

# 5 Gerinneprozesse

## Anforderungsprofil des Waldes bezüglich Gerinneprozessen<sup>(1)</sup>

Ort	Potentieller Beitrag des Waldes	Anforderungen aufgrund der Naturgefahr minimal	Anforderungen aufgrund der Naturgefahr ideal
Abflussbereich Murgang / Hochwasser (Zone 1)	Gross bis sehr gering	Wald- und Wasserbauverantwortliche definieren gemeinsam die Ziele, leiten die wirksamen und verhältnismässigen Massnahmen her und richten sie auf die relevanten Schwachstellen <sup>(2)</sup> aus.	
Gerinneeinhang (Zone 2) <sup>(3)</sup>	Gross bis gering	Lückenzlänge in Falllinie max. 30 m <sup>(4)</sup> Lückengrösse max. 12 a <sup>(5)</sup> Deckungsgrad dauernd über 50 % <sup>(6)</sup> Höchstens wenig mobilisierbare Bäume und rutschgefährdetes Holz Minimale Anforderungen aufgrund des Standortstyps erfüllt	Lückenzlänge in Falllinie max. 20 m <sup>(4)</sup> Lückengrösse max. 6 a <sup>(5)</sup> Deckungsgrad dauernd über 60 % <sup>(6)</sup> Keine mobilisierbaren Bäume und kein rutschgefährdetes Holz Ideale Anforderungen aufgrund des Standortstyps erfüllt

(1): Mit diesem Anforderungsprofil sind auch die Anforderungen bezüglich der hydrologischen Wirkung des Waldes abgedeckt.

(2): Schwachstellen sind Punkte oder Strecken im Gewässerverlauf, von denen eine Gefährdung ausgehen kann. Klassische Schwachstellen sind zu kleine Durchlässe, Engnisse, enge Kurven, Hindernisse oder Gefällsbrüche im Längensprofil.

(3): Gilt, wenn im Gerinneeinhang die Naturgefahren Rutschungen und / oder Lawinen massgebend sind. Das Anforderungsprofil Steinschlag ist nur im Ausnahmefall zu berücksichtigen.

(4): Lücke von Kronenrand zu Kronenrand im Stangenholz und Baumholz (Schrägdistanz)

(5): Wenn aus verjüngungsökologischer Sicht notwendig, sind grössere Flächen zulässig; Lückenzlänge in Falllinie max. 30 m (Schrägdistanz)

(6): Deckungsgrad im Stangen- und Baumholz inkl. Bestandeslücken.

---

## 5.1 Gerinnerelevanter Schutzwald

Wälder entlang von Fliessgewässern sind wertvolle Lebensräume für viele Pflanzen- und Tierarten und bieten Erholungsraum für die Bevölkerung. Viele Bäche bedrohen aber auch Menschen und Infrastrukturen durch Murgänge, Übersarungen und Hochwasser. Wälder können wirksam vor diesen Naturgefahren schützen: Sie stabilisieren Ufer, verringern den Geschiebeeintrag ins Gerinne und erhöhen die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens. Schutzwaldpflege reduziert zudem den Schwemmholzeintrag.

Die Anforderungen an den Schutzwald unterscheiden sich je nach Lage der Wälder im Einzugsgebiet, der Nähe zum Gewässer und der Art der Naturgefahrenprozesse. Um die Schutzwaldpflege optimal auf diese unterschiedlichen Anforderungen auszurichten, werden zwei Bereiche unterschieden (Abbildung 1):

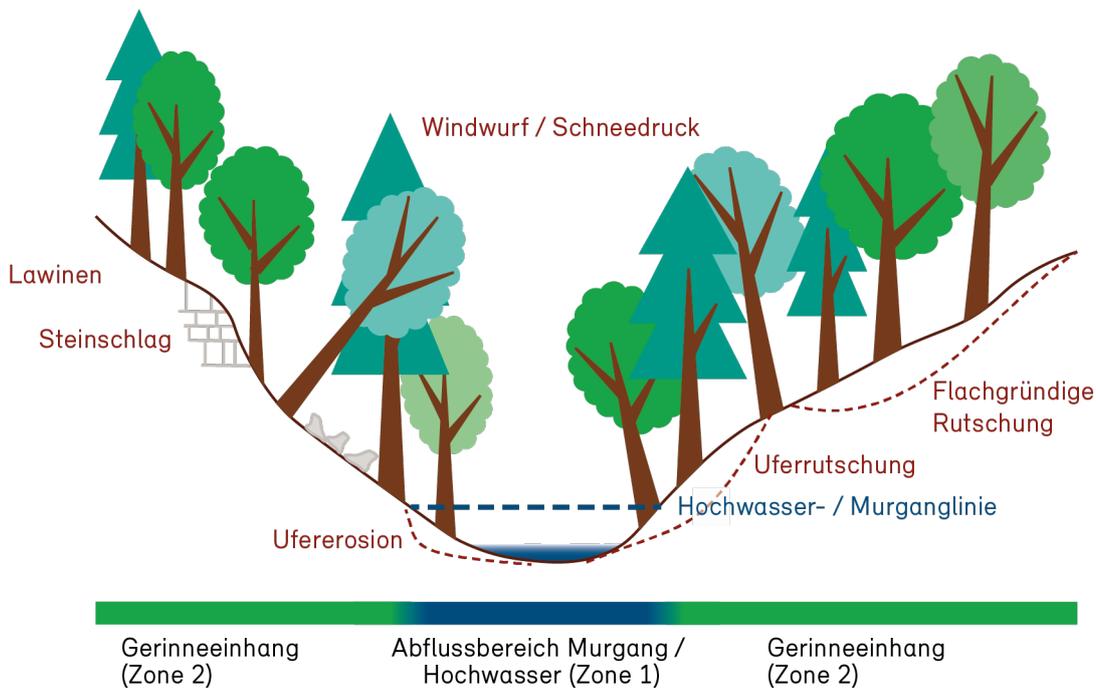
**Abflussbereich Murgang/Hochwasser (Zone 1):** Abflussbereich von Murgang und/oder Hochwasser entlang des Gewässers<sup>1</sup>.

**Gerinneeinhang (Zone 2):** Bereich im Einzugsgebiet, von welchem durch folgende Prozesse schadenrelevantes Geschiebe und/oder Schwemmholz in den Abflussbereich von Murgang und Hochwasser gelangen kann: Erosion, Rutschungen, Lawinen, Steinschlag, Windwurf und Schneedruck. Der Gerinneeinhang entspricht normalerweise dem gerinnerelevanten Schutzwald im Einzugsgebiet ohne den Abflussbereich von Murgang und Hochwasser (Zone 1).

