

Die Schutzfunktion des Waldes vor geogenen Naturgefahren in der Schutzwaldhinweiskarte im Waldatlas

Frank Perzl¹⁾, Andreas Huber¹⁾

¹⁾Bundesforschungszentrum für Wald (BFW)

1 Einführung

Da der Wald je nach seinem Zustand vor Schäden durch Naturgefahren schützen kann, sieht das österreichische Forstgesetz 1975 (ForstG 1975) seit der Erstfassung vor, dass die Rolle des Waldes beim Schutz vor Naturgefahren in den sogenannten forstlichen Raumplänen auszuweisen ist. Nur wenn die zuständigen Behörden und die Waldbewirtschafter wissen, welche Wälder Schutzwälder sind bzw. eine Schutzfunktion haben, können auch die speziell für sie geltenden gesetzlichen Vorgaben eingehalten und Maßnahmen zur Erhaltung oder Verbesserung der Schutzwirkung des Waldes präventiv (vor einem Schadensereignis) geplant und umgesetzt werden. Das gilt vor allem für die Objektschutzwälder, also jene Wälder, die das Schadensrisiko für die zu schützenden Siedlungsflächen und Infrastrukturen (die sogenannten Objekte) reduzieren sollen. Darüber hinaus – räumlich außerhalb der Waldfläche – sind Informationen über die Schutzfunktion des Waldes erforderlich, um Aufforstungen von Nicht-Wald (die Neubewaldung) auf den Schutz vor Naturgefahren ausrichten zu können.

Die Begriff Schutzfunktion beschreibt, wo Wald was vor welchen Natur- oder Kulturgefahren schützen soll (Brang et al., 2001; Perzl, 2014; Perzl & Huber, 2014; Perzl et al., 2021; Starsich & Perzl, 2022). Die Schutzfunktion einer Raumeinheit ergibt sich aus einem mit ihr verbundenen Schadenspotenzial an den zu schützenden Gütern, wenn das Schadensrisiko durch Waldvegetation verringert werden könnte. Der Zustand der Waldvegetation wird dabei nicht berücksichtigt. Auch Nicht-Wald-Flächen kann eine Schutzfunktion zugeordnet werden, sofern dort ein Wald wachsen und das Schadensrisiko reduzieren könnte. Befinden sich die zu schützenden Werte wie z. B. Siedlungsflächen und Infrastrukturanlagen nicht im Wald, bezeichnet man das als eine Objektschutzfunktion. Ist der Waldboden das zu schützende Gut, verwendet man in Österreich den Begriff Standortschutzfunktion.

Die Zuweisung einer Schutzfunktion zu einer Fläche bedeutet nicht, dass ein Wald vorhanden ist, und dass er eine Schutzwirkung hat. Inwieweit ein Wald die

Aufgabe etwas zu schützen auch erfüllt, ist die Schutzwirkung. Im österreichischen Forstrecht werden die Begriffe Schutzfunktion und Schutzwirkung synonym verwendet.

Ein Schutzwald ist ein Wald mit einer Schutzfunktion als primäre Waldfunktion (Brang, 2001). Der Schutzwaldbegriff wird nur auf Flächen angewendet, die eine Schutzfunktion haben, und nach den forstrechtlichen Bestimmungen Wald sind. Hinzu kommt in Österreich eine spezielle forstrechtliche Bedingung. Es muss eine besondere Behandlung zur Erreichung oder Sicherung der Schutzwirkung des Waldes erforderlich sein. Dafür gibt es keine allgemeingültigen Kriterien. Es gibt in Österreich auch keinen Schutzwaldkataster mit definitiver Ausweisung der Schutzwaldfläche so wie in Bayern oder in Frankreich. Zudem können auch Nicht-Wald-Flächen von Interesse für den Schutz vor Naturgefahren sein. Daher kommt in Österreich der Kartierung der Schutzfunktionen des Waldes eine besondere Bedeutung zu. Sie kann als Hinweiskarte auf Gefahren- und Schadenspotenziale mit und ohne Waldwirkung gestaltet werden, und somit als Teil eines forstlichen Rauminformationssystems (Krott, 1989), z. B. in einem Waldatlas, die allgemeine Raumplanung, die Gefahrenzonenplanungen und die forstliche Fachplanung verbinden.

Die Aufgabe, die Schutzfunktion (den Schutzwald) und die Schutzwirkung des Waldes auszuweisen, haben nach den §§ 7, 9, 11 und 24 ForstG 1975 der Waldentwicklungsplan (WEP) und die Gefahrenzonenpläne (ForstG-GZP). Aus den WEP-Funktionsflächen und den ForstG-GZP kann aber nicht unmittelbar auf die für den Objektschutz relevanten Waldflächen geschlossen werden.

Vor allem über die geogenen Naturgefahren Steinschlag und Rutschung lieferten diese forstlichen Raumpläne wenig zweckspezifische Information. Der WEP differenziert kartographisch nicht zwischen Flächen mit einer Objekt- oder einer Standortschutzfunktion. Der Maßstab (1:50.000) und die minimale Kartiereinheit (10 ha) eignen sich dafür nicht. Für Steinschlag und Rutschung sind nach § 11 ForstG 1975 (Gefahrenzonenpläne) keine Gefahrenzonen vorgesehen, sondern nur für die wildbach- und lawinengefährdeten Bereiche. Über die Verordnung zum ForstG-GZP (ForstG-GZPV) wurden Steinschlag und Rutschung in Form von "zulässigen Hinweisen" auf mögliche betroffene Bereiche in die ForstG-Gefahrenzonenplanung aufgenommen (Rudolf-Miklau & Promper, 2015; Mölk & Rieder, 2017). Diese Hinweise beschränken sich überwiegend auf die Darstellung der Prozesszonen im Siedlungsraum. Sie erfassen das Gefahren- und Schadenspotenzial nur zum Teil. Von den 222 verorteten Steinschlag- und Rutschungsereignissen, die nach den Ereignis-Dokumentationen der Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV) und des Bundesforschungszentrums für Wald (BFW) in den Jahren 2010, 2011 und 2012 aufgetreten sind, ereigneten sich nur 38 (17,1 %) in den Hinweisbereichen der ForstG-GZP. Der WEP und die Gefahrenzonenplanungen nach dem Forst- und dem Wasserrechtsgesetz

entwickelten sich zu parallelen Planwelten, die nur formal aufeinander Bezug nahmen.

Trotz der lückenhaften, für Trendanalysen nicht geeigneten Dokumentation ist von einer zunehmenden Relevanz von Steinschlag und Rutschungen auszugehen (Preh et al., 2019; Glade et al., 2019). Abbildung 1 ist eine Zusammenstellung der von der WLW und am BFW (durch Web-Data-Mining) dokumentierten Berg-, Felssturz- und Steinschlagereignisse in Österreich im Zeitraum 2009-2023. Wir verwenden für diese Ereignisse den Sammelbegriff Steinschlag. Im Durchschnitt sind pro Jahr 64 Ereignisse und 44 Schadensereignisse dokumentiert, von denen 115 Gebäude und 523 Verkehrsanlagen (ohne Wanderwege und Forststraßen) sowie 96 Fahrzeuge betroffen waren. Die Zahl der Personenschäden im Siedlungs- und Verkehrsraum durch Steinschlag ist in diesem Zeitraum höher (40) als durch Schneelawinen (3, ohne Fälle auf Schipisten und Schirouten).

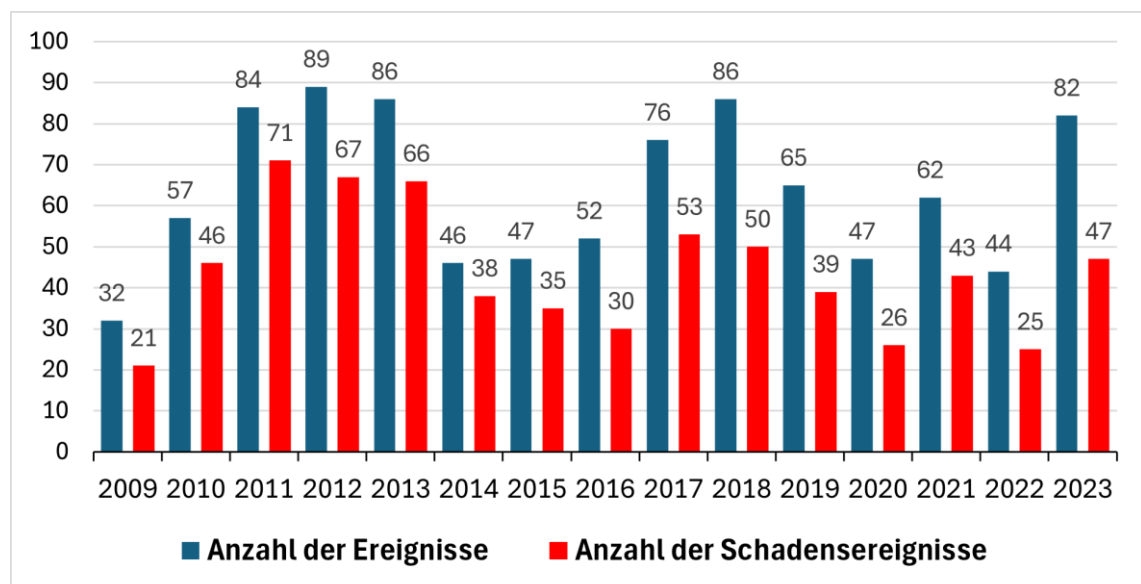


Abb. 1: Anzahl der von der Wildbach- und Lawinenverbauung (WLW) sowie am Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) dokumentierten Steinschlag- und Steinschlag-Schadensereignisse im Zeitraum 2009 bis 2023.

Aus dieser Situation entstand zwischen 2009 und 2013 die Idee, nicht nur die potenziellen Lawinenbahnen mit einem Schadenspotenzial an den zu schützenden Objekten für Österreich zu modellieren, sondern auch für Steinschläge und spontane Lockergesteinsrutschungen das Gefahren- und Schadenspotenzial zu visualisieren.

Diese potenziellen Prozesszonen ohne Berücksichtigung der Wirkung des Waldes definieren die Objektschutzfunktion des Waldes. Die Verschneidung mit der Waldfläche ergibt den Wald mit (direkter) Objektschutzfunktion nach dem WEP-Konzept als Basis für die Ausweisung von Objektschutzwäldern im Sinne des § 21 (2) ForstG 1975. Durch die Modellierungen konnte daher auch erstmalig eine Schutzwaldhinweiskarte mit Berücksichtigung der Objektschutzfunktion erstellt werden (Starsich & Perzl, 2022). Die Hinweiskarte ist in einem neuen forstlichen

Informationssystem, dem Waldatlas, öffentlich zugänglich (Starsich & Oswald, 2024). Im Waldatlas sind nun auch die Prozesszonen mit Schadenspotenzial ohne Einschränkung auf die Waldfläche und für alle Objektklassen enthalten.

2 Das Grundkonzept der Modellierung

Das Grundkonzept der Modellierung der Schutzfunktionsfläche ist für alle gravitativen Gefahrenprozesse mit einer direkten Objektschutzfunktion des Waldes dasselbe. Dabei kommt dem "back-routing", der Rückverfolgung der Sturzbahn eines potenziellen "Treffers" am Objekt bis zur (potenziellen) Anbruchsfläche des Gefahrenprozesses eine besondere Bedeutung zu. Die Modellierung umfasst folgende Teilschritte, die in Abbildung 2 erläutert werden:

- Definition, digitale Erfassung und Einstufung der Objekte (siehe Abb. 2 1) in drei Klassen (siehe Tab. 1) – der Objektlayer
- Modellierung der potenziellen Anbruchsflächen (Abb. 2 2): A0 Rutschung, B0 Steinschlag
- Modellierung der potenziellen Reichweite der Prozesse mit Feststellung der Objekttreffer (der Objektexposition) sowie mit back-routing der relevanten Prozesszonen (Abb. 2 3): A0, A1, A2 – relevante Prozesszonen; A2, B0, B1 nicht relevante Prozesszonen, da keine Objektgefährdung besteht
- Verschneidung der für den Objektschutz relevanten Prozesszonen mit der Waldfläche (Abb. 2 4): A0, A1, A2 – Objektschutzfunktion; A0, A1 – Wald mit Objektschutzfunktion

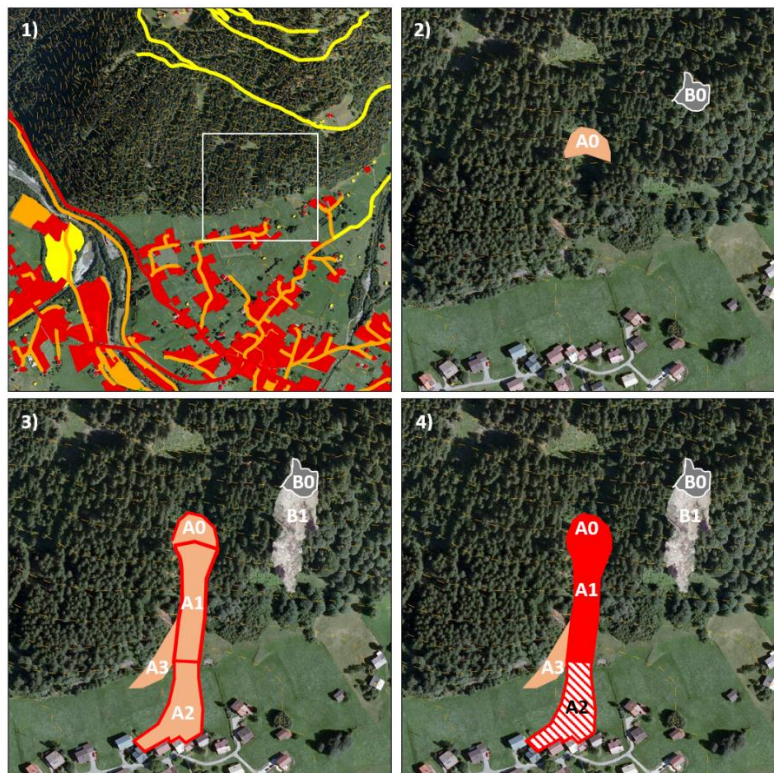


Abb. 2: Konzept der Modellierung der Objektschutzfunktion des Waldes (siehe Text). Bild 2), 3) und 4) zeigen den Ausschnitt im weißen Rahmen aus Bild 1).

Um die Objektschutzfunktion des Waldes kartieren oder modellieren zu können, muss zuerst definiert werden, welche Objekte zu schützen sind. Die Lage dieser Objekte muss digital erfasst werden. Nach § 21 (2) ForstG 1975 begründen alle von Menschen geschaffenen Anlagen sowie jeder "kultivierte" Boden eine Objektschutzfunktion des Waldes. Es gibt im ForstG 1975 keine Ausnahmen davon und keinen Verweis auf eine Berücksichtigung der verschiedenen Werte und Vulnerabilitäten von Objekten nach dem risikoanalytischen Ansatz. Ein wichtiger Planungszweck der forstlichen Raumplanung ist aber die Priorisierung der Walderhaltung (versus Rodung) und von Maßnahmen.

Daher sieht das WEP-Konzept einen vereinfachten risikoanalytischen Ansatz durch eine Einstufung der Objekte in drei Klassen nach dem öffentlichen Interesse an ihrem Schutz vor. Die Wertigkeit (Wertziffer) der Schutzfunktion ergibt sich im WEP-Konzept aus den drei Objektklassen und aus drei als Gefahrenpotenzial benannten ordinalen Einstufungen, die die Auftretenswahrscheinlichkeit und die Intensität der Naturgefahr einbringen (siehe Tab. 1, BMLRT, 2021).

Tab. 1: Die (neue) WEP-Klassifikationsmatrix der Objektschutzfunktion des Waldes (des öffentlichen Interesses an der Objektschutzwirkung des Waldes).

Wertziffer der Objektschutzfunktion: S 3 = hoch, S 2 = mittel, S 1 = gering.		Gefahrenpotenzial		
		3 hoch	2 mittel	1 niedrig
Objektklasse	III (hoch, z. B. Wohngebäude)	S 3	S 3	S 2°
	II (gering, z. B. lokale Straßen)	S 2*	S 2	S 1
	I (gering, z. B. Forststraßen)	S 1*	S 1	S 1
* Erhöhung der Wertigkeit mit Begründung ° Abwertung mit Begründung				

Die Modellierungen führten zu Diskussionen über Schutzziele und zeigten ihre geringe Kohärenz sowie die starke Fragmentierung und mangelnde Abstimmung der Geodaten über die Infrastruktur auf (Perzl & Teich, 2021). Da ein dafür geeignetes digitales Landschaftsmodell (DLM) fehlte, mussten die Objekte aus ca. 70 Geodatenätzen des Bundes und der Länder zusammengestellt und teilweise manuell korrigiert und ergänzt werden. Die wichtigsten Geodaten waren die als Graphenintegrationsplattform (GIP) bezeichnete Verkehrsnetztopologie und die Nutzungsebene der digitalen Katastermappe (DKM). Fehlende oder abgebildete, aber nicht existente Gebäude, waren die größten Schwächen der DKM. Mit der GIP-Verkehrsnetztopologie war es nicht in jedem Bundesland möglich die Verkehrswege über ihre Attribute einfach nach der Verkehrsfunktion zu klassifizieren und z. B. Forststraßen vom Erschließungsnetz der Wohn- und Arbeitsstätten zu trennen. Diese Schwächen des GIP-Datenmodells existieren bis

heute, während mit dem neuen auf der DKM basierenden DLM-Bauwerke die Abbildung des Realbestands der Gebäude wesentlich verbessert wurde. Die Erarbeitung des "Objektlayer" führte zu einer neuen WEP-Objektklassifikation.

Der nächste erforderliche Schritt ist die Grunddispositionsmodellierung, die Feststellung der potenziellen Anbruchsflächen ohne Berücksichtigung der Wirkungen des Waldes und von Schutzbauten. Im Beispiel Abbildung 2 2) repräsentieren A0 die potenzielle Anbruchsfläche einer Rutschung und B0 die eines Felssturzes im Waldgelände. Die Modellierungsmethodik für die Prozesse Steinschlag und Rutschung wird im Kapitel 3 beschrieben.

Dann muss durch eine Reichweitenmodellierung festgestellt werden, wo die potenziellen Sturzbahnen der Prozess verlaufen, und ob bzw. wo Objekte exponiert sind (siehe Abb. 2 3). Aufgrund des großen Gebiets und der Forderung nach zeitnahen Ergebnissen wurde ein einfaches topographisches Reichweitenmodell, ein α -Modell nach dem Fahrböschungskonzept von Heim (1932), entwickelt und eingesetzt, in das ein back-routing Algorithmus integriert ist. Dieses Modell wurde inzwischen weiterentwickelt, und enthält neben dem α -Winkel weitere Steuerungskriterien wie z. B. die maximale Prozessgeschwindigkeit (Flow-Py, D'Amboise et al., 2022).

Durch das "back-routing" können automatisch jene Prozesszonen identifiziert werden, die für den Objektschutz relevant sind, da ein Schadenspotenzial besteht. Nur diese Prozesszonen begründen eine Objektschutzfunktion des Waldes bzw. einen Objektschutzwald. Dabei wird auch die Objektklasse auf die Prozesszone übertragen, wodurch die Bedeutung der Schutzfunktion und der Schutzwirkung des Waldes ausgewiesen werden kann. Im Beispiel Abbildung 2 3) erreicht nur die Hangmure der Rutschung zu schützende Objekte, sodass die Zonen A0, A1 und A2 relevant sind, nicht aber A3 und der potenzielle Felssturz (B0, B1). Hier unterscheidet sich das Konzept der Schutzfunktionenkartierung des Waldes von der Gefahrenzonenplanung. Die Gefahrenzonenplanung soll vor allem verhindern, dass in gefährdeten Bereichen gebaut wird, und muss daher alle gefährdeten Bereiche (im Bauland) unter Berücksichtigung der Waldwirkung ausweisen. Die Schutzfunktionenkartierung identifiziert Flächen (Wälder), deren Bewirtschaftung auf den Schutz bestehender (Realbestand) oder geplanter Infrastruktur ausgerichtet werden soll. Daher wurden die Prozesszonen unterhalb des letzten möglichen Objekttreffers abgeschnitten und sind im Waldatlas nicht sichtbar.

Aus der Verschneidung der für den Objektschutz relevanten Prozesszonen mit der Waldfläche ergeben sich zwei für die forstliche Raumplanung relevante Bereiche (siehe Abb. 2 4): 1) A0 und A1, die Waldfläche mit Objektschutzfunktion (der mögliche Objektschutzwald) und 2) A2, Funktionsflächen außerhalb des Waldes, die je nach Schutzwirkung der Waldflächen besonders zu bewirtschaften sind (§ 3 Z 3 b ForstG-GZPV 2021) oder zur Neubewaldung heranstehen (§ 7 lit. c Z 1 ForstG 1975).

3 Modellierung der Prozesszonen

Die Modellierungen wurden im Rasterformat mit einer Auflösung von 10 x 10 m auf Grundlage der ersten Generation von digitalen Geländemodellen (DGM) aus airborne laser scanning (ALS) gemacht. Nur kleine Bereiche mussten noch auf Basis eines fotogrammetrisch erstellten Höhenmodells bearbeitet werden. Die kleinste Befundeinheit der ursprünglichen Modellierung ist daher 100 m² groß. Aufgrund der Zersplitterung und Kleinteiligkeit, die bei einer Vereinigung der vektorisierten Sachebenen in der Schutzwaldhinweiskarte entsteht, erfolgten Arrondierungen, sodass die kleinste Prozessfläche 900 m² hat.

3.1 Steinschlag

3.1.1 Potenzielle Steinschlag-Auslösungsflächen

Die primäre und meistuntersuchte Steinschlag-Schutzwirkung des Waldes ist seine Brems- und Auffangwirkung in der Sturzbahn. Oft befinden sich aber auch die Steinschlag-Quellen im Wald.

Matznetter (1952) berichtete, dass Steinschlag weniger von glatten, hohen und gut sichtbaren Felswänden droht, sondern dass felsdurchsetzte oder mit Blockstreu bedeckte, oft bewaldete Steilhänge ein großes, verstecktes Gefahrenpotenzial sind (Perzl et al., 2017). Aufgrund von Prozessen wie Frosthebung, Auswitterung, Abschwemmung, Rutschung, Wurzeldruck, Windwurf, sekundäre Mobilisierung abgelagerter Blöcke (auch durch Holzbringung) und Geschiebebewegung in Runsen hat auch die Standortschutzwirkung und die Stabilität des Waldes Bedeutung für den Objektschutz. Es gibt auch eine indirekte Objektschutzfunktion des Waldes, die sich nicht scharf von der Standortschutzfunktion trennen lässt (Perzl & Starsich, 2024). Wir schätzen, dass mindestens 10 % und bis zu 20 % der Steinschlag-Schadensereignisse in Österreich nicht aus Gesteinsablösungen vom Festgestein (aus Felswänden) resultieren, sondern durch Erosion entstehen oder sekundäre Mobilisierungen sind. Das hat Bedeutung für die Modellierung von Flächen mit einem Auslösungspotenzial. Die Identifikation von Felsflächen geht für das Schutzwaldmanagement nicht weit genug (Perzl et al., 2011).

Um Fels, Schutt- und Geröllhalden sowie grobskelettreiche Böden identifizieren zu können, von denen Stein- oder Baumschlag ausgehen könnte, standen keine geeigneten Daten mit Ausnahme des DGM zu Verfügung. Wir haben daher die von Proske et al. (2011) definierten und in Proske & Bauer (2013) angeführten Grenzneigungswinkel (GNW) für die Einheiten der geologischen Karte KM500 (Weber, 1997) und eine Auflösung von 10 x 10 m adaptiert und interpoliert (siehe Tab. 2, aus Proske & Bauer (2013) zit. aus Perzl et al., 2015).

Tab. 2: Grenzneigungen (GNW) des Steinschlag-Auslösungspotenzials geologischer Einheiten nach Proske & Bauer (2013), modifiziert.

GNW	Geologische Einheit
50°	Massige kristalline Gesteine der Böhmisches Masse (Pluton)
48°	Schiefrige kristalline Gesteine der Böhmisches Masse
47°	Unter- und mittelostalpine schiefrige kristalline Gesteine
44°	Quarzite und Schiefer des zentralalpinen Permomesozoikums
42°	Kalke des zentralalpinen Permomesozoikums
42°	Oberostalpine Kalke und Dolomite
46°	Mergelige Gesteine der nördlichen Kalkalpen
46°	Klippen-, Flysch- und Molassezone
38°	Alluvien, Hangschutt und glaziale Ablagerungen
36°	Alle Einheiten der Landnutzungsform Wald

Um Steinschlagauslösung durch Erosion (Rutschung) in skelettreichen Böden, sekundäre Mobilisierung von Schutt und Blockstreu, Windwurf, Baumsturz und Waldarbeit zu berücksichtigen, wurde für Wald ein GNW von 36° definiert. Dieser Wert entspricht der bereits von Heim (1932) angegebenen Untergrenze der Hangneigung und dem kritischen Haldenwinkel ("peak angle of accumulation") nach Evans (1976). Ab der Klasse 36-38° ist der Anteil an den Auslösungsflächen im Verhältnis zum Gelände überproportional (siehe Abb. 3).

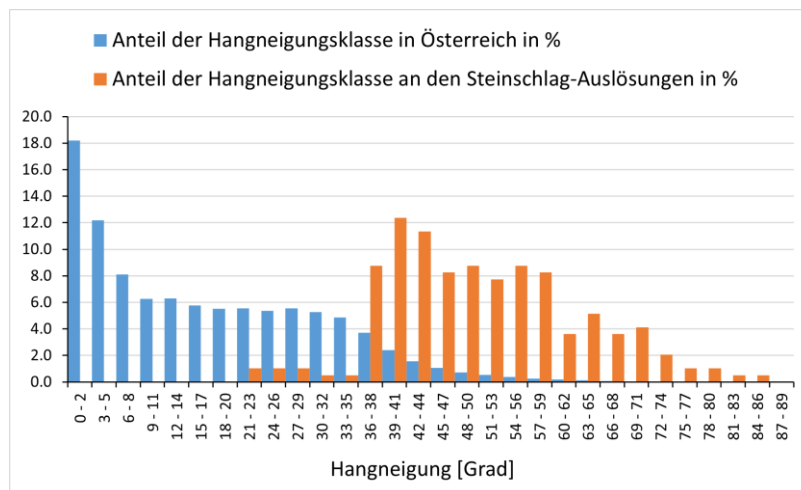


Abb. 3: Anteil der von 2009 bis 2018 dokumentierten Steinschlag-Auslösungsflächen (n = 194) in Hangneigungsklassen im Verhältnis zum Anteil des Geländes in Österreich nach dem 10 x 10 m DGM (Datenquellen: WLV und BFW).

Für Steinschlag erfolgte keine Differenzierung des Anbruchpotenzials nach der Eintretenswahrscheinlichkeit und der möglichen Magnitude, da keine geeigneten Daten vorhanden waren. Es wurde nur die räumliche Möglichkeit eines Anbruchs mit dem GNW binär abgebildet. Mittel- bis langfristig sollten auch die zeitliche Anbruchswahrscheinlichkeit und die zu erwartende Magnitude berücksichtigt und

die dafür erforderlichen Grundlagen verbessert werden. Abbildung 4 zeigt einen Ausschnitt aus dem Layer der möglichen Anbruchflächen von Steinschlag (PRA-RF) in binärer Klassifikation (links) und rechts einen ersten Versuch, nur aus der Hangneigung auf die Anbruchswahrscheinlichkeit zu schließen.

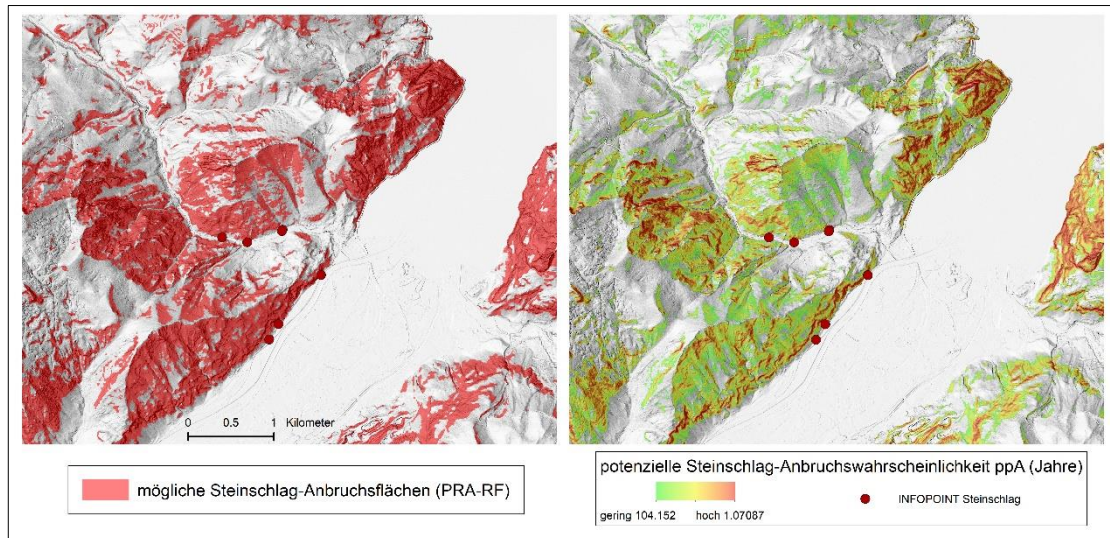


Abb. 4: Mögliche Anbruchflächen von Steinschlag (links) und ein erster Versuch der Abschätzung der Eintretenswahrscheinlichkeit aus der Hangneigung mit als INFOPOINTS verorteten Ereignissen (rechts).

Die Differenzierung des Gefahrenpotenzials in drei Klassen nach dem WEP-Konzept erfolgte beim Steinschlag über die Reichweitenwahrscheinlichkeit.

3.1.2 Die potenzielle Steinschlag-Reichweite

Perzl (2008, zit. aus Perzl et al., 2015), Fey (2010) und Berger et al. (2012) schlagen für die Zonierung der Reichweitenwahrscheinlichkeit von Steinschlag in Gefahrenhinweiskarten mit der Pauschalgefällemethode ähnliche ordinale Klassen des Fahrböschungswinkels vor (siehe Tab. 3).

Tab. 3: Grenzen der Pauschalgefälle α für die Zonierung des potenziellen Auftretens von Steinschlag in Gefahrenhinweiskarten nach Perzl (2008), Fey (2010) und Berger et al. (2012).

Gefahrenpotenzial	α	Beschreibung der Wahrscheinlichkeit
0	$< 28^\circ$	Sehr gering: potenzieller Bereich sehr großer oder kleiner außergewöhnlicher Ereignisse.
	$28^\circ \leq \alpha < 32^\circ$	
1	$32^\circ \leq \alpha < 35^\circ$	Gering: potenzieller Bereich großer bis mittlerer Ereignisse.
2	$35^\circ \leq \alpha < 38^\circ$	Mittel: potenzieller Bereich mittlerer bis kleiner Ereignisse.
3	$\alpha \geq 38^\circ$	Hoch: potenzieller Bereich kleiner Ereignisse

Bei der Pauschalgefällemethode ist die Wahl eines geeigneten kleinsten Gefälles der Energielinie von entscheidender Bedeutung für die Ausweisung des

Gefahrenbereichs und damit der Objektschutzfunktion des Waldes. Der Wert für die äußerste Grenze des potenziellen Gefahrenraums wird bei der ELA-Matrix von Berger et al. (2012) mit 28° tiefer angesetzt als bei Fey (2010) und Perzl (2008) mit 32°. Mölk & Rieder (2017) geben für Gefahrenhinweiskarten auf Basis einer DGM-Auflösung ≤ 1 m einen Grenzwert des Fahrböschungswinkel von 30° sowie eine mögliche Zonengrenze mit 40° an. Eine Auswertung von Literaturangaben beobachteter Fahrböschungen (Perzl et al., 2015) ergab ein Minimum von 26,6° und einen Mittelwert des Minimums von 31,2°.

Für die Schutzfunktionsmodellierung wurde das kleinste Pauschalgefälle mit 32° eingesetzt. Das ist die 25. Perzentile der verfügbaren Daten mit geringer Variation bei zufälliger Fallauswahl, während die Minima und die unteren Ausreißer stärker variieren. Ein Pauschalgefälle von 28° könnte die Reichweitenwahrscheinlichkeit tendenziell überschätzen, da der kleinste GNW mit 36° tief angesetzt wurde, und Ablagerungen schon bei ca. 40° Hangneigung möglich sind. Andererseits gilt es zu berücksichtigen, dass Beobachtungen ein Bias zugunsten höherer Werte enthalten, da viele Fälle im Wald auftreten. Die Wertigkeit der Schutzfunktion des Waldes wurde durch Kombination der Objektklassen der exponierten Objekte nach Tabelle 1 mit dem Gefahrenpotenzial (siehe Tab. 3) bestimmt.

3.2 Rutschung

Im Zeitraum von 2006 bis 2016 entstanden in Österreich mehrere jeweils auf ein Bundesland beschränkte und, abgesehen von den Hinweisbereichen im ForstG-GZP, eine bundesweite Rutschungs-Gefahrenhinweiskarte (Perzl et al., 2017). Dabei handelte es sich mit einer Ausnahme um Grund- bzw. Prädispositionskarten (landslide susceptibility maps), die räumliche Anbruchswahrscheinlichkeiten, aber nicht die potenzielle Reichweite der Prozesse bzw. der Hangmuren abbilden (Perzl et al., 2017). Sie wurden nach verschiedenen Konzepten und mit unterschiedlichen Methoden (Kartierung im Gelände, statistische Modelle) erstellt. Es erfolgte bei keinem Ansatz ein "back-routing" der schadensrelevanten Prozessflächen. Daher waren diese Karten für die forstliche Raumplanung nur eingeschränkt nutzbar. Eine bundesweit einheitliche Grundlage fehlte. Der Forst-GZP beschränkt sich auf den sogenannten "raumrelevanten" Bereich. Im Rahmen der ÖREK-Partnerschaft "Risikomanagement für gravitative Naturgefahren" wurde das Thema behandelt. Das zuständige Bundesministerium (BML) beauftragte auch die Modellierung der Schutzfunktion des Waldes vor spontanen (flachgründigen) Rutschungen (Projekt GRAVIMOD II).

Als Grundlage wurde die bundesweite Gefahrenhinweiskarte (GHK-RU200) von Schindelmayer et al. (2016) genutzt. Die GHK-RU200 [Online: <https://hora.gv.at>] ist eine einheitliche Codierung der lithostratigrafischen Einheiten der geologischen Karten im Maßstab 1:200.000 (KM200) sowie eine räumlich nicht vollständige Bewertung ihrer Rutschungsneigung in drei ordinalen Klassen. Die Daten enthalten auch bis dahin verfügbaren Ereignisdokumentationen der Geologischen Bundesanstalt (GBA), der WLW und der Bundesländer sowie die in geologischen Karten ausgewiesenen Rutschungen ohne Redundanzkorrektur.

3.2.1 Potenzielle Rutschungs-Anbruchsflächen

Die potenziellen Rutschungs-Anbruchsflächen wurden mit einem heuristisch-statistischen Verfahren bestimmt. Dazu wurden 21 räumliche Einheiten auf Basis der KM200 als Modellregionen definiert, die dann für das Modell A auf 16 und für ein Vergleichsmodell B auf 17 Einheiten reduziert wurden (siehe Abb. 5).

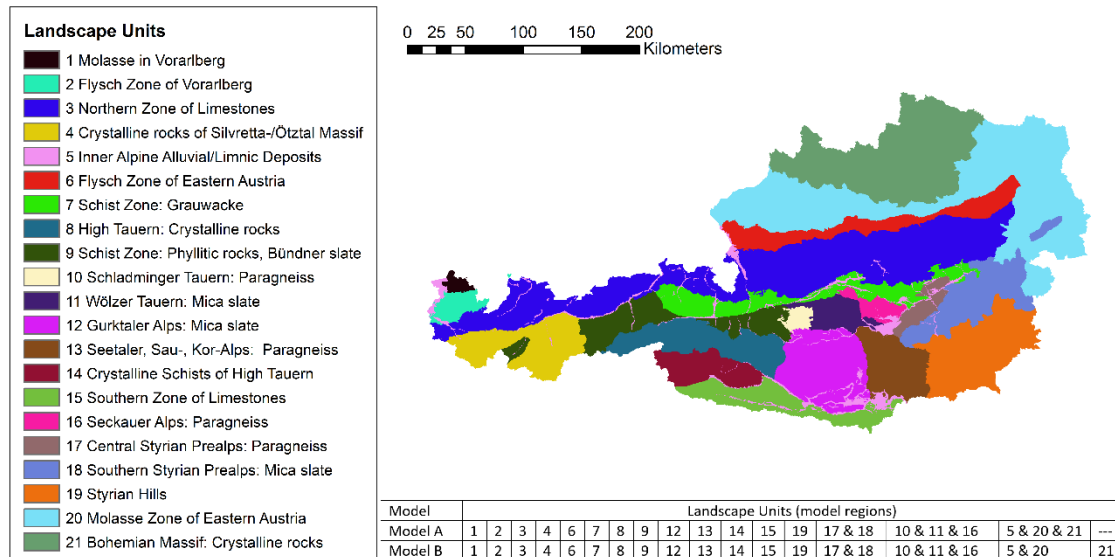


Abb. 5: Modellregionen (units) der Rutschungsmodellierung.

Da zeitnahe Ergebnisse verlangt wurden, nutzten wir die von Schindelmayer et al. (2016) gesammelten 30.138 Punktverortungen von Rutschungen, obwohl diese Ereignisdokumentation die Rutschungsdichten verzerrt abbildet. Die Effekte solcher Verzerrungen hängen vom Stichprobendesign und dem Verfahren ab. Es wurde das Rutschungsinventar A erstellt. Dazu wurden 3.750 Punktverortungen zufällig nach dem Flächenanteil der Region, mindestens aber 100 Fälle pro Einheit, aus dieser Sammlung ausgewählt. In einem Radius von 300 m um jeden Punkt wurden die Rutschungen des Inventars auf Basis von Orthofotozeitreihen und einer multidirektionalen Schummerung des DGM verifiziert, einheitlich klassifiziert und gegebenenfalls die Lage der Punkte und Redundanzen korrigiert (siehe Abb. 6). Zudem wurden innerhalb der Probekreise noch nicht erfasste Rutschungen verortet. Die Verortungen der "Schindlmayer-Sammlung" hatten eine sehr unterschiedliche Qualität. Es handelte sich oft um Sammelereignisse, um Redundanzen oder um Verortungen mit geringer Lagegenauigkeit. Befand sich keine flachgründige Lockergesteinsrutschung im Probekreis, wurden aus den verbliebene 26.388 Punkten bis zu zwei Ersatzflächen herangezogen. Dadurch stieg die Anzahl der Probeflächen auf 8.304 mit einer Fläche von 213.817 ha in der 5.302 flachgründige Rutschungen (und 31 Felsstürze) verortet wurden.

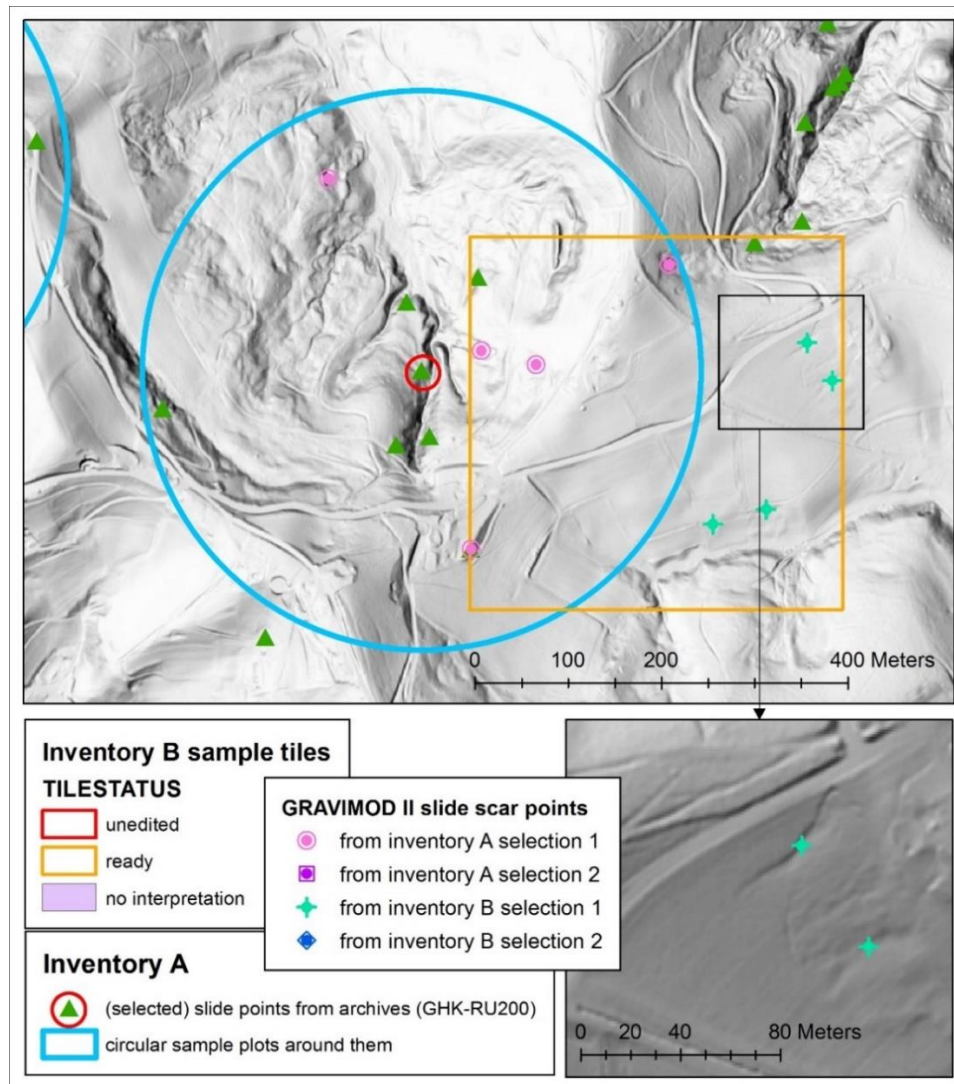


Abb. 6: Probeflächen der Rutschungsinventare A und B mit Rutschungspunkten aus dem Archivmaterial der GHK-RU200 (grüne Dreiecke) und mit verifizierten Verortungen bzw. Neuverortungen (GRAVIMOD II slide scar points). Das Dreieck im roten Kreis ist eine Zufallsauswahl aus den Archivmaterial, um die ein Probekreis der Inventur A liegt. Dieser Kreis überlappt sich hier mit einer quadratischen Probefläche der Inventur B. Das Bild unten rechts ist eine Detailansicht von Verortungen auf Basis der Geländeschummerung.

Die Rutschungsgrunddisposition wurde aus dem Inventar A mit einem einfachen Verfahren, dem Häufigkeitsverhältnis-Verfahren (frequency ratio method, FRM), aus nur drei erklärenden Variablen abgeleitet. Das Verfahren hat den Vorteil, dass keine Nicht-Ereignisse erfasst werden müssen.

Die Verhältniszahl (das Häufigkeitsverhältnis) "frequency ratio" (FR) ist eine Schätzung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Phänomens bei einer bestimmten Ausprägung eines Einflussfaktors. Je größer der Anteil des zu erklärenden Phänomens (der Rutschungen) in einer Klasse des Einflussfaktors im Verhältnis zum Anteil der Klasse im Untersuchungsraum ist, umso größer ist die Neigung der Klasse zum Phänomen.

Als erklärende Variablen wurden die Hangneigung (SLOPE) in 90 Klassen, die in drei Klassen bewertete Rutschungsneigung der Lithologie nach der GHK-RU200 (GEO) und der nach Fürst (2004) modifizierte topografische Feuchteindex (DRI) in 9 Klassen verwendet. FR wurde mit dem Maximum normalisiert und bei der Hangneigung mit einem Mittelwertfilter geglättet. Die Verknüpfung der Variablen erfolgte durch eine gewichtete Addition. Als Gewichtungsfaktoren wurden die Anteile an der Summe der Signalstärken der Verhältniszahlen der drei erklärenden Variablen verwendet. Im Durchschnitt über alle Einheiten hat SLOPE das stärkste Gewicht von 0,55, gefolgt von DRI mit 0,36 und GEO mit 0,09.

Abbildung 7 zeigt die Bestimmung der Verhältniszahl FR sowie die Gewichtung für SLOPE in der Modelldomäne U2 (die Flyschzone in Vorarlberg, siehe Abb. 5). Der Anteil der Rutschungen ist im Bereich von 26° bis 37° Hangneigung im Verhältnis zum Gelände deutlich überproportional (Abb. 7 links). Das Verhältnis der Anteile wurde mit einem Mittelwertfilter ausgeglichen, um Diskontinuitäten und Ausreißer zu glätten (Abb. 7 Mitte). Für jede Modellregion ergab sich eine charakteristische FR-Kurve. Hätte SLOPE keinen Einfluss auf das Auftreten von Rutschungen wäre FR über die Hangneigung gleich verteilt mit einem Wert von 1. Die mittlere absolute Abweichung von FR von 1 ist ein Maß für die Signalstärke (für den Informationswert) der Hangneigung (Abb. 7 rechts).

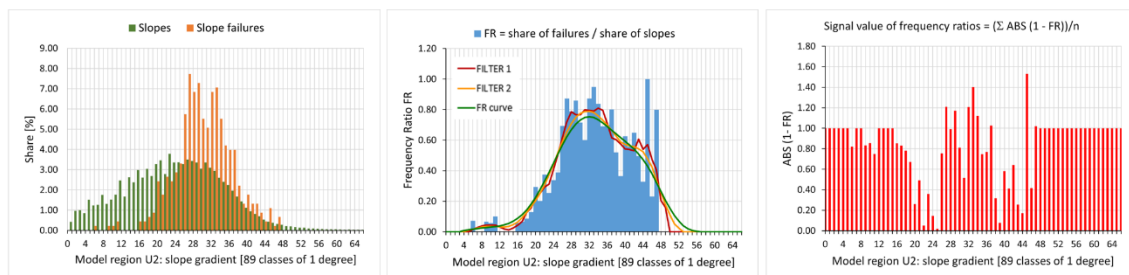


Abb. 7: Bestimmung der Verhältniszahl FR und der Signalstärke der Verhältniszahl für die Hangneigung (SLOPE) für die Flyschzone in Vorarlberg (siehe Text).

Die so für die Modellregion bestimmten Rutschungswahrscheinlichkeiten sind nur innerhalb der Region gültig. Statistische Modelle sind nicht direkt auf andere Regionen übertragbar. Die in den Regionen beobachteten Rutschungsdichten sind deutlich unterschiedlich, und damit auch die Rutschungswahrscheinlichkeit. Das erfordert eine überregionale Anpassung der Grunddispositionen. Dafür war die Inventur A auf Basis von Ereignisinventuren nicht geeignet, da sie verzerrte Rutschungsdichten ergeben. Es wurde daher auch eine geomorphologische Rutschungsinventur B durchgeführt. Dazu wurde ein quadratisches Raster mit 400 x 400 m Seitenlänge über Österreich gelegt. Davon wurden in einem mehrstufigen Verfahren 37.350 Quadrate zufällig ausgewählt und nach Rutschungen abgesucht (siehe Abb. 6). Das Inventar B mit 5.652 spontanen Lockergesteinsrutschungen wurde 1) für die Validierung der FRM (Modell A), 2) für multiplikative überregionale Anpassungsfaktoren der Rutschungswahrscheinlichkeiten und 3) für ein Vergleichsmodell B eingesetzt. Die Anpassungsfaktoren wurden aus den regionalen Rutschungsdichten und den der lithologischen Rutschungsklassen

geschätzt und mit dem Maximum normalisiert. Das adaptierte Modell A (FRM) ergab eine durchschnittliche Fläche unter der Prognose-Kurve nach Chung & Fabbri (2003) von 0,83. Die Klassifikation der adjustierten Wahrscheinlichkeiten erfolgte nach Quantilen der beobachteten Rutschungen (Q5, Q25, Q75).

Abbildung 8 zeigt Ausschnitte der klassifizierten Rutschungsneigung aus drei Regionen (von gering in Gelb bis hoch in Rotbraun). Bild A: Die Böschungen der Niederterrassen an der Drau aus quartären Karbonatkonglomeraten (A1) gefolgt von pleistozänen Moränen (A2) neigen im Bereich starker Versteilung (A1) und in den Gräben (A2) zu Rutschungen. Bild B: An den Einhängen der Bregenzerach in der gefalteten Molasse treten häufig und auch große Rutschungen auf. Die Modellierung erfasst die Einhänge (B1) fast immer genau bis zur Oberkante in den hohen Dispositionsclassen. Bild C: Die Einhänge und Seitengräben der Kamp in der Böhmisches Masse neigen nicht zu Bodenrutschungen. Häufiger ist Felssturz in den versteilten Bereichen.

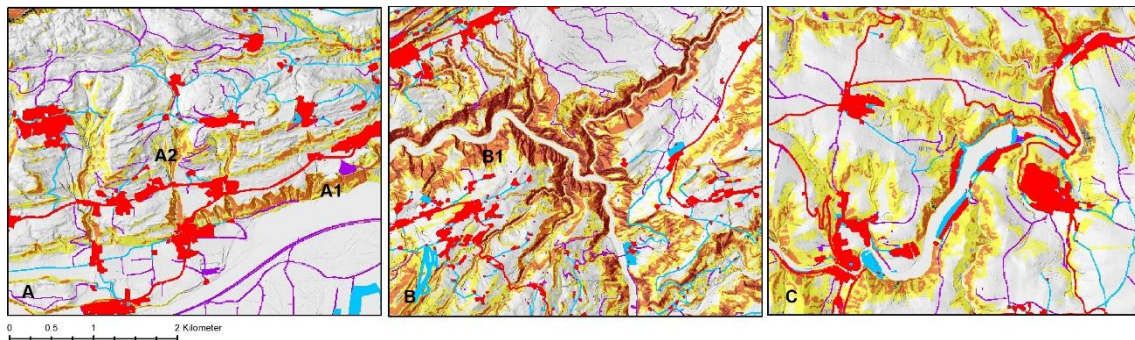


Abb. 8: Ausschnitte aus der Rutschungsgrunddispositionskarte: A) Niederterrassen an der Drau, B) Molasse an der Bregenzerache und C) Böhmisches Masse (siehe Text). Die Rutschungsdisposition ist in Gelb (gering) bis Rotbraun (hoch), zu schützende Flächen sind in Rot, Violett und Blau dargestellt.

3.2.2 Die potenzielle Reichweite der Hangmuren

Für die Reichweite der aus den Rutschungen resultierenden Hangmuren wurde ein pauschales Gefälle von 22° angesetzt. Der Wert entspricht der 25. Perzentile von 307 ungestörten Hangmuren aus den Rutschungsinventaren. Da u.a. das Material sehr vieler Hangmuren über das Fließgewässersystem abtransportiert wird, kann der Fahrböschungswinkel oft nicht bestimmt werden. Ein Winkel von 22° ergab nach Hagen et al. (2011) auch bei den Rutschungsereignissen im August 2005 im Raum Birkfeld, Steiermark, die beste durchschnittliche Anpassung an die beobachtete Prozessreichweite. Dahl et al. (2010) setzten als kleinstes pauschales Gefälle für eine Gefahrenhinweiskarte $21,5^\circ$ an. Steinschlag und Rutschungen wurden im Single-Flow Modus gerechnet; für beide Prozesse wurde eine minimale seitliche Ausbreitung angenommen.

4 Darstellung im Waldatlas

Die Schutzwaldhinweiskarte kann im Waldatlas [<https://waldatlas.at/>] eingesehen werden. Sie differenziert zwischen Wäldern mit direkter Objektschutzfunktion (Lawine, Steinschlag, Rutschung) und Wäldern mit indirekter Objektschutzfunktion (siehe Abb. 9). In der Schutzwaldhinweiskarte im Waldatlas werden Waldflächen der Wertigkeiten S 3 und S 2 ab einem Hektar als potenzielle Objektschutzwälder ausgewiesen.

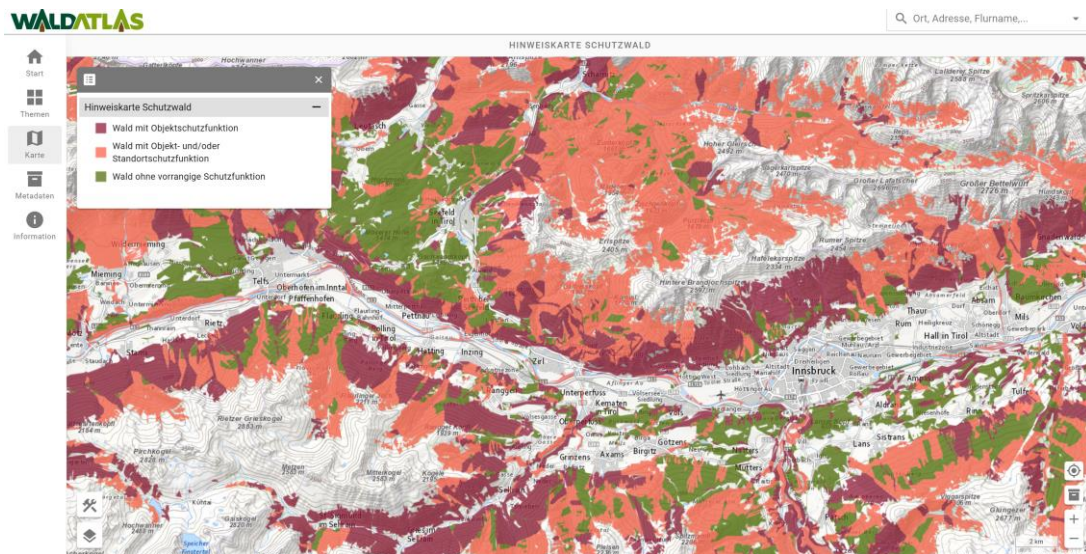


Abb. 9: Darstellung des Waldes mit Schutzfunktion in der Schutzwaldhinweiskarte im Waldatlas (BML, 2023).

Aus dieser Darstellung ergibt sich jedoch kein Hinweis auf die schadensrelevanten Funktionsflächen der einzelnen Gefahrentypen. Daher werden zusätzlich die Prozesszonen für alle Schadenspotenziale (auch z. B. an Forststraßen, S 1) und ohne Vereinigung mit der Waldfläche im Waldatlas dargestellt (siehe Abb. 10).

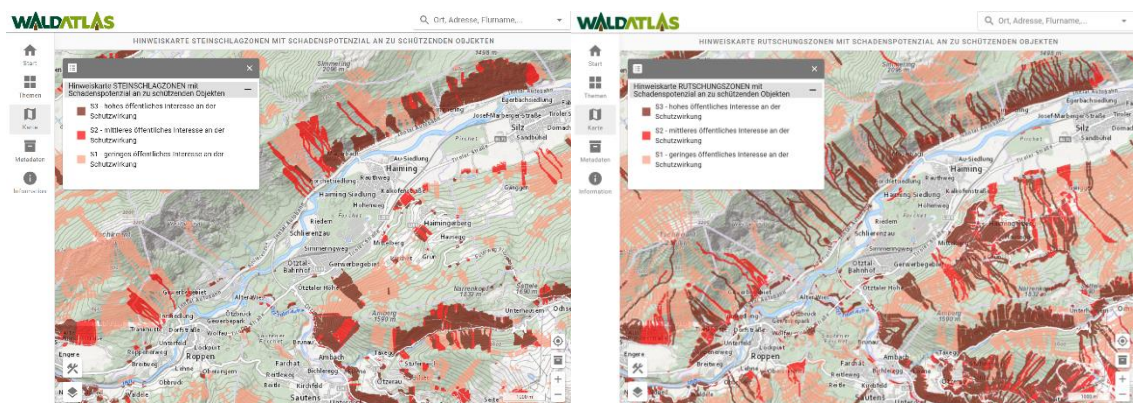


Abb. 10: Prozesszonen mit Schadenspotenzial an zu schützenden Objekten: links Steinschlag, rechts Rutschung (BML, 2023).

Die Waldfläche in Österreich mit direkter Objektschutzfunktion (S3 und S2) gegen Steinschlag beträgt 195.457 ha (5 % des Waldes) und gegen Rutschung 431.411 ha (11 %).

5 Zusammenfassung

Da die forstlichen Raumplanungsinstrumente, der Waldentwicklungsplan und der Gefahrenzonenplan, zu wenig Information über die Objektschutzfunktion des Waldes vor geogenen Naturgefahren in Österreich lieferten, wurde sie für Steinschlag und flachgründige spontane Lockergesteinsrutschungen modelliert. Die potenziellen Auslösungsflächen von Steinschlag wurden über den Grenzneigungswinkel der lithologischen Einheiten bestimmt. Die potenziellen Anbruchsflächen von Rutschungen wurden mit dem Häufigkeitsverhältnis-Verfahren modelliert. Die Schätzung der potenziellen Reichweiten erfolgte mit dem Pauschalgefälleansatz. Es wurde ein "back-routing", eine Rückverfolgung eines potenziellen Treffers an zu schützenden Objekten auf die relevante Prozessfläche, durchgeführt. Die schadensrelevanten Prozesszonen und der Wald mit Objektschutzfunktion sind im Waldatlas [<https://waldatlas.at/>] einsehbar.

6 Literatur

- Berger, F., Clouet, N., Toe, D., 2012. *Avalanches and rockfall analysis with a special focus on protective role of forest*. In: Tacent, J.-M., 2012. *imProved Accessibility: Reliability and safety of Alpine transport infrastructure related to mountainous hazards in a changing climate*. WP7 Report. Version 1.0 November 2012. [Online] Available at: <https://hal.science/hal-03639896> [Zugriff 2022]
- BMLRT, 2021. *Waldentwicklungsplan. Richtlinie über die bundesweit einheitliche Erstellung, Ausgestaltung und Darstellung des Waldentwicklungsplanes*. Stand 14. April 2021. Wien: Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus.
- Brang, P., Schönenberger, W., Gardner, B., 2001. *Forest as protection from natural hazards*. In: Evans J. (editor), 2001. *The Forest Handbook Vol. 2, Applying Forest Science for Sustainable Management*. Blackwell Science, pp. 53-81.
- Chung, Ch-J. F.; Fabbri, A. G., 2003. *Validation of Spatial Prediction Models for Landslide Hazard Mapping*. *Natural Hazards* 30, pp. 451-472.
- Dahl, M.-P.J., Mortensen, L.E., Veihe, A., Jensen, N. H., 2010. *A simple qualitative approach for mapping regional landslide susceptibility in the Faroe Islands*. *Natural Hazard and Earth System Sciences* 10, pp. 159-170.
- D'Amboise, C. J. L.; Neuhauser, M.; Teich, M.; Huber, A.; Kofler, A.; Perzl, F., Fromm, R., Kleemayr, K., Fischer, J.-T., 2022: *Flow-Py v1.0: a customizable, open-source simulation tool to estimate runout and intensity of gravitational mass flows*. *Geoscientific Model Development* 15, pp. 2423-2439.

- Evans, S. G., 1976. *Material-form relationships on talus-slopes in southwestern British-Columbia*. Thesis. University of British Columbia.
- Fey, C., 2010. *Modellierung von Steinschlag, Blockschlag und Felsstürzen auf alpinen Bergwegen – Kalibrierung und Anwendung von Sturzmodellierungsprogrammen zur sicheren Gestaltung des Hüttenzustiegweges zur Winnebachseehütte in Tirol*. Diplomarbeit. Heidelberg: Ruprecht-Karls-Universität.
- ForstG, 1975. *Bundesgesetz über das Forstwesen (Forstgesetz 1975 – ForstG)*. BGBl. Nr. 440/1975.
- ForstG-GZPV, 2021. *Verordnung der Bundesministerin für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus über die Gefahrenzonenpläne nach dem Forstgesetz 1975 (ForstG-Gefahrenzonenplanverordnung – ForstG-GZPV)*. BGBl. II Nr. 132/2021
- Fürst, J., 2004. *GIS in Hydrologie und Wasserwirtschaft*. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag.
- Glade, T., Tilch, N., Koçiu, A., 2019. *Extreme bei Hangrutschungen und Hangmuren*. In: Glade, T., Mergili, M., Sattler, K. (Hrsg.), 2019. *ExtremA 2019. Aktueller Wissensstand zu Extremereignissen alpiner Naturgefahren in Österreich*. Vienna University Press, pp. 461-487.
- Hagen, K., Günter, A.; Fromm, A.; Herzberger, E.; Klebinder, K., Perzl, F., 2011: *Modelling the Process Areas under Consideration of the Spatial Variation of the Landslide Disposition*. In: Tilch et al., 2011. *AdaptSlide – Modelling of Landslide Susceptibility and affected Areas – Process-specific Validation of Databases, Methods and Results for the Communities of Gasen and Haslau*. Endreport, assignment: BMLFUW, Wien: BFW, pp. 255-269.
- Heim, A., 1932. *Bergsturz und Menschenleben*. Geologische Nachlese Nr. 30. Beiblatt zur Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich No. 20.
- Matznetter, J., 1952. *Die Trasse der Oesterreichischen Bundesbahnen und ihre Beziehungen zu den physisch-geographischen Elementen der durchmessenen Landschaft*. I. Teil, Text, Geographisches Institut der Universität Salzburg.
- Mölk, M.; Rieder, F., 2017: *Rockfall hazard zones in Austria. Experience, problems and solutions in the development of a standardised procedure*. *Geomechanics and Tunneling* 10,1, pp. 24-33.
- Perzl, F., 2008: *Indicators of hazard potentials and protective effects*. Vortrag. ProAlp Consultation Meeting. 31.03.2008, Logarska, Slovenien.

- Perzl, F., 2014. *Der Objektschutzwald. Bedeutung und Herausforderung*. BFW-Praxisinformation 34, pp. 20-14.
- Perzl, F., Bauerhansl, Ch., Walter, D., 2011. *Endbericht zu "Standardisierte Ermittlung von Wald mit Objektschutzwirkung" im Rahmen des European Territorial Cooperation South East Space Project MONITOR II*. Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), Institut für Naturgefahren, Innsbruck, Institut für Waldinventur, Wien.
- Perzl, F., Bono, A., Garbarino, M., Motta, R., 2021: *Protective Effects of Forests against Gravitational Natural Hazards*. In: Teich, M., Accastello, C., Perzl, F. (editors), 2021. *Protective Forests as Ecosystem-Based Solutions for Disaster Risk Reduction (Eco-DRR)*. IntechOpen London. DOI: 10.5772/intechopen.99506
- Perzl, F., Huber, A., 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 Steinschlag-Objektschutzfunktion*. Innsbruck: Institut für Naturgefahren. Bundesforschungszentrum für Wald (BFW).
- Perzl, F., Huber, A., Fromm, R., Hagen, K., Rössel, M., Den Outer, J., 2017: *Wald mit Steinschlag-Objektschutzfunktion in Österreich*. Wien: BFW-Praxisinformation 45: pp. 8-12.
- Perzl, F., Rössel, M., Kofler, A., 2017. *GRAVIMOD II. Erstellung von Grundlagen zur bundeseinheitlichen Ausweisung von Waldflächen mit Schutzfunktion vor Boden- und Felsrutschungen. Grundlagen, Methoden und Ergebnisse der Modellierung von Waldflächen mit Schutzfunktion vor spontanen Lockergesteinsrutschung (Hangrutschungen)*. Projektbericht an das BMLFUW. Innsbruck: Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), Institut für Naturgefahren.
- Perzl, F., Starsich, A., 2024. *The first Austrian indication map of protective forests showing their object-protective function cartographically*. Klagenfurt: INTERPRAEVENT 2024 - Conference Proceedings, pp. 709-713.
- Perzl, F., Teich, M., 2021: *Geodata requirements for Mapping Protective Functions and Effects of Forest*. In: Teich, M., Accastello, C., Perzl, F. (editors), 2021. *Protective Forests as Ecosystem-Based Solutions for Disaster Risk Reduction (Eco-DRR)*. IntechOpen London. DOI: 10.5772/intechopen.99508
- Preh, A., Mölk, M., Illeditsch, M., 2019. *Steinschlag und Felssturz*. In: Glade, T., Mergili, M., Sattler, K. (Hrsg.), 2019. *ExtremA 2019. Aktueller*

- Wissensstand zu Extremereignissen alpiner Naturgefahren in Österreich.
Vienna University Press, pp. 424-459.
- Proske, H., Bauer, Ch., 2013. *MoNOE – Modellierung der Sturzprozesse*. NÖ Geotage 2013. Geogene Gefahren und Raumordnung.
- Proske, H., Bauer, Ch., Granica, K., 2011. *Different Approaches of Rockfall Susceptibility Maps in Lower Austria*. Rome: Proceedings of the Second World Landslide Forum – 3-7 October 2011.
- Rudolf-Miklau, F.; Promper, C. (2015): *Die ÖREK-Partnerschaft "Risikomanagement für gravitative Naturgefahren": Problemstellung und fachpolitische Ziele*. In: ÖROK (Österreichische Raumordnungskonferenz), 2015. Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung. Fachliche Empfehlungen & Materialienband. Wien: ÖROK-Schriftenreihe Nr. 193, pp. 1-13.
- Schindlmayr, A., Haunschmid, B., Heidenreich, A., Holzer, R., Kreysler, D., Montag, O., Poscher, G., Ribis, M., Sommer, P., Stadlmann, T., Kendlbacher, D., 2016. *Gefahrenhinweiskarte Rutschungen 1:200.000 der Österreichischen Bundesländer*. Im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft in Kooperation mit dem Versicherungsverband Österreich. Vöcklabruck: ARGE Gefahrenhinweiskarte Rutschungen.
- Starsich, A., Perzl, F., 2022. *Die Österreichische Hinweiskarte Schutzwald - Geodatenmanagement für die Ingenieurpraxis*. Wildbach- und Lawinenverbau 189, pp. 174-182.
- Starsich, A., Oswald, V., 2022. *Waldatlas - the geodata platform for the forest, natural hazards and biodiversity*. Klagenfurt: INTERPRAEVENT 2024 - Conference Proceedings, pp. 227-230.
- Weber, L. (1997): *Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs*. Basiskarte Geologie. Wien: Archiv für Lagerstättenforschung 19.

Autor:

Vorname, Name: Frank, Perzl

Titel: Dipl.-Ing.

Firma, Abteilung: Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), Naturgefahren

Adresse: Rennweg 1 6020 Innsbruck

Tel: 0664/1400637

Fax: ---

mail: frank.perzl@bfw.gv.at

internet: <https://www.bfw.gv.at/fachinstitute/naturgefahren/>

Nicht Zutreffendes bitte löschen:

Teilnahme: ja

Vortragender: ja

Co-Autor:

Vorname, Name: Andreas, Huber

Titel: Dipl.-Ing.

Firma, Abteilung: Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), Naturgefahren

Adresse: Rennweg 1 6020 Innsbruck

Tel: 0664/88508305

Fax: ---

mail: andreas.huber@bfw.gv.at

internet: <https://www.bfw.gv.at/fachinstitute/naturgefahren/>

Nicht Zutreffendes bitte löschen:

Teilnahme: nein

Vortragender: nein