhalten von Wildbächen, bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten und aufgrund unterschiedlicher Einflüsse der Wand- und Sohlrauigkeit bzw. auch bei Wildholz- und

Geschiebeföhrung. Durch diese direkten Messungen und Analysen können auch die berechneten Fließgeschwindigkeiten und Abflüsse von der profilweisen ingenieurmäßigen Methode bis zu den 1D und 2D numerischen Modellen auf Plausibilität geprüft und entsprechend angepasst werden. Viele Modelle vereinfachen die Hydraulik sehr stark (z.B.: Limitierung der Fließgeschwindigkeit, etc...). Die Plausibilisierung der Ergebnisse durch direkte Messungen ist jedenfalls eine wichtige Qualitätssteigerung.

Eine Erkenntnis dieser Messungen ist sicherlich die Tatsache, dass eine reine Oberflächenmessung zu einer starken Überschätzung der mittleren Fließgeschwindigkeit föhrt, Abbildung 3 zeigt dies am Beispiel Oberste Mur sehr deutlich auf. Im Gegensatz zur mittleren Fließgeschwindigkeit lässt sich die Oberflächengeschwindigkeit allerdings relativ einfach im Feld bestimmen. Die Oberflächengeschwindigkeit in Bachmitte dürfte in den meisten Fällen in etwa der maximalen, lokalen Geschwindigkeit entsprechen. Die hier präsentierten Messergebnisse zeigen, dass die mittlere Fließgeschwindigkeit in etwa 70 % (+/- 15 %) der maximalen, lokalen Fließgeschwindigkeit (~Oberflächengeschwindigkeit) entspricht; dies ist nahezu unabhängig vom Wildbachgerinnetyp.

Ausblick

Weitere Messungen sind unbedingt erforderlich und werden auch im Rahmen der Arbeit des Fachbereichs Wildbachprozesse in den nächsten Jahren durchgeführt. 3 Messgeräte sind derzeit in Österreih im Einsatz und es ist daher die Chance sehr groß, auch größere Hochwasserabflüsse messen zu können und die Datenbank zu erweitern. Es zeigt sich aber in der Nachbetrachtung der Messungen aus den Jahren 2015–2017, dass bordvolle Abflüsse selten zu erwischen und schwierig

zu messen sind. In diesem Zusammenhang wären Modellversuche eine wertvolle Ergänzung zur Schließung der Lücke, da dort auch bordvolle Abflüsse erfasst und analysiert werden könnten.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Markus Moser
 Fachbereich Wildbachprozesse
 Wildbach- und Lawinenverbauung
 Gebietsbauleitung Lungau
 Johann Löcker Str. 3, 5580 Tamsweg
 markus.moser@die-wildbach.at

DI Dr. Johannes Kammerlander
 Fachbereich Wildbachprozesse
 Wildbach- und Lawinenverbauung
 Gebietsbauleitung Pongau,
 Flachgau und Tennengau
 Bergheimerstraße 57, 5021 Salzburg
 johannes.kammerlander@die-wildbach.at

PD DI Dr. Michael Tritthart
 Institut für Wasserwirtschaft,
 Hydrologie und konstruktiven Wasserbau
 Universität für Bodenkultur Wien
 Muthgasse 107, 1190 Wien
 michael.tritthart@boku.ac.at

DI Stefan Janu
 Fachbereich Wildbachprozesse
 Wildbach- und Lawinenverbauung
 Gebietsbauleitung Steiermark Nord
 Schönaustraße 50, 8940 Liezen
 stefan.janu@die-wildbach.at

DI Hannes Burger
 Wildbach- und Lawinenverbauung
 Gebietsbauleitung Kärnten Süd
 Meister-Friedrich-Strasse 2, 9500 Villach
 hannes.burger@die-wildbach.at

Literatur / References:

BRETSCHNEIDER, H., LECHER, K., SCHMIDT, M. (1993):
 Taschenbuch der Wasserwirtschaft, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin,
 7. Auflage

FERGUSON, R. (2010):
 Time to abandon the Manning equation? Earth Surface Processes and Land-
 forms 35, 1873-1876. DOI: 10.1002/esp.2091.

