

Strategien zur Geschiebebewirtschaftung im Zusammenhang mit dem Klimawandel

Bericht Nr. 1411 192.1



Zollikofen, 31. Juli 2015 / Sn

Bearbeitung: Th. Scheuner (GEOTEST AG)
S. Schwab (GEOTEST AG)
Dr. M. Bättig (econcept AG)
B. Wegmann (econcept AG)

Inhaltsverzeichnis	Seite
Zusammenfassung	5
1. Einleitung	7
1.1 Die Klimaänderung und ihr Einfluss auf den Geschiebehaushalt	7
1.2 Ziele und Adressaten der Studie	7
1.3 Pilotprogramm	8
1.4 Auswahl der Fallstudiengebiete	9
1.5 Projektablauf	9
1.6 Projektträger	10
2. Ausgangslage und Problemstellung	11
2.1 Klimawandel im Alpenraum	11
2.1.1 Beobachtete Klimaveränderung in der Schweiz	11
2.1.2 Klimaszenarien und erwartete Klimaveränderung in der Schweiz	11
2.1.3 Erwartete Klimaveränderung im Alpenraum	12
2.2 Geschiebebewirtschaftung	15
3. Methodik	17
3.1 Prospektive Geschiebeabschätzung	17
3.1.1 Grundlagenaufbereitung 2060	18
3.1.2 Bestimmung des Geschiebepotenzials 2060	20
3.1.3 Berechnung Geschiebetrieb / Murgangfrachten	20
3.2 Kontext- und Akteursanalyse	21
3.3 Workshop	22
4. Fallstudiengebiet Schwarze Lütchine / Oberer Grindelwaldgletscher (Kanton BE)	23
4.1 Naturräumliche Beschreibung	23
4.2 Geschiebesituation heute	23
4.3 Kontext- und Akteursanalyse	24
4.3.1 Kontextanalyse	24
4.3.2 Akteursanalyse	27
4.4 Geschiebeabschätzung unter Berücksichtigung des Klimawandels	30
4.5 Fazit zum Fallstudiengebiet Oberer Grindelwaldgletscher	33
5. Fallstudiengebiet Val Parghera, Domat/Ems (Kanton GR)	35
5.1 Naturräumliche Beschreibung	35
5.2 Geschiebesituation heute	35
5.3 Kontext- und Akteursanalyse	36

5.3.1 Kontextanalyse	36
5.3.2 Akteursanalyse	40
5.4 Geschiebeabschätzung unter Berücksichtigung des Klimawandels	43
5.5 Fazit zum Fallstudiengebiet Val Parghera	45
6. Fallstudiengebiet Alpbach, Erstfeld (Kanton UR)	46
6.1 Naturräumliche Beschreibung	46
6.2 Geschiebesituation heute	46
6.3 Kontext- und Akteursanalyse	47
6.3.1 Kontextanalyse	47
6.3.2 Akteursanalyse	49
6.4 Geschiebeabschätzung unter Berücksichtigung des Klimawandels	53
6.5 Fazit zum Fallstudiengebiet Alpbach	57
7. Lösungsansätze, Akteure und Rahmenbedingungen	59
7.1 Einleitung	59
7.2 Massnahmenblätter	59
7.3 Akteure	60
7.4 Rechtliche Rahmenbedingungen	63
8. Synthese	65
8.1 Erkenntnisse in Bezug auf Geschiebefrachten	65
8.2 Erkenntnisse in Bezug auf den Kontext und die Akteure	65
8.3 Erkenntnisse in Bezug auf die Lösungsansätze	66
8.4 Übertragbarkeit der Resultate auf andere Fallstudiengebiete	67
9. Bestandteile einer Strategie zur Geschiebebewirtschaftung	69
9.1 Einleitung	69
9.2 Ziele und Grundsätze	69
9.3 Massnahmen und Handlungsfelder	69
10. Schlussfolgerungen und Ausblick	71
Literatur	73

Impressum

Auftraggeber:	Bundesamt für Umwelt BAFU 3003 Bern
Begleitgruppe:	Adrian Schertenleib, Bundesamt für Umwelt, Abt. Gefahrenprävention Oliver Hitz, Tiefbauamt / Oberingenieurkreis I, Kt. BE Laura Rindlisbacher, Amt für Gemeinden und Raumordnung, Kt. BE Oliver Steiner, Amt für Wasser und Abfall, Kt. BE Reto Sauter, Kantonales Amt für Wald, Kt. BE Stefan Schweizer, Regionalkonferenz Oberland-Ost, Kt. BE Andreas Huwiler, Amt für Wald und Naturgefahren, Kt. GR Hansruedi Aebli, Amt für Natur und Umwelt, Kt. GR Christian Wüthrich, Amt für Umweltschutz, Kt. UR Paul Baumann, Amt für Tiefbau, Kt. UR Georges Eich, Amt für Raumentwicklung, Kt. UR Lukas Eggimann, Amt für Forst und Jagd, Kt. UR Lucius Dürr, Schweizerischer Versicherungsverband Martin Wüthrich, Schweizerischer Versicherungsverband
Projektleiter:	Thomas Scheuner, GEOTEST AG
Projektleiterin Stv.:	Dr. Michèle Bättig, econcept AG
Sachbearbeitung:	Isabelle Kull, GEOTEST AG Rachel Riner, GEOTEST AG Dr. Luzia Fischer, GEOTEST AG Barbara Wegmann, econcept AG Severin Schwab, GEOTEST AG

Ein Projekt im Rahmen des Pilotprogrammes zur Anpassung an den Klimawandel, gefördert durch das Bundesamt für Umwelt BAFU.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Bilder Titelseite:	Amt für Tiefbau, Kt. UR (links) Amt für Wald und Naturgefahren, Kt. GR (Mitte) Nils Hählen, Kt. BE (rechts)
--------------------	---

Version	Datum	Dateiname	Bearbeitung	Freigabe	Verteiler
1.0	31.07.2015	1411193.1_BE_Klimawandel_Geschiebebewirtschaftung_MASTER_END.docx	Scheuner, Wegmann	Schwab	Begleitgruppe

Zusammenfassung

In der Schweiz sind die Jahresdurchschnittstemperaturen in den letzten 150 Jahren um rund 1.8 °C angestiegen; je nach Emissionsszenario ist bis 2060 mit einem weiteren Anstieg um bis zu 4 °C zu rechnen. Gleichzeitig wird eine tendenzielle Zunahme von Starkniederschlägen erwartet. Die Schweiz ist aufgrund der ausgeprägten Topographie sowie den grossflächigen glazialen und periglazialen Gebieten besonders sensibel gegenüber solchen Veränderungen. Gletscherrückzug, Auftauprozesse in Permafrostgebieten sowie vermehrte Unwetterereignisse können zu Felsstürzen und zur Aktivierung von Rutschungen bzw. generell zu einer erhöhten Mobilisierung von Geschiebmassen führen, was in den Talböden zu vielfältigen Auswirkungen führt.

Im Rahmen des vorliegenden Projektes werden praxistaugliche Lösungskonzepte zur Geschiebemanagement im Rahmen eines sich ändernden Klimas erarbeitet, zusammen mit den drei nachstehenden Fallstudiengebieten:

- Schwarze Lutschine / Oberer Grindelwaldgletscher, Grindelwald BE
- Val Parghera, Domat/Ems GR
- Alpbach, Erstfeld UR

In einem ersten Schritt wurde das zu erwartende Geschiebeaufkommen unter Einfluss der Klimaerwärmung mit einer neu entwickelten Methodik (GHKperiGlazial) quantifiziert. Dabei zeigt sich, dass sich das potentiell mobilisierbare Geschiebe in allen drei untersuchten Fallstudiengebieten in Zukunft mit grosser Wahrscheinlichkeit erhöhen wird. Dadurch wird sich tendenziell auch die Geschiebeproblematik für die besiedelten Gebiete im Talboden verschärfen.