<sup>1</sup> Ob bei der Zonenausscheidung der Prozess Murgang und/oder Hochwasser berücksichtigt wird, hängt von den Eigenschaften des Einzugsgebietes ab und muss lokal festgelegt werden

Abbildung 1:

Querprofil im Gerinneschutzwald mit Abflussbereich Murgang/Hochwasser (Zone 1) und den anschliessenden Gerinneabhängungen (Zone 2). Rot: mögliche Prozesse, die Geschiebe oder Schwemmholz eintragen können. Die Hochwasser- bzw. Murganglinie bildet die Grenze zwischen den Zonen 1 und 2.



### Exkurs: Gerinnerelevante Schutzwälder

Die Kantone schieden die gerinnerelevanten Schutzwälder gemäss den Kriterien von SilvaProtect-CH aus (Losey & Wehrli 2013).

Zuerst wurden dabei diejenigen Gewässer bestimmt, die durch Murgang oder Übersarung ein Schadenpotenzial gefährden. Gerinne, von denen ausschliesslich eine Hochwassergefahr ausgeht, wurden nicht berücksichtigt.

Als gerinnerelevanter Schutzwald wurden dann diejenigen Flächen ausgeschieden, von denen Naturgefahrenprozesse Geschiebe bzw. Schwemmholz in diese Gewässer eintragen können. Wald, der ausschliesslich den Abfluss günstig beeinflusst (hydrologische Wirkung), entspricht hingegen nicht den Schutzwaldkriterien von SilvaProtect-CH.

---

## 5.2 Festlegen der Zonen

Wie breit der Abflussbereich im Gerinne (Zone 1) ausfällt, variiert je nach Naturgefahrenprozess, Relief und Ereignisintensität. Dabei ist der Übergang zum Gerinneeinhang (Zone 2) oft fließend und nicht immer eine scharfe Grenze.

Waldfachleute legen darum in Zusammenarbeit mit Wasserbauverantwortlichen die Grenze zwischen dem Abflussbereich von Murgang/Hochwasser und dem Gerinneeinhang gemeinsam fest. Die berücksichtigte Intensität entspricht dabei etwa einem Ereignis mit einer Wiederkehrperiode von 300 Jahren (HQ300<sup>2</sup>) bzw. erfolgt gemäss lokaler Einschätzung der Wasserbauverantwortlichen.

### Zonengrenzen

Die Grenzen der Zone 1 werden gutachtlich ausgeschieden. Die damit verbundenen Unsicherheiten sind für waldbauliche Entscheide häufig nicht ausschlaggebend: So unterscheiden sich die Fliesstiefen eines HQ100<sup>3</sup> für die im Schutzwald relevanten Gewässer oft nur wenig von einem HQ300. Mit einer eher grosszügigen Definition des Abflussbereichs im Gerinne kann gut mit dieser Unsicherheit umgegangen werden. Ausnahmen sind Orte, bei denen das Gewässer bei einem Ereignis über die Ufer treten kann und grössere Flächen durchfließt. Hier sollte Zone 1 sorgfältig definiert werden.

Die obere Grenze des Gerinneeinhangs (Zone 2) entspricht der maximalen Distanz, von der Naturgefahrenprozesse schadenrelevantes Geschiebe/Schwemholz in das Gewässer transportieren können. Normalerweise entspricht dies der oberen Grenze des ausgeschiedenen gerinnerelevanten Schutzwaldes.

**Zusammenarbeit von Wald- und Wasserbauverantwortlichen:** Die Verantwortlichen für Wasserbau verfügen über die nötigen Fachkenntnisse, um die Prozesse in den Gewässern zu beurteilen. Ausserdem sind sie in vielen Kantonen für die Aufsicht über den Prozessbereich von Murgang und Hochwasser zuständig.

Damit die Schutzwaldpflege in Gerinneeinhängen sinnvoll auf diese Prozesse ausgerichtet werden kann, beurteilen Forst- und Wasserbauverantwortliche gemeinsam das Gerinne und die Naturgefahrensituation. Ebenso formulieren sie im Abflussbereich von Murgang und Hochwasser (Zone 1) gemeinsam die waldbaulichen Ziele.

Wie diese Zusammenarbeit umgesetzt wird, liegt in der Kompetenz der Kantone. Idealerweise erfolgt die Diskussion zwischen Wald- und Wasserbauverantwortlichen bei jedem Gerinne. Es kann aber auch ziel führend sein, gemeinsam einige repräsentative Gerinne zu charakterisieren und bei der Herleitung waldbaulicher Massnahmen in anderen Gerinnen darauf zu verweisen.

<sup>2</sup> HQ300: Hochwasser, das statistisch im Durchschnitt einmal in dreihundert Jahren auftritt.

<sup>3</sup> HQ100: Hochwasser, das statistisch im Durchschnitt einmal in hundert Jahren auftritt.

---

## 5.3 Abflussbereich Murgang/Hochwasser (Zone 1)

### 5.3.1 Funktionen des Waldes in Zone 1

Im Schutzwald steht der Schutz vor Naturgefahren normalerweise im Vordergrund. Entlang von Bächen haben Bäume und Totholz aber auch wichtige ökologische Funktionen: Gehölze beschatten das Wasser und vermindern so dessen Erwärmung. Das ist wichtig, weil die Wassertemperatur für viele Lebewesen im Wasser ein bedeutender Faktor ist. Totholz bildet in Gewässern kleinräumige Strukturen, die Tieren Schutz, Ruhezeiten und Nahrungsquellen bieten. Entlang von Gewässern können auch seltene Waldgesellschaften und Baumarten vorkommen. Erholungssuchende schätzen oftmals das Landschaftsbild, das durch bewaldete Bachufer entsteht. Bei Schutzwaldeingriffen müssen diese Aspekte mitberücksichtigt werden, indem zum Beispiel die verantwortlichen Stellen für Naturschutz und Fischerei beigezogen werden.