LANGE, G., LECHER, K. (1986):
 Gewässerregelung, Gewässerpflege. Verlag Paul Parey, Hamburg und Ber-
 lin.

NAUDASCHER, E. (1987):
 Hydraulik der Gerinne und Gerinnebauwerke. Springer Verlag, Berlin.

PREISLER G., BOLLRICH G. (1980):
 Technische Hydromechanik Band 1. VEB Verlag Berlin.



TRUMER
Schutzbauten
GmbH

- Steinschlagschutz
- Lawinenschutz
- Fels- und Hangsicherung





SICHERHEIT DURCH KOMPETENZ

Weißbach 106 · A-5431 Kuchl · Tel.: +43 (0)6244-20325 · Fax: +43 (0)6244-20325-11
 E-Mail: office@trumerschutzbauten.com · www.trumerschutzbauten.com

CHRISTIAN KIENBERGER

Sperrenbau Hühnergraben

Im Jahr 2009 kam es durch zwei kurz aufeinanderfolgende Starkregenereignisse zu zahlreichen, massiven Rutschungen im Opponitzer Hühnergraben. Die geologische Stelle der WLW bezifferte die leicht mobilisierbaren Ablagerungen mit einem Geschiebepotential von 12.000m³ sowie einer bei einem etwaigen Bemessungsereignis möglichen Geschiebefracht zwischen 6.000 und 8.000m³. Des Weiteren wurde dessen Charakteristik als murstoßfähig klassifiziert. Das gegenständliche Schutzprojekt besteht im Prinzip aus einem Wildholzrechen/Murbrecher und einer Filtersperre am Ende der Transitstrecke sowie einer Konsolidierungssperre zum Schutz der querenden Triebwasserleitung des Wasserkraftwerkes Opponitz, in dessen Verlandungskörper diese nun verläuft. Die Baugrubensicherung der Konsolidierungssperre musste aufgrund der schwierigen geologischen Verhältnisse (schluffreiche, tonführende Verwitterungsschwarte der Opponitzer Schichten mit einer Mächtigkeit von mehreren 10er m), einer reliktschen, vermutlich inaktiven orographisch rechten Großhangrutschung sowie Grabenflanken im absoluten Grenzgleichgewicht entsprechend umfangreich ausgeführt werden, weshalb im Folgenden nun kurz über diese referiert werden soll:

Da eine vollständige Sicherung mittels einer Spritzbeton-Nagelwand aus Kostengründen verworfen werden musste, wurde die

Baugrube zur Errichtung des Sperrenmittelteils sowie der Vorfeldwangen samt Vorsperre mittels einer Spundwand mit zwei Aussteifungsebenen gesichert. Die Aussteifungsebenen wurden dabei nach jeweils vorab festgelegten, maximal zulässigen Aushubtiefen eingebracht. Anschließend wurde die 1. Aussteifungsebene nach Fertigstellung der Fundamentplatte, welche deren Funktion übernahm, wieder entfernt. Da gemäß geotechnischer Baubegleitung eine maximal zulässige Sohldruckspannung von 150kN/m² ermöglicht wurde, musste ohnehin auf eine flächige Plattengründung zurückgegriffen werden.



Abb. 1: Die Spundwandsicherung mit den zwei Aussteifungsebenen kurz vor Abschluss der Aushubarbeiten



Abb. 2: Die Plattengründung mit der unteren Aussteifungsebene, welche nach Fertigstellung und Funktionsübergabe an diese entfernt wurde

Danach wurde der erste Bauabschnitt bis knapp unterhalb der 2. Aussteifungsebene hergestellt. Nach der Hinterfüllung des Arbeitsraumes zwischen Spundwand und Sperre/Vorfeldwangen wurden die 2. Aussteifungsebene demontiert und die Spundbohlen gezogen. Die anschließende Aushubsicherung der Flügel erfolgte mittels einer Spritzbeton-Nagelwand, so dass die Sperre Ende des Jahres 2016 fertiggestellt werden konnte.