In einem zweiten Schritt wurden die relevanten Akteure identifiziert und in den Lösungsfindungsprozess miteinbezogen. Es wurden integrale Lösungskonzepte in den Kategorien „Organisation“, „Vermeiden“, „Verwerten“ und „Entsorgen“ erarbeitet, unter Berücksichtigung einer gesamtschweizerischen und Lithologie übergreifenden Anwendbarkeit. Dabei wurde ersichtlich, dass vertiefte Kenntnisse über die zu erwartenden Geschiebemengen sowie flexible Massnahmenkombinationen notwendig sind.

Schliesslich wurden im Rahmen der vorliegenden Studie verschiedene Bestandteile herausgearbeitet, die für eine **Strategie zur Geschiebemanagement unter Berücksichtigung der erwarteten Klimaänderung** zentral sind und die Bund, Kantone und Gemeinden auf der Ebene der strategischen Planung sowie bei der operativen Umsetzung von entsprechenden Massnahmen hilfreich sein können:

- **Gefahrenanalyse:** Eine Abschätzung der Naturgefahrenprozessräume und deren Prozessintensitäten (u.a. die Geschiebefrachten) unter Berücksichtigung des Klimawandels stellen für die Behörden eine ergänzende Planungsgrundlage zu den bereits bestehenden Gefahrenkarten dar und können bei der Planung von grossen Investitionen, der Projektierung und Priorisierung von Schutzmassnahmen als auch beim Monitoring bzw. der Früherkennung von kritischen Gefahrenquellen dienen.
- **Raumplanungskonzept:** Die prospektive Gefahrenanalyse ist raumplanerisch umzusetzen, beispielsweise in kantonalen oder regionalen Richt- und Sachplänen.
- **Massnahmen- und Interventionskonzepte:** Für Einzugsgebiete, in welchen die klimabedingten Risiken gemäss prospektiver Gefahrenanalyse mit hoher Wahrschein-

lichkeit zunehmen, sollen vorsorglich Massnahmenkonzepte erarbeitet werden, um im Ereignisfall vorbereitet zu sein. Dazu gehören die Überwachung von Gefahrenquellen, die vorkehrende Erarbeitung von Massnahmenkombinationen inklusive Interventionsplan, die Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen sowie die Identifikation und der Einbezug von involvierten Akteuren.

- **Kommunikation:** Ein Kommunikationskonzept soll die Bevölkerung und insbesondere die betroffenen Akteure über die Thematik der Geschiebebewirtschaftung unter Berücksichtigung der erwarteten Klimaänderung informieren und sensibilisieren.

1. Einleitung

1.1 Die Klimaänderung und ihr Einfluss auf den Geschiebehaushalt

In der Schweiz sind die Jahresdurchschnittstemperaturen im Zeitraum von 1864 (Messbeginn) bis zum Jahr 2013 um rund 1.8 °C angestiegen [6]. Im selben Beobachtungszeitraum kann beim Niederschlag nur im Winter eine signifikante Zunahme beobachtet werden (+21 %/100 Jahre). In den übrigen Jahreszeiten sind keine eindeutigen Trends zu mehr oder weniger Niederschlag erkennbar.

Die Auswirkungen eines sich verändernden Klimas sind insbesondere im Alpenraum voraussichtlich gross. Selbst bei einem moderaten Klimaszenario werden die Hochgebirgslandschaften aufgrund abschmelzender Gletscher sowie auftauendem Permafrost über Jahrhunderte hinaus durch starke Ungleichgewichte hinsichtlich Hangstabilität und Geschiebehaushalt geprägt sein [11]. Es ist daher von einem erheblichen Anstieg der Geschiebeverfügbarkeit in alpinen Einzugsgebieten auszugehen. Gleichzeitig ist wahrscheinlich mit einer Zunahme von Hochwasserereignissen zu rechnen [37]. Infolgedessen gehen wir davon aus, dass das zusätzlich verfügbare Geschiebe in Zukunft vermehrt in die Talböden transportiert wird. Bereits heute zeigt sich an diversen Standorten in der Schweiz, dass diese Geschiebeverlagerungen zu vielfältigen Problemen führen, wie beispielsweise erhöhte Hochwasser- und Murganggefahr, Seebildung oder Verlandung von Speicherseen.

Aus den genannten Problemen ergeben sich neue Gefährdungsbilder, die teilweise ausserhalb der historischen Erfahrung liegen. Sie sind deshalb eine grosse Herausforderung für die Planer von Infrastrukturen und Siedlungen. Die Bewirtschaftung, Deponierung und Weiterverwendung dieser zusätzlichen Geschiebemengen stellt hohe Ansprüche an die Raumplanung, an die Gefahrenabwehr bzw. den Hochwasserschutz, an die Wirtschaft sowie an die Renaturierungskonzepte von Bund und Kantonen.

1.2 Ziele und Adressaten der Studie

Oberziel

Das vorliegende Projekt hat zum Ziel, praxistaugliche Lösungskonzepte zur Geschiebebewirtschaftung im Rahmen eines sich ändernden Klimas zu erarbeiten. Die Lösungskonzepte sollen an konkreten Fallbeispielen erarbeitet und bewertet werden, wobei die Übertragbarkeit der Konzepte gesamtschweizerisch und in lithologisch unterschiedliche Gebiete sichergestellt werden soll.

Unterziele/Projektziele

Folgende Projektziele werden verfolgt:

- Der Einfluss der Klimaerwärmung auf das Geschiebeaufkommen kann in ausgewählten Gebieten quantifiziert werden.
- Die relevanten Akteure in den Fallstudiengebieten können identifiziert und in den Lösungsfindungsprozess einbezogen werden. Die Akteure sind sensibilisiert für die Problematik.

- Die verschiedenen Akteure entwickeln im Dialog integrale Lösungsstrategien unter Berücksichtigung der Grundsätze „Vermeiden, Verwerten und Entsorgen“.
- Die Lösungskonzepte sind gesamtschweizerisch und lithologieübergreifend anwendbar.

Der Fokus der vorliegenden Studie liegt auf Einzugsgebieten, in welchen die Geschiebelieferung aufgrund des Klimawandels voraussichtlich um relevante Grössenordnungen zunehmen wird und die mobilisierbaren Geschiebemengen ein im Vergleich zum heutigen Zustand erhebliches Ausmass annehmen werden. Daraus folgt, dass Gerinne mit einigen Hundert Kubikmetern Geschiebepotential nicht das primäre Untersuchungsobjekt der vorliegenden Studie darstellen, auch wenn die nachfolgend präsentierten Lösungskonzepte im Prinzip auf solche Einzugsgebiete angewendet werden können. Die Lösungskonzepte werden ausserdem nicht hinsichtlich Eignung und Wirkung für die Wasserkraft beurteilt, obwohl die Ansätze auch für die Geschiebemanagement bei Fluss- oder Speicherkraftwerken anwendbar sind.

Adressaten

Die Studie richtet sich primär an die mit der Geschiebemanagement betrauten kantonalen Fachstellen. Je nach Organisation betrifft dies die Fachstellen für Wasserbau, Raumplanung oder Natur und Umwelt. Die Studie und insbesondere die in Kapitel 9 enthaltenen Bestandteile sowie die Massnahmenblätter können den kantonalen Fachstellen als Hilfestellung zur Erarbeitung einer Strategie zur Geschiebemanagement unter Berücksichtigung der erwarteten Klimaänderung dienen. Zudem können die Massnahmenblätter von den kantonalen Fachstellen sowie spezialisierten Planungsbüros als Hilfsmittel für die Projektkommunikation mit Gemeindevertretern und der Bevölkerung verwendet werden.

1.3 Pilotprogramm

Wie einleitend erwähnt, wird sich das Klima in Zukunft weiter verändern und die Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels wird deshalb immer wichtiger. Das Pilotprogramm «Anpassung an den Klimawandel» soll beispielhafte, praxisorientierte Anpassungsprojekte in Kantonen, Regionen und Gemeinden umsetzen. Das Programm basiert auf der Strategie des Bundesrates zur Anpassung an den Klimawandel sowie auf Art. 8 des CO₂-Gesetzes (Koordination der Anpassungsmassnahmen).

