



Fachstelle für Gebirgswaldpflege (GWP)  
Centre de sylviculture de montagne (CSM)  
Centro per la selvicoltura di montagna (CSM)  
Bund, Kantone und Fürstentum Liechtenstein



Fachstelle Waldbau  
Centre de sylviculture  
Centro per la Selvicoltura

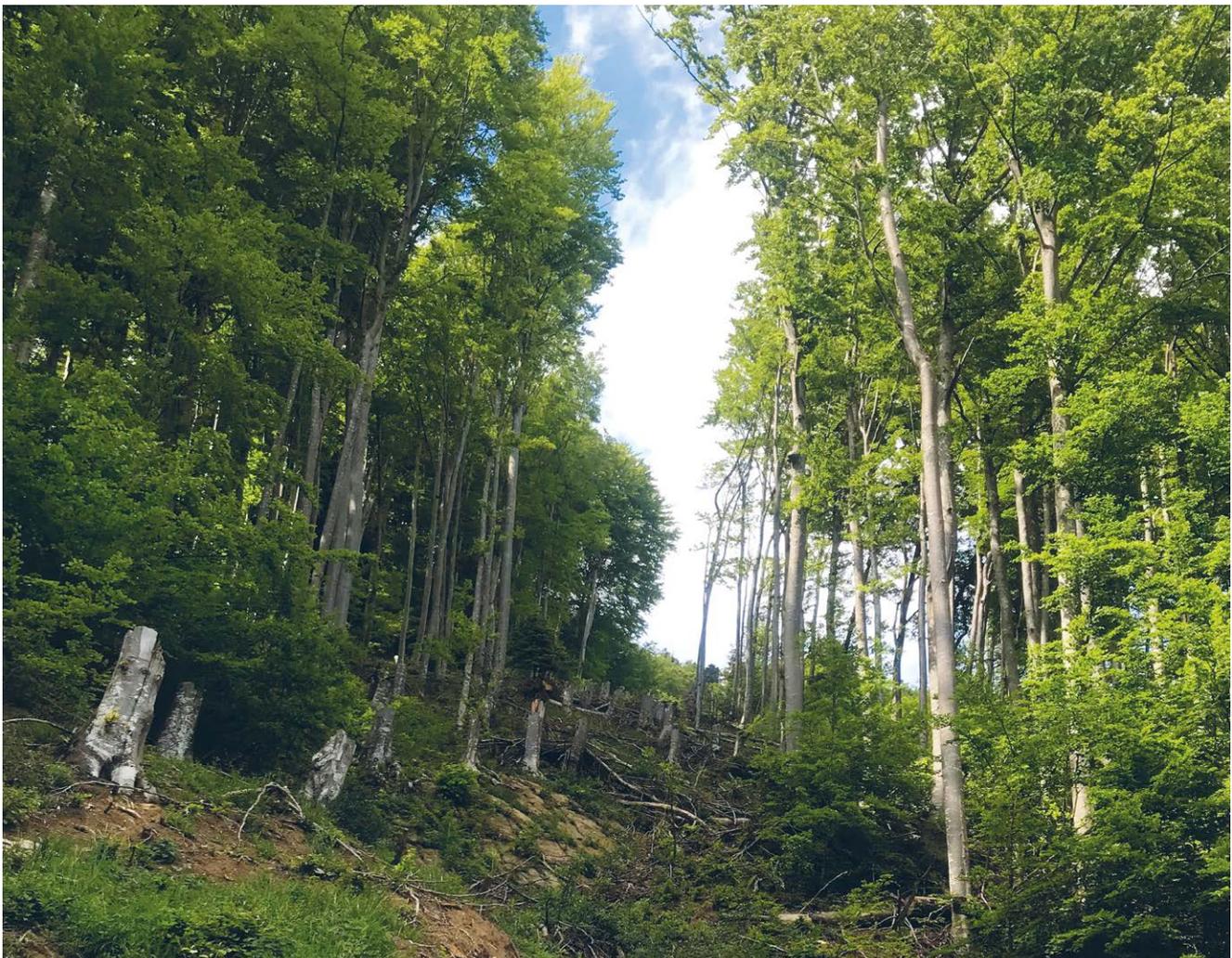


Berner Fachhochschule  
Haute école spécialisée bernoise

# Waldbau in buchendominierten Schutzwäldern

Buchendominierte Wälder machen einen bedeutenden Anteil des Schweizer Schutzwaldes aus und sind über weite Teile der Schweiz verbreitet. Ziel in diesen Schutzwäldern ist die Bereitstellung einer nachhaltig hohen Schutzwirkung insbesondere gegen Steinschlag, Rutschungen und Gerinnesprozesse. Buchendominierte Wälder stellen die Bewirtschafter vor besondere Herausforderungen, welche sich von denjenigen in Gebirgsnadelwäldern unterscheiden. Diese Praxishilfe soll als Hilfestellung für den waldbauli-

chen Umgang mit den Schutzwäldern der untermontanen, submontanen und – im beschränkten Ausmass - kollinen Stufe dienen. Die Buche als heute und wohl auch zukünftig vielerorts dominierende Baumart spielt dabei eine zentrale Rolle. Das Papier fasst den aktuellen Stand des Wissens zusammen und basiert auf den Erfahrungen in meist buchendominierten Laubwäldern von Jura, Mittelland, Voralpen und Alpen der Alpennordseite. Die Übertragbarkeit auf die Alpensüdseite ist entsprechend eingeschränkt.



# Inhalt

<b>1 Ökologie der unter- und submontanen Buchenwälder</b>	<b>3</b>
1.1 Erkenntnisse aus dem Buchenurwald	3
1.2 Waldökologische Eigenschaften der Buche	3
1.3 Klimawandel und Baumartenvielfalt	3
<b>2 Waldbauliche Zielvorstellung</b>	<b>4</b>
2.1 Grundsätzliche Ziele	4
2.2 Zielsetzungen nach Naturgefahr	4
Steinschlag	4
Flachgründige Rutschungen, Hangmuren	5
Gerinneprozesse	6
2.3 Zielsetzungen nach Standort	6
Box: Kurze Steinschlag-Transits Strecken	6
2.4 Geeignete Bewirtschaftungsformen	7
Box: Möglichkeiten und Grenzen vom liegenden Holz	7
<b>3 Waldbauliche Lösungsansätze</b>	<b>8</b>
3.1 Verjüngen	8
Verjüngungsöffnungen bestimmen die Waldstruktur	8
Steuerung der Baumartenmischung	8
Wie klein müssen und wie gross dürfen die Verjüngungsöffnungen sein?	10
Räumliche Ordnung und Verjüngungstempo	10
Stabilitätsaspekte beim Verjüngen	11
3.2 Jungwaldpflege	12
Natürliche Abläufe ausnutzen	12
Zeitpunkt und Ziele eines Eingriffes	13
Auswahl und Anzahl der Z-Bäume	14
Z-Baum-Behandlung	15
3.3 Durchforstung	15
Box: Sicherheitsstreifen und Umgang mit Gefahrenträgern	15
Literatur / Impressum	16

## 1 Ökologie der unter- und submontanen Buchenwälder

Der Naturwald der untermontanen und submontanen Stufe wird sehr stark von der Buche dominiert. Folgende Eigenschaften machen die Buche so enorm konkurrenzstark: Problemlose Naturverjüngung, hohe Wurzelenergie, Schattentoleranz, hohe Konkurrenzkraft, langanhaltende Reaktionsfähigkeit, Langlebigkeit, Baumhöhe bis 45 Meter. Die Buche wächst in einem grossen Standortsspektrum von sauer bis basisch. Begrenzt wird die Buche in diesen Höhenstufen nur durch nasse oder sehr trockene Standorte sowie durch Sonderwaldstandorte.

### 1.1 Erkenntnisse aus dem Buchenurwald

Gemäss einer Untersuchung der WSL [12] enthalten die ukrainischen Buchenurwälder von Uholka-Shyrokyi Luh über 97 Prozent Buche und nur ganz wenig Bergahorn, Esche und Bergulme. Die durchschnittliche Stammzahl beträgt 458 pro Hektare (Kluppschwelle 6 cm), die Grundfläche 35.4 m<sup>2</sup>/ha und der Vorrat 584 Tfm/ha. Zusätzlich sind noch 26 Tfm/ha stehendes Totholz vorhanden. Der Zuwachs liegt bei 8 Tfm/ha und Jahr, ist also vergleichbar mit Schweizer Verhältnissen. Grosse Partien befinden sich in der Optimalphase, d.h. es sind geschlossene Baumholzbestände, obschon die Bäume oft unterschiedlich alt sind. Der Zusammenbruch von alten Bäumen erfolgt häufig einzelbaum- oder gruppenweise. Bei Windwürfen entstehen auch kleine oder in seltenen Fällen grössere Lücken. Dadurch ergeben sich bezüglich Verjüngung sehr unterschiedliche Waldbilder, welche häufig stufig sind, anderswo an Schirmschlag oder Femelschlag erinnern – die Natur zeigt eine grosse Kreativität. Trotz wenig Samenbäumen haben Mischbaumarten in der Ansamung (bis 10 cm Höhe) einen Anteil von 64 Prozent, sie verschwinden danach aber aufgrund der Lichtverhältnisse und der Konkurrenzstärke der Buche fast völlig. Grundsätzlich ist ein Buchenwald auch ohne Eingriffe ein stabiles, selbsttätig funktionierendes System mit nur geringen Risiken von grossflächigen Zusammenbrüchen.



Abbildung 1: Buchenwälder können nachhaltig hohe Schutzleistungen erbringen. Allerdings lässt die Buche auf vielen Standorten natürlicherweise kaum andere Baumarten zu.

### 1.2 Waldökologische Eigenschaften der Buche

Buchen fruktifizieren nicht jährlich, Vollmasten treten alle paar Jahre auf. Die Verbreitung von Buchensamen durch Tiere spielt eine wichtige Rolle. In geschlossenen Buchenbeständen (Hallenwald), dichten Nadelholzbeständen oder bei Beständen mit Buchen-Nebenbestand kann es selbst für Buchenverjüngung zu dunkel sein. Geringfügig mehr Licht reicht dann schon aus, damit die Buchenverjüngung ansamt. Diese kann im Schatten ausharren und ist dann bereits installiert, falls mehr Licht kommt. Der Unterdrückungszeitraum ist etwas weniger lang als bei Tanne. Natürliche Buchenbestände wachsen geschlossen und dicht auf, dies ist vorteilhaft für die Holzqualität (Qualifizierung). Im Vergleich zu anderen Laubböhlzern erreichen Buchenbestände sehr hohe Stammzahlen, Grundflächen bis über 60 m<sup>2</sup>/ha und Holzvorräte bis 1'000 Tfm/ha.

An Nordhängen wachsen Buchen (auch ohne Pflege) relativ gerade und die Kronen sind recht gleichmässig. An Südhängen besteht eine stärkere Tendenz zu einseitigen Kronen und Schiefstand. Dieser Effekt nimmt mit der Hangneigung zu.

Die hervorragende Reaktionsfähigkeit der Buche führt dazu, dass kleine Lücken rasch wieder zuwachsen. Dies geschieht nicht nur durch das Längenwachstum von Seitentrieben, sondern auch mittels Astabsenkungen. Selbst im Alter von 100 Jahren ist die Reaktionsfähigkeit noch gut. Aus den Thüringer Buchenplenterwäldern ist bekannt, dass Buchen ab ca. Alter 150 eine nachlassende Reaktionsfähigkeit haben, d.h. die Kronen bleiben dann schmal auch nach Freistellung. Die ausgeprägte Fähigkeit der Klebastbildung hilft der Buche, sich zu schützen oder vorhandenes Licht zu nutzen. Bei Stress (Trockenheit, Freistellung) kann die Buche oft ihre Krone herabsetzen. Aufgrund der dünnen Rinde kann es aber bei plötzlicher Freistellung auch zu Sonnenbrand kommen mit anschliessendem raschem Absterben.

### 1.3 Klimawandel und Baumartenvielfalt

Die räumliche Verbreitung und auch die Baumartenzusammensetzung der heutigen Buchenwälder verändern sich mit dem Klimawandel. Schweizweite Modellierungen für Ende des 21. Jahrhunderts zeigen, wie sich die Höhenstufen nach heutigem Wissensstand in den nächsten Jahrzehnten verändern dürften [6]. Durch die Klimaveränderung nehmen die Temperaturen und längere Trockenperioden zu. Dies bereitet der Buche Schwierigkeiten, vor allem auf flachgründigen und bereits jetzt trockenen Standorten. Bisher sind insbesondere alte Bäume betroffen, während junge Buchen noch kaum Probleme haben. In gewissen tief gelegenen und niederschlagsarmen Regionen der Schweiz muss damit gerechnet werden, dass die Buche aufgrund von Trockenheit grösserflächig Probleme bekommt. Die kolline Höhenstufe mit weitgehend buchenfreien Laubwäldern wird sich entsprechend ausdehnen. In etwas weniger niederschlagsarmen und nicht ganz so tiefgelegenen Gebieten ist der



Abbildung 2: Unbehandelter Buchenbestand an einem Südhang in Rüttenen SO. Der 64jährige Bestand bietet mit einer Stammzahl von 2'300/ha und einer Grundfläche von 51 m<sup>2</sup> einen äusserst guten Schutz vor Stein- schlag – allerdings ist der Zustand auf Dauer nicht nachhaltig.

Wechsel in die kolline Stufe weniger wahrscheinlich resp. unsicherer. In grossen Teilen des heutigen Buchenareals kann man jedoch heute davon ausgehen, dass sie auch zukünftig in der submontanen Stufe verbleiben. Hier kann weiterhin mit der Buche als Hauptbaumart gerechnet werden. Jedoch dürften wärmebedürftige und trockenheitstolerante Mischbaumarten relativ zur Buche an Konkurrenzkraft zulegen und zukünftig ihre Anteile in den heutigen Buchenwäldern natürlicherweise erhöhen, falls die Verjüngungsökologie dies zulässt. Umgekehrt wird die Buche zukünftig am oberen Rand ihrer heutigen Höhenverbreitung (obermontane Stufe) generell konkurrenzstärker und sich vermehrt auch in die heutigen Tannen-Fichtenwälder ausbreiten können. Wir befinden uns also in einer laufenden Übergangsphase, deren Verlauf auch von auftretenden Störungen aufgrund von Extremereignissen beeinflusst wird. Dabei ist auch unsicher, wie weit sich zukünftige Baumgenerationen an das neue Klima anpassen können.

## 2 Waldbauliche Zielvorstellung

### 2.1 Grundsätzliche Ziele

Die Schutzwirkung hängt massgeblich vom Waldzustand ab. NaiS [7] definiert als Zielsetzung Waldzustände, welche über die Zeit – möglichst ohne Unterbrüche – eine nachhaltig hohe Schutzwirkung bereitstellen sollen. Diese sogenannten Anforderungsprofile setzen sich aus den Anforderungen seitens der massgebenden Naturgefahr(en) sowie des Waldstandortes zusammen. Das waldbauliche Vor-

gehen innerhalb des Spielraumes des massgebenden Anforderungsprofils hängt unter anderem von der konkreten Naturgefahrensituation (Häufigkeit, Intensität, Schutzgüter), Erschliessung, Holzernte und angestrebten Umtriebszeit ab. Solange die natürliche Waldentwicklung innerhalb der NaiS-Zielvorstellungen abläuft, braucht es aus Sicht des Schutzwaldes keine Massnahmen. Die Berücksichtigung anderer Waldfunktionen ist jedoch innerhalb des Handlungsspielraumes von NaiS jederzeit möglich.

Im Schutzwald müssen Bäume unterschiedlicher Durchmesserklassen so kleinflächig nebeneinanderstehen, dass sie nachhaltig vor den massgebenden Naturgefahren schützen und die Risiken möglichst klein sind. Gleichzeitig müssen die Verjüngungsöffnungen genügend gross sein, um die Verjüngungsziele – insbesondere auch bezüglich der Baumartenvielfalt – zu erreichen. Bei gegebenem Handlungsspielraum wird mit zunehmendem Lichtbedarf der Zielbaumarten das Nebeneinander verschiedener Durchmesserklassen entsprechend grossflächiger. Dabei kann ein Zielkonflikt entstehen zwischen den Anforderungen seitens der Naturgefahren und der Erhöhung der Baumartenvielfalt zur Reduktion von Bestandesrisiken sowie für die Anpassung an den Klimawandel (s. Kapitel 2.3.). Zur Förderung der Bestandesstabilität wird eine genügend hohe Anzahl an Stabilitätsträgern mit hoher individueller Stabilität angestrebt. Diese ergänzen die kollektive Stabilität und ermöglichen stabile Bestandesränder am Rande von Verjüngungsöffnungen.

### 2.2 Zielsetzungen nach Naturgefahr

Die Anforderungen an den Wald seitens der verschiedenen Naturgefahren sind grundsätzlich unabhängig von den Waldgesellschaften. Buchendominierte Wälder haben dabei jedoch bezüglich Schutzwirkung verschiedene Vorteile, welche waldbaulich genutzt werden können (siehe nachfolgende Kapitel).

Detaillierte Beschriebe zu den Waldwirkungen und die Schutzwaldpflege pro Naturgefahrenprozess sind im NaiS Anhang 1 beschrieben. Nachfolgend werden lediglich die wichtigsten Aussagen zusammengefasst. Auf die Anforderungen im Lawinenschutzwald wird aufgrund der flächenmässig für Buchenwälder geringen Bedeutung verzichtet.

#### Steinschlag

Im Steinschlagschutzwald geht es darum, mit einer möglichst hohen Grundfläche und Stammzahl die Trefferwahrscheinlichkeit und den Energieabbau für Steine entlang der Sturzbahn zu optimieren. Die Bruchenergie und dadurch die Fähigkeit der Energieaufnahme ist bei der Buche fast doppelt so gross wie bei der Fichte. Gleichzeitig muss der Waldbaufbau nachhaltig sein und genügend Verjüngung ermöglichen. Die Öffnungsgrössen in Hangfalllinie sind nur so gross zu wählen, wie das waldbaulich notwendig ist, da Steine auf Strecken ohne Hindernis wieder an Energie zu-

Tabelle 1: Vereinfachter Auszug aus den minimalen NaiS Anforderungen, Teil Naturgefahren (leere Felder = keine Anforderungen)

	Steinschlag	Rutschungen, Erosion, Murgänge <sup>1</sup>	Gerinneprozesse (Zone 2)
Lückengröße in Falllinie (Schrägdistanz)	Öffnungen max. 40 m (Stammabstand), falls hohe Stöcke und Querbäume		max. 30 m (Kronenrand)
Lückengröße (ab Kronenrand)		max. 6 a (max 12 a mit gesicherter Verjüngung)	max. 12 a
Deckungsgrad		≥ 40 %	≥ 50 %
Grundfläche, Stammzahlen	Gemäss Steinschlagtool (RockForNET)		

<sup>1</sup> Das Anforderungsprofil Rutschungen ist aktuell in Überarbeitung

legen. Um in Buchenwäldern die Verjüngungsziele besser zu erreichen, wurde der Handlungsspielraum in der Vergangenheit von 20 auf bis zu 40 Meter in Hangfalllinie erhöht (siehe Tabelle 1). Dann sind jedoch hohe Stöcke und liegende Stämme (Stammdurchmesser ≥ Steindurchmesser) zwingend, um die temporär reduzierte Schutzwirkung zu kompensieren.

Die Anforderungen sind im Einzelfall von der Steingröße, dem Gelände und der Baumartenmischung abhängig und werden mittels Steinschlagtool auf [www.gebirgswald.ch](http://www.gebirgswald.ch) hergeleitet. Insbesondere die Steingröße hat einen entscheidenden Einfluss auf das Anforderungsprofil. Bei kleinen Steinen soll die Stammzahl maximiert werden, was mit einer kurzen Umtriebszeit resp. einem geringen Ziel-durchmesser oder sogar Niederwaldbewirtschaftung erreicht werden kann (s. Box S. 6). Bei grösseren Steinen sind nebst den dünnen Bäumen auch dickere notwendig, um

bei einem einzelnen Aufprall genügend Energie «vernichten» zu können. Die dünneren Bäume sind wichtig, damit der Stein nach einem Aufprall nicht mehr weiter rollen kann. Am besten geeignet ist darum ein möglichst kleinflächiges Nebeneinander verschiedener Entwicklungsstufen. Grosse Durchmesser gehen dabei waldbaulich gesehen immer auf Kosten der Stammzahl.

#### Flachgründige Rutschungen, Hangmuren

Die Anforderungen bei flachgründigen Rutschungen und Hangmuren hängen in erster Linie von der stabilisierenden Wirkung der Wurzeln im Boden ab. Es wird unterschieden zwischen zwei Hauptmechanismen der Hangstabilisierung durch die Wurzeln: die basale und die laterale Wurzelverstärkung. Die basale Wurzelverstärkung ist wirksam, solange die potenzielle Rutschmächtigkeit nicht grösser ist als der Wurzelraum. Dies ist je nach Standort unterschiedlich und kann bei der Buche bis zu 2 Meter tief sein. Die latera-



Abbildung 3: Dieser Stein wurde durch die Bäume und liegendes Holz erfolgreich gestoppt.

## Kurze Steinschlag-Transitstrecken

Bei sehr kurzen Hängen (i.d.R. < 75 Meter Transitstrecke) wird die Schutzleistung des Waldes auf kleine Steingrößen ausgerichtet, da aufgrund der geringen Transitstrecke keine genügende Schutzwirkung gegenüber grösseren Steinen (hohe Energien) erreicht werden kann. Deshalb werden möglichst stammzahlreiche Wälder mit kurzen Umtriebszeiten resp. kleinen Zieldurchmessern angestrebt. Dabei spielen auch Sträucher wie Haselnuss eine wichtige Rolle. Bei kurzen Transitstrecken wird empfohlen, mit Niederwald zu arbeiten. Die Verjüngungstreifen werden schräg oder quer zum Hang ausgerichtet, wobei die Streifenbreite durch das Steinschlaganforderungs-

profil begrenzt ist (s. Abb. 4). Mindestens teilweise sollten die Stöcke zugunsten von stabileren Stockausschlägen tief abgesägt werden, auch wenn das vorübergehend auf Kosten der Schutzwirkung geht. Insbesondere Kernwüchse von klimafitten schwachwüchsigen Baumarten wie Mehlbeere oder Feldahorn sollten als zukünftige Samenbäume stehen gelassen werden. Auf der Alpennordseite gibt es wenig Erfahrungen zum Niederwald und diverse offene Fragen zur langfristigen Funktionsweise (u.a. Vitalität der Stockausschläge nach mehrmaligem auf den Stock setzen) oder wie die Risiken bezüglich Waldrebe und Neophyten einzustufen sind.

le Wurzelverstärkung ist bei kleineren Rutschungen (max. 300 – 400 m<sup>2</sup>) wirksam, welche so stabilisiert werden können (z.B. auf Kuppen oder am Hangfuss). Damit ein Bestand gegenüber flachgründigen Rutschungen seine Wirkung entfalten kann, braucht es eine minimale Stammzahl sowie einen Mindestdurchmesser der dominierenden Bäume. Dieses Minimum wird ab einem mittleren BHD von 20 cm und einem Deckungsgrad grösser als 40 Prozent erreicht [11]. Je grösser die dominierenden Bäume sind, desto grösser ist auch die stabilisierende Wirkung der Wurzeln (bis mehr als das zehnfache des Minimums). Starke Bäume sind also positiv zu werten, solange sie nicht wurfgefährdet sind. Das Ziel ist eine möglichst tiefgründige und flächendeckende Durchwurzelung des Bodens ohne zeitliche Unterbrüche. Daher sollten Lücken – insbesondere deren Länge in Falllinie – nur so gross wie nötig sein und der Deckungsgrad nicht übermässig reduziert werden. Eine vielfältige Baumartenmischung fördert die Differenzierung der Durchwurzelungstiefe im Bestand ebenfalls. Wie bei allen Naturgefahrenprozessen ist das Gefahrenpotenzial nicht überall gleich hoch. So neigen beispielsweise feuchte Mulden generell eher zu Rutschungen als Kuppen. Der unterschiedlich grosse Handlungsspielraum kann waldbaulich entsprechend genutzt werden [10].

### Gerinneprozesse

In Gerinneinzugsgebieten soll der Schutzwald in erster Linie die Einhänge stabilisieren und den Eintrag von Geschiebe in Gewässer reduzieren. Dabei spielen meist flachgründige Rutschungen die Hauptrolle. Zudem wirkt sich der Wald auch positiv auf den Wasserabfluss aus. Wo instabile Bäume und Totholz ins Gerinne gelangen, kann der Wald wegen des potenziellen Schwemmholzes auch negative Wirkungen haben. In Abhängigkeit von der Topografie, Nähe zum Gerinne und Distanz zur Schwachstelle müssen dann auch instabile Bäume und Totholz entfernt werden.

## 2.3 Zielsetzungen nach Standort

Die Zielsetzung ist nebst der Naturgefahr auch vom Waldstandort abhängig. Dieser bestimmt insbesondere die an-

zustrebende Baumartenzusammensetzung. Die aktuellen Anforderungsprofile in NaiS orientieren sich stark an der natürlichen Baumartenzusammensetzung im Naturwald (Klimax)<sup>2</sup>. Dies ist meist gleichbedeutend mit einem sehr hohen Buchenanteil. Damit soll unter anderem ein möglichst hoher Selbstregulierungsgrad gewährleistet werden. Tanne und Fichte können sich aufgrund des lotrechten Wuchses an Hängen positiv auf die Bestandesstabilität auswirken. Die Tanne wird in kleinen Anteilen in den Anforderungsprofilen gewisser Buchenwaldstandorte gefordert. Dabei ist allerdings zu beachten, dass mit der Klimaveränderung die Ausfallrisiken für die Fichte und in geringerem Ausmass auch für die Tanne weiter steigen.

Bei der Herleitung des Handlungsbedarfs in NaiS ist geplant, den zukünftig zu erwartenden Waldstandort gemäss Höhenstufenverschiebungen (siehe auch [5]) zu berücksichtigen<sup>3</sup>. Die TreeApp<sup>4</sup> bietet dabei heute schon Unterstützung bei der Baumartenwahl. Nebst den erwarteten Höhenstufen-Wechsel ist je nach Standort auch mit Verschiebungen in Richtung mehr Trockenheit zu rechnen, welche bisher jedoch nicht ausreichend modelliert werden können. Deshalb und aufgrund der allgemein zunehmenden Risiken wird generell ein höherer Anteil an verschiedenen klimafitten Baumarten angestrebt. Je höher das Ausfallrisiko für die Buche ist, desto grösser ist der Bedarf an entsprechenden Mischbaumarten. Wir befinden uns also in einer Übergangsphase, während der wir die Baumarten-Zielvorstellungen an die neuen Bedingungen und Kenntnisse anpassen müssen.

Während in höheren Lagen und auf gut wasserversorgten Böden weiterhin ohne grössere Risiken mit einem grossen Buchenanteil gearbeitet werden kann, wäre dies andernorts risikoreich. Insbesondere in tiefen Lagen und im trockenere-

<sup>2</sup> Die Anpassung der NaiS Anforderungsprofile ist aktuell in Entwicklung.

<sup>3</sup> In der aktuell vorhandenen Testversion des NaiS Formulars 2 für die Herleitung des Handlungsbedarfs wird der zukünftig erwartete Waldstandort einbezogen: [www.nais-form2-klima.ch](http://www.nais-form2-klima.ch)

<sup>4</sup> <https://tree-app.ch>

ren Bereich des Ökogramms (flachgründige Böden; südexponierte Lagen) muss zukünftig mit einem möglichen Ausfall der Buche und kollinen Standortbedingungen gerechnet werden. Hier sollten keine reinen Buchenbestände mehr entstehen. Allerdings darf die Buche auch hier weiterhin die häufigste Baumart im Jungwald sein, solange die erforderliche Anzahl entwicklungsfähiger Bäume von Mischbaumarten vorhanden ist. Besonders geeignet als «Buchen-Ersatz» im Schutzwald sind Schattenbaumarten, welche zudem auch im Steinschlag-Schutzwald hohe Grundflächen und Stammzahlen aufbauen können. Dazu gehören die Hagebuche, Sommer- und Winterlinde. Ebenfalls gut geeignet dürften Baumarten wie beispielsweise Spitzahorn, Feldahorn, Schneeballblättriger Ahorn, Elsbeere, Mehlbeere oder Eibe sein. Auch ausgesprochene Lichtbaumarten wie Eichen, Kirsche oder Nussbaum sind im Schutzwald grundsätzlich willkommen. Diese Arten können jedoch nur geringere Grundflächen und Stammzahlen liefern, was im Steinschlag-Schutzwald zu einem Zielkonflikt führt.

Die Erhöhung der Baumartenvielfalt zur Reduktion von Bestandesrisiken sowie zur Anpassung an den Klimawandel kann mit den Anforderungen seitens der Naturgefahren zu einem Zielkonflikt führen. Dies weil der höhere Lichtbedarf

vieler klimafitter (Licht-)Baumarten grössere Öffnungen oder einen schnelleren Verjüngungsfortschritt erfordert. Welche Anteile klimafitter Baumarten man in welchem Zeithorizont erreichen will, hängt unter anderem von Risikoüberlegungen seitens der Schutzfunktion, des Standortes und des Ausgangsbestandes ab.

## 2.4 Geeignete Bewirtschaftungsformen

Die über die Anforderungsprofile definierten Zielvorstellungen können oft mit unterschiedlichem Vorgehen erreicht werden. Umgekehrt ist aber nicht jedes Vorgehen auch zielführend. Die Topografie, Erschliessung und die damit verbundene Holzerntetechnik spielen eine Schlüsselrolle und geben gewisse Möglichkeiten und Grenzen vor. Im Unterschied zu Gebirgsnadelwäldern haben buchendominierte Wälder eine höhere Dynamik. Meist ist ein kleinflächiges Nebeneinander verschiedener Entwicklungsstufen zielführend, wobei die optimalen Flächengrößen variieren (s. Kapitel 3.1). Die Gruppenplenterung eignet sich auch für Laubholzbestände und ist Seilkran-kompatibel. Aus waldbaulicher Sicht sind auch Erweiterungen von Verjüngungsflächen sinnvoll. Dies kann ein feiner Femelschlag sein, oder ein Saumschlag, welcher mittels Seilkran rationell umsetzbar ist. Einzelbaum-Plenterung oder feiner Dauerwald sind gut

## Möglichkeiten und Grenzen vom liegenden Holz

### Im Bestand verbleibendes Holz hat diverse Vorteile:

- Im Steinschlag-Schutzwald erhöhen hohe Stöcke und gezielt deponierte liegende Stämme die Schutzwirkung temporär. Am besten wirken dicke Stämme schräg zur Falllinie. Die Wirkungsdauer hängt stark von der Baumart und vom Lokalklima ab, Buchenstämme zersetzen sich schnell (gute Wirkung bis zu ca. 10 Jahren).
- Generell können die Kosten der Schutzwaldpflege oft reduziert werden, wenn das gefällte Holz im Bestand verbleibt. Im Laubwald ist dieser Vorteil besonders gross, weil keine Borkenkäfer-Prävention nötig ist. Je nach Risiko für das Schadenpotenzial ist auch Ringeln eine gute Option.
- Punktuelle Eingriffe ohne Holzentnahme bieten waldbauliche Möglichkeiten frei von holzerntetechnischen Überlegungen (z.B. kleinere etappierte Eingriffe für Ersatz von sich zersetzendem liegendem Holz).
- Aus Sicht der Biodiversitäts-Förderung sind Totholz in allen Formen sowie der natürlichen Entwicklung überlassene Habitatbäume sehr wertvoll und bieten Synergien. Details zu diesen Synergien im Schutzwald sind im Handbuch NFA [4] zu finden.

### Situationen und Gründe, welche gegen das Belassen von Holz sprechen:

- Im Gerinneschutzwald ist die Schwemmholz-Problematik zu beachten.

- Im Steinschlag-Schutzwald können sich hinter deponierten Stämmen Steine ansammeln, welche wieder in Bewegung kommen können. Lösungsansätze:
  - Stämme diagonal legen
  - flache Hangpartien nutzen
  - Durch Monitoring problematische Situationen rechtzeitig entschärfen (Räumung, Sprengungen).
- Totholz kann zur Gefahr werden oder Folgeeingriffe behindern, wenn Dürrständer umfallen, Stämme abrutschen oder wenn liegende Stämme dazu führen, dass fallende Bäume viel weiter abrutschen.
- Erhöhte Waldbrandgefahr

Es ist Aufgabe der lokalen Fachleute, die Vor- und Nachteile im Einzelfall gegeneinander abzuwägen. Oft liegt das Optimum in kleinräumig differenzierten Kombinationen. Beispielsweise kann das Holz zwischen bewusst weit auseinander liegenden Seillinien liegen gelassen werden. Oder es verbleibt im oberen Bereich eines Transitgebiets alles Holz im Bestand, während in Strassennähe nur in flachen Partien wenige Stämme bewusst deponiert werden. Häufig ist es auch empfehlenswert, in einer minimalen Dokumentation festzuhalten, dass die Vorteile und potenziellen Gefahren von liegendem Holz gegeneinander abgewogen worden sind. Weitere Informationen zur Verwendung von Holz an Ort und Stelle sind in NaiS Anhang 7 zu finden.

kompatibel mit den NaiS-Anforderungen Rutschungen und Gerinneprozesse. Im Steinschlagschutzwald hingegen sind sie nicht optimal, weil derartige Strukturen nur mit relativ tiefen Grundflächen nachhaltig möglich sind. Zusätzlich sind die holzerntetechnischen Herausforderungen im Seilkrangelände hoch. In gewissen Fällen ist auch eine Niederwaldbewirtschaftung sinnvoll. Bei allen Bewirtschaftungsformen ist immer auch das Belassen von Holz im Bestand eine Option, was die waldbaulichen Möglichkeiten im schwierigen Gelände erweitert. Insgesamt ist es wichtig, dass die verschiedenen Bewirtschaftungsformen undogmatisch und angepasst auf die waldbaulichen Ziele und die Rahmenbedingungen kombiniert werden (siehe Abbildung 4).

### 3 Waldbauliche Lösungsansätze

Im Schutzwald werden in Abhängigkeit der Naturgefahr(en) und des Standortes die in Kapitel 2 ausgeführten Zielvorstellungen verfolgt. Da viele Schutzwälder mehr oder weniger stark von einem nachhaltig schutzwirksamen Waldaufbau abweichen, geht es oft um eine schrittweise Annäherung an einen zielgemässen Waldaufbau. Die nachfolgenden waldbaulichen Empfehlungen betreffen die gesamte Bandbreite an Ausgangsbeständen. Ebenso vielfältig wie die Ausgangsbestände und sonstigen Rahmenbedingungen ist das zu nutzende Repertoire an waldbaulichen Vorgehensweisen zur Erreichung der gesteckten Ziele (s. auch Kapitel 2.4).

#### 3.1 Verjüngen

##### Verjüngungsöffnungen bestimmen die Waldstruktur

Mit der Verjüngungsstrategie wird nebst der zukünftigen Baumartenmischung auch massgeblich die Waldstruktur gesteuert. Die Naturverjüngung erfolgt auf Laubholzstandorten der tieferen Lagen grundsätzlich problemlos und rasch. Im Schutzwald wird ein auf die Naturgefahren und den Standort angepasstes kleinflächiges Nebeneinander verschiedener Entwicklungsstufen oder Durchmesserklassen mit nachhaltigem Verjüngungsanteil angestrebt. Das Risiko von Unterbrüchen in der Schutzwirkung ist dann minimiert. Um solche Strukturen zu erreichen, ist es insbesondere bei grossflächig gleichaltrigen Beständen sehr wichtig, möglichst früh mit dem Verjüngen zu beginnen.

##### Steuerung der Baumartenmischung

Durch unterschiedlich grosse Verjüngungsöffnungen und variablen Verjüngungsfortschritt kann auch die Baumartenmischung gesteuert werden. Grundsätzlich ist es günstig, möglichst vielfältige verjüngungsökologische Bedingungen zu schaffen. Das Einbringen von Mischbaumarten auf Buchenstandorten bedingt eine angepasste Verjüngungsökologie und ein gezieltes Vorgehen. Wichtige Voraussetzung für Naturverjüngung ist das Vorhandensein von Samenbäumen in Samentransportdistanz. Fehlen Samen wichtiger

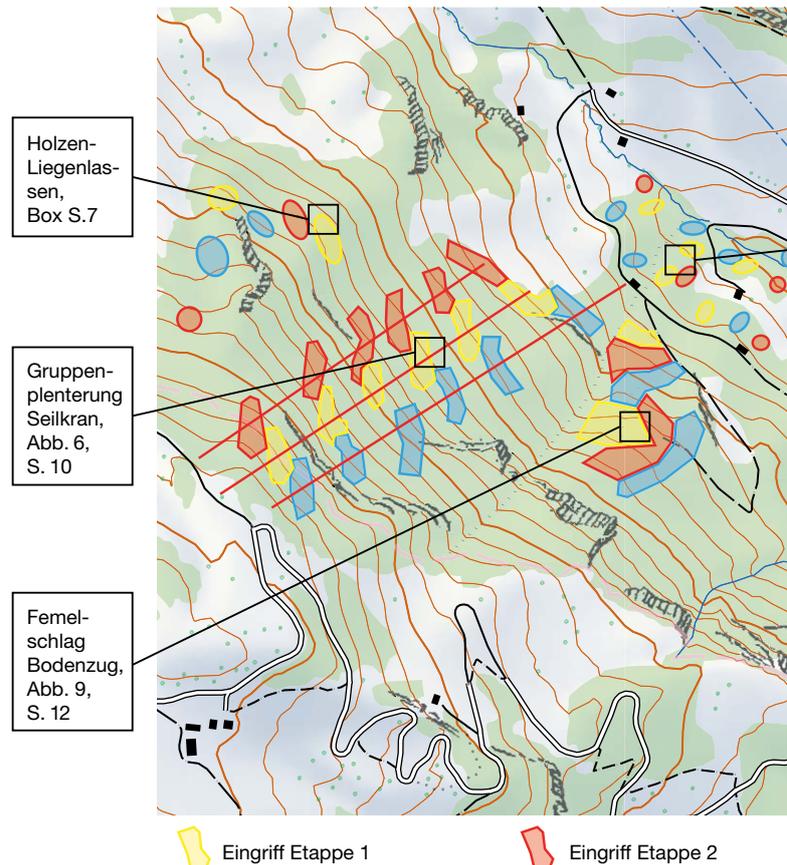
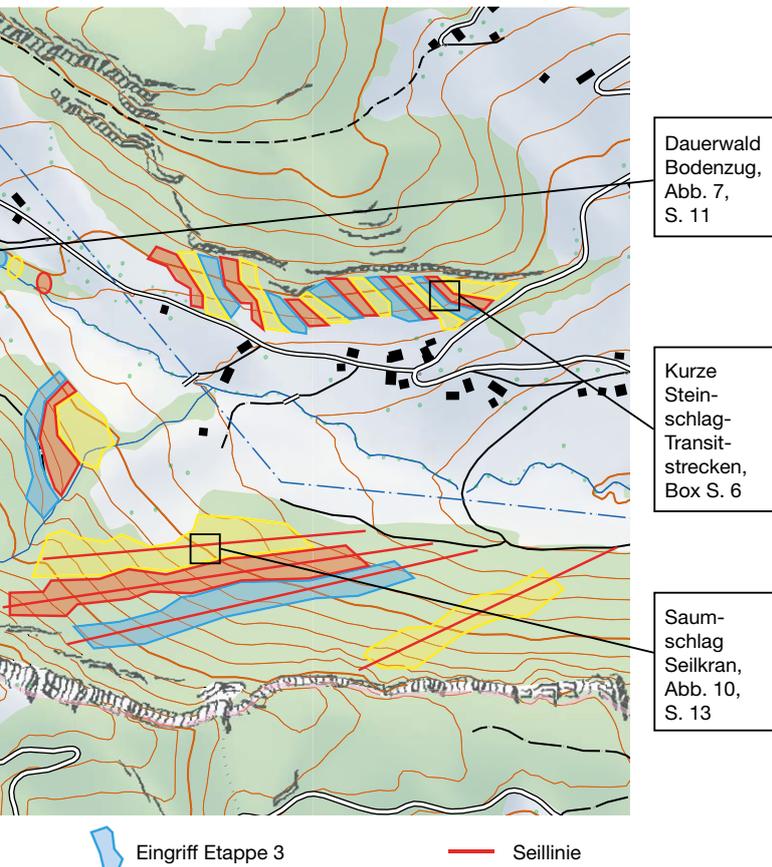


Abb. 4: Fiktives Beispiel für mögliche Eingriffsflächen in einem Steinschlag-Schutzwald nach waldbaulichen Zielsetzungen, Erschliessungssituation und übrigen Rahmenbedingungen kombiniert. (Kartengrundlage: © swisstopo)

Zielbaumarten, sind punktuelle Pflanzungen oder Saat in Betracht zu ziehen. Grundsätzlich sind jedoch Laubholzstandorte sehr verjüngungsgünstig und gerade im Jura ist die Baumartenvielfalt zumeist hoch.

Die Buchenverjüngung kann grundsätzlich mit wenig Licht eingeleitet werden und stammzahlreich bis in die Dickungsstufe wachsen. Sie braucht dann aber für eine zielkonforme Weiterentwicklung in einem weiteren Schritt mehr Licht. Die Buche hat somit den grossen Vorteil, dass die Verjüngungseinleitung im Schutzwald unter Lichtbedingungen erfolgen kann, welche beispielsweise für Waldrebe oder Neophyten zu dunkel sind. Der Nachteil dieses Vorgehens liegt darin, dass nebst der Buche mehrheitlich nur Halbschattenbaumarten wie Bergahorn und Bergulme in beschränkten Anteilen bis zu einem bestimmten Zeitpunkt mithalten können. Gemäss [3] sind in buchendominierten Dauerwäldern mindestens 4 Aren grosse Lücken notwendig, um die Halbschattenbaumart Bergahorn aufzubringen, wobei dazu zusätzlich gezielte Jungwaldpflege notwendig ist. Dies stimmt mit den Erfahrungen aus den Thüringer Buchenplenterwäldern überein.

Wird eine Risikoverteilung auf mehr und auch lichtbedürftigere trockenheitstolerante Zukunftsbaumarten angestrebt, sind grössere Öffnungen und/oder ein schnellerer Verjüngungsfortschritt notwendig. Die maximale Öffnungsgrösse



und (nördlich der Streusiedlung) und einem Gerinne-Schutzwald (südlich des Baches): Je nach Standort und Lage werden unterschiedliche Bewirtschaftungsformen angewendet und miteinander

sowie der frühestmögliche Zeitpunkt für Erweiterungen werden von den Naturgefahren-Anforderungen eingeschränkt. Zudem müssen je nach Standort auch mögliche negative Standortseinflüsse, insbesondere die in unteren Lagen auf Kalk sehr starke Waldrebenkonkurrenz, beachtet werden. Die erfolgreiche Verjüngung von Lichtbaumarten ist innerhalb der NaiS-Anforderungsprofile teilweise schwierig, gewinnt jedoch mit dem Klimawandel stellenweise an Bedeutung. Die Ausrichtung länglicher Öffnungen schräg oder parallel zum Hang und das geschickte Ausnützen der Topografie ermöglicht mehr Licht ohne negative Konsequenzen hinsichtlich der gravitativen Naturgefahren. Auch sollen Verjüngungsöffnungen für lichtbedürftige Baumarten nach Möglichkeit dort gemacht werden, wo der Einfluss der Naturgefahren geringer ist und die relative Konkurrenzkraft dieser Baumarten gegenüber der Buche grösser ist (z.B. trockenere Kuppenlagen). Durch das Belassen von einzelnen Überhältern kann zudem die Absenkung der Schutzwirkung auf Verjüngungsflächen abgefedert werden. Diese Elemente fördern zusätzlich die erwünschte Strukturierung. Idealerweise handelt es sich dabei auch um wichtige Samenbäume von Zukunftsbaumarten (z.B. Sommerlinde, Feldahorn). Auch beschädigte oder abgebrochene Bäume, sowie Bäume des ehemaligen Nebenbestandes sind willkommen, da diese oftmals stabiler (weil weniger hoch) und zudem als Biotopbäume wertvoll sind.



Abbildung 5: Auch im Seilkrangelände bestehen die technischen Voraussetzungen für einen situativ auf die Schutzwirkung ausgerichteten Waldbau in Buchenwäldern.

### Wie klein müssen und wie gross dürfen die Verjüngungsöffnungen sein?

Einerseits gilt im Grundsatz, dass je kleiner die Öffnungen sind (insbesondere in Hangfalllinie), desto besser ist die Schutzwirkung. Im Einzelfall wird dies von den Naturgefahrenprozessen und deren Ausformung (z.B. Steingrösse, Hangneigung) sowie Risikoüberlegungen beeinflusst. Die NaiS-Anforderungsprofile setzen im Schutzwald aber klare Grenzen. Andererseits benötigt vitale, rasch schutzwirksame Verjüngung eine gewisse Lichtmenge, die nicht unterschritten werden darf. Diese ist abhängig von der Exposition, Hangneigung und der Baumhöhe des umgebenden Bestandes. Zudem hängt die minimal notwendige Öffnungsgrösse von der angestrebten Baumartenmischung ab. Diese Überlegungen sowie weitere Faktoren wie Holzerntetechnik oder Vegetationskonkurrenz müssen im Einzelfall gegeneinander abgewogen werden (siehe Abbildung 8). Bei grossem Risiko von Vegetationskonkurrenz sollte auch ein zweistufiges Vorgehen in Betracht gezogen werden. Die Erweiterung von Öffnungen bei vorhandenem Anwuchs birgt geringere Risiken als zu grosse Öffnungen bei der Verjüngungseinleitung.

### Räumliche Ordnung und Verjüngungstempo

Nebst den minimalen NaiS Anforderungen zum Aufwuchs hängt die notwendige Verjüngungsfläche von der Umtriebs-

zeit (Zieldurchmesser) sowie dem Ausgangsbestand ab. So benötigen Wälder mit kurzer Umtriebszeit resp. kleinem Zieldurchmesser einen höheren Anteil an Verjüngungsflächen. Ausgangsbestände mit einem Verjüngungsdefizit und beschränkter Lebensdauer des Altbestandes erfordern zudem oft ein vorübergehend höheres Verjüngungstempo. Oft muss oder kann jedoch nicht der gesamte Wald innerhalb der Umtriebszeit verjüngt werden, da Prozesse wie natürliche Mortalität Teil des Systems sind.

Erweiterungen der Verjüngungsöffnungen im Sinne des Felmenschlags sind in vielen Fällen sinnvoll, da dies bezüglich Sicherung der Baumartenvielfalt, raschen Schutzwirksamkeit und Einzelbaumstabilität der Verjüngung Effizienzvorteile bietet gegenüber der Schaffung von neuen Öffnungen. Zudem nimmt die Lichtbedürftigkeit vieler Baumarten mit dem Alter zu und die Öffnungsgrösse reduziert sich aufgrund der guten Reaktionsfähigkeit der Buchen-Randbäume. Erweiterungen von Öffnungen im Bereich der maximal zulässigen Ausdehnung kommen erst in Frage, wenn die vorhandene Verjüngung schutzwirksam ist (abhängig von der Naturgefahr, siehe Kapitel 2.2). Man sollte sich nicht von der Verjüngung treiben lassen, um nicht grossflächige, der Zielvorstellung entgegenlaufende, Verjüngungen zu schaffen.

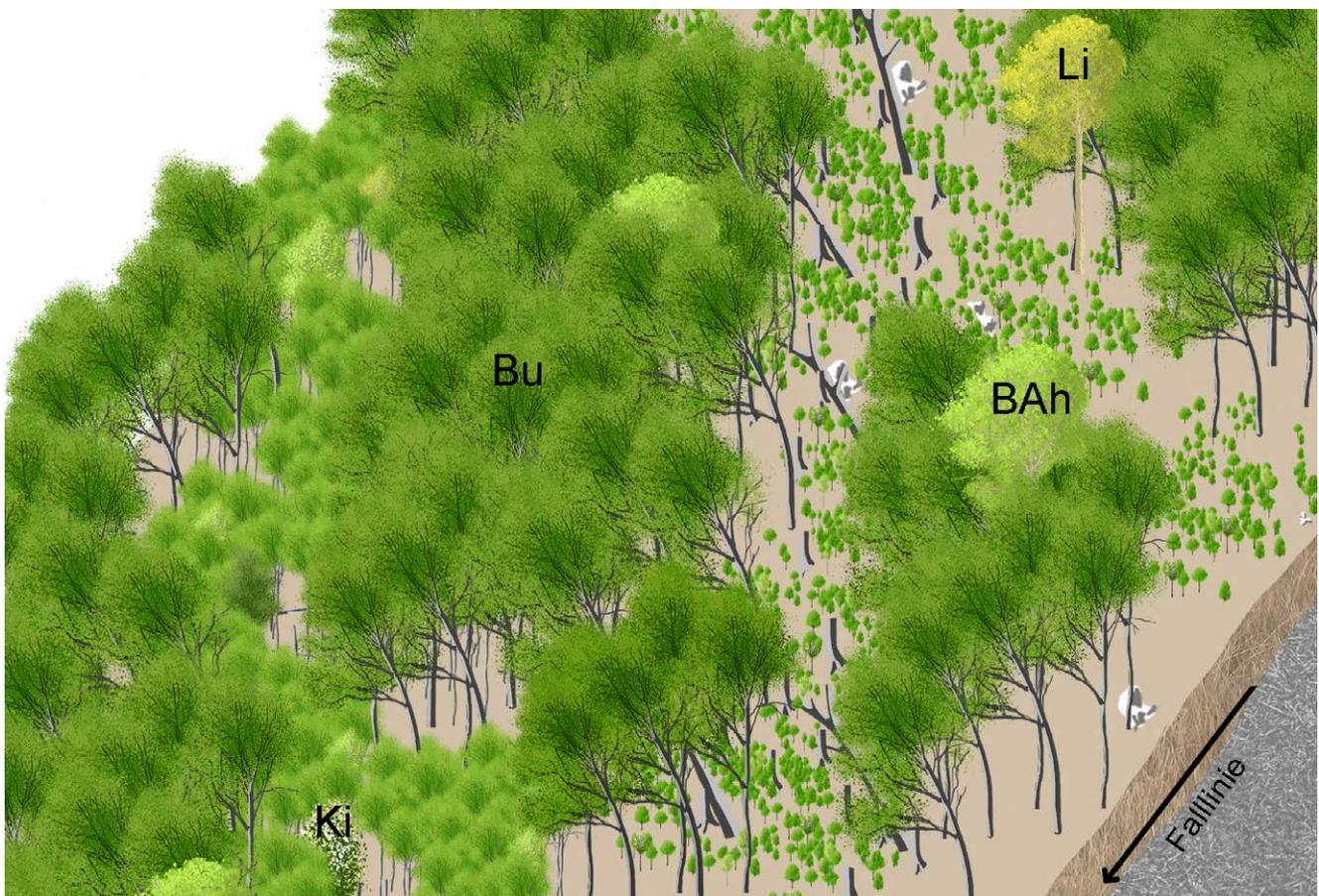


Abbildung 6: Im Seilkrangelände ermöglicht die Gruppenplenterung das aufgrund der Naturgefahren geforderte kleinflächige Nebeneinander verschiedener Entwicklungsstufen. Mit variablen Öffnungsgrössen können auch entsprechende Mischbaumarten gefördert werden.

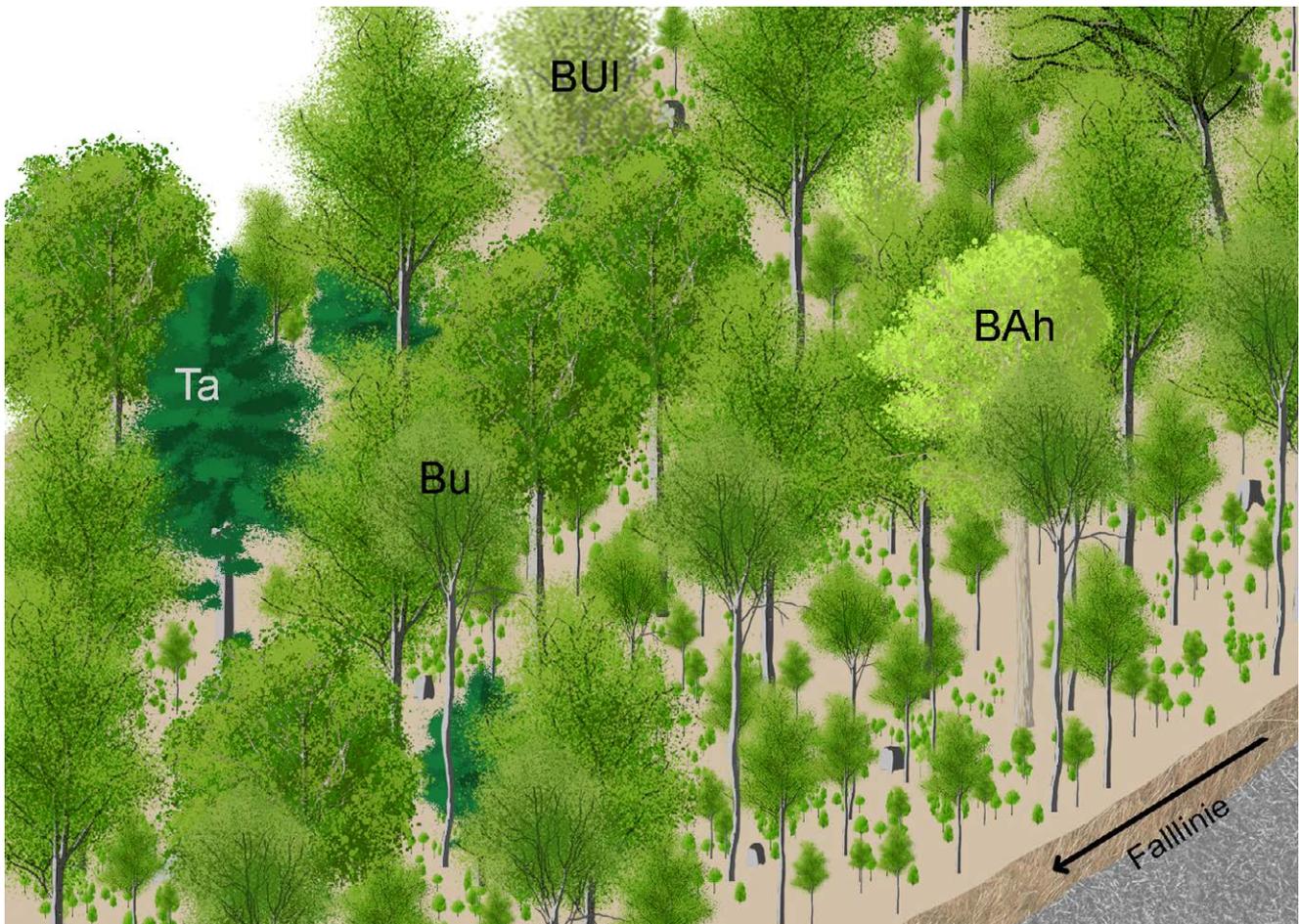


Abbildung 7: Nach den Prinzipien des Dauerwaldes bewirtschaftete Wälder tragen den Anforderungen seitens Rutschungen/Hangmuren und Gerinneprozessen sehr gut Rechnung. Gegenüber Steinschlag bieten sie hingegen aufgrund der meist geringen Grundflächen nicht optimalen Schutz.

Das aus waldbaulicher Sicht erwünschte räumliche Vorgehen ist im Schutzwald holzertentechnisch meist anspruchsvoll umzusetzen. Es braucht eine gute waldbauliche Planung mit Feinerschliessungskonzepten, welche Waldbau und Holzernte aufeinander abstimmen. Im steilen Gelände sind mit entsprechenden Seillinienkonzepten sowohl Gruppenplenterung wie auch Saumschlag und femelschlagartige Erweiterungen durch angrenzende Seillinien möglich. Auch kleinräumige Dauerwaldbewirtschaftung ist technisch oft möglich, jedoch anspruchsvoll und aufwändig. Das Liegenlassen von Holz, das Ringeln oder punktuelle Helikoptereinsätze eröffnen zudem weitere wertvolle waldbauliche Optionen im schwierigen Gelände. Technische Hilfsmittel wie Motorseilwinden machen das kontrollierte Fällen auch an steilen Hängen möglich.

Zugunsten der Strukturierung sowie für den Erhalt des Potenzials der Verjüngung von Lichtbaumarten, sollen bewusst Bestandesteile dunkel belassen werden. Grossflächig diffuse Lichtbedingungen, wie sie beispielsweise bei einzelbaumweisen Nutzungen entstehen können, sind zu vermeiden. Diese führen zu zweischichtigen Beständen mit flächiger Buchenverjüngung, welche aufgrund ihrer Konkurrenzkraft auch bei späterer Erhöhung der Lichtzufuhr die Verjüngung lichtbedürftigerer Baumarten verhindert.

### Stabilitätsaspekte beim Verjüngen

Bei der Schaffung und Erweiterung von Öffnungen ist die Hauptwindrichtung zu berücksichtigen. Durch eine sorgfältige Wahl der Randbäume (sowohl bezüglich Stabilität wie auch Baumart) können die Risiken reduziert werden. Erfahrungen zeigen, dass sich Lückenränder oft stabiler erweisen als erwartet. Das Absterben einzelner schwächerer Bäume zwischen den Stabilitätsträgern stellt die Bestandesstabilität oft nicht in Frage. Im Gegenteil kann dies sogar einen positiven Einfluss auf die Stabilitätsträger oder die Verjüngung haben. Besonders anspruchsvoll sind Ränder am oberen Lückenrand, da ihnen mit dem Eingriff die unteren «Stützbäume» entfernt werden. Beim Anzeichnen ist es deshalb empfehlenswert, zuerst einen geeigneten oberen Rand zu suchen, bevor die Öffnung angezeichnet wird. Lückenränder können v.a. dann problematisch werden, wenn der Ausgangsbestand alt, stark einseitig und sehr homogen ist. An Südhängen ist die Problematik von talwärts geneigten Beständen besonders hoch. In solchen Situationen ist zu beurteilen, ob allenfalls umfallende Bäume ein Risiko für das Schadenpotenzial darstellen (siehe Box Seite 15). Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Risiken bezüglich Bestandesstabilität umso geringer sind, je weniger Ränder geschaffen werden.

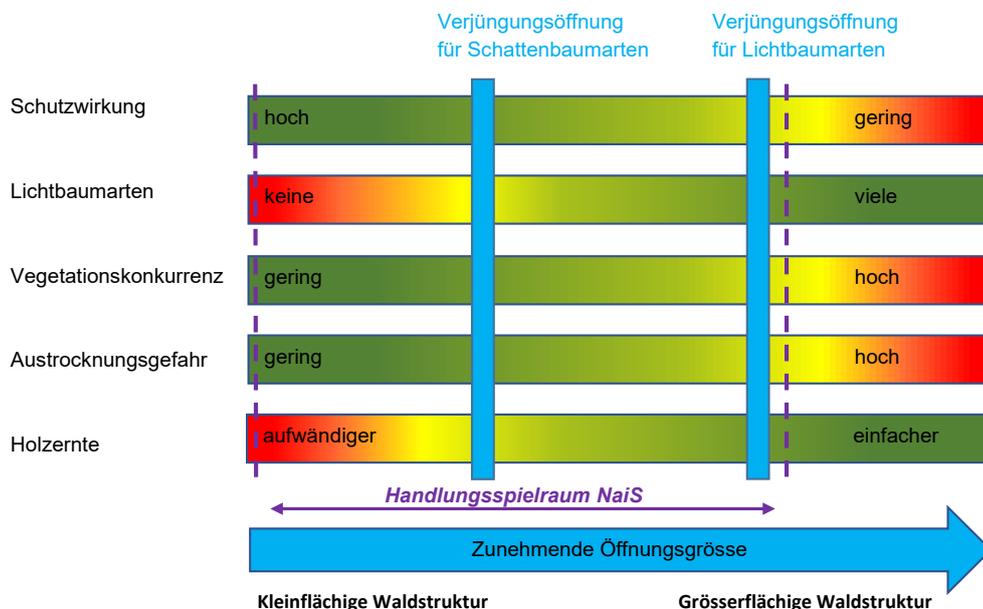


Abbildung 8: Die optimale Öffnungsgrösse ergibt sich aus einer Abwägung verschiedener teils gegenläufiger Kriterien innerhalb des waldbaulichen Handlungsspielraumes.

### 3.2 Jungwaldpflege

#### Natürliche Abläufe ausnutzen

Auch im Jungwald gilt es, die natürliche Entwicklung zu nutzen und nur dann lenkend einzugreifen, wenn dies zur Zielerreichung notwendig ist. Insbesondere ist die Selbstdifferenzierung auszunutzen, welche unter Mitwirkung der natürlichen Mortalität die stärksten Bäume sichtbar macht.

Diese sind als Stabilitätsträger oder Samenbäume am erfolgversprechendsten und verursachen am wenigsten Aufwand. Eingegriffen wird grundsätzlich nur, wenn es die Erhaltung der gewünschten Baumarten oder die Stabilität der Einzelbäume//Kleinkollektive (Schlankheitsgrad, Kronenlänge und Kronenform) erfordern. Elemente wie nicht genutzte Altholzbereiche, Überhälter, Habitatbäume, Vor-

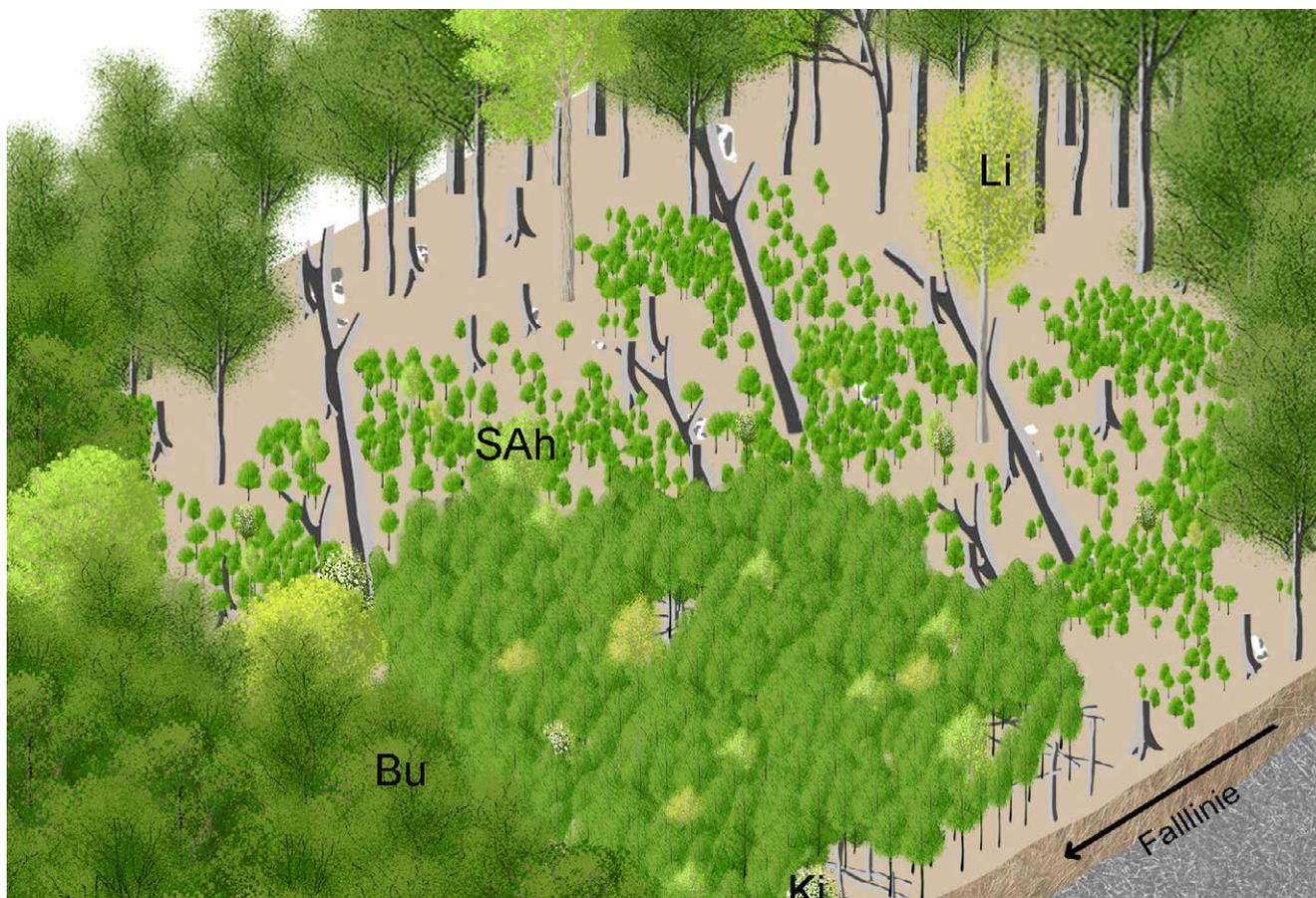


Abbildung 9: Mit feinen femelschlagartigen Erweiterungen können auch lichtbedürftigere Baumarten langfristig gesichert werden. Es handelt sich dabei meist nicht um gleichmässige Umrändelungen, sondern um situative Erweiterungen wie hier seitlich und nach oben.

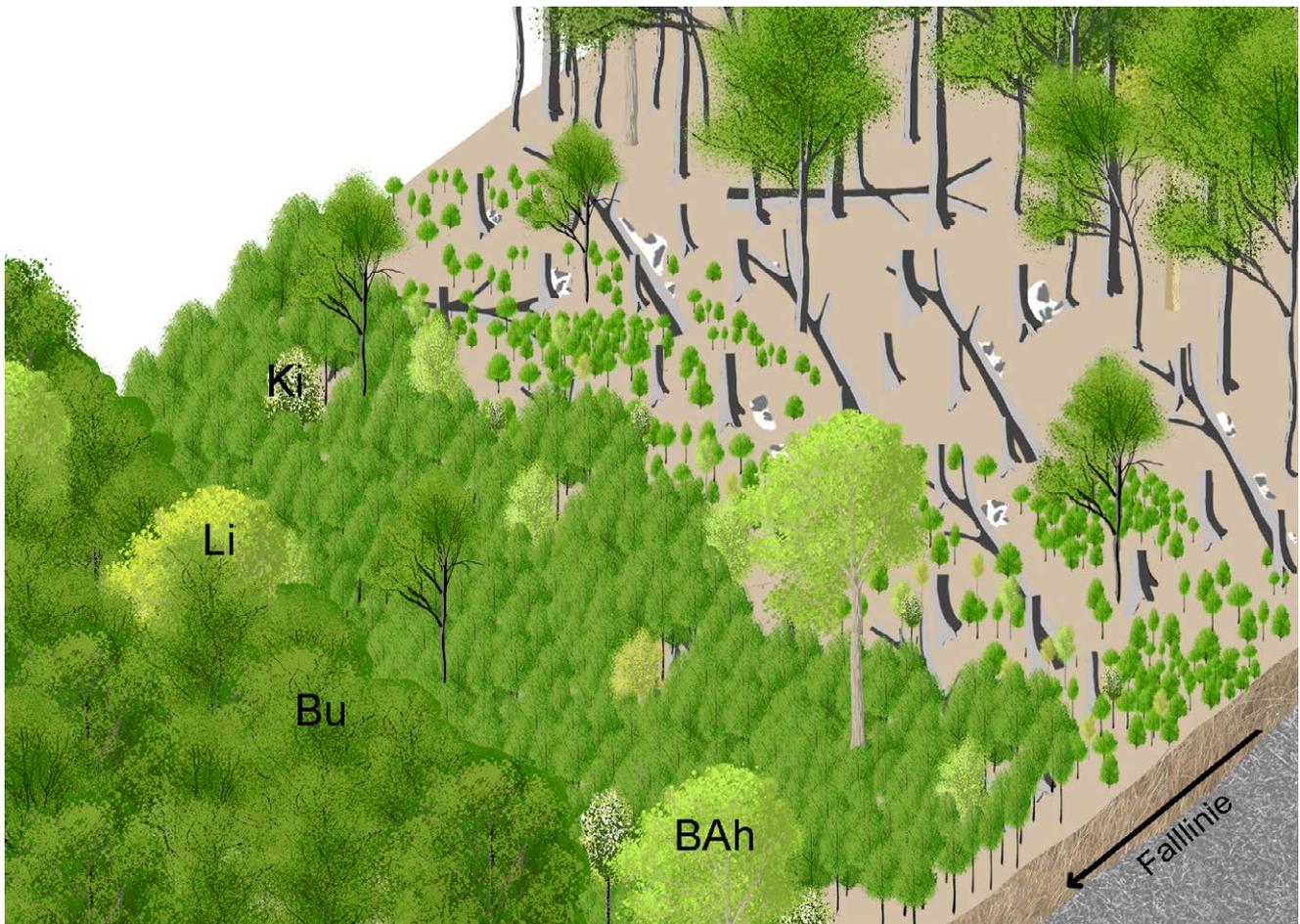


Abbildung 10: Mit Saumschlägen können baumartenreiche Verjüngungen geschaffen werden. Erhaltung der Schutzwirkung dank Linienführung schräg zum Hang, angepasstem Verjüngungsfortschritt und Belassen von einzelnen Bäumen.

wüchse, Sträucher, natürliche Blößen oder kleinräumige Zusammenbrüche wirken strukturierend und sollen belassen werden. Ebenso spielen die Pionierbaumarten als Vorwald, zur Strukturierung und zur Bodenverbesserung eine wichtige Rolle. Sie tragen zudem oft als erste massgeblich zur Schutzwirkung bei. Ausserdem sind sie für die Anpassung an den Klimawandel sehr wichtig, da sie oft selbst Zukunftsbaumarten sind, offene Flächen (auch nach Störungen) schnell besiedeln und mit extremen und sehr unterschiedlichen Standortverhältnissen zurechtkommen.

#### Zeitpunkt und Ziele eines Eingriffes

Die Selbstdifferenzierung der Buche funktioniert problemlos, die Stärksten setzen sich mit einer guten Einzelbaumstabilität durch. Die kollektive Stabilität ist hoch und trägt massgeblich zur Bestandesstabilität bei. Die Bäume sind in der Dickungsphase und im schwachen Stangenholz am schlanksten. Beimischung von anderen Baumarten wie Bergahorn, Bergulme, Esche oder Kirsche erhöhen die Stabilität in dieser Phase. Falls Nassschnees Schäden auftreten, passiert dies meist kleinflächig bzw. in Form von schmalen Streifen. Längerfristig wirkt dies oft strukturierend und stabilitätsfördernd.

Ein Eingriff erfolgt, sobald die natürliche Entwicklung der Stabilität oder Baumartenmischung nicht mehr zielkonform abläuft. Dies ist unter anderem massgeblich abhängig von den Konkurrenzverhältnissen zwischen den vorhandenen Baumarten. So müssen Z-Bäume von Lichtbaumarten auf Buchenstandorten oft sehr früh und mehrmals gefördert werden, während sich die Buche noch länger zielkonform entwickelt. An Steilhängen, insbesondere an südexponierten, sollte tendenziell früher eingegriffen werden, um Schiefstand und einseitige Kronen zu reduzieren. In Mischbeständen sollte der Eingriffsbeginn pro Baumart zeitlich gestaffelt erfolgen, je nach Konkurrenzstärke und Entwicklungsstand der einzelnen Baumarten. Eine Jungwaldpflege ist nicht in jedem Fall erforderlich. Sie kann sich je nach natürlicher Strukturierung oder bei kurzen Umtriebszeiten und Niederwald erübrigen.

Die Jungwaldpflege sichert über die Förderung von Z-Bäumen (das können auch Kleinkollektive sein) einerseits die geforderte Anzahl Stabilitätsträger. Dabei ist zu berücksichtigen, dass auch natürlicherweise Stabilitätsträger vorhanden sind. Andererseits wird mit den Z-Bäumen auch die Mischung gesteuert. Bei grossflächigen Jungwäldern wird ein Teil der Stabilitätsträger bei der etappenweisen Über-

führung in nachhaltig aufgebaute Bestände sehr lange Zeiträume überdauern müssen. Zudem werden sie teilweise exponiert an Rändern zukünftiger Verjüngungsöffnungen stehen. Dies stellt besonders hohe Ansprüche an die individuelle Stabilität. Eine horizontale Strukturierung mit inneren Waldrändern – wie sie in nadelholzdominierten Beständen mit Kammerung oder Rottenpflege erfolgt – wird in Laubholzbeständen nicht als Teil der Jungwaldpflege empfohlen. Sie bringt keine Vorteile gegenüber einer konsequenten Z-Baum-Pflege und ist im Vergleich deutlich aufwändiger. Die weitere Strukturierung erfolgt hier anschliessend mit der möglichst frühzeitigen Verjüngung (siehe Kapitel 3.1).

### Auswahl und Anzahl der Z-Bäume

Bei der Auswahl der Z-Bäume sind Vitalität und Stabilität, welche meist einhergehen, die wichtigsten Kriterien. Qualität steht im Schutzwald nicht im Vordergrund. Stabilitätsträger sind vorherrschend bis herrschend und weisen eine gute Verankerung sowie möglichst lotrechten Wuchs auf. Die Mischung wird soweit möglich über die Förderung der Stabilitätsträger gesteuert. Bei Bedarf werden nebst diesen auch weitere Z-Bäume von dem zukünftigen Klima angepassten Mischbaumarten gefördert. Ausgesprochene Lichtbaumarten wie Nussbaum oder Kirsche sind als Z-Bäume willkommen, aber im Steinschlag-Schutzwald nur in be-

wusst geringer Anzahl. Denn ihre konsequente Förderung erfordert starke Eingriffe, was Stammzahl und Grundfläche übermässig reduzieren würde.

Die Förderung von bis zu 60 Z-Bäumen pro Hektare ist zielführend. Durchschnittlich sollte ein Abstand von rund 15 Meter angestrebt werden. Die Z-Bäume sind unregelmässig verteilt, weil Vitalität/Stabilität wichtiger sind als genaue Abstände. Es ist davon abzuraten, möglichst viele Stabilitätsträger und Individuen von Mischbaumarten zu fördern. Bei mehr als 60 Z-Bäumen pro Hektare werden die Stabilitätsträger im Mittel zunehmend schwächer, weil auch weniger dominante Individuen ausgewählt werden müssen. Zudem entstehen bei kleineren Abständen eher schiefe Z-Bäume, weil bei Folgeeingriffen bald auch talseitig wichtige Stützbäume (als bergseitige Konkurrenten des talwärts benachbarten Z-Baumes) entfernt werden müssen. Im Steinschlag-Schutzwald geht eine zunehmende Anzahl Z-Bäume zudem auf Kosten der Stammzahl/Grundfläche und somit der Schutzwirkung, weil insgesamt mehr Konkurrenten entfernt werden. Und nicht zuletzt wirkt eine zunehmende Anzahl geförderter Bäume homogenisierend und die grössere Eingriffsstärke erhöht die Stabilitätsrisiken nach dem Eingriff. Abhängig von Zielsetzung und Ausgangszustand können auch weniger als 60 pro Hektare oder gar keine Bäume

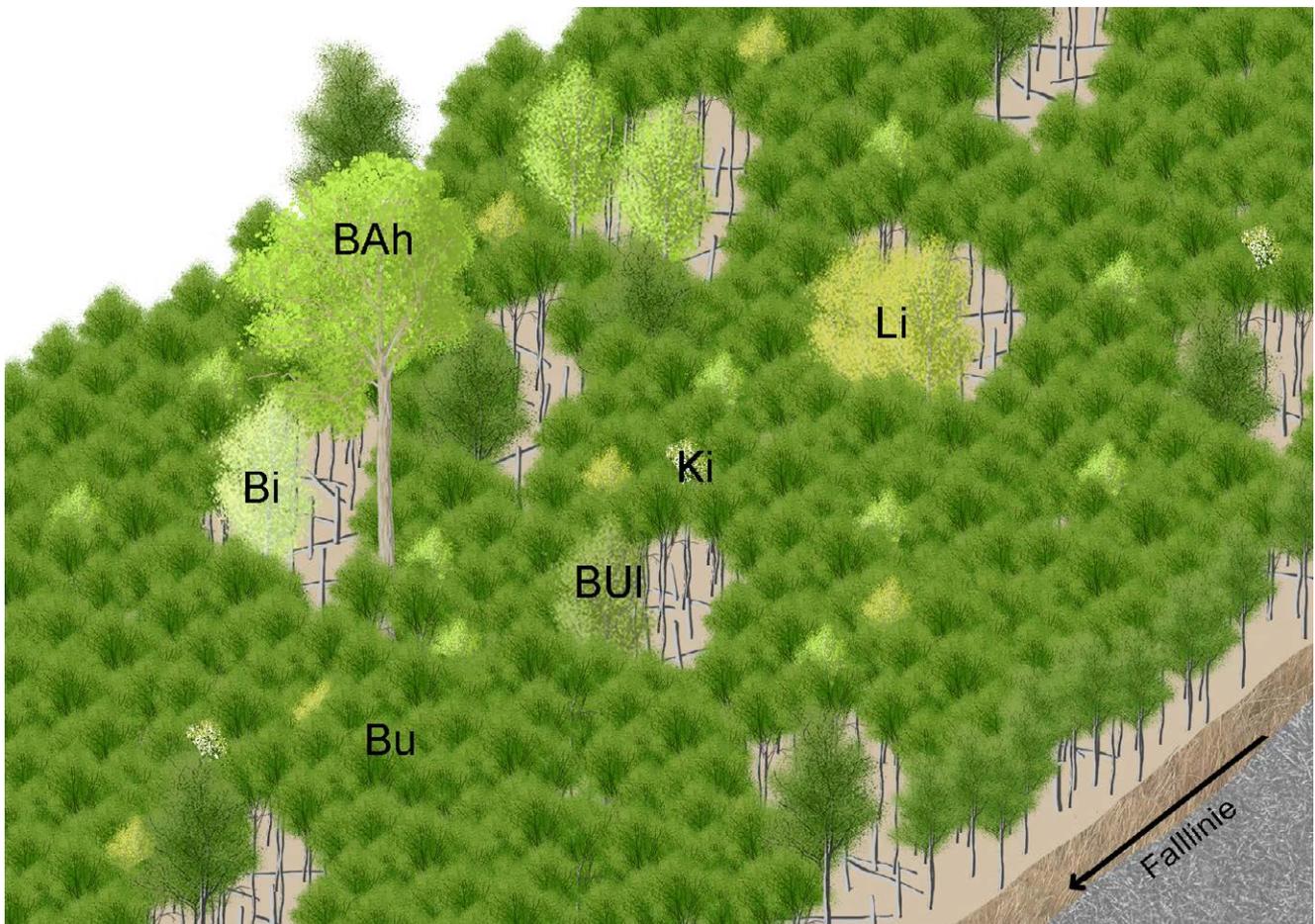


Abbildung 11: Bergseitig begünstigte Z-Bäume in grossen Abständen dienen als zukünftigen Stabilitätsträger und Samenbäume. Stehen gelassene Elemente wie Vorwüchse und Überhälter tragen zur Strukturierung bei.

gefördert werden. So führen beispielsweise 30 Z-Bäume von Mischbaumarten zu einem namhaften Anteil im Baumholz.

### **Z-Baum-Behandlung**

Die Eingriffe erfolgen konzentriert zugunsten der Z-Bäume. Homogenisierende Massnahmen wie negative Auslese, Eingriffe im «Füllbestand» sowie beiläufige Massnahmen sind zu unterlassen. Insbesondere im Steinschlag-Schutzwald darf keine unnötige Reduktion der Stammzahl erfolgen. Eingriffe zwischen den Z-Bäumen erfolgen lediglich bei der Bekämpfung von teilweise flächig problematischen Pflanzen wie Waldrebe oder Neophyten. Sträucher wie beispielsweise Hasel tragen zum Schutz vor kleinen Steinen und Erosion bei und fördern zudem die Strukturierung.

Die Eingriffsstärke ist individuell je nach Baumart, Vitalität, Konkurrenzstärke und Eingriffsturnus zu wählen. Für langfristig stabile Bäume mit hoher Lebenserwartung sind tendenziell starke Eingriffe nötig. Um lotrechte Stammachsen und gleichmässige Kronen zu erhalten, erfolgt die Förderung vor allem bergseitig. Damit bleiben talseitige Stützbäume erhalten. Es sind hohe Stöcke zu belassen. Diese und allenfalls schräg in den Hang gelegtes Holz schützen temporär vor Steinschlag oder Schneebewegungen.

Weitere Informationen finden Sie u.a. in der Praxishilfe und der Checkkarte «Jungwaldpflege im Gebirgs- und Schutzwald» der Fachstelle Gebirgswaldpflege GWP [9] sowie der Checkkarte «Jungwaldpflege / Biologische Rationalisierung» der Fachstelle Waldbau FWB [1]. Zudem haben die beiden Fachstellen einen gemeinsamen waldbaulichen Pflegeauftrag [2] erarbeitet.

### **3.3 Durchforstung**

Als Durchforstung werden hier alle Massnahmen bezeichnet, welche ab dem Stangenholz 2 (ddom > 20 cm) bis zur Verjüngungseinleitung notwendig sind. Durchforstungen sind dann notwendig, wenn die natürliche Bestandesentwicklung von den gesetzten Zielsetzungen abweicht. Dabei geht es um die Förderung von Mischbaumarten sowie der individuellen Stabilität der Stabilitätsträger. Durchforstungseingriffe verfolgen die in der Jungwaldpflege definierten Ziele weiter und erfolgen grundsätzlich punktuell zugunsten einzelner Bäume. Die bis 60 Z-Bäume pro Hektare werden weiter gefördert, wobei nicht immer alle Z-Bäume einen Eingriff benötigen. Für konkurrenzschwächere Baumarten sind häufigere und stärkere Eingriffe notwendig. Bei früher Verjüngungseinleitung kann man (partienweise) auf eine Durchforstung verzichten. Ebenfalls können sich Durchforstungseingriffe insbesondere bei kurzen Umtriebszeiten resp. kleinen Zieldurchmessern stark reduzieren oder erübrigen.

Analog zu den Überlegungen bei der Jungwaldpflege sollen Durchforstungen nur punktuell zugunsten der Z-Bäume erfolgen. Die konzentrierte Entnahme der Konkurrenten vereinfacht das Fällen. Zugunsten der Strukturierung und der Option zur zukünftigen Verjüngung von Lichtbaumarten sind dunkle nicht durchforstete Partien günstig. Die Förderung von zu vielen Bäumen reduziert die Bestandesstabilität und im Steinschlag-Schutzwald die Schutzwirkung unnötig und läuft der angestrebten Strukturierung entgegen. In Buchenwäldern führen sie meist zu zweischichtigen Beständen mit flächiger Buchenverjüngung, welche die Verjüngung von anderen Baumarten in Zukunft sehr schwierig macht. Meist ist es immer noch zielkonform, auch wenn ein beachtlicher Teil der Bäume eines Bestandes eine geringe individuelle Stabilität aufweist (schmale und einseitige Kronen, hoher h/d-Wert), solange eine genügende Anzahl guter Stabilitätsträger vorhanden ist. Bei der Beurteilung der Bestandesstabilität ist daher der Fokus primär auf die stabilen Elemente zu richten.

### **Sicherheitsstreifen und Umgang mit Gefahrenträgern**

Insbesondere direkt am Schadenpotenzial können Bäume auch selbst Gefahrenträger sein. Hier braucht es bei der Anzeichnung eine sorgfältige Einzelfallabwägung zwischen den möglichen Gefahren und der positiven Wirkung dieser Bäume resp. den negativen Folgen einer Entnahme. Nebst waldbaulichen Aspekten haben hier auch Haftungsfragen sowie Fragen der Zuständigkeiten und der Finanzierung grosses Gewicht. Der Umgang damit ist je nach

Kanton und Situation sehr unterschiedlich. Wichtig ist eine gute Kommunikation zwischen allen Beteiligten. Aus waldbaulicher Sicht bieten sich Sicherheitsstreifen immer auch an, um konkurrenzschwache lichtbedürftige Baumarten zu fördern (klimafitte Samenbäume). Schwachwüchsige Baumarten (z.B. Eibe, Feldahorn, Mehlbeere) eignen sich in Kombination mit Sträuchern sehr gut für Bereiche nahe des Schadenpotenzials.

## Literatur

[1] Ammann P., 2014: Checkkarte Jungwaldpflege / Biologische Rationalisierung. Fachstelle Waldbau FWB, Lyss.

[2] Ammann P., Glanzmann L., Junod P., Zürcher S., 2019: Der waldbauliche Pflegeauftrag in überarbeiteter Version. Wald und Holz 5/2019: 30-32.

[3] Brüllhardt, M., 2020: The influence of forest structure on within-stand light availability, tree growth patterns and tree species composition in uneven-aged deciduous temperate forests (2014-2020). DISS ETHZ.

[4] Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.) 2018: Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2020–2024. Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde an Gesuchsteller. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1817: 294 S.

[5] Frehner M., Brang P., Kaufmann G., Küchli C., 2018: Standortkundliche Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel. WSL Berichte, Heft 66.

[6] Frehner M., Huber B., 2019: Schlussbericht des Projektes «Adaptierte Ökogramme» im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel»: Übersicht über die Teilberichte. Forstingenieurbüro Frehner, Sargans und Abenis AG, Chur.

[7] 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.

[8] Glanzmann L., Losey S., Thormann JJ, 2018: Behandlung von Buchen-Schutzwäldern in der unter- und submontanen Stufe – Synthese. Dokumentation der 34. Arbeitstagung der Schweizerischen Gebirgswaldpflegegruppe GWG.

[9] Glanzmann L., Schwitter R., Zürcher S., 2019: Praxishilfe für die Jungwaldpflege im Gebirgs- und Schutzwald. Fachstelle für Gebirgswaldpflege GWP, Maienfeld.

[10] Schwarz M., 2019: Wurzelverstärkung und Hangstabilitätsberechnungen: Eine Übersicht. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. 170(6), 292-302.

[11] Schwarz, M., May, D., 2022: Analyse der Bestandesdynamik auf der Grundlage des Schweizerischen Landesforstinventars – LFI Analyse (MAWA AP 1.1) – Zwischenbericht. Projektbericht der HAFL für das AWN Bern.

[12] Stillhard, J., Hobi, M., Brang, P., Brändli, U.-B., Korol, M., Pokynchereda, V., und Abegg, M., 2022: Structural changes in a primeval beech forest at the landscape scale.

## Impressum

*Titel:* Waldbau in buchendominierten Schutzwäldern

*Herausgeber:* Fachstelle für Gebirgswaldpflege GWP, Fachstelle Waldbau FWB, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL Zollikofen; 2022

*Autoren:* L. Glanzmann, S. Zürcher, P. Ammann, J.J. Thormann

*Grafiken:* illustraziuns Silvana Wölfle (Abb. 6, 7, 9, 10, 11), Peter Ammann, Valentin Brühwiler (Abb. 4)

*Fotos:* Peter Ammann (Abb. 2), Raphael Schwitter (Abb. 1, 3, 5), Jean-Jacques Thormann (Titelbild: Seilschlag im Mattenbann oberhalb Brunnen SZ)

*Druck:* Communicaziun.ch, Ilanz

*Kontakt:* Fachstelle für Gebirgswaldpflege GWP, ibW Bildungszentrum Wald, Försterschule 2, 7304 Maienfeld, 081 403 33 33, info@gebirgswald.ch, www.gebirgswald.ch

Diese Praxishilfe wurde im Auftrag bzw. mit Unterstützung des BAFU erstellt.

Wir bedanken uns bei allen Personen, welche mit ihrem Fach- und Erfahrungswissen zur Entstehung dieser Praxishilfe beigetragen haben. Ein spezieller Dank gilt allen Förstern und Forstingenieuren, welche ihr Expertenwissen und ihre Wälder für den fachlichen Austausch in den Kantonen NW, OW, SO, JU und BE zur Verfügung gestellt haben. Ebenfalls möchten wir uns bei diversen Leuten besonders für das kritische Gegenlesen bedanken.

Diese Praxishilfe ist unter [www.gebirgswald.ch](http://www.gebirgswald.ch) und [www.waldbau-sylviculture.ch](http://www.waldbau-sylviculture.ch) verfügbar und kann in gedruckter Version bei der Fachstelle GWP bezogen werden.



Fachstelle für Gebirgswaldpflege (GWP)  
Centre de sylviculture de montagne (CSM)  
Centro per la selvicoltura di montagna (CSM)  
Bund, Kantone und Fürstentum Liechtenstein



Fachstelle Waldbau  
Centre de sylviculture  
Centro per la Selvicoltura



Berner Fachhochschule  
Haute école spécialisée bernoise