### 5.3.2 Gewässereigenschaften und Naturgefahrensituation

Die jeweiligen Eigenschaften des Gewässers, der Naturgefahrenprozesse im Gerinne, der Schwachstellen und des Schutzguts bestimmen weitgehend, wie ein schutzwirksamer Wald im Abflussbereich von Murgang und Hochwasser aufgebaut sein soll. Darum ist die vorgängige Beurteilung dieser Eigenschaften zentral. Berücksichtigt werden dabei übergeordnete Merkmale im Einzugsgebiet wie auch lokale Merkmale der Zone 1 (Beurteilungsschritte 1–2 in Tabelle 2).

#### Checkliste

Um die Verantwortlichen bei der Schutzwaldpflege entlang von Gerinnen zu unterstützen, wurde eine Checkliste erstellt (Tabelle 2). Sie zeigt mögliche Beurteilungsschritte auf, um im Gerinneschutzwald Anforderungen zu definieren, den Handlungsbedarf herzuleiten und die Verhältnismässigkeit abzuschätzen.

Die Checkliste umfasst fünf Beurteilungsschritte und berücksichtigt die Prozesskette von der Eingriffsfläche bis zur Gefährdung des Schutzgutes. Eine Beurteilung der Situation ist grundsätzlich im gesamten gerinnerelevanten Schutzwald wichtig (Zonen 1 und 2). Je nach Lage der Eingriffsfläche im Einzugsgebiet und lokaler Situation sind aber unterschiedliche Beurteilungsschritte ausschlaggebend (siehe Tabelle 2).

#### Prozesskette ist entscheidend

Entscheidend für die waldbauliche Zielsetzung ist die Wahrscheinlichkeit, dass Geschiebe und Holz von einem bestimmten Ort aus zu Schäden führen kann. Ein Baum, der ins Gerinne fällt, wird nur problematisch, wenn er zu Schwachstellen transportiert wird und an dieser Stelle zu Schäden führt. So kann zum Beispiel eine Ablagerungsstrecke zwischen der Eingriffsfläche und der Schwachstelle dafür sorgen, dass Holz von oberhalb kaum schadenrelevant ist.

Um auf einer Eingriffsfläche sinnvolle waldbauliche Ziele zu definieren und den Handlungsbedarf und die Verhältnismässigkeit zu beurteilen, muss deswegen zwingend die ganze Prozesskette berücksichtigt werden: Vom Geschiebe- und Schwemholzeintrag von der Eingriffsfläche über den Transport im Gerinne zu den Schwachstellen bis hin zur eigentlichen Gefährdung an den Schwachstellen (vgl. Beurteilungsschritt 2 in Tabelle 2).

---

### Eigenschaften Murgang und Hochwasser

Der Zielbestand hängt stark von der Art des massgebenden Naturgefahrenprozesses im Gewässer ab. Damit Murgänge entstehen können, ist ein Mindestgefälle von 25–30 % nötig. Sind Förderfaktoren wie Engstellen, Schwemmholz usw. vorhanden, können Murgänge bereits bei einem Gefälle ab 15 % auftreten. Unter 10 % Gefälle können sich Murgänge normalerweise nicht mehr verlagern und bleiben stehen. Ebenso lagern sie sich ab, wenn sich das Gefälle bei einem Geländeknick stark reduziert (z. B. halbiert). Im Gegensatz zu einem Hochwasser mit Geschiebetransport sind bei Murgängen die Feststoffkonzentration, die Korngrösse, die Dichte, die Abflussspitze und das Gesamtabflussvolumen grösser. Dadurch führt ein Murgang zu stärkerer Erosion als Hochwasser. So kann ein Murgang eine Erosionstiefe erreichen, die 20 % oder sogar mehr von der Gewässerbreite beträgt. Bei Hochwasser mit Geschiebetransport beträgt die Erosionstiefe hingegen selten über 10 % von der Bachbreite. Allerdings sind dies nur Erfahrungswerte, die lokal überprüft werden müssen.

#### 5.3.3 Wirkung von Bäumen in Zone 1

Je nach den Eigenschaften des Einzugsgebiets, der Gefahrenprozesse und des Bestandes wirken sich Bäume unterschiedlich auf die Naturgefahrensituation in Zone 1 aus. Zu den positiven Wirkungen der Vegetation gehören:

- Bäume stabilisieren durch ihre Wurzeln das Ufer und schützen dadurch vor Erosion und Unterspülungen.
- Holz im Bach- und Flussbett verbessert die kleinräumige Struktur und führt zu variablen Abflusstiefen und Fliessgeschwindigkeiten.
- Wenn Bäume im Hochwasserbereich umströmt werden, verlangsamen sie den Abfluss, können Erosion reduzieren und als natürliche Schwemmholzrechen dienen.

Ab einer gewissen Strömungskraft können aber auch bestockte Ufer der Erosion nicht mehr standhalten. Die Strömungskraft, ab der die Erosion einsetzt, wird Grenzscheppspannung genannt. Wie hoch diese Grenzscheppspannung ist, hängt von der Art des Ufermaterials (z. B. Korngrössenverteilung) und der Vegetationseigenschaften ab. Hier sind insbesondere die Art des Wurzelsystems und die Dichte des Bestandes wichtig. Da das Ufermaterial und die Bestandeseigenschaften sehr unterschiedlich sein können, variiert die Grenzscheppspannung zwischen unterschiedlichen Standorten stark. Wenn Bäume ins Gewässer gelangen, können sie sich ungünstig auf die Naturgefahrensituation auswirken:

- Bäume werden bei Hochwasserereignissen als Schwemmholz transportiert und verklauen bei Engstellen wie zum Beispiel bei Brücken, Durchlässen oder natürlichen Verengungen eines Baches.
- Der Aufstau kann zu Überschwemmungen bzw. Übersarungen führen.
- Wenn Verklausungen durchbrechen, kann sich der Abfluss kurzzeitig stark erhöhen.
- Murgänge können Bäume mitreissen und damit die Gefahr für Menschen und Sachwerte vergrössern.

Solange Gerinne nicht murgangfähig sind, überwiegt in schmalen Bächen meist die positive Schutzwirkung der Bäume. Dies auch deshalb, weil hier die Transportkapazität für Schwemmholz stark eingeschränkt ist. Bei flachem Gewässerverlauf überwiegt meist auch bei breiteren Gerinnen die positive Waldwirkung, solange die Ufer nicht unterspült werden und der Waldzustand gut ist. Wenn Murgänge auftreten, haben Bäume meist nur dann einen stabilisierenden Effekt, wenn das Gerinne schmal ist und die Einzugsgebietsfläche oberhalb der betrachteten Fläche klein ist.

---

### Uferrutschungen

Hydraulische Prozesse im Bach können auch im Übergangsbereich zum Gerinneeinhang (Zone 2) Rutschungen auslösen (Uferrutschungen, siehe Abb. 1). In der Regel können Gehölze die obersten 50 cm des Bodens gut stabilisieren. Mit zunehmender Tiefe der Gleitschicht und Neigung der Ufer nimmt die Schutzwirkung der Bäume aber ab und die Gefahr von Schwemmholzeintrag gewinnt an Bedeutung.

Wenn ein Ufer bzw. die Gewässersohle bei einem Ereignis tiefer erodiert als der Hauptwurzelraum, nimmt das Risiko für Unterspülungen und Uferrutschungen zu. Diese Prozesse führen oft dazu, dass Schwemmholz und Geschiebe eingetragen werden.

#### 5.3.4 Umgang mit liegendem Holz in Zone 1

Der Umgang mit liegendem Holz ist grundsätzlich in Anhang 7 (Verwendung von Holz an Ort und Stelle) geregelt. Liegendes Holz im Abflussbereich von Murgang und Hochwasser muss dann entfernt werden, wenn von ihm eine Gefahr ausgeht und die Entfernung verhältnismässig ist. Ob dies der Fall ist, hängt von den Eigenschaften des Gewässers, der Schwachstellen und des liegenden Holzes ab. Gleichzeitig müssen die Gewässerdynamik, die Anliegen des Naturschutzes, der Fischerei sowie weiterer Interessensgruppen berücksichtigt werden. Grundsätzlich soll so viel Totholz wie nötig, aber so wenig wie möglich aus dem Abflussbereich von Murgang und Hochwasser entfernt werden (Interessenabwägung Schutz vor Naturgefahren vs. Naturschutz/Fischerei).

Holz, das aus der Zone 1 entfernt wird, muss abgeführt oder ausserhalb von Zone 1 gelagert werden. Dabei ist darauf zu achten, dass gelagertes Holz durch Prozesse wie Rutschungen und Schneegleiten nicht wieder in das Gewässer transportiert werden kann.

#### Schwemmholzmobilisierung und -transport

Ob und bei welchem Wasserstand Schwemmholz transportiert wird, hängt vom Fließregime, von Gewässer-eigenschaften und von der Form und Grösse der Baumstämme ab. Modellversuche zeigten, dass der Transport von glatten Stämmen dann beginnt, wenn die Abflusstiefe dem Stammdurchmesser entspricht. Beistete oder mit Wurzelstöcken versehene Stämme werden hingegen erst bei grösseren Abflusstiefen transportiert. Bei Geschiebeführung sind die für den Transportbeginn erforderlichen Abflusstiefen rund 20–30 % geringer als bei Ereignissen ohne Geschiebe. Als nicht mobilisierungsfähig bei Hochwasserprozessen gelten Schwemmholzstücke, die länger sind als die Breite des Baches im Ereignisfall. Allerdings kann dieses Holz durch natürliche Zerkleinerungsvorgänge (z. B. Verrotten) später transportfähig werden. Murgänge können hingegen auch in Kleingerinnen lange Stammstücke, Wurzelstöcke und sogar ganze Bäume transportieren.

#### Verklauungen

Die Länge von Schwemmholz ist ein wichtiger Faktor für die Wahrscheinlichkeit von Verklauungen: Kürzere Schwemmholzstücke verklauen weniger. Generelle Empfehlungen besagen, dass potentielles Schwemmholz im Gewässer maximal halb so lang sein sollte wie die Breite der Gewässersohle. In diese Beurteilung müssen aber auch Eigenschaften der Schwachstellen einfließen (z. B. Durchmesser des Durchlasses, Eigenschaften von Rechenanlagen, Abstand von Brückenpfeilern usw.). Wurzelstöcke sind für Verklauungen kritisch: Gegenüber glatten Stämmen ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Wurzelstock hängen bleibt, signifikant höher.

---

### **Zerkleinern von Holz**

Um Verklausungen zu verhindern, wird im Bach liegendes Holz oft zusammengesägt. Gleichförmige Holzstücke mobilisieren sich bei einem Ereignis aber eher gleichzeitig. Das kann zu einem schubweisen Schwemmholztransport führen. Solche Schwemmholzteppiche erhöhen die Wahrscheinlichkeit von Verklausungen. Zudem wird zerkleinertes Holz weiter transportiert. Die Verantwortlichen müssen darum sorgfältig abwägen, welche Folgen das Zusammensägen auf die Gefahrensituation hat. Evtl. ist es sinnvoller, das Holz auf unterschiedliche Grössen zu zerkleinern bzw. ausserhalb des Gewässerprofils zu lagern.

### **5.3.5 Anforderungen an den Schutzwald in Zone 1**

In der Praxis ist es schwierig zu beurteilen, ob ein bestimmter Baum zum Schutz beiträgt oder ob von ihm – als potentiell Schwemmholz – eine Gefahr ausgeht. Deswegen können im Abflussbereich von Murgang und Hochwasser keine allgemein gültigen Anforderungen an den Schutzwald definiert werden. Vielmehr müssen Wald- und Wasserbauverantwortliche die Ziele und Massnahmen auf die lokale Situation abstimmen. Die Anforderungen ergeben sich aufgrund der Naturgefahr und des Standortes. Bei der Definition der Ziele und Massnahmen muss die ganze Prozesskette von der lokalen Wirkung des Baumes auf die Uferstabilisierung bis zum möglichen Schaden berücksichtigt werden. Mit waldbaulichen Massnahmen wird die Schutzwirkung der Bäume gestärkt, die Gefahr von Schwemmholz vermindert und die Nachhaltigkeit der Schutzwirkung sichergestellt.

### **Anforderungen aufgrund Naturgefahr**

Die Naturgefahrensituation bestimmt weitgehend die Anforderungen an das Gefüge des Waldes. Wenn bei der Beurteilung die stabilisierende Wirkung der Gehölze überwiegt, sollen waldbauliche Massnahmen diese stärken und nachhaltig sicherstellen. So kann es dann sinnvoll sein, die Durchwurzelung des Bodens zu verbessern. Beispielsweise indem tiefwurzelnde Arten gefördert werden und ein grösserer Zieldurchmesser oder höherer Deckungsgrad angestrebt wird. Stabile Bäume können den einwirkenden Kräften besser widerstehen. Die Stabilität und Durchwurzelung von Bäumen sind deshalb entscheidende Kriterien zur Beantwortung der Frage, ob bei einem Eingriff ein bestimmter Baum entfernt wird oder nicht.

Überwiegt hingegen die Gefahr von schadenrelevantem Schwemmholz, sollen waldbauliche Massnahmen die Gefährdung reduzieren. Dabei muss nicht nur beachtet werden, inwieweit die Bäume das Ufer im Hauptwurzelraum stabilisieren können. Wenn das Gewässer im Ereignisfall zu Tiefenerosion neigt bzw. das Ufer unterhalb des Hauptwurzelraumes unterspült, können Bäume durch Unterspülung bzw. Uferrutschungen unterhalb der Wirkungstiefe der Wurzeln mobilisiert werden. In solchen Situationen ist es z. B. sinnvoll, den Zieldurchmesser zu reduzieren, eine Strauchvegetation zu fördern oder eine waldrandähnliche Struktur vom Abflussbereich im Gerinne zum Gerinneinhang hin anzustreben. Dieser waldrandähnliche Übergang ist auch dann zielführend, wenn Murgänge bzw. Lawinenzüge im Bachbett verlaufen. Damit wird die potentielle Schwemmholzmenge vermindert. Gleichzeitig stabilisieren die Gehölze die Ufer und reduzieren die Erosion.

Ebenso muss beachtet werden, dass Wurzelstöcke die Verklausungswahrscheinlichkeit erhöhen. Waldbauliche Massnahmen sollten darum auch darauf abzielen, dass Wurzelstöcke nicht ins Gerinne gelangen bzw. nicht transportiert werden können.

### Anforderungen aufgrund Standort

Um die Schutzfunktion des Waldes nachhaltig zu gewährleisten, wird auch im Abflussbereich von Murgang und Hochwasser eine standortgerechte, einheimische Baumartenmischung gefördert. Allerdings unterscheiden sich die Umweltbedingungen häufig stark vom umliegenden Wald. Die Anforderungen gemäss Standort können darum meist auch nicht einfach vom Gerinneinhang übernommen werden, sondern müssen unter Berücksichtigung der speziellen Standortsbedingungen beurteilt werden:

- Der Abflussbereich von Murgang und Hochwasser wird periodisch überschwemmt und die Böden sind oft vernässt
- Durch Ufererosion, Geschiebe- und Schwemmholztransport finden Umlagerungsprozesse statt
- Bäume sind im Wirkungsbereich von Murgang und Hochwasser erheblichen Belastungen ausgesetzt. Dazu gehören Überschwemmungen und wassergesättigte oder wechselfeuchte Böden, aber auch mechanische Einwirkungen wie Verletzungen durch Geschiebe / Schwemmholz oder freigelegte Wurzeln

Diese kleinräumigen Eigenheiten werden bei Standortkartierungen in der Regel nicht erfasst. Für die Definition der Ziele und die Herleitung des Handlungsbedarfs sind diese Belastungen und speziellen Standortsbedingungen aber zentral.

### 5.3.6 Definition nachvollziehbarer waldbaulicher Ziele in Zone 1

Wald- und Wasserbauverantwortliche legen den Zielzustand, d.h. das Anforderungsprofil und die wirksamen und verhältnismässigen Massnahmen gemeinsam fest. Dabei werden die Naturgefahrensituation, Gerinneigenschaften, die Vegetationswirkung und Standortanforderungen berücksichtigt (siehe Kapitel 5.3.2 bis 5.3.5). Wenn weitere Interessen bestehen, wie zum Beispiel von Naturschutz oder Fischerei, sollen diese in die Entscheidungen einfließen. Auch in Zone 1 werden die Ziele und Massnahmen und deren Herleitung nachvollziehbar dokumentiert. In welcher Form dies geschieht, ist den Verantwortlichen überlassen. Als Orientierung für die Dokumentation kann die Checkliste dienen (Tabelle 2).

Tabelle 1 zeigt mögliche Eigenschaften der Bestockung, für die waldbauliche Ziele festgelegt werden können.

**Tabelle 1:**

**Merkmale der Bestockung im Abflussbereich von Murgang und Hochwasser (Zone 1) sowie mögliche Kriterien, für welche waldbauliche Ziele festgelegt werden können.**

Bestandes- und Einzelbaummerkmale	Mögliche Kriterien
Mischung	Art und Grad der Mischung
Gefüge	Deckungsgrad, BHD-Streuung, maximaler Durchmesser
Stabilität	Schlankheitsgrad, Standfestigkeit, Umgang mit Hängern und unterspülten Wurzeln
Verjüngung	Anzahl und räumliche Verteilung, Baumarten, Umgang mit Konkurrenzvegetation (inkl. Neophyten)
Totholz (stehend und liegend)	Maximaler Durchmesser und/oder Länge, Lage, Umgang mit Totholz und Wurzelstöcken im Gewässer, Umgang mit Astmaterial usw.

---

## 5.4 Gerinneeinhang (Zone 2)

### 5.4.1 Waldwirkung in Zone 2

#### Wirkung auf Eintrag von Geschiebe und Schwemmholz

Schutzwälder in Gerinneeinhängen werden ausgeschieden, weil sie gegen Naturgefahrenprozesse schützen, die Geschiebe und Holz in Gewässer transportieren (Rutschungen, Erosion, Lawinen, Steinschlag, siehe Kasten in Kapitel 5.1). Dadurch vermindert sich das schadenrelevante Geschiebe- bzw. Schwemmholzvolumen, das bei einem Murgang oder Hochwasserereignis transportiert werden kann.

Die Wirkung des Waldes auf Rutschungen, Erosion, Lawinen und Steinschlag ist in den Anforderungsprofilen für die entsprechende Naturgefahr detailliert beschrieben (Anhang 1 von NaiS). Auf eine Wiederholung dieser Erläuterungen wird an dieser Stelle daher verzichtet.

#### Hydrologische Wirkung

Wälder wirken sich auch immer auf den Wasserkreislauf aus. Bäume schirmen durch ihre Blätter und Nadeln den Boden bei Regen und Schnee ab. So erreicht ein Teil des Niederschlags den Boden gar nicht, sondern verdunstet direkt wieder (Interzeption). Durch die Transpiration entziehen die Bäume dem Boden Wasser und schaffen so zusätzlichen Speicherraum. Baumwurzeln bilden im Boden ein wirksames Porensystem. Diese Hohlräume verbessern die Infiltration und können oberflächennahen Abfluss vermindern.

Wald erhöht damit gegenüber anderen Landnutzungsformen das Wasserspeichervermögen. Allerdings ist das Ausmass abhängig von Standorteigenschaften, dem Waldzustand, den meteorologischen Vorbedingungen und dem Verlauf eines spezifischen Niederschlagsereignisses.

### 5.4.2 Anforderungen an den Schutzwald in Zone 2

#### Besondere Situation in Einzugsgebieten

Prozesse in Gerinneeinhängen weisen gegenüber Naturgefahren, die Menschen und Sachwerte direkt gefährden, einige Besonderheiten auf: Wenn Naturgefahrenprozesse Holz und Geschiebe in einen Bach eintragen, kann dieses Material längere Zeit an Ort und Stelle verbleiben und erst zeitverzögert für Schäden sorgen. Zum Beispiel kann eine Lawine im Winter Holz ins Gerinne transportieren, das erst mit einem nachfolgenden Hochwasserereignis schadenrelevant wird. Langandauernder Niederschlag von mittlerer Intensität kann Rutschungen auslösen und so Geschiebe und Holz in Bäche transportieren, die erst bei einem späteren Starkniederschlag vom Bach transportiert werden. Die Geschiebe- und Schwemmholzeinträge finden aber auch häufig gleichzeitig mit dem schadenrelevanten Ereignis statt. So lösten beispielsweise die Starkniederschläge im Sommer 2005 zahlreiche Rutschungen aus, die Holz in Gewässer transportierten. Dieses Frischholz hat anschliessend als Schwemmholz unmittelbar für Schäden gesorgt.

#### Anforderungen aufgrund Naturgefahr

Rutschungen und Erosion sind meistens die wichtigsten Prozesse, die Geschiebe und Schwemmholz in Bäche eintragen. In höheren Lagen kommen Lawinen dazu. Steinschlag ist nur in seltenen Fällen der dominante Prozess. Häufig überlagern sich in Gerinneeinhängen mehrere Naturgefahrenprozesse, die unterschiedlich stark Geschiebe und Holz eintragen. Es ist daher in der Praxis teilweise schwierig, den dominanten Naturgefahrenprozess auf einer Eingriffsfläche zu bestimmen. Aus diesem Grund wird im Gerinneeinhang eine Waldstruktur angestrebt, die gleichzeitig möglichst wirkungsvoll gegen Rutschungen, Erosion und Lawinenanrisse schützt. Zu diesem Zweck werden die bestehenden Anforderungsprofile für diese Naturgefahren kombiniert: Lücken sollen nicht zu gross ausfallen und eine bestimmte Länge in Falllinie nicht überschreiten. So können die Wurzeln den

---

Boden verstärken, Erosion vermindert und Lawinenanrisse verhindert werden. Ein minimaler Deckungsgrad stellt die Wurzelverstärkung über die Fläche sicher und stört einen gleichmässigen Schneedeckenaufbau. Grundsätzlich verbessert ein hoher Deckungsgrad den Schutz vor Naturgefahren. Gleichzeitig darf der angestrebte Deckungsgrad aber nur so hoch sein, dass die Schutzwirkung nachhaltig ist und die Verjüngung aufkommen kann.

In den seltenen Fällen, in denen Steinschlag die Hauptursache für Geschiebeeintrag ist, wird das Anforderungsprofil gemäss der Naturgefahr Steinschlag berücksichtigt.

### **Anforderungen an die hydrologische Wirkung**

Die Anforderungen, die sich aus der Wirkung des Waldes auf den Wasserkreislauf ergeben, decken sich grundsätzlich mit den Anforderungen aufgrund der Naturgefahren Rutschungen, Erosion und Lawinen: Grössere Lücken sind zu vermeiden und eine gewisse Stufigkeit und Baumartendiversität fördert eine intensive Durchwurzelung des Bodens. Mit den definierten Anforderungen wird damit gleichzeitig auch die hydrologische Wirkung optimiert.

### **Anforderungen an die Stabilität**

Stabile Bestände reduzieren das Risiko von grösseren Störungen. Je stabiler Einzelbäume sind, desto geringer ist zudem die Gefahr, dass diese bei Stürmen oder Nassschneeereignissen umstürzen. In sehr steilen Hängen können liegende oder umstürzende Bäume ohne Einwirkung von Naturgefahren abrutschen. Stabile Einzelbäume und Bestände sind in Gerinnehängen darum ein wichtiges waldbauliches Ziel, da dadurch die Schutzwirkung nachhaltig sichergestellt wird und weniger Holz und Geschiebe ins Gewässer gelangt.

Die Anforderungen an die Stabilität unterscheiden sich jedoch je nach Lage der Bäume im Einzugsgebiet. In Bachnähe sind stabile Bäume ein wichtiges Ziel. An Orten, von denen ein umgestürzter Baum das Gewässer kaum erreicht, können instabile Bäume hingegen toleriert werden, solange dadurch die Bestandesstabilität nicht gefährdet wird.

### **Entlastungsschläge**

Die Entlastung des Hanges durch grossflächige Eingriffe hat keine positive Wirkung auf die Hangstabilität. Das Gewicht der Bäume ist gegenüber der Masse des Bodens vernachlässigbar. Häufig wirken Entlastungsschläge sogar destabilisierend: Wenn grosse Bäume flächig entfernt werden, vermindert sich dadurch die Wurzelverstärkung des Bodens und das Risiko für Rutschungen nimmt zu.

---

## 5.5 Kriterien für die Verhältnismässigkeit von Massnahmen im Gerinneschutzwald

Wenn die lokalen Verantwortlichen Massnahmen im Gerinneschutzwald herleiten, beurteilen sie auch die Verhältnismässigkeit. Die Grundlagen dazu sind im Anhang 4, Kapitel 2 von NaiS zu finden (Anleitung zu Formular 2). In Gerinneschutzwäldern sind einige Besonderheiten zu beachten:

- Der Wald in Einzugsgebieten schützt Menschen und Sachwerte nicht direkt, sondern durch seine günstige Wirkung auf den Materialeintrag in Gewässer.
- Geschiebe oder Schwemmholt erreichen das Gewässer nicht gezwungenermassen von jedem Ort im Gerinneinhang. Beispielsweise sorgen flachere Gebiete oft dafür, dass von dieser Stelle aus kein Material in den Bach eingetragen wird.
- In Flachstrecken von Gewässern kann Holz und Geschiebe abgelagert werden. Dies verringert die Gefahr, dass von oberhalb Material zu den Schwachstellen transportiert wird.
- Eingriffe in Gerinneschutzwäldern sind in schlecht erschlossenen Gebieten häufig mit hohen Kosten verbunden. Es muss darum sorgfältig abgewogen werden, ob der Nutzen den Aufwand gerechtfertigt.
- Die Gefährdung geht manchmal von Schwachstellen aus, die nicht entsprechend dimensioniert sind (z. B. sehr enge Durchlässe). Unter Umständen ist es unverhältnismässig, die forstlichen Massnahmen darauf auszurichten.

Aufgrund dieser Besonderheiten ist es wichtig, die Verhältnismässigkeit von Massnahmen im Gerinneschutzwald sorgfältig zu beurteilen. Ausschlaggebend sind dabei insbesondere die lokale Situation bei der Eingriffsfläche, der Längsverlauf des Gerinnes und die schadenrelevanten Schwachstellen. Weitere Kriterien, die für die Verhältnismässigkeit wichtig sein können, sind in der Checkliste zu finden (Tabelle 2).

Wenn von einer Fläche nur eine geringe Gefahr ausgeht, dass schadenrelevantes Holz und Geschiebe das Gewässer erreichen, eignet sich dieser Ort gut zur Unterstützung der Biodiversität im Schutzwald. Hier kann zum Beispiel liegendes und stehendes Totholz stärker gefördert werden als im restlichen Gerinneschutzwald (vgl. Anhang 7 von NaiS).

---

# Quellen

- BAFU (Hrsg.) 2019: Schwemmholz in Fließgewässern. Ein praxisorientiertes Forschungsprojekt. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1910. 100 S.
- Bezzola G. R., Hegg C. (Ed.) (2007): Ereignisanalyse Hochwasser 2005, Teil 1 – Prozesse, Schäden und erste Einordnung. Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Umwelt-Wissen Nr. 0707. 215 S.
- Bezzola G. R., Hegg C. (Ed.) (2008): Ereignisanalyse Hochwasser 2005, Teil 2 – Analyse von Prozessen, Massnahmen und Gefahrengrundlagen. Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Umwelt-Wissen Nr. 0825. 429 S.
- Covi, S. (2008): Nachhaltiger Schutzwald entlang von Fließgewässern. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 159 (7): 198–204.
- Frei, M., Frick, E., Ammann, M., Jörg, P., Lanker, S., Bigger, T. (2017): Beurteilung von Gerinneabhängungen. Fallbeispiel Schmitzenbach. Unveröffentlichter Schlussbericht zuhanden des BAFU. 134 S.
- Frick, E., Niederer, K., Zahner, F., Jörg, P., Amman, M., Lanker, S. (2018): Überarbeitung NaiS Fallbeispiele Murgang. Unveröffentlichter Schlussbericht zuhanden des BAFU. 134 S.
- Gasser, E., Perona, P., Dorren, L., Phillips, C., Hübl, J., Schwarz, M. (2020): A New Framework to Model Hydraulic Bank Erosion Considering the Effects of Roots. *Water* 2020, 12, 893; doi:10.3390/w12030893
- Gertsch, E., Lehmann, C., Spreafico, M. (2012): Methods for the Estimation of Erosion, Sediment Transport and Deposition in Steep Mountain Catchments. A contribution to the International Sediment Initiative of UNESCO/International Hydrological Programme. International Commission for the Hydrology of the Rhine Basin, Report No II-21. 69 P.
- Hunziker, G., Berger, C., Berwert-Lopes, J. (2019): Skript Modul WILDBÄCHE. Praxiskurs Gefahrenbeurteilung gravitative Naturgefahren. Fachleute Naturgefahren Schweiz FAN. V.0.1. 43 S.
- Ingenieure Bart AG (2016): Beurteilung von Gerinneabhängungen – Weiterentwicklung von NaiS. Fallbeispiel Fluppibach, Kanton St. Gallen. Unveröffentlichter Schlussbericht zuhanden des BAFU. 101 S.
- Lange, B., Lüscher, P., Germann, P., Bronstert, A. (2012): Baumwurzeln und Infiltration. *Forum für Wissen* 2012: 83–90.
- Lange, D., Bezzola G.R. (2006) : Schwemmholz. Probleme und Lösungsansätze. *Mitteilungen VAW*, 188, 135 p.
- Losey, S., Wehrli, A. (2013): Schutzwald in der Schweiz. Vom Projekt SilvaProtect-CH zum harmonisierten Schutzwald. Bundesamt für Umwelt, Bern. 29 S.
- Rickenmann, D. (1995): Beurteilung von Murgängen. *Schweizer Ingenieur und Architekt* 48: 1104–1108.
- Rickli, C., Bucher, H. (2006): Einfluss ufernaher Bestockung auf das Schwemmholzvorkommen in Wildbächen. Projektbericht vom 22.12.2006 zuhanden des BAFU. 94 S.
- Schwarz, M., Hilfiker, K., Dazio, E., Soldati, M. (2018). Was bringen Entlastungsschläge in rutschgefährdeten Hängen? *Wald und Holz*, 2/18: 16–19.
- Schwitter, R., Bucher, H. (2009): Hochwasser: Schützt der Wald oder verstärkt er die Schäden? *Wald und Holz*, 6/09: 31–34.

---

Spreafico, M., Lehmann, Ch., Naef, O. (1996): Empfehlung zur Abschätzung von Feststofffrachten in Wildbächen. Arbeitsgruppe für operationelle Hydrologie GHO, Mitteilung Nr. 4, Bern.

Wasser, B., Perren, B., Fehr, S. (2016): Weiterentwicklung NaiS – Beurteilung von Gerinneabhängigkeiten. Bericht zum Fallbeispiel «Rickebach», Kanton Luzern. Unveröffentlichter Schlussbericht zuhanden des BAFU. 48 S.

Tabelle 2:

Checkliste zur Herleitung waldbaulicher Massnahmen im Gerinneschutzwald. Je nach Ort der Eingriffsfläche (Zone 1 oder 2) und der lokalen Situation sind unterschiedliche Beurteilungsschritte und Leitfragen relevant bzw. weitere Aspekte wichtig.

Beurteilungsschritt	Ort	Mögliche Leitfragen	Grundlagen / Information
1 <b>Übergeordnete Bedeutung Einzugsgebiet</b> (relevant für Zonen 1 und 2)	Gesamtes Einzugsgebiet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Anforderungen stellen Naturschutz, Fischerei und weitere an das Gewässer?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kantonale Fachstellen</li> </ul> <b>NaiS-Kapitel 5.1, 5.3.1</b>
2 <b>Gewässereigenschaften und Naturgefahrensituation</b> (relevant für Zonen 1 und 2)  Analyse der Naturgefahrenprozesse, der Schwachstellen und der möglichen Prozessketten von der Eingriffsfläche bis zu den Schwachstellen	Einzugsgebiet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Naturgefahrenprozesse kommen im Gerinne vor (Murgang, Übersarung, Hochwasser)?</li> <li>• Wie gross ist der potentielle Hochwasserabfluss, das Schwemmholz- und Geschiebepotenzial?</li> <li>• Welche Transportkapazität für Geschiebe und Schwemmholz hat das Gerinne?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kantonale Fachstellen</li> <li>• Gefahrenkarten inkl. Berichte</li> <li>• Ereigniskataster</li> <li>• Diskussion mit Wasserbau</li> <li>• Lange &amp; Bezzola 2006</li> <li>• BAFU 2019</li> </ul> <b>NaiS-Kapitel 5.3.2, 5.3.4</b>
	Schwachstellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Naturgefahrenprozesse sind schadenrelevant (Murgang, Übersarung, Schwemmholz)?</li> <li>• Welches sind die schadenrelevanten Schwachstellen und welche Eigenschaften haben diese (Fliessquerschnitt, Brückenpfeiler usw.)?</li> <li>• Wie hoch ist das Verklauungsrisiko an den Schwachstellen?</li> <li>• Welche maximale Schwemmholzlänge kann bei den Schwachstellen toleriert werden?</li> <li>• Welches Schutzgut ist betroffen?</li> </ul>	
	Gewässer zwischen Eingriffsfläche und Schwachstellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Transportkapazität für Geschiebe und Schwemmholz hat das Gerinne von der Eingriffsfläche zu den Schwachstellen?</li> <li>• Existieren zwischen der Eingriffsfläche und den Schwachstellen Um- und Ablagerungsstrecken, so dass Holz / Geschiebe nicht weiter transportiert wird?</li> </ul>	
	Eingriffsfläche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Neigung und Breite hat das Gerinne?</li> <li>• Wie hoch liegt die Hochwasser- bzw. Murganglinie?</li> <li>• Wie erodiert das Gerinne bei einem Hochwasser bzw. Murgangereignis (Erodierbarkeit der Sohle, Tiefenerosion, Ufererosion)?</li> <li>• Welche Tiefe hat die Gleitschicht einer möglichen Uferutschung? Liegt diese im oder unterhalb des Hauptwurzelraums?</li> <li>• Welche Prozesse tragen Geschiebe und Schwemmholz in das Gewässer ein?</li> <li>• Kann Schwemmholz und Geschiebe von der Eingriffsfläche ins Gerinne gelangen und von da eine schadenrelevante Schwachstelle erreichen (Naturgefahrenprozesse, Transportkapazität, Umlagerungsstrecken usw.)?</li> </ul>	
3 <b>Wirkung von Bäumen in Zone 1</b>	Eingriffsfläche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie gut schützen Bäumen und Sträucher unterschiedlicher Dimensionen gegen Erosion, Uferutschungen und Unterspülung?</li> <li>• Wie gross ist die Gefahr, dass Bäume bei einem Ereignis durch Erosion, Unterspülung oder Uferutschungen in den Bach gelangen (Schwemmholzeintrag)?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BAFU 2019</li> <li>• Diskussion mit Wasserbau</li> </ul> <b>NaiS-Kapitel 5.3.3</b>

Beurteilungsschritt	Ort	Mögliche Leitfragen	Grundlagen / Information
<p>4 <b>Anforderungen, waldbauliche Ziele und Handlungsbedarf in Zone 1</b></p> <p>Definition waldbauliche Ziele, Beurteilung Waldzustand, Herleiten Handlungsbedarf, Beurteilung Verhältnismässigkeit</p>	Eingriffsfläche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Baumarten sind den Standortbedingungen angepasst und sollen gefördert werden?</li> <li>• Welche Anforderungen ergeben sich aufgrund der Naturgefahrensituation (Beurteilungsschritte 2 und 3)?</li> <li>• Welche Anforderungen werden an die Stabilität gestellt?</li> <li>• Wie soll mit liegendem Holz im Abflussbereich von Murgang und Hochwasser umgegangen werden (Entfernen, Asthaufen, Zusammensägen)?</li> <li>• Welche möglichen Probleme können durch Neophyten entstehen und wie können diese verhindert werden?</li> <li>• Wie soll der Zielbestand aussehen (unter Berücksichtigung der Beurteilungsschritte 1 bis 3)?</li> <li>• Wie wird der aktuelle Waldzustand beurteilt und wie verläuft die Entwicklung ohne Massnahmen?</li> <li>• Welche wirksamen und verhältnismässigen Massnahmen führen zum Zielbestand?</li> <li>• Besteht Handlungsbedarf?</li> <li>• Ist der geplante Eingriff verhältnismässig (unter Berücksichtigung der möglichen Prozesskette von der Eingriffsfläche bis zum Schutzgut, Beurteilungsschritt 2)?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskussion zwischen Wald- und Wasserbauverantwortlichen</li> <li>• Diskussion mit kantonalen Fachstellen für Naturschutz und Fischerei</li> <li>• NaiS Anhang 7 (liegendes Holz)</li> <li>• Lange &amp; Bezzola 2006</li> <li>• BAFU 2019</li> <li>• Kantonale Strategien zum Umgang mit Neophyten</li> </ul> <p><b>NaiS-Kapitel 5.3.5, 5.3.6, 5.5, Anhang 4</b></p>
<p>5 <b>Herleitung Handlungsbedarf in Zone 2</b></p>	Eingriffsfläche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie wird der Handlungsbedarf gemäss NaiS-Formular 2 beurteilt?</li> <li>• Ist der geplante Eingriff verhältnismässig (unter Berücksichtigung der möglichen Prozesskette von der Eingriffsfläche bis zum Schutzgut, Beurteilungsschritt 2)?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Homepage <a href="http://www.nais-form2.ch">www.nais-form2.ch</a></li> </ul> <p><b>NaiS-Kapitel 5.4, 5.5, Anhang 4</b></p>