Im Mittelpunkt stehen Themen, die mehrere Fachgebiete betreffen. Mit diesem sektorübergreifenden Ansatz will das Pilotprogramm gezielt komplexe Herausforderungen angehen, die sich nur in Zusammenarbeit verschiedener Akteure bewältigen lassen.

Das Programm verfolgt die folgenden Ziele:

- Beitrag zur Umsetzung der Anpassungsstrategie des Bundesrates in die Praxis
- Sensibilisierung von Kantonen, Regionen und Gemeinden für die Anpassung an den Klimawandel
- Anstoss und Umsetzung von innovativen, beispielhaften und sektorübergreifenden Pilotprojekten zur nachhaltigen Anpassung in Kantonen, Regionen und Gemeinden

- Reduktion der Klimarisiken, Nutzung der klimabedingten Chancen und Steigerung der Anpassungsfähigkeit in den Pilotgebieten
- Förderung der vertikalen (zwischen Bund, Kantonen und Gemeinden) und horizontalen (zwischen den betroffenen Fachgebieten) Zusammenarbeit bei der Anpassung
- Initiierung eines Austauschs zur Anpassung zwischen Kantonen, Regionen und Gemeinden

Das Pilotprogramm soll praktische Wirkungen und Erfahrungen auf Kantons-, Regions- und Gemeindeebene mit Erkenntnisgewinnen auf Bundesebene verbinden. Als Nutzen vor Ort werden ein gesteigertes Problembewusstsein, eine intensiviertere Zusammenarbeit zwischen den betroffenen Akteuren, konkrete Verbesserungen spezieller Problemsituationen, die Erschliessung neuer Potenziale und gemeinsame Lerneffekte erwartet.

1.4 Auswahl der Fallstudiengebiete

Die Fallstudiengebiete für das vorliegende Projekt wurden in Zusammenarbeit mit den Kantonen unter Berücksichtigung der folgenden Kriterien ausgewählt:

- Im Einzugsgebiet ist ein Systemwechsel in der Feststoffaufbereitung durch den Klimawandel zu erwarten.
- Der Systemwechsel im Einzugsgebiet hat bereits stattgefunden, kann aber in Zukunft vergleichbar auftreten (im selben oder anderen Einzugsgebieten).
- Anfallendes Geschiebe hat im Einzugsgebiet bereits zu einem Hochwasserschutzdefizit oder anderweitigen Problemen geführt.
- Die betroffenen Akteure sind sich der Problematik bewusst und haben unter Umständen bereits Konzepte erarbeitet.
- Potentielles, sektorübergreifendes Konfliktpotential (Hochwasserschutz, Ökologie, Stromgewinnung, etc.).

Aufgrund dieser Kriterien wurden folgende Fallstudiengebiete ausgewählt:

- Schwarze Lutschine bei Grindelwald BE
- Val Parghera bei Domat/Ems GR
- Alpbach bei Erstfeld UR

1.5 Projekttablauf

In einem **ersten Arbeitsschritt** wurde basierend auf bestehenden Unterlagen (Gefahrenkarten, Verbauungsprojekte, Ereigniskataster, regionale Klimastudien, Richtpläne, usw.) eine **Geschiebeabschätzung** für die drei Fallstudiengebiete unter Berücksichtigung des Klimawandels durchgeführt. Basierend auf den schweizerischen Klimaszenarien wurden regionale Szenarien definiert. Die prognostizierte Temperaturzunahme kann zu höheren Intensitäten bei gewittrigen Niederschlägen führen und einen entscheidenden Einfluss auf die Gletscher- ausdehnung und den Permafrost haben. Durch den Gletscherrückzug und das Auftauen des Permafrosts können neue Schuttdepots für Erosionsprozesse zugänglich werden. Unter Berücksichtigung dieser neuen, klimatischen Rahmenbedingungen wurden die für die Geschie-

bebewirtschaftung relevanten Massenbewegungsprozesse für das Zukunftsszenario 2060 modelliert. Dabei handelt es sich insbesondere um die für die vorliegende Fragestellung interessanten Rutsch-, Geschiebetrieb- und Murgangprozesse. Die Resultate der Geschiebeabschätzung dienen schliesslich als Grundlage für die Planung von Lösungskonzepten zur Geschiebebewirtschaftung der Zukunft.

In einem **zweiten Arbeitsschritt** wurden für die Fallstudiengebiete eine **Kontext- und Akteursanalyse** durchgeführt. Um ein Projekt effizient und erfolgreich umsetzen zu können, ist das Handeln der Vielzahl von Akteuren aufeinander abzustimmen. Ziel der Akteursanalyse war die Identifizierung der relevanten Akteure und deren Miteinbezug ins Projekt. Um die relevanten Akteure identifizieren zu können, wurde auch eine Kontextanalyse durchgeführt, in der die bisherigen Ereignisse und darauffolgenden Interventionen und Massnahmen betrachtet wurden.

In einem **dritten Arbeitsschritt** wurden die **Lösungskonzepte** erarbeitet und nach verschiedenen Kriterien beurteilt. Dazu wurde unter anderem ein Workshop mit ausgewählten Akteuren durchgeführt, in dessen Rahmen Lösungsansätze entwickelt bzw. diskutiert wurden. Zusätzlich wurden bei Bedarf mit betroffenen Akteuren resp. Experten/innen pro Fallstudienregion relevante Fragen zu ausgewählten Lösungskonzepten (z.B. zur Akzeptanz, zu Hürden und Hemmnissen, zu Chancen und Risiken) vertieft diskutiert und in die Beurteilung aufgenommen (Experten/innen-Gespräche).

Im **letzten Arbeitsschritt** wurde der vorliegende **praxisorientierte Synthesebericht** erstellt, in dem allgemein gültige Massnahmenblätter pro Lösungskonzept das Kernstück bilden. Damit soll die Übertragbarkeit der Konzepte auf andere, ähnlich gelagerte Einzugsgebiete sichergestellt werden.

1.6 Projektträger

Das Pilotprogramm des Bundes sieht vor, dass die jeweiligen Kantone bzw. Gemeinden, in denen das Projekt umgesetzt wird, möglichst aktiv in das Projekt eingebunden werden sollen. Durch den Austausch mit den relevanten Akteuren in verschiedenen Formen (vgl. Kapitel 3.2), konnte der aktive Einbezug sichergestellt werden. Besonders wichtig für das Gelingen des vorliegenden Projektes waren die inhaltliche Mitarbeit der Begleitgruppe sowie die finanzielle Unterstützung der folgenden Ämter und Institutionen:

- Bundesamt für Umwelt
- Schweizerischer Versicherungsverband
- Amt für Wald und Naturgefahren Kanton Graubünden
- Amt für Natur und Umwelt Kanton Graubünden
- Amt für Umweltschutz Kanton Uri
- Amt für Wald Kanton Bern
- Amt für Wasser und Abfall Kanton Bern
- Tiefbauamt / Obergeringenieurkreis I Kanton Bern
- Amt für Gemeinden und Raumordnung Kanton Bern

2. Ausgangslage und Problemstellung

2.1 Klimawandel im Alpenraum

2.1.1 Beobachtete Klimaveränderung in der Schweiz

Weltweite Messungen belegen, dass sich das Klima global wie regional verändert [7]. In der Schweiz konnte seit dem Beginn der Industrialisierung Mitte des 19. Jahrhunderts eine mittlere Temperaturzunahme von 1.8°C (Messperiode 1864 bis 2013) beobachtet werden [17]. Diese Erwärmung hat sich in den letzten 50 Jahren stark beschleunigt und ist rund 0.6°C höher als der durchschnittliche Anstieg der Temperatur auf der gesamten Landoberfläche der Nordhalbkugel, welcher 1.1°C beträgt.

Wissenschaftliche Modellstudien und Analysen zeigen, dass der beobachtete Anstieg der globalen Mitteltemperatur seit der Mitte des 20. Jahrhunderts mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit primär durch den menschengemachten Anstieg der Treibhausgase in der Atmosphäre verursacht wird [5].

Im Gegensatz zu der klaren Temperaturzunahme in der Vergangenheit, sind die beobachteten Niederschlagsentwicklungen statistisch nicht signifikant, weshalb klare Aussagen bezüglich der Niederschlagsänderung nur schwer möglich sind [17]. Grund dafür ist die grosse regionale, saisonale und jährliche Variabilität des Niederschlags.

