

Schutzwälder gegen Rutschungen: Ausscheidung und Pflege als Verbundaufgabe

Benjamin Lange Abteilung Gefahrenprävention, Bundesamt für Umwelt, BAFU (CH)*
Stéphane Losey Abteilung Gefahrenprävention, Bundesamt für Umwelt, BAFU (CH)
Arthur Sandri Abteilung Gefahrenprävention, Bundesamt für Umwelt, BAFU (CH)

Schutzwälder gegen Rutschungen: Ausscheidung und Pflege als Verbundaufgabe

Rutschungen sind eine häufig auftretende Naturgefahr, die auch massgeblich an gerinnerelevanten Gefahren wie Murgängen, Schwemmholz und Übersarungen beteiligt ist. Der Schutz vor Naturgefahren ist eine Verbundaufgabe von Bund, Kantonen und Dritten. Als eine Massnahme des integralen Risikomanagements scheidet die Kantone auf Basis gemeinsam mit dem Bund erarbeiteter Grundlagen Schutzwälder gegen flachgründige Rutschungen aus. Bezogen auf die gesamtschweizerische Schutzwaldfläche sind Rutschungen die häufigste Naturgefahr, gegen die der Wald schützt. Mit der Vollzugshilfe «Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald» (NaiS) werden verbindliche waldbauliche Ziele für Schutzwälder definiert. In den letzten Jahren haben sich verschiedene Forschungsinstitutionen vertieft mit der Wirkung von Wäldern auf Hangbewegungen befasst. Momentan wird das Anforderungsprofil «Wildbach, Hochwasser» beim Bundesamt für Umwelt überarbeitet. Dabei soll in den Gerinneabhängigen der Fokus verstärkt auf den Schutz vor Rutschungen gelegt werden. Das neue Anforderungsprofil «Wildbach, Hochwasser» wird gemäss dem aktuellen Wissensstand gestaltet, wobei keine grundlegenden Änderungen zum bestehenden Profil nötig sind. Mit dem in ProtectBio definierten Vorgehen kann bei flachgründigen Rutschungen die Risikoreduktion durch den Schutzwald analog zu derjenigen von technischen Schutzmassnahmen beurteilt werden.

Keywords: protection forest, landslides, SilvaProtect, NaiS
doi: 10.3188/szf.2019.0303

* Worbentalstrasse 68, CH-3063 Ittigen, E-Mail benjamin.lange@bafu.admin.ch

Rutschungen und Hangmuren sind in der Schweiz häufig auftretende Naturgefahren. Eine Analyse der Todesfälle durch Naturgefahren zeigt, dass in der Schweiz zwischen 1946 und 2015 74 Personen durch Rutschungen zu Tode kamen (Badoux et al 2016). Rutschungen können direkt auf ein Schadenpotenzial treffen und dieses beschädigen. Nicht minder relevant ist aber die Wirkung von Rutschungen und Erosion auf Naturgefahren, die von Gewässern ausgehen. So sind Seitenerosion und flachgründige Rutschungen in vielen Bächen entscheidend an der Geschiebe- und Schwemmholzlieferrung beteiligt und können, oft auch zeitlich versetzt, als Murgänge, Verkläuerungen oder Übersarungen Schaden anrichten.

Gefahrenprävention als Verbundaufgabe

Die Entwicklung der Gefahrenprävention auf nationaler und kantonaler Ebene ist historisch eng mit Schäden durch Rutschungen, Erosion und anderen Naturgefahrenprozessen in Gewässern verbunden. Die Entwaldung der Einzugsgebiete, gepaart mit intensiven Niederschlagsereignissen, hatte im 19. Jahrhundert verheerende Naturkatastrophen zur Folge. Als Konsequenz wurde der Schutz vor Naturgefahren Mitte des 19. Jahrhunderts zur Verbundaufgabe von Bund und Kantonen erklärt. Mit der Bundesverfassung von 1848 wurde die Grundlage für die finanzielle Unterstützung öffentlicher Bau-



Abb 1 Einzugsgebiet des Gangbachs im Schächental (UR) im Jahr 1911 mit vielen offenen Rutschflächen (links) und 1982 mit deutlich höherem Waldanteil und stabileren Einhängen (rechts). Fotos: Kantonsforstamt Uri (links), Arthur Sandri (rechts)

werke wie Schutzbauten geschaffen. Die fachliche und politische Auseinandersetzung mit dem Thema führten schliesslich zu den Bundesgesetzen über die Forstpolizei (1876) und über die Wasserbaupolizei (1877; Schweizerischer Bundesrat 2016). 1886 stellte Elias Landolt in einer vom Schweizerischen Forstverein herausgegebenen Publikation fest, dass zur Verminderung von Hochwasserschäden in den letzten 30 Jahren an den grösseren Gewässern viel getan worden war, dass aber, sollten die Schutzbauten an diesen Flüssen ihre Aufgabe dauernd erfüllen, auch die geschiebeführenden Zubringerbäche in einen Zustand gebracht werden müssen, der den Geschiebeeintrag vermindert (Abbildung 1). Als Massnahmen dafür schlug er nebst technischen Verbauungen auch biologische Massnahmen wie Aufforstungen und Begrünungen in Gewässereinhängen vor (Landolt 1886). Die Schutzwirkung des Waldes bei Gerinneprozessen wurde damit früh erkannt. Allerdings erfolgte erst mit der harmonisierten Schutzwaldausscheidung gemäss SilvaProtect 2011 eine konsequente Berücksichtigung der indirekten Prozesse (Losey & Wehrli 2013).

Heute ist der Schutz vor Naturgefahren eine Verbundaufgabe zwischen den Kantonen, dem Bund und den Gemeinden oder Dritten und orientiert sich an den Leitlinien des integralen Risikomanagements. Dieses beinhaltet die Gesamtheit der Massnahmen und Methoden, um das angestrebte Sicherheitsniveau in Bezug auf Naturgefahren zu erreichen. Unterschieden werden dabei die Phasen Vorbeugung, Bewältigung und Regeneration (Schweizerischer Bundesrat 2016). Der Wald als biologische Vorsorge gegen Naturgefahren ist nur eine von zahlreichen möglichen Massnahmen. Häufig, und in besonderem Masse bei gerinnerelevanten Naturgefahren (Murgang, Übersarung, Überflutung), sind nebst dem Schutzwald auch technische Verbauungen, planerische und organisatorische Mittel (z.B. Raumplanung und Baubewil-

ligungsverfahren, Evakuationen) bzw. die Kombination unterschiedlicher Massnahmen zielführend.

Schutzwälder gegen Rutschungen

Das Bundesgesetz über den Wald vom 4. Oktober 1991 (WaG; SR 921.0) verpflichtet die Kantone zur Ausscheidung von Schutzwäldern. Fehlende, von allen Partnern anerkannte Kriterien zur Schutzwaldausscheidung führten zu unterschiedlichen Umsetzungen in den Kantonen. An einer Tagung im Jahr 2003 kamen Bund und Kantone überein, dass die Schutzwaldausscheidung zukünftig nach harmonisierten, objektiven Kriterien erfolgen soll. Als Folge wurde vom Bund das Projekt SilvaProtect lanciert. Dieses hatte die Ziele, einerseits eine objektive Grundlage für die Aufteilung der Bundesmittel zuhanden der Kantone zu schaffen und andererseits harmonisierte Kriterien für die kantonalen Schutzwaldausscheidungen zu erarbeiten. Im Rahmen dieses Projektes wurde auch eine gemeinsame Definition des Schutzwaldes formuliert, die wie folgt lautet: «Ein Schutzwald ist ein Wald, der ein anerkanntes Schadenpotenzial gegen eine bestehende Naturgefahr schützen oder die damit verbundenen Risiken reduzieren kann» (Losey & Wehrli 2013). In dieser Definition sind sowohl die Wälder berücksichtigt, die Schäden durch Naturgefahrenereignisse unmittelbar mindern bzw. verhindern, als auch diejenigen mit mittelbarem Effekt, also solchen, die sich in den Einzugsgebieten günstig auf Geschiebeproduktion und Schwemmholzlieferrung auswirken.

Modellierung der Schutzwälder gegen Rutschungen

Damit die Ziele von SilvaProtect erreicht werden konnten, wurden verschiedene Naturgefahrenprozesse auf Basis von schweizweit verfügbaren Da-

Datengrundlagen	Verwendungszweck Modellierung (Auszug)
Digitales Höhenmodell DHM10	Anrisse Hangmuren, Fließwege
Swisstopo Felsmaske	Korrekturen Anrissflächen Hangmuren
Swisstopo Vektor25-PRI	Anrisse und Korrekturen Anrissflächen Hangmuren
Hydrologischer Atlas der Schweiz	Anpassung des Parameters Reibungswinkel
Moorflächen (BAFU)	Korrekturen Anrissflächen Hangmuren
StorMe (BAFU)	Plausibilisierung der Modellresultate
Digitale geotechnische Karte der Schweiz 1:200 000	Winkel innere Reibung, Durchlässigkeit

Tab 1 Datengrundlagen für die Modellierung von Rutschungen in SilvaProtect.



Abb 2 Rutschung in einen murgangfähigen Bach mit obenliegendem, stabilisierendem Schutzwald (Drostobel, Klosters, GR). Foto: Benjamin Lange

ten modelliert. Der Prozess «Rutschungen» umfasste dabei Hangmuren und flachgründige Rutschungen. Nicht berücksichtigt wurden permanente mittel- und tiefgründige Rutschungen, weil der Einfluss des Waldzustandes auf diese Prozesse limitiert ist. Für die Modellierung der Rutschungen wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Datengrundlagen verwendet (detaillierte Informationen sind in Losey & Wehrli 2013, Anhang 1, zu finden).

Nebst einem genauen digitalen Höhenmodell ist die Ansprache des Untergrundes für die Modellierung von Rutschungen unerlässlich. Leider ist die Geologie der Schweiz nicht flächendeckend im Massstab 1:25 000 kartiert. Aus diesem Grund musste auf eine stark generalisierte Karte der Schweizerischen geotechnischen Kommission im Massstab 1:200 000 zurückgegriffen werden.

Die Modellierung erfolgte damit lediglich auf einer generalisierten Gefahrenhinweisstufe und entspricht einem Massstab von 1:50 000. Die Wirkung von Wald und anderen Schutzmassnahmen wurde bei der Modellierung nicht berücksichtigt. Aufgrund der vorhandenen Datengrundlage und der verwen-

deten Modellierung werden in SilvaProtect die Flächen, auf denen Rutschungen auftreten können, tendenziell überschätzt. Effektiv betreffen Hangmurenergebnisse nur einen geringen Teil der modellierten Prozessflächen, unter anderem auch wegen der Waldwirkung. Zudem sind die Auslaufzonen bei Hangmuren vom Wassergehalt abhängig und damit in Realität oft kürzer als die modellierten Trajektorien. So überschätzt das Modell die Prozessflächen von Rutschungen insbesondere im Jura aufgrund der spezifischen Bodeneigenschaften, während in anderen Gebieten die Realität besser abgebildet wird.

Ausscheidung der Schutzwälder gegen Rutschungen

Als Schutzwälder gegen Rutschungen gelten jene Wälder, in denen gemäss Modellierungen Rutschungen stattfinden können, die direkt auf ein Schadenpotenzial oder aber auf ein schadenrelevantes Gerinne (Murgang, Übersarung; Abbildung 2) treffen. Die modellierten Prozessflächen und schadenrelevanten Gerinne wurden den Kantonen zur Überprüfung und Ergänzung vorgelegt. Auf dieser Basis erfolgte die kantonale und damit rechtlich verbindliche Schutzwaldausscheidung.

Flächenanteil der Schutzwälder gegen Rutschungen

Rund die Hälfte des Schweizer Waldes schützt gegen Naturgefahren.¹ Der weitaus grösste Flächenanteil des Schutzwaldes, nämlich rund 80%, wirkt dabei schadenrelevanten Gerinneprozessen entgegen. 27% des Schutzwaldes schützen zudem ein Schadenpotenzial unmittelbar vor Rutschungen. Im Vergleich dazu betragen die entsprechenden Flächenanteile bei Lawinen 21% und bei Sturzprozessen gar nur 8%. Da Schutzwälder gleichzeitig gegen verschiedene Prozesse schützen können, summieren sich die einzelnen Anteile auf über 100%.

In den gerinnerelevanten Schutzwäldern sind Rutschungen gemäss SilvaProtect der flächenmässig wichtigste Prozess: Auf 80% der Fläche schützen die gerinnerelevanten Schutzwälder vor Rutschungen in schadenrelevante Gewässer und verringern dadurch den Geschiebe- und Sedimenteintrag. Insgesamt ist der Schutz vor Rutschungen damit flächenmässig die wichtigste Schutzwirkung des Waldes in der Schweiz, sowohl bei den Naturgefahren mit unmittelbarer Auswirkung auf ein Schadenpotenzial wie auch bei den gerinnerelevanten Prozessen. Diese Aussagen beruhen allerdings auf der bereits oben erwähnten tendenziellen Überschätzung der räumlichen Verbreitung von Rutschungen in SilvaProtect.

¹ Die vorliegenden Angaben beruhen auf den gesamtschweizerischen SilvaProtect-Modellierungen vor der Überprüfung der Prozessflächen im Rahmen der kantonalen Schutzwaldausscheidungen. So sind gewisse Abweichungen zu den tatsächlich ausgeschiedenen kantonalen Schutzwäldern möglich.

Ort	Minimalanforderungen	Idealanforderungen
Entstehungsgebiet flachgründige Rutschungen und Oberflächenerosion	Lückengrösse ¹⁾ max. 6 a, bei gesicherter Verjüngung max. 12 a	Lückengrösse ¹⁾ max. 4 a, bei gesicherter Verjüngung max. 8 a
	Deckungsgrad dauernd $\geq 40\%$	Deckungsgrad dauernd und kleinflächig $\geq 60\%$
		Keine schweren und wurfgefährdeten Bäume

Tab 2 Aktuelle Anforderungen gemäss Naturgefahr an Schutzwälder gegen flachgründige Rutschungen und Erosion (vereinfacht), wie sie in der Wegleitung «Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald» (NaiS; Frehner et al 2005) verankert sind. 1) Lücke von Kronenrand zu Kronenrand im Stangen- und Baumholz.

Anforderungen an Schutzwälder gegen Rutschungen

Auf die grundlegenden Wirkungsweisen des Waldes auf Rutschungen und Erosion wird an dieser Stelle nur kurz eingegangen, da sich in diesem Heft weitere Autoren mit der Wirkung der Vegetation auf die Bodenstabilität befassen (z.B. Schwarz 2019). Grundsätzlich beeinflusst der Wald die Bodenstabilität über direkte wie auch indirekte Mechanismen. Zu den direkten Einflüssen zählen die basale und die laterale Wurzelverstärkung sowie der Versteifungseffekt der Wurzeln innerhalb eines Rutschkörpers (Schwarz et al 2018). Bekannt ist auch der positive Zusammenhang zwischen der Feinwurzelichte und der Stabilität von Bodenaggregaten, wodurch sich der Reibungswinkel des Bodenmaterials erhöhen kann (z.B. Graf & Frei 2013, Yildiz et al 2018). Zu den indirekten gehört insbesondere der Umstand, dass der Wald bzw. die Bäume durch Transpiration und Interzeption die lokalen hydrologischen Bedingungen – einer der zentralen Faktoren bei der Auslösung von Rutschungen – modifizieren. Daneben können die bodenhydrologischen Eigenschaften auch durch das durch Wurzeln gebildete Makroporensystem verbessert werden (z.B. Lange et al 2009).

Anforderungsprofile in NaiS

Schutzwälder müssen in der Schweiz gemäss den Anforderungsprofilen der Wegleitung «Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald» (NaiS; Frehner et al 2005) gepflegt werden. Das sogenannte Idealprofil in NaiS beschreibt dabei den naturgefahrnspezifischen Waldzustand, von dem nach heutigem Wissen die langfristig beste Schutzwirkung zu erwarten ist. Es entspricht damit dem waldbaulichen Ziel. Das zweite Profil, das Minimalprofil, ist die Messlatte für die Herleitung des Handlungsbedarfs. Fällt der reale Zustand des Schutzwaldes gegenüber dem Minimalprofil ab, besteht aus Sicht der Schutzwirkung grundsätzlich waldbaulicher Handlungsbedarf. Der Handlungsbedarf wird durch einen Vergleich zwischen dem aktuellen Zustand des Waldes und dem Minimalprofil abgeleitet,

wobei auch die zu erwartende Entwicklung ohne Massnahmen (natürliche Dynamik des Waldes) berücksichtigt wird.

Das Anforderungsprofil bezüglich Rutschungen, Erosion und Murgängen unterscheidet in der aktuellen Version zwischen dem Entstehungsgebiet und dem Infiltrationsgebiet. Dabei wird ein hoher potenzieller Beitrag des Waldes bei flachgründigen Rutschungen (maximal 2 m mächtig) und bei Oberflächenerosion angenommen. Bei mittel- und tiefgründigen Rutschungen wird die Waldwirkung dagegen nur als gering bis mittel angegeben, da der Einfluss primär indirekt über den hydrologischen Kreislauf im Infiltrationsgebiet des Rutschkörpers gegeben ist. Die Anforderungen im Entstehungsgebiet von flachgründigen Rutschungen beziehen sich auf die Lückengrösse sowie auf den Deckungsgrad (Tabelle 2). Selbstverständlich gelten aus Gründen der Stabilität und der Nachhaltigkeit wie bei allen Naturgefahren auch die Anforderungen gemäss Standort. Die 2005 definierten Anforderungen gemäss Naturgefahr beruhen bei Rutschungen zu einem grossen Teil auf Expertenwissen. Bei Unwettern um die Jahrtausendwende in der Innerschweiz beobachtete man, dass Rutschungen im Wald gehäuft ab einer gewissen Lückengrösse im Bestand auftraten, was in den Anforderungsprofilen zur Definition dieses Parameters führte. Zudem wurden bei der Definition der Lückengrösse auch verjüngungsökologische Aspekte berücksichtigt.

Auch im NaiS-Anforderungsprofil «Wildbach, Hochwasser» wird kurz auf Rutschungen eingegangen. Hier sollen in Gebieten, in denen nebst Hochwassergefahr auch Probleme mit flachgründigen Rutschungen auftreten, die bezüglich Rutschungen geltenden Anforderungen normalerweise Vorrang haben (Frehner et al 2005).

Besteht Bedarf zur Überarbeitung der Anforderungsprofile?

In den letzten Jahren hat sich die Wissenschaft verstärkt mit den direkten und indirekten Wirkungen der Vegetation auf Bodenbewegungen befasst. So wurden zahlreiche Studien zum Einfluss von Vegetation auf die Wurzelarmierung des Bodens (z.B. Schwarz et al 2013), zum Einfluss von Pflanzen und Mykorrhiza auf die Aggregatstabilität (Bast et al 2014) und zur Wirkung von Wurzeln auf den Wasserkreislauf im Boden (z.B. Lange et al 2013) durchgeführt. Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes 68 «Ressource Boden» wurde in einem Projekt der Einfluss von Pflanzen und Pilzen auf die Hangstabilität untersucht (Projekt SOSTANAH der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft [WSL]; z.B. Graf et al 2017). Auch im vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) finanzierten, laufenden Forschungsprogramm «Schwemmholz», an dem verschiedene Universitäten und For-

schungseinrichtungen beteiligt sind, befassen sich zahlreiche Fachleute mit dem Einfluss des Waldes auf Naturgefahrenprozesse und Schwemmholzmobilisierung durch Rutschungen und Erosion. Ende 2019 wird der Synthesebericht zuhanden der Praxis in der BAFU-Schriftenreihe «Umwelt-Wissen» erscheinen. Seit 2018 läuft zudem an der WSL in Zusammenarbeit mit mehreren Kantonen ein Projekt mit dem Ziel, interaktive Karten zur Rutschungsanfälligkeit von Wäldern zu erarbeiten.

Diese Beispiele zeigen, dass in den letzten Jahren viel Wissen zum Einfluss des Waldes auf Rutschungen und Erosion erarbeitet wurde. Im Rahmen einer Zielanalyse überprüft das BAFU in Zusammenarbeit mit Experten, kantonalen Vertretern und dem NaiS-Autorenteam periodisch, ob die in NaiS festgelegten Anforderungsprofile angemessen und zweckmässig sind. Eine solche Überprüfung für das Anforderungsprofil «Rutschungen, Erosion, Murgang» fand 2016 statt. Die Beurteilung zeigte, dass insbesondere die Erklärungen zu den Prozessen und zur Wirkung des Waldes revisionsbedürftig sind und weniger die eigentlichen Anforderungen. In den nächsten Jahren soll daher eine Überarbeitung erfolgen. Das Profil wird voraussichtlich auf den bereits jetzt vorhandenen, im Bestand einfach zu erfassenden Anforderungen wie Deckungsgrad, Lückengrösse und Lückengeometrie beruhen und damit in der Praxis ohne Mehraufwand zum jetzigen Anforderungsprofil umsetzbar sein.

Zudem wird momentan das NaiS-Anforderungsprofil «Wildbach, Hochwasser» angepasst und

verstärkt auf die waldbauliche Pflege von Gerinnehängen ausgerichtet. Damit findet auch eine Anpassung des Anforderungsprofils an die Schutzwaldausscheidung gemäss den harmonisierten Kriterien von SilvaProtect statt, die Wald, der ausschliesslich eine Schutzwirkung gegen Hochwasser hat, nicht als Schutzwald akzeptiert. Da Rutschungen und Erosion schweizweit die dominanten Prozesse des Geschiebeeintrags in schadenrelevante Gerinne sind, sollen die Anforderungen an Schutzwälder gegen Rutschungen im neuen Anforderungsprofil für Gerinneabhängige prominenter als bislang integriert werden.

Einzelbeurteilung von Massnahmen zur Risikoreduktion bei Rutschungen

Schutzmassnahmen spielen im Risikomanagement eine zentrale Rolle. Ihre Wirkung kann aber nur dann berücksichtigt werden, wenn die massgebenden Faktoren und Zusammenhänge bekannt sind und quantifiziert werden können. Für technische Schutzmassnahmen existiert mit «Protect» (Romang et al 2008) ein anerkanntes Instrument zur Wirkungsanalyse. Mit dem Ziel, auch biologische Schutzmassnahmen so aufzuarbeiten, dass sie analog der Schutzbauten in ihrer Wirkung beurteilbar werden, lancierte das BAFU das Projekt «ProtectBio» (Wasser & Perren 2014). Das Projekt zeigte, dass die Grundsätze von Protect bei vielen Prozessen, unter anderem auch bei flachgründigen Rutschungen, auf Schutzwälder übertragbar sind. Die Beurteilung für die Schutzmassnahme «Wald» erfolgt in ProtectBio analog zu Protect in mehreren Schritten:

- In Schritt 1 wird eine Grobbeurteilung vorgenommen. Dabei wird eruiert, ob eine Relevanz der Schutzmassnahme (in diesem Fall der Schutzwald) auf den Gefahrenprozess angenommen werden kann. Bei flachgründigen Rutschungen ist dies grundsätzlich der Fall.
- In Schritt 2 wird die Zuverlässigkeit der Schutzmassnahme überprüft.
- In Schritt 3 wird die Wirkung der Massnahme auf den Prozessablauf quantifiziert.

Die Zuverlässigkeit (Schritt 2) ist dabei als Eigenschaft des Waldes definiert, eine festgelegte Funktion unter vorgegebenen Bedingungen während einer festgelegten Zeitdauer mit vorgegebener Wahrscheinlichkeit zu erfüllen (Berwert et al 2010). Die Prüfung der Zuverlässigkeit erfolgt anhand der Tragsicherheit, der Gebrauchstauglichkeit und der Dauerhaftigkeit der Schutzmassnahme (Abbildung 3). Die Tragsicherheit beinhaltet die Gesamtstabilität eines Waldbestandes gegenüber möglichen Szenarien, wobei das Szenario von der Lokalität und der Fragestellung abhängig ist. Bei der Tragsicherheit spielt vor allem die mechanische Funktion des

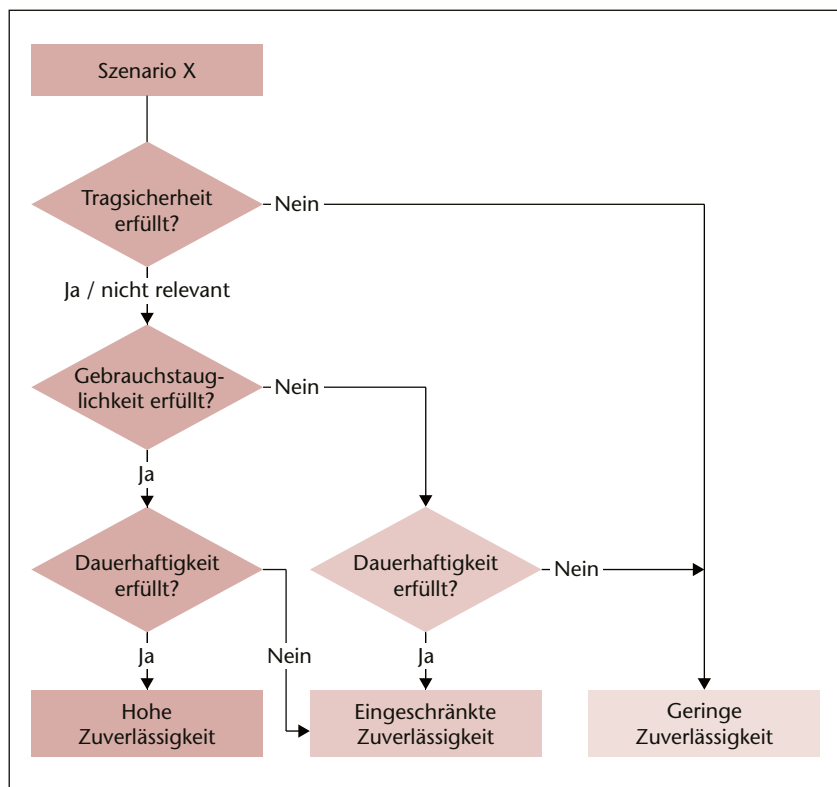


Abb 3 Vorgehen zur Beurteilung der Zuverlässigkeit der Massnahme «Schutzwald» gemäss ProtectBio (Wasser & Perren 2014).

Kasten: Zuverlässigkeit der Schutzmassnahme Wald im Totenbielbach

In einem Fallbeispiel von ProtectBio wurde die Zuverlässigkeit der Schutzmassnahme Wald im Einzugsgebiet des Totenbielbachs (Sachseln, Kanton Obwalden) mithilfe dem in Abbildung 3 skizzierten Vorgehen genauer untersucht. Als Szenario wurde ein einstündiges Niederschlagsereignis mit einer Intensität von 60 mm/h zugrunde gelegt. Die Untersuchung ergab, dass gut 50% der Schutzwaldfläche eine hohe Zuverlässigkeit hatten. Bei rund 6% war sie dagegen eingeschränkt und bei knapp 40% als Folge diverser Störungen gering.

Waldes eine Rolle. Daher kann sie mithilfe des aktuellen und des vermuteten zukünftigen Waldzustandes (Entwicklungsstufe, Baumartenmischung, Deckungsgrad und Stabilitätsträger) beurteilt werden. Die Gebrauchstauglichkeit ist die Fähigkeit des Waldes, seine Funktion während des Einsatzes – des Ereignisses – zu gewährleisten, d.h., Schutz vor der Naturgefahr zu bieten. Die Gebrauchstauglichkeit wird im Wald als erfüllt betrachtet, wenn die Waldstruktur dem jeweiligen NaiS-Anforderungsprofil entspricht. Schliesslich ist die Schutzwirkung dauerhaft, wenn Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Schutzwaldes für eine Dauer von mindestens 50 Jahren gegeben sind, wobei davon ausgegangen wird, dass der Unterhalt sichergestellt ist.

Bei Schutzwald gegen Rutschungen ist eine Beurteilung der Zuverlässigkeit (Schritt 2; Abbildung 3) grundsätzlich möglich (s. das Fallbeispiel im Kasten). Ergänzt mit Modellierungen, die die Wirkung des Waldes quantifizieren (Schritt 3), sind auch Aussagen zur Risikoreduktion machbar. Allerdings sind solche Analysen zeit- und kostenaufwendig. Sie eignen sich daher nur für spezifische lokale Fragestellungen und nicht für flächige Auswertungen. Zurzeit wird zum Beispiel von den Schweizerischen Bundesbahnen SBB an einzelnen Standorten das Ausmass der Risikoreduktion durch den Wald eruiert.

Abgeltungen im Schutzwald gegen Rutschungen

Im Rahmen der Verbundaufgabe «Schutz vor Naturgefahren» übernimmt der Bund eine übergeordnete strategische Rolle auf nationaler Ebene, während die Kantone für die operationelle Umsetzung verantwortlich sind. Diese Aufgabenteilung gilt seit der Reformation des Finanzausgleichs im Jahr 2008 (Neuer Finanzausgleich, NFA) auch bei der Finanzierung von Schutzwaldeingriffen. Seit diesem Zeitpunkt wird die Schutzwaldpflege im Rahmen von resultatorientierten Leistungsvereinbarungen, den sogenannten Programmvereinbarungen Schutzwald zwischen dem Bund und den Kantonen umgesetzt. Jährlich stellt der Bund für die Schutzwaldpflege, inklusive Waldschutzmassnahmen und der Sicherstellung der für die Schutzwaldpflege nötigen Infrastruktur, rund 70 Millionen Franken zur Verfügung.

Rund zwei Drittel der Mittel fliessen dabei in die eigentliche Pflege des Schutzwaldes. Gemäss den Erfahrungszahlen aus effor2-Pilotprojekten und periodischen Überprüfungen auf Basis des forstwirtschaftlichen Testbetriebsnetzes der Schweiz belaufen sich die Nettokosten für eine Hektare behandelten Schutzwald im landesweiten Durchschnitt auf 12500 Franken. Jede vertraglich vereinbarte Hektare behandelte Schutzwaldfläche entschädigt der Bund mit 5000 Franken, d.h. 40% der durchschnittlichen Nettokosten. Die verbleibenden Kosten werden von den Kantonen und weiteren Nutznießern (z.B. Gemeinden, Infrastrukturbetreibern) getragen.

Die operationelle Umsetzung, und somit auch die Priorisierung der Schutzwaldeingriffe, ist Sache der Kantone. Aus diesem Grund können auf nationaler Ebene keine exakten Aussagen darüber gemacht werden, wie hoch die Mittel sind, die für die Pflege des Schutzwaldes gegen Rutschungen eingesetzt werden. Die SilvaProtect-Daten erlauben nur eine sehr grobe Schätzung, die auf der nicht realen, gleichwertigen Mittelverteilung über alle Naturgefahren beruht. Auf Basis dieser mit Vorsicht zu geniessenden Schätzung werden schweizweit jährlich rund 9 Millionen Franken Bundesmittel für die Pflege von Schutzwäldern gegen Rutschungen mit direktem Schadenpotenzial eingesetzt (ohne Mittel für die nötige Infrastruktur und den Waldschutz). Dazu kommen rund 12 Millionen Franken Bundesmittel für waldbauliche Massnahmen gegen Rutschungen in Gerinnehängen. Ausgehend von einer Bundesbeteiligung von 40% werden in der Schweiz damit jährlich gut 50 Millionen Franken in Wälder investiert, die vor Rutschungen schützen.

Fazit und Ausblick

Rutschungen sind flächenbezogen die wichtigste Naturgefahr, gegen die der Schutzwald in der Schweiz schützt. Die Reduktion von Geschiebe- und Schwemholzeintrag in schadenrelevante Gerinne ist dabei ein wichtiger Faktor, wobei dieser in den aktuellen Anforderungsprofilen in NaiS nur teilweise berücksichtigt wird. Momentan wird das Anforderungsprofil «Wildbach, Hochwasser» deshalb überarbeitet und stärker auf die Reduktion des Geschiebe- und Schwemholzeintrages ausgerichtet. Zurzeit ist ein erster Entwurf des neuen Anforderungsprofils in Arbeit. Dabei werden auch die Erkenntnisse des Forschungsprogramms «Schwemholz» des BAFU berücksichtigt. 2020 wird sich die schweizerische Gebirgswaldpflegegruppe (GWG) an der Winter- und an der Sommertagung mit dem neuen Anforderungsprofil befassen, womit die überarbeitete Version im Jahr 2021 in Kraft gesetzt werden soll. Zudem erfolgt in den nächsten Jahren eine Aktualisierung des Anforderungsprofils «Rutschun-

gen, Erosion, Murgänge». Diese Anpassung an den aktuellen Wissensstand wird voraussichtlich nur geringe Änderungen im Anforderungsprofil mit sich bringen. ■

Eingereicht: 21. Februar 2019, akzeptiert (mit Review): 22. August 2019

Literatur

- BADOUX A, ANDRES N, TECHEL F, HEGG C (2016)** Natural hazard fatalities in Switzerland from 1946 to 2015. *Nat Hazards Earth Syst Sci* 16: 2747–2768.
- BAST A, WILCKE W, GRAF F, LÜSCHER P, GÄRTNER H (2014)** The use of mycorrhiza for ecoengineering measures in steep alpine environments: effects on soil aggregate formation and fine-root development. *Earth Surf Process Landf* 39: 1753–1763.
- BERWERT J, ETTLIN B, STETTLER M (2010)** Protect Bio II. Beurteilung der Zuverlässigkeit des Schutzwaldes am Beispiel Sachseln (Massnahmenbeurteilung). Sarnen: Belop AG, Projektbericht zuhanden des BAFU. 73 p.
- FREHNER M, WASSER B, SCHWITTER R (2005)** Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bern: Bundesamt Umwelt Wald Landschaft. 564 p.
- GRAF F, FREI M (2013)** Soil aggregate stability related to soil density, root length, and mycorrhiza using site-specific *Alnus incana* and *Melanogaster variegatus* s.l. *Ecol Eng* 57: 314–323.
- GRAF F, BEBI P, BRASCHLER U, DE CESARE G, FREI M ET AL (2017)** Pflanzenwirkungen zum Schutz vor flachgründigen Rutschungen. Birmensdorf: Eidgenöss. Forschungsanstalt WSL, Ber 56. 42 p.
- LANDOLT E (1886)** Die Bäche, Schneelawinen und Steinschläge und die Mittel zur Verminderung der Schädigungen durch dieselben. Zürich: Orell Füssli. 140 p.
- LANGE B, LÜSCHER P, GERMANN P (2009)** Significance of tree roots for preferential infiltration in stagnic soils. *Hydrol Earth Syst Sci* 13: 1809–1821.
- LANG B, GERMANN P, LÜSCHER P (2013)** Greater abundance of *Fagus sylvatica* in coniferous flood protection forests due to climate change: impact of modified root densities on infiltration. *Eur J For Res* 132: 151–163.
- LOSEY S, WEHRLI A (2013)** Schutzwald in der Schweiz. Vom Projekt SilvaProtect-CH zum harmonisierten Schutzwald. Bern: Bundesamt Umwelt. 29 p.
- ROMANG H, BÖLL A, BOLLINGER D, HUNZIKER L, KEUSEN HR ET AL (2008)** Wirkung von Schutzmassnahmen (PROTECT). Bern: Nationale Plattform Naturgefahren. 289 p.
- SCHWARZ M, GIADROSSICH F, COHEN D (2013)** Modeling root reinforcement using a root-failure Weibull survival function. *Hydrol Earth Syst Sci* 17: 4367–4377.
- SCHWARZ M, HILFIKER K, DAZIO E, SOLDATI M (2018)** Was bringen Entlastungsschläge in rutschgefährdeten Hängen? *Wald Holz* 99 (2): 16–19.
- SCHWARZ M (2019)** Wurzelverstärkung und Hangstabilitätsberechnungen: ein Überblick. *Schweiz Z Forstwes* 170: 292–302. doi: 10.3188/szf.2019.0292
- SCHWEIZERISCHER BUNDESRAT (2016)** Umgang mit Naturgefahren in der Schweiz. Bericht des Bundesrats in Erfüllung des Postulats 12.4271 Darbellay vom 14.12.2012. Bern: Bundesamt Umwelt. 120 p.
- WASSER B, PERREN B (2014)** Wirkung von Schutzwald gegen gravitative Naturgefahren – ProtectBio. *Schweiz Z Forstwes* 165: 275–283. doi: 10.3188/szf.2014.0275
- YILDIZ A, GRAF F, RICKLI C, SPRINGMAN SM (2018)** Determination of the shearing behaviour of root-permeated soil with a large-scale direct shear apparatus. *Catena* 166: 98–113.

Forêts protectrices contre les glissements de terrain: délimitation et entretien comme tâche commune

Les glissements de terrain sont un danger naturel fréquent et récurrent qui jouent aussi un rôle pour d'autres dangers liés aux cours d'eau comme les coulées de boue, le bois flottant et les épandages d'alluvions. La protection contre les dangers naturels est une tâche commune de la Confédération, des cantons et des tiers. A l'aide de critères élaborés communément avec la Confédération, les cantons ont délimité les forêts protectrices contre les glissements superficiels, mesure considérée dans la gestion intégrale des risques. Par rapport à la surface totale des forêts protectrices suisses, les glissements de terrain sont le danger le plus important contre lequel la forêt protège. Les objectifs sylvicoles obligatoires pour les forêts protectrices sont définis dans l'aide à l'exécution «Gestion durable des forêts de protection». Durant ces dernières années, différentes institutions de recherches se sont consacrés à l'effet de la forêt sur les mouvements de pente. Le profil d'exigence «Torrents, crues» est actuellement remanié à l'Office de l'environnement. Ainsi, dans le talus des cours d'eau, on se concentrera davantage sur la protection contre les glissements. Ce profil d'exigence sera renouvelé selon les connaissances actuelles; cependant, aucun changement fondamental par rapport au profil existant n'est nécessaire. Selon le processus défini dans ProtectBio, la réduction des risques par la forêt pour les glissements superficiels peut être évaluée de la même manière que pour les ouvrages de protection.

Protection forests against landslides: delimitation and maintenance as a joint task

Landslides are natural hazards that occur frequently and are decisively involved in water-relevant hazards such as debris flows, driftwood and overbank sedimentation. Protection against natural hazards is a joint task of the Confederation, the cantons and third parties. As a measure of integrated risk management, the cantons delimitate protection forests against shallow landslides based on principles developed jointly with the Confederation. In relation to the total area of protection forests in Switzerland, landslides are the most frequent natural hazard against which forests protect. The enforcement aid «Sustainability and Success Monitoring in Protection Forests (NaiS)» defines binding silvicultural targets for protection forests. In recent years, various research institutions have looked more closely at the impact of forests on slope movements. The «torrent, flood» requirement profile of NaiS is currently being revised at the Federal Office for the Environment. In the channel slopes, the goal is to shift the emphasis to protection against landslides. This requirement profile will be designed in accordance with the current state of knowledge. In doing so, no fundamental changes to the existing profile will be necessary. ProtectBio defines a procedure, which enables the assessment of risk reduction through protective forest for shallow landslides to be in compliance with risk reduction through technical protective measures.