Anschrift des Verfassers

DI Christian Kienberger
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Niederösterreich West
Josef Adlmanseder-Straße 4, 3390 Melk
christian.kienberger@die-wildbach.at



Abb. 3: Der 1. Bauabschnitt mit der Aushubsicherung der Flügel mittels Spritzbeton-Nagelwand



Abb. 4: Die fertiggestellte Konsolidierungssperre kurz nach Abschluss der Bauarbeiten

THOMAS FRANDL, WOLFGANG SCHILCHER

Schneedruckabwehr Gemeinde Schröcken

Im Jänner 2012 kam es in großen Teilen Vorarlbergs zu Schneerutschen. Massiv betroffen war die Gemeinde Schröcken am Hochtannberg/Bezirk Bregenz, die Parzellen Wald, Nesslegg und Steinigwies und in diesem Bereich auch die Landesstraße L 200, welche gesperrt werden musste. Bei der Ausarbeitung des Verbauungsprojektes kam erschwerend hinzu, dass die Steinigwieslawine im Bemessungsfall von der Höfergratlawine überfahren werden kann. Eine Verbauung der Steinigwieslawine durch herkömmliche Stützverbauungen schied daher aus. Es wurde ein Druckweg errichtet und im Abbruchgebiet der Steinigwieslawine wurden Querhölzer aus Robinien (L = 6,0 m, DN = 28/30 cm)) errichtet. Diese Querhölzer dienen zur Erhöhung der Bodenrauigkeit und überstehen

ein Überfahren von der Höfergratlawine. Die einzelnen Querhölzer werden auf zwei Unterlagshölzer (L = 0,7–1,0 m, DN = 28/30 cm) gelagert, welche mit jeweils einem Gewindestab (DN = 20 mm) mit dem Querholz verbunden sind. Verankert werden die Querhölzer mit jeweils 2 Gewistäben (DN = 28 mm), die Bedarfslängen ergeben sich aus den Zugversuchen (im konkreten Fall 4,0 m). Die einzelnen Querhölzer werden schachbrettartig in einem Abstand von 6–7 m Höhenunterschied in der Falllinie angeordnet. Diese Bautype wurde bereits in ähnlicher Form vor ca. 25 Jahren in der Gemeinde Lech bei der Kriegerhorn-SO-Hanglawine von der Skiliftgesellschaft errichtet. Es wurde im Baufeld Schneedruckabwehr Schröcken ein Einheitspreis von ca. 340,00 EUR/lfm erzielt.



Abb. 1: Montiertes Querholz

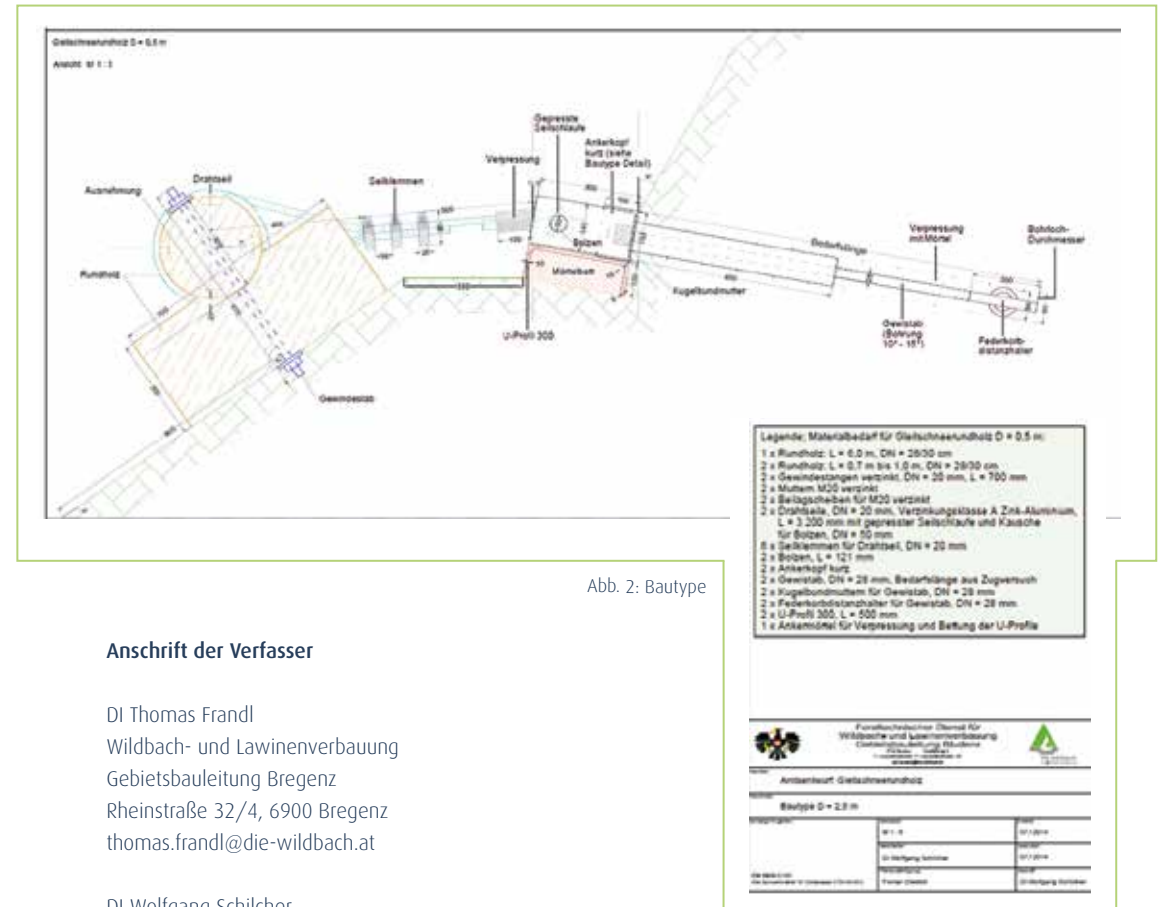


Abb. 2: Bautype

Anschrift der Verfasser

DI Thomas Frandl
 Wildbach- und Lawinenschutz
 Gebietsbauleitung Bregenz
 Rheinstraße 32/4, 6900 Bregenz
 thomas.frandl@die-wildbach.at

DI Wolfgang Schilcher
 Wildbach- und Lawinenschutz
 Gebietsbauleitung Bludenz
 Obere Feldweg 6, 6700 Bludenz
 wolfgang.schilcher@die-wildbach.at

CHRISTIAN SCHEIDL, MICHA HEISER, KLAUS KLEEBINDER, VERONIKA LECHNER,
GERHARD MARKART, WERNER RAMMER, RUPERT SEIDL, THOMAS THALER

PROTECTED oder die Auswirkung natürlicher Störungen im Schutzwald unter Berücksichtigung zukünftiger Klimaszenarien

Gebirgswälder leisten einen erheblichen Beitrag zum Schutz vor Naturgefahren im alpinen Lebens- und Verkehrsraum. Motta und Haudemand (2000) unterscheiden dabei zwischen indirekter (Standortschutzwald nach österr. Forstgesetz 1975) und direkter Schutzwirkung (Objektschutzwald nach österr. Forstgesetz 1975). Die indirekte Schutzwirkung des Waldes vor Naturgefahren bezieht sich beim Standortschutzwald auf die Erhaltung des Waldstandortes selbst. Durch Entgegenwirken der Bodenerosion, Verbesserung der hydrologisch-klimatischen Bedingungen am Standort und dem Erhalt der Ökosystemdienstleistungen wird indirekt die Disposition für Naturgefahrenprozesse wie Lawinen, Rutschungen, Steinschlag, Murgänge aber auch Sedimenttransport bis hin zu Hochwässern reduziert. Objektschutzwälder hingegen werden dann ausgeschieden, wenn Menschen, menschliche Siedlungen oder Anlagen bzw. kultivierte Böden von Elementargefahren bedroht sind. Objektschutzwäldern leisten also einen direkten Schutz vor Naturgefahrenprozessen deren Ablagerungsbereiche zum Beispiel raumrelevante Bereiche im Kompetenzfeld des forsttechnischen Dienstes der Wildbach- und Lawinerverbauung erreichen können.

Im Zusammenhang mit invariant auftretenden Naturgefahrenprozessen stellen Schutzwälder, auch wenn sie aktuell nur indirekte Schutzwirkungen erfüllen, einen wesentlichen Faktor in der Risikoreduktion von Naturgefahrenprozessen über längere Zeiträume auf großen potentiellen Dispositionsflächen dar. Folgt man einer risikobasierten Schutzwaldstrategie für die Gewährleistung der Schutzwirkung des Waldes gegen Naturgefahren (Anleitungen zur Hochlagenaufforstung, gezielte waldbauliche Pflegeanleitungen, etc.), so kann man vermuten, dass auch die finanziellen Aufwendungen solcher naturnahen Maßnahmengestaltungen geringer sind als bei technischen Verbauungen (Olschewski et al. 2012).

Hier sei jedoch angemerkt, dass solch ein Vergleich aufgrund fehlender quantitativer Erkenntnisse bezüglich der Schutzwirkung des Waldes zum momentanen Zeitpunkt eine offene Hypothese darstellt. Unbestritten ist hingegen, dass eine Kombination von technischen und naturnahen Maßnahmen das Auftreten von Naturgefahrenprozessen reduzieren kann. Diesem Ansatz wird bereits teilweise durch flächenwirtschaftliche Maßnahmenplanungen des forsttechnischen Dienstes Rechnung getragen. Auf internationaler Ebene wird momentan naturnahen Ansätzen zur Risikoreduktion (vor allem gegenüber Naturgefahrenprozessen) eine hohe Beachtung geschenkt. Die Erfahrungen und Erkenntnisse österreichischer Forschungseinrichtungen und Universitäten, öffentlicher Dienstzweige aber auch Ingenieurbüros können dabei mit Sicherheit einen wichtigen Beitrag liefern – speziell im „Ökosystem“ Wildbacheinzugsgebiet.

Wie ist es nun aber um die Zukunft des Schutzwaldes bestellt?

Daten der österreichischen Waldinventur aus 2015 (BM-LFUW, 2015) zeigen für mehr als die Hälfte aller ausgewiesenen Schutzwälder eine nicht zufriedenstellende regulative ökosystemare Dienstleistung – sprich der Schutzwald ist immer weniger in der Lage, seine Funktionen optimal zu erfüllen. Dies wird vor allem aufgrund fehlender Verjüngung auf verjüngungsnotwendigen Flächen mit einer prognostizierten Überalterung des Schutzwaldes begründet. Darüber hinaus erhöhen Störungen die verjüngungsnotwendigen Flächen, was umso problematischer ist, da vorhergehende Störungen signifikant die Wahrscheinlichkeit des Auftretens und der Intensität nachfolgender Störungen beeinflussen (Klopčič et al., 2009). Im Hinblick auf die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels auf Wälder sind die Hauptbedrohungen für die erwünschten schutzwirksamen Waldstruk-

turen natürliche Störungen wie Waldbrand, Windwurf, Schneebruch, Insektenbefall und Pilzkrankheiten. Der Klimawandel kann die Häufigkeit, Intensität, Dauer und den Zeitpunkt solcher natürlichen Störungen verändern. So ist für Europa beispielsweise eine klimabedingte Zunahme von Waldstörungen in den kommenden Jahrzehnten sehr wahrscheinlich (Seidl et al. 2014). Eine andere Studie von Seidl et al. (2009) prognostiziert für Österreich sogar bis zu sechsmal häufigere Borkenkäferschäden bis zum Ende des 21. Jahrhunderts, selbst bei mäßiger Erwärmung von etwas über 2 °C. Obwohl erhebliche Anstrengungen unternommen werden, um den Zustand von Schutzwäldern zu verbessern und Naturgefahren in Gebirgswäldern durch gezielte waldbauliche Behandlungsstrategien vorzubeugen – z. B.: Richtlinien wie die „Initiative Schutz durch Wald“, ISDW (Perzl 2008) oder "Nachhaltigkeit und Kontrolle im Schutzwald", Nais (Frehner et al., 2005) – werden die Auswirkungen klimabedingter Veränderungen natürlicher Störungsregime auf die Schutzfunktion in diesen Anleitungen weder vollständig berücksichtigt noch wissenschaftlich systematische vollständig untersucht.

Unser Beitrag.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Waldbau (BOKU, Wien) und dem Institut für Naturgefahren (BFW, Innsbruck) läuft am Institut für Alpine Naturgefahren (BOKU, Wien) bis 2019 PROTECTED, ein Pilotprojekt zur Erfassung des Einflusses von natürlichen Störungen im Schutzwald auf hydrogeomorphologische Prozesse. Im Detail werden dabei Auswirkungen natürlicher Störungen wie Wind und Käfer auf das Abflussregime und die Sedimentdisposition in vier ausgewählten Wildbacheinzugsgebieten untersucht. Dabei handelt es sich um die Einzugsgebiete des „Inneren Lehnertalbaches“ und „Äußeren Lehnertalbaches“, beide befinden sich im Stubaital, Tirol, sowie

um die Einzugsgebiete des „Klingfurtherbaches“ und „Ofenbaches“ in der Buckligen Welt, Niederösterreich. Die Einzugsgebiete unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Geologie, Geomorphologie, Waldstruktur und potentiellen Leitprozesse.

Basierend auf einem Ensemble von Waldlandschaftssimulationen, unter Berücksichtigung klimarelevanter Zukunftsszenarien, wird mittels iLand (<http://iland.boku.ac.at/>; 17.10.2017) der Einfluss von natürlichen Störungsregimen auf die Schutzwälder der ausgewählten Wildbacheinzugsgebiete bewertet. Die hydrologischen Auswirkungen aufgrund der Änderungen der „Waldlandschaft“ werden mit dem konzeptionellen Niederschlag-Abfluss Model ZEMOKOST (<https://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=9817>; 17.10.2017) simuliert. Für die Erfassung der Variabilität der Sedimentdisposition wird das deterministische Model GeoTop-FS (<http://geotopmodel.github.io/geotop/>; 17.10.2017) angewendet. Neben prozessbasierten Simulationen zielt PROTECTED auch auf eine Identifizierung der möglichen Risikobewältigungsstrategien sowie vorhandener Adaptionskapazitäten zur Verringerung eines potentiellen Verlustes der Schutzfunktion von Wäldern ab. Interesse und Bereitschaft von Forstexperten sich im Elementarrisikomanagement zu engagieren wird anhand einer breit aufgestellten Befragung erfolgen. Geplante Erkenntnisse in PROTECTED sind:

- Wie beeinflussen natürliche Störungen im Schutzwald das Ausmaß von hydrogeomorphologischen Wildbachprozessen?
- Wie groß sind die Änderungen des hydrologischen Regimes sowie der Sedimentdisposition aufgrund von natürlichen Störungen in Wildbacheinzugsgebieten mit unterschiedlichen Geomorphologien, Waldstrukturen und Leitprozessen?

- Sind die Änderungen so groß, dass zukünftige Forstmanagementstrategien darauf Rücksicht nehmen müssen?
- Welche Adaptionkapazitäten zur Verringerung eines potentiellen Verlustes der Schutzfunktion von Wäldern (aufgrund natürlicher Störungen) gibt es? Und wie groß sind das Interesse und die Bereitsichtigkeit von Forstexperten, sich im Elementarrisikomanagement zu engagieren?

PROTECTED wurde im Rahmen der 9. ACRP Ausschreibung 2016 genehmigt und wird vom Österreichischen Klima und Energiefonds unter der Klimafonds-Nr.:KR16ACOK13167 gefördert. (<http://protected.boku.ac.at/>; 17.10.2017).

Anschrift der Verfasser

Dr. Christian Scheidl, DI Micha Heiser, Dr. Thomas Thaler
Universität für Bodenkultur
Institut für Alpine Naturgefahren
Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien
christian.scheidl@boku.ac.at

Mag. Klaus Klebinder, DI^m Veronika Lechner,
Dr. Gerhard Markart
Bundeszentrums für Wald (BFW)
Institut für Naturgefahren
Rennweg 1, 6020-Innsbruck
klaus.klebinder@bfw.gv.at

Dr. Werner Rammer, Assoc. Prof. Dr. Rupert Seidl
Universität für Bodenkultur
Institut für Waldbau
Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien
werner.rammer@boku.ac.at

Literatur/References

BMLFUW (Ed.), 2015. Nachhaltige Waldwirtschaft in Österreich, Österreichischer Waldbericht 2015. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 159.

Frehner, M., Wasser, B., Schwitter, R., 2005. Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemaßnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern 564.

Klopčič, M., Poljanec, A., Gartner, A., Boncina, A., 2009. Factors Related to Natural Disturbances in Mountain Norway Spruce (*Picea abies*) Forests in the Julian Alps. *Ecoscience* 16, 48–57.

Motta, R., Haudemand, J.-C., 2000. Protective Forests and Silvicultural Stability. *Mountain Research and Development* 20, 180–187.

Olschewski, R., Bebi, P., Teich, M., Hayek, U. W., Grêt-Regamey, A., 2012. Avalanche protection by forests — A choice experiment in the Swiss Alps. *Forest Policy and Economics* 15, 108 – 113.

Perzl, F., 2008. Minimal standard for documentation of protection effects of forests in the framework of Austrian Initiative Protection forest. In: INTERPRAEVENT 2008 – Conference Proceedings.

Seidl, R., Schelhaas, M.-J., Lindner, M., Lexer, M.J., 2009. Modelling bark beetle disturbances in a large scale forest scenario model to assess climate change impacts and evaluate adaptive management strategies. *Regional Environmental Change* 9, 101–119.

Seidl, R., Schelhaas, M.-J., Rammer, W., Verkerk, P.J., 2014. Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. *Nature Climate Change* 4, 806–810.

Inserentenverzeichnis

Firma	Inserat Seite
MEVA Schalungs-Systeme Ges.mbH/ Alzner Baumaschinen Gesellschaft mbH	6
alpinfra, consulting + engineering gmbh	23
AVT Vermessung Trefalt	33
BAUCON ZT GmbH	197
Bauernfeind	10
Geolith Consult	69
Gunz ZT GmbH	99
Heli Austria GmbH	4
i.n.n.	125
Interforst	249
ISSW	11
Klenkhart & Partner Consulting ZT GmbH	8
J. Krismer HandelsgmbH	141

Firma	Inserat Seite
Mair Wilfried GmbH	185
Moser-Jaritz & Partner Ziviltechniker GmbH	99
PERZPLAN Ingenieurbüro	197
Erdbau Ram	249
Schretter & Cie GmbH & Co KG	59
Skolaut NATURRAUM	69
Sommer GmbH	231
Transporte Thanner	275
DI Werner Tiwald ZT-Ges.m.b.H.	184
Trumer Schutzbauten GmbH	291
UNIDATA GEODESIGN GMBH	257
Zech Kies Nüziders	U4



**Rundkorn | Rheinkies | Sand | Splitt | Hartsplitt
Betonkies | Frostschutz | Flickschotter
Bruchschotter | Steine | Vorgrunder**