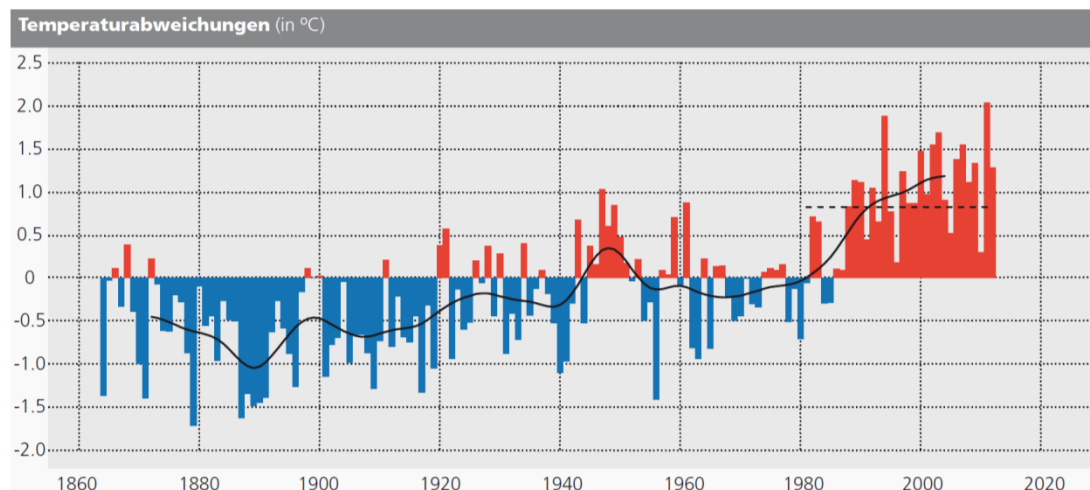


Abbildung 1: Langjähriger Verlauf der Jahresmitteltemperatur in der Schweiz seit 1864. Dargestellt in rot und blau ist die jährliche Abweichung der Temperatur von der mittleren Temperatur der Periode 1961 bis 1990. Die schwarze Kurve zeigt den geglätteten Verlauf und die gestrichelte Linie das Niveau der mittleren Temperatur von 1981 bis 2010 [5].

2.1.2 Klimaszenarien und erwartete Klimaveränderung in der Schweiz

Um Aussagen über die zukünftige Entwicklung des Klimas zu machen, bedarf es computerbasierter Klimamodelle. Für die Schweiz stammen die aktuellsten Zahlen von den Klimamodellierungen der CH2011-Initiative [24]. Wichtige Grundlagen für diese Modellierungen sind

die Emissionsszenarien, welche unterschiedliche zukünftige Entwicklungen der atmosphärischen Treibhausgaskonzentration aufzeigen, unter Berücksichtigung zukünftiger sozioökonomischer, politischer und technologischer Entwicklungen. Die CH2011-Initiative hat drei unterschiedliche globale Emissionsszenarien verwendet (siehe Abbildung 2). Die erwartete Veränderung der globalen Temperatur in Abhängigkeit der Emissionsszenarien ist in Abbildung 2 dargestellt.

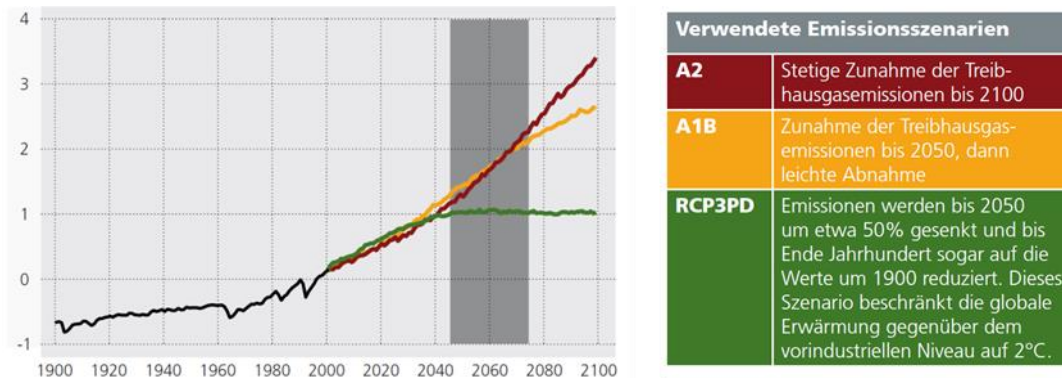


Abbildung 2: Veränderung der globalen Temperatur in Abhängigkeit der Emissionsszenarien. *Links:* Beobachtete und projizierte Abweichung der globalen Temperatur von der mittleren Temperatur der Periode 1981 bis 2010 in °C. *Rechts:* Szenarien der globalen Treibhausgasemissionen [5].

Basierend auf den globalen Emissionsszenarien und gestützt auf computerbasierte globale und regionale Klimamodelle wurde die zukünftige Temperatur- und Niederschlagsentwicklung in der Schweiz analysiert [24]. Die Resultate werden in den CH2011-Dokumentationen für die drei Emissionsszenarien gemäss Abbildung 2, drei Regionen (Nordost-, West-, Südschweiz) und drei Zeithorizonte (2035, 2060, 2085) dargestellt.

Für die Schweiz zeigen die Klimamodelle, dass bis 2060 mit einer im Sommer leicht stärkeren Erwärmung zu rechnen ist als im Winter. Zudem wird im Alpenraum und auf der Alpensüdseite eine stärkere Erwärmung erwartet als auf der Alpennordseite. Die zukünftige Entwicklung der Niederschläge in der Schweiz hingegen ist unsicher, d.h. es gibt keine klare Tendenz in Richtung Zu- oder Abnahme. Einzig für den Sommer ist in der ganzen Schweiz eine Abnahme der Niederschläge zu erwarten [24].

Im vorliegenden Projekt werden die Geschiebeabschätzungen, welche zukünftige Temperatur- und Niederschlagsentwicklungen berücksichtigen, basierend auf dem Emissionsszenario A1B des CH2011-Projektes vorgenommen.

2.1.3 Erwartete Klimaveränderung im Alpenraum

Die Grundlagen der CH2011-Studie wurden von MeteoSchweiz im Bericht «Klimaszenarien Schweiz – eine regionale Übersicht» [5] weiterentwickelt, um detailliertere Aussagen zur regionalen Klimaentwicklung bereitzustellen. Der Bericht beschreibt die erwartete Klimaänderung

bis ins Jahr 2060 für fünf Grossregionen¹ der Schweiz, darunter der Alpenraum, in welchem sich alle drei untersuchten Fallstudienregionen befinden. Im Bericht werden pro Grossregion die erwarteten Klimaänderungen für die drei beschriebenen Emissionsszenarien (vgl. Abbildung 2) angegeben. Um die zukünftig erwartete Klimaentwicklung im Alpenraum zu beschreiben, werden in den folgenden Abschnitten die Ergebnisse für die Grossregion «Alpen» gemäss dem erwähnten MeteoSchweiz-Bericht verwendet.

Erwartete Temperaturänderung

Die Temperatur ist im Alpenraum in den letzten 100 Jahren bereits um mehr als 1 °C angestiegen. Je nach Emissionsszenario ist bis 2060 ein weiterer Anstieg der Durchschnittstemperatur um rund 1 bis 3°C im Winter zu erwarten. Im Sommer dürfte die Erwärmung mehr als 0.5 °C stärker ausfallen, d.h. es muss mit einem Temperaturanstieg bis 3.8 °C gerechnet werden [5].

Die bisherige Beobachtung sowie die erwartete Veränderung der Temperatur bis 2060 in den Alpen sind in Abbildung 3 abgebildet.

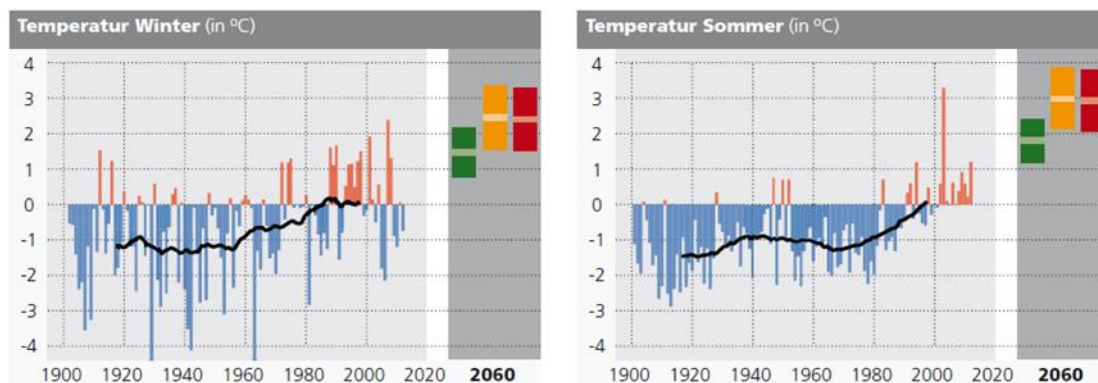


Abbildung 3: Bisher beobachtete sowie für 2060 projizierte Abweichung der Durchschnittstemperatur (in °C) gegenüber dem Mittel der Periode 1981-2010 für die Alpen (Projektion 2060 abhängig vom Emissionsszenario, vgl. Abbildung 2). *Schwarze Linie:* 30-jähriges laufendes Mittel. *Rote/blau Säulen:* Jahreswerte. Für 2060 werden jeweils die Bandbreiten der möglichen Änderungen sowie die mittlere Schätzung (hellere Balken) gezeigt [5].

Erwartete Niederschlagsänderung

Die beobachtete Niederschlagsentwicklung zeigt in den Alpen keine eindeutige Zu- oder Abnahme. Auch die erwarteten Niederschlagsänderungen sind in den Alpen sehr unsicher und meist klein. Nur im Sommer (Monate Juni, Juli, August) ist zukünftig mit einer Abnahme der Niederschläge um etwa 5-10 % zu rechnen [5].

Untenstehende Abbildung 4 zeigt die beobachtete Niederschlagsentwicklung in der Vergangenheit sowie die zukünftige Entwicklung in den Alpen.

¹ Grossregionen: Jura, Mittelland, Voralpen, Alpen, Alpensüdseite. Zusätzlich werden die grossen Agglomerationen zusammengefasst behandelt.

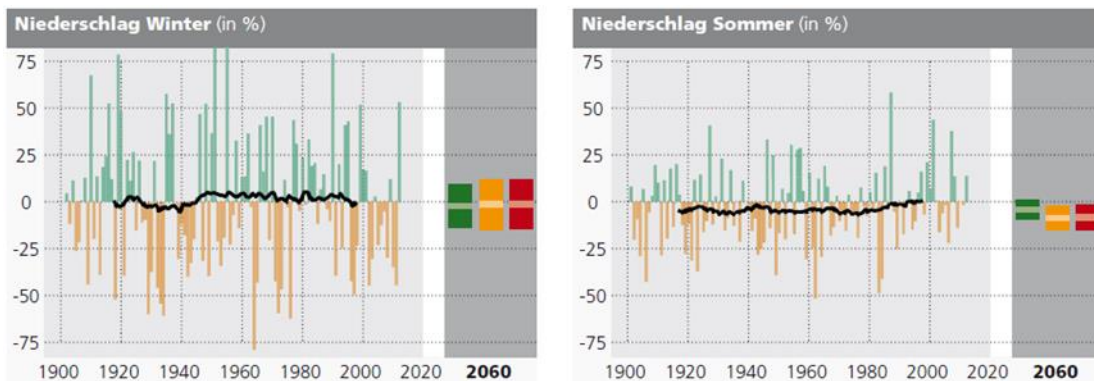


Abbildung 4: Bisher beobachtete sowie für 2060 projizierte Abweichung des Niederschlags (in %) gegenüber dem Mittel der Periode 1981-2010 in den Alpen (Projektion 2060 abhängig vom Emissionsszenario, vgl. Abbildung 2). *Schwarze Linie:* 30-jähriges laufendes Mittel. *Gelbe/grüne Säulen:* Jahreswerte. Für 2060 werden jeweils die Bandbreiten der möglichen Änderungen sowie die mittlere Schätzung (hellere Balken) gezeigt [5].

Erwartete Veränderungen weiterer Klimaindikatoren

Zusätzlich zur Temperatur- und Niederschlagsänderung können die erwarteten Veränderungen durch verschiedene Klimaindikatoren beschrieben werden. MeteoSchweiz [2] hat für den Alpenraum beispielhaft folgende Indikatoren ausgewählt und beschrieben, wie diese sich infolge des Klimawandels verändern werden:

- *Anzahl Sommertage pro Jahr.* Sommertage treten heute im Alpenraum über 1'500 m ü. M. kaum auf. In tiefer gelegenen Regionen, unter 800 m ü. M., zählt man heute ca. 40 Sommertage pro Jahr. Diese werden aufgrund des Klimawandels zukünftig um ca. 30 Tage zunehmen (gemäss A1B Szenario). In alpinen Regionen zwischen 800 und 1'500 m ü. M. rechnet man bis 2060 mit einer Verdoppelung bis Verdreifachung der Sommertage auf über 30 pro Jahr [5].
- *Anzahl Frosttage pro Jahr.* Die Zahl der Frosttage im Alpenraum ist stark höhenabhängig. Heute zählt man in den tiefsten Gebieten rund 90, in den Gipfeln über 280 Frosttage. Durch den Klimawandel ist bis 2060 mit einer Abnahme von 25 bis 50 Tagen zu rechnen; die stärkste Abnahme wird in den Gipfeln erwartet [5].
- *Länge der Vegetationsperiode:* Heute beträgt die Länge der Vegetationsperiode im Alpenraum in Regionen zwischen 1'500 und 2'500 m ü. M. gut 120 Tage und in Regionen, die unterhalb von 1'500 m ü. M. liegen, über 200 Tage. Durch die Klimaerwärmung rechnet man mit einer Verlängerung der Vegetationsperiode um etwa 40 bis 50 Tage (A1B Szenario). In Lagen oberhalb von 2'500 m ü. M. kann dies einer Verdoppelung oder mehr entsprechen [5].
- *Anzahl Tage mit Neuschnee pro Jahr.* In Regionen, die zwischen 800 und 1'500 m ü. M. liegen, gibt es heute an rund 40 Tagen Neuschnee. In Höhenlagen zwischen 1'500 und 2'500 m ü. M. sind es ca. 70 Tage, darüber rund 100 Tage. Die Anzahl Tage mit Neuschnee wird mit der Klimaerwärmung bis 2060 abnehmen. Man rechnet mit einer Reduktion von rund 10 Tagen in Tieflagen und von bis zu 20 Tagen in den Hochalpen [5].

Erwartete Veränderungen von Wetterextremen

Mit den Änderungen der mittleren Temperatur und der Niederschlagsverhältnisse ist auch eine Änderung der Wetterextreme zu erwarten. In Abbildung 5 ist eine Übersicht der möglichen zukünftigen Änderungen von verschiedenen Wetterextremen in der Schweiz im Laufe des 21. Jahrhunderts abgebildet. Das Verständnis für die erwarteten Veränderungen ist für einige Grössen hoch (z.B. für Hitze- und Kältewellen), während es für andere sehr gering ist (z.B. für starke Schneefälle). Hagel und Tornados sind sehr kleinräumig Prozesse, die in den heutigen Modellen nicht sinnvoll erfasst werden können; sie sind deshalb in Abbildung 5 nicht enthalten. Für gewisse Extreme gelten die Änderungen nur für bestimmte Jahreszeiten, was in der Grafik entsprechend vermerkt ist.

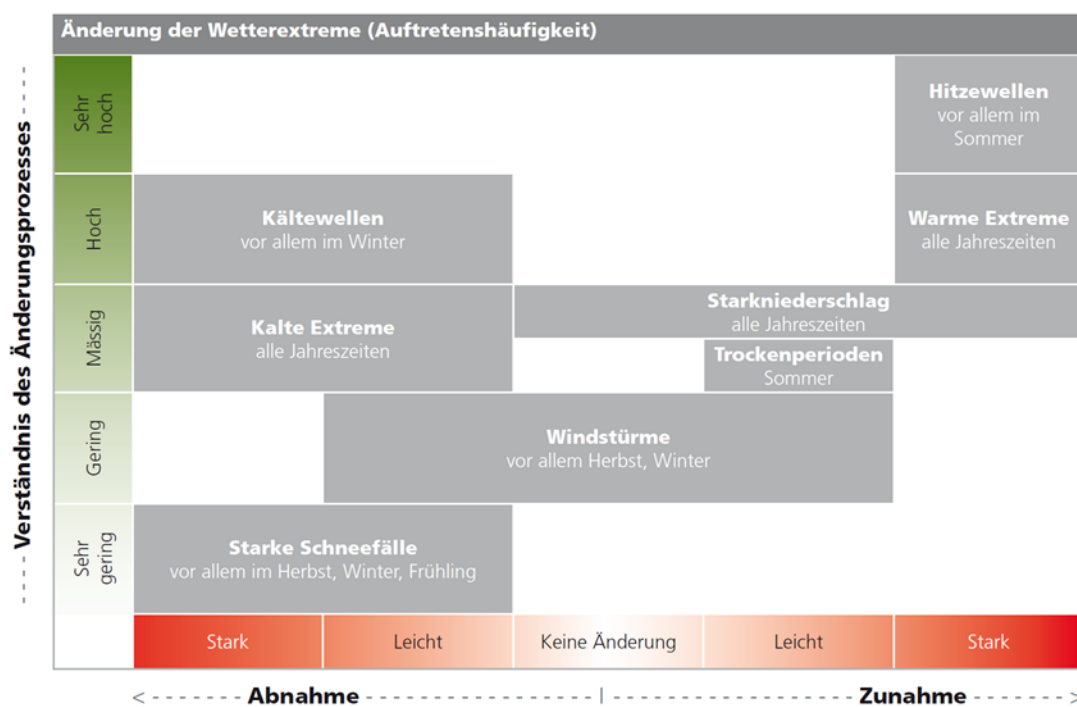


Abbildung 5: Erwartete Veränderung von Wetterextremen in der Schweiz im Laufe des 21. Jahrhunderts. Für jedes Extremereignis werden das Ausmass der erwarteten Zu- oder Abnahme und das Verständnis des Veränderungsprozesses angegeben. Die Grafik zeigt zudem, für welche Jahreszeit die Aussage gilt [5].

2.2 Geschiebemanagement

Unter Geschiebemanagement werden grundsätzlich alle Massnahmen zur unmittelbaren Steuerung des Geschiebehaushaltes verstanden. Dabei kann zwischen direkter und indirekter Geschiebemanagement unterschieden werden.

Die **direkte Geschiebemanagement** umfasst die folgenden Massnahmen:

- Geschiebeentnahmen (Material wird ausgebaggert und beispielsweise auf einer Deponie abgelagert)
- Geschiebeumlagerungen (ausgebaggertes Material wird andernorts wieder ins Gewässer eingebracht)

- Geschiebezugaben² (Material wird beispielsweise von einem Steinbruch oder von einem Fremdgewässer ins Gewässer eingebracht)

Die **indirekte Geschiebebewirtschaftung** erfolgt beispielsweise über die Reduktion des Geschiebeeintrages im Einzugsgebiet (Bach- und Hangverbau, Unterhalt, etc.) oder raumplanerische Massnahmen, indem Gebiete ausgeschieden werden, in welchen sich Geschiebe ab- oder umlagern darf.

Die Geschiebebewirtschaftung sollte sich nach den Grundsätzen des Umweltschutzgesetzes [45] „**Vermeiden, Verwerten, Entsorgen**“ richten. Dabei ist im Einzelfall zu beurteilen, welcher Grundsatz (oder welche Grundsatzkombination) aus ökologischer, technischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Sicht am optimalsten ist.

Die **heutige Geschiebebewirtschaftung** richtet sich meist an der momentanen Situation im Einzugsgebiet aus. Die mögliche Zunahme der Geschiebelieferung durch auftauenden Permafrost, Gletscherrückzug oder intensivere Niederschläge werden häufig nicht oder nur indirekt (z.B. über Sicherheitsfaktoren oder Überlastszenarien) in den Planungen berücksichtigt. Die heutigen Bewirtschaftungskonzepte beruhen daher vielfach auf vergleichsweise geringen Geschiebemengen.

Aufgrund des Klimawandels ist davon auszugehen, dass in Einzugsgebieten im Einflussbereich von Gletschern oder Permafrost die **zukünftige Geschiebebewirtschaftung** erheblich grössere Materialmengen berücksichtigen muss³. Die vorliegende Studie soll daher Geschiebebewirtschaftungskonzepte auf ihre Anwendbarkeit bei starker Zunahme der Geschiebefrachten bzw. bezüglich Eignung beim Umgang mit grossen Geschiebemengen prüfen.

² Da im Rahmen des Klimawandels tendenziell mit einem Geschiebeüberschuss in den Gewässern gerechnet werden muss, werden Geschiebezugaben in der vorliegenden Studie nicht untersucht.

³ Dies ist für jedes Einzugsgebiet einzeln abzuschätzen, beispielsweise mit der in Kapitel 3.1 beschriebenen Methodik.

3. Methodik

In der Folge wird beschrieben, welche Methoden zur Bearbeitung der ersten drei Arbeitsschritte Geschiebeabschätzung, Kontext- und Akteursanalyse und Lösungskonzepte (vgl. Kapitel 1.5) angewendet wurden.

3.1 Prospektive Geschiebeabschätzung

Im Rahmen der prospektiven Geschiebeabschätzung soll auf Hinweisstufe gezeigt werden, wie sich der Geschiebehaushalt in den Testgebieten bis 2060 entwickeln wird. Um die Bandbreite der Entwicklung aufzuzeigen, werden pro Gebiet verschiedene Wahrscheinlichkeitsszenarien (klein, mittel, gross) betrachtet. Der Untersuchungsmaßstab der Studie liegt bei 1:25'000.

Die Geschiebeverfügbarkeit steht am Ende einer komplexen Prozesskette, welcher in der vorliegenden Studie Rechnung getragen wird. So wird z.B. berücksichtigt, dass in den Gletscherrückzugsgebieten oder in Gebieten mit auftauendem Permafrost neue Schuttdepots für Erosionsprozesse zugänglich werden und Murgang- und Geschiebeprozesse zusätzlich speisen. Auch wird betrachtet, ob grosse Massenbewegungen (Fels-/Bergsturz, spontane Rutschungen) in den Gletscherrückzugsgebieten infolge Hangentlastung oder Reaktivierungen von Rutschungen möglich sind und neue, heute noch nicht bekannte, geschieberelevante Prozessketten auslösen können.

Das nachfolgende beschriebene Vorgehen stützt sich auf der Methodik der GHKperiGlazial-Studie⁴ ab [1].

Vorgehen

Das Vorgehen der prospektiven Geschiebeabschätzung für das Jahr 2060 ist in **Abbildung 6** skizziert und gliedert sich wie folgt:

1. **Grundlagenaufbereitung:** Aufbereitung der Klimaszenarien für die regionalen Untersuchungsgebiete, Ausscheiden der zu erwartenden Gletscher- und Permafrostflächen sowie die Herleitung der Topographie in den eisfrei werdenden Gebieten.
2. **Abschätzung Geschiebepotenzial:** Auf Basis der erarbeiteten Grundlagen wird das Geschiebepotenzial 2060 abgeschätzt, wobei zusätzlich die Geschiebelieferungen aus primären Gefahrenprozessen (grosse Rutsch- und Sturzprozesse, Murgänge, Geschiebetransport) berücksichtigt werden. Sekundäre Folgeprozesse (z.B. Flutwellen infolge eines Eissturzes in stehende Gewässer) werden in der vorliegenden Studie nicht untersucht.
3. **Berechnung Geschiebetransport:** Für die Gefahrenprozesse Murgang und Geschiebetrieb wird schliesslich der maximal zu erwartende Geschiebetransport berechnet.

⁴ Die Methodik GHKperiGlazial wurde im Auftrag des Kantons Bern sowie des BAFU durch die ARGE GEOTEST/geo7 erarbeitet [1] und hat das Ziel, über grosse Gebiete (z.B. Berner Oberland) Einzugsgebiete zu detektieren, welche infolge der Klimaveränderung einen Systemwechsel erfahren werden und das Ausmass dieser Veränderungen aufzuzeigen.

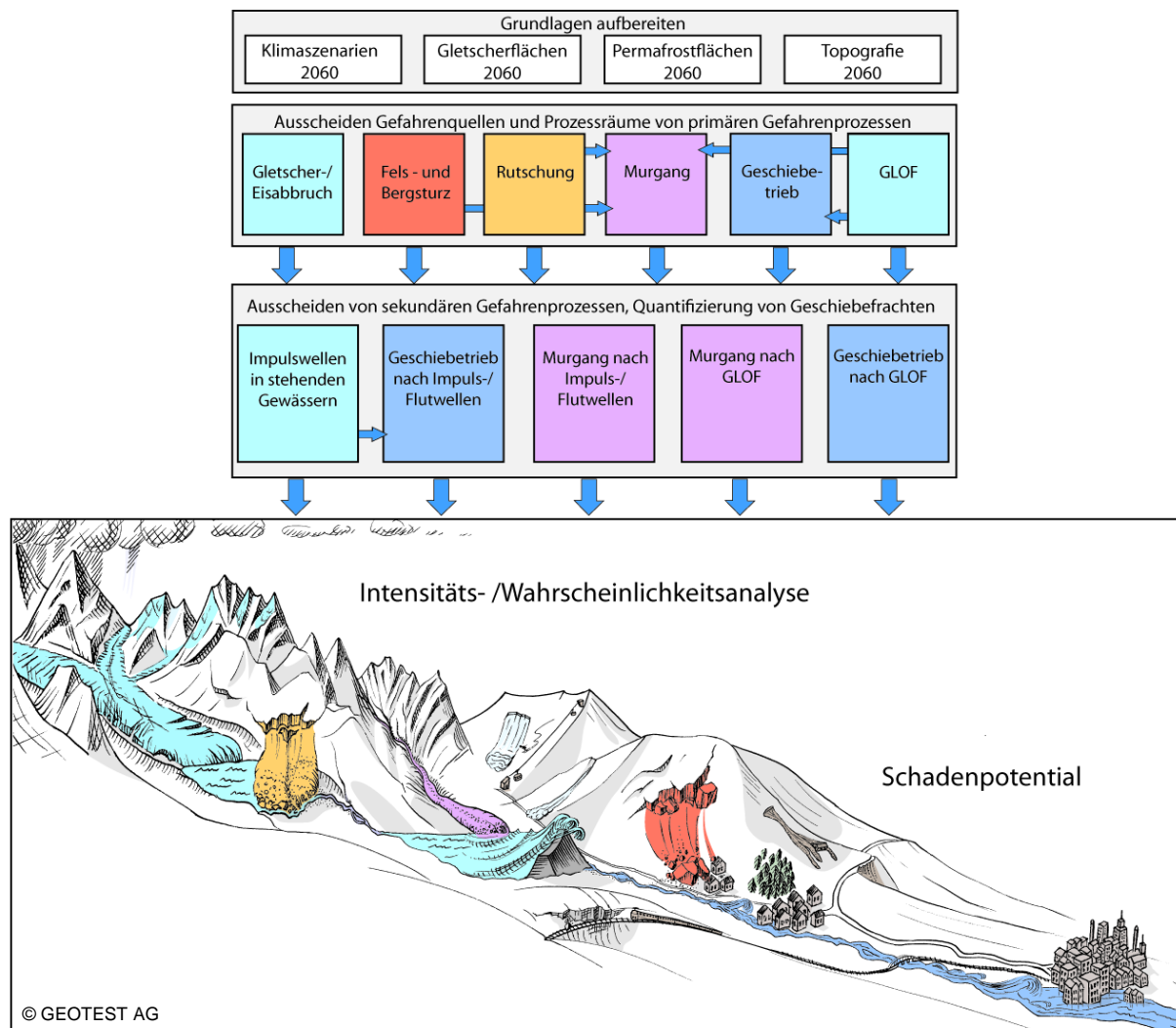


Abbildung 6: Verschiedene primäre und sekundäre Naturgefahrenprozesse welche durch den Klimawandel im alpinen Raum verstärkt werden können. Die Figur zeigt die generelle Verknüpfung der einzelnen Prozesse (GLOF = Glacier Lake Outburst Flood / Gletscherseeausbruch). In der vorliegenden Studie wurden die sekundären Gefahrenprozesse nicht beurteilt [1].

3.1.1 Grundlagenaufbereitung 2060

Für die vorliegende Studie wurden folgende Grundlagen gemäss der Methodik GHKperiGlazial aufbereitet und verwendet:

- Klimaszenarien 2060
- Gletscherflächen 2060 / Schuttpotenzial im Gletscherrückzug
- Permafrostverbreitung /-veränderung 2060
- Geologie
- Topographie 2060

Klimaszenarien 2060

Für die vorliegende Studie wurden die im Rahmen der GHKperiGlazial erarbeiteten Klima-, Temperatur- und Niederschlagsszenarien verwendet (siehe auch Kapitel 2.1). Wo vorhanden (z.B. Kanton Graubünden [22]) wurden weitere Grundlagen zur Klimaveränderung konsultiert.

Gletscherflächen 2060

Die klimatischen Veränderungen haben einen entscheidenden Einfluss auf die Gletscherausdehnung. Durch den Gletscherrückzug werden einerseits neue Schuttdeposits für Erosionsprozesse zugänglich, welche als zusätzlicher Geschiebeinput in die weiterführenden Prozessbetrachtungen massgeblich einfließen. Andererseits steht die Hangentlastung am Beginn der Prozesskette von grossen Massenbewegungen (Fels- und Bergstürze). Die künftige Ausdehnung von Gletschergebieten sowie das Schuttpotenzial innerhalb des Gletscherrückzuges wurden dazu modelliert [15], [43].

Permafrostverbreitung/-veränderung bis 2060

In Permafrostgebieten bewirkt der Klimawandel in den nächsten 50 Jahren ein allmähliches Verschwinden der Flächen mit ständig gefrorenen Böden. In Gebieten mit vorhandenem Permafrost (vgl. APIM-Datensatz [19] und Permafrostverbreitungskarte [39]) wirkt sich der Einfluss des Klimawandels ähnlich wie bei den Gletschern aus. Heute führt die stabilisierende Wirkung von Permafrost zu einer verringerten Erosion, womit Permafrostkörper auf Dauer als eine Art Schuttfallen dienen. Die Folge der generellen Erwärmung ist ein verstärkter Permafrostschwund, der seinerseits dazu führen kann, dass die vorher gefrorenen Materialspeicher u. U. sehr leicht mobilisierbar werden. Die Prognose der Permafrostentwicklung wurde basierend auf aktuellen wissenschaftlichen Publikationen vorgenommen ([26], [36]).

Geologie

Die Charakteristik der anstehenden Festgesteine, deren Verwitterungsprodukte sowie die quartäre Überdeckung bildeten eine wichtige Grundlage für die Abschätzung der Geschiebeverfügbarkeit. Die unterschiedlichen Lithologien wurden dazu bezüglich Korngrösse, Durchlässigkeit und Erodierbarkeit beurteilt. Daraus wurden die notwendigen geotechnischen Parameter abgeleitet. Als Datenbasis wurden die von der Swisstopo erarbeiteten GeoCover-Datensätze verwendet.

Topographie 2060

Im Bereich der Gletscherrückzugsgebiete verändert sich infolge des Rückzuges die Topographie. Für das Testgebiet „Grindelwald“ wurde die Topographie 2060 im Rahmen der GHKperiGlazial-Studie bereits berechnet. Für das Testgebiet „Erstfeld“ wurde aufgrund der heute geringen Gletscherausdehnung auf eine Terrainmodellierung verzichtet. Beim „Val Parghera“ erübrigt sich aufgrund des fehlenden Gletschers eine Neuberechnung der Topographie.

3.1.2 Bestimmung des Geschiebepotenzials 2060

Die Berechnung des Geschiebepotenzials 2060 war in zwei Schritte gegliedert. Als erstes wurde das Geschiebepotenzial der neu zugänglichen Sedimentdepots im auftauenden Permafrost sowie in den Gletscherrückzugsgebieten basierend auf den erarbeiteten Grundlagen (vgl. Kapitel 3.1.1) definiert. In einem weiteren Schritt wurde der Geschiebeeintrag aus grossen Massenbewegungsprozessen (z.B. permanente Rutschungen, spontane Rutschungen, Felsstürze) abgeschätzt. Die Detektion der Prozessquellen grosser Massenbewegungen, deren Ausbreitung sowie dem daraus resultierenden Geschiebepotenzial erfolgte gemäss der Methodik GHKperiGlazial [1]. Wo möglich, werden die Szenarien aufgrund bestehender Studien (z.B. LLE [23], Gefahrenanalyse, Detailkartierungen, etc.) oder weiteren Informationen ergänzt und präzisiert.

3.1.3 Berechnung Geschiebetrieb / Murgangfrachten

Gemäss Absprache mit dem Auftraggeber wurde für die Testgebiete „Grindelwald“ und „Erstfeld“ der zu erwartende Geschiebetrieb untersucht. Im „Val Parghera“ waren die maximalen Murgangfrachten von Interesse. Die Prozessräume wurden für die vorliegenden Testgebiete explizit nicht modelliert. Für die betrachteten Prozesse wurden zwei bis drei verschiedene Wahrscheinlichkeiten (gross, mittel, klein) berechnet.

Berechnung Geschiebetrieb

Im Rahmen der prospektiven Abschätzung des Geschiebetriebes wurden die Geschiebefracht und das Geschiebepotenzial berechnet und einander gegenübergestellt. Damit konnten Geschiebeablagerungsstellen sowie die Geschiebefrachten an kritischen Gerinneabschnitten bestimmt werden. Für die Berechnung der Geschiebefracht wurde von einem HQ300 ausgegangen.

Abschätzung maximale Murgangfracht

Basierend auf dem definierten Geschiebepotenzial 2060 sowie den Niederschlagsszenarien 2060 wurden die maximalen Murgangfrachten abgeschätzt. Dabei wurden für die verschiedenen Wahrscheinlichkeiten maximale Erosionsleistungen verwendet, welche unterschiedlichen Auslösebedingungen (Gewitter, langandauernder Niederschlag, Schneeschmelze, etc.) entsprechen. Für die Abschätzung der maximalen Erosionsleistung wurden auch die Geologie, die Topographie (Pauschalgefälle), Rutsch- und Sturzprozesse sowie der Zustand bzw. die Beanspruchung des Gesteins berücksichtigt.

3.2 Kontext- und Akteursanalyse

Je Fallstudiengebiet wurde eine Kontext- und Akteursanalyse durchgeführt.

Zielsetzung

Eine Akteursanalyse hat die Identifizierung aller relevanten Akteure und die Bestimmung von deren Einbezug ins Projekt zum Ziel. Dadurch leistet sie einen Beitrag, um ein Projekt effizient und erfolgreich umsetzen zu können.

Um eine Akteursanalyse durchführen zu können, ist auch die Analyse des Kontextes wichtig und hilfreich. Interessensvertreter/innen agieren unter Rahmenbedingungen, welche sich durch den historischen, rechtlichen und politischen/sozialen Kontext definieren. Der historische Kontext beleuchtet insbesondere jene Ereignisse in den Fallstudiengebieten, welche die Akteure dazu bewegten, Lösungsmassnahmen zur Geschiebemanagement zu erarbeiten. Der rechtliche Kontext beschreibt die spezifischen gesetzlichen Grundlagen, welche im jeweiligen Fallstudiengebiet bei der Lösungsfindung berücksichtigt werden müssen. Der politische/soziale Kontext zeigt die Verantwortlichkeiten bezüglich der Geschiebemanagement auf sowie die Kommunikation und den bisherigen Miteinbezug von Akteuren.

Vorgehen

Ausgehend von den vorhandenen schriftlichen Grundlagen, wurden die ersten Informationen zum historischen, rechtlichen und politischen/sozialen Kontext zusammengetragen. Gleichzeitig konnten durch diese Arbeit die ersten Akteure identifiziert werden. Dies waren die Mitglieder der Begleitgruppe, bestehend aus verschiedenen Akteuren der drei Fallstudiengebiete. Die Begleitgruppe war während des gesamten Projekts in regelmässigem Austausch mit dem Projektteam und hat durch ihre Inputs und Rückmeldungen zum Projekt beigetragen.

Aufgrund der Ausgangslage in den drei Fallstudiengebieten wurde nach Absprache mit der Begleitgruppe entschieden, keine «klassische Akteursanalyse» mit einer Klassifizierung der Akteure nach Einfluss und Betroffenheit durchzuführen. Grund dafür war, dass in zwei Fallstudiengebieten bereits ein Konzept zur Geschiebemanagement bestand, was einzig eine rückblickende Analyse zugelassen hätte. Im dritten Fallstudiengebiet hingegen war noch nicht klar, welche Lösungsoptionen bestehen, weshalb der Einfluss, bzw. die Betroffenheit der Akteure noch nicht eindeutig war.

Aus diesem Grund wurde nach der Identifizierung der Akteure, basierend auf der Kontextanalyse und in Austausch mit der Begleitgruppe, entschieden, wer in welcher Form weiter in das Projekt miteinbezogen werden soll. Dazu bestand einerseits die Möglichkeit, die Begleitgruppe zu vergrössern. Eine weitere Möglichkeit des Einbezugs war das Durchführen von Interviews. Da diese auch zur Ergänzung der Kontextanalyse dienen sollten, wurden dazu Akteure mit einer möglichst guten Gesamtschau ausgewählt. Eine dritte Option, um Akteure weiter in das Projekt einzubeziehen, war die Einladung an den Workshop im Oktober 2014, zur Erarbeitung und Beurteilung von Lösungskonzepten zur Geschiebemanagement. Eine letzte Option bestand darin, die Akteure mittels Zeitungsartikel über das Projekt zu informieren.

3.3 Workshop

Zur Erarbeitung und Diskussion möglicher Lösungskonzepte, wurde im Rahmen der vorliegenden Studie ein Workshop mit betroffenen Akteuren durchgeführt.

Ziele

Ein Workshop bietet die Möglichkeit, eine Thematik mit ausgewählten Teilnehmenden intensiv zu bearbeiten. Um eine solche Bearbeitung zielführend zu gestalten, bedarf es einer Moderation. Diese soll die aktive Mitarbeit aller Beteiligten fördern und die Dokumentation der Resultate sicherstellen.

Um die geeignete Methode zur Durchführung eines Workshops festzulegen, muss in einem ersten Schritt das Ziel definiert werden. Weiter muss auch berücksichtigt werden, wer das Zielpublikum bzw. die Teilnehmenden des Workshops sind und wie gross die Gruppe ist.

Vorgehen

Nachdem die prospektiven Geschiebeabschätzungen sowie die Kontext- und Akteursanalysen in den drei Fallstudiengebieten abgeschlossen waren, wurden erste Lösungsansätze zur Geschiebebewirtschaftung erarbeitet. Dazu wurde pro Lösungsansatz ein Massnahmenblatt erstellt. In der Folge wurde ein Workshop geplant, dessen Ziel es war, die vorhandenen Lösungsansätze zur Geschiebebewirtschaftung zu diskutieren, alternative Ansätze zu erarbeiten und die bestehenden zu ergänzen. Dazu sollte ein fachlicher Austausch zwischen den betroffenen Akteuren, kantonalen Ämtern und Verbänden stattfinden. Eingeladen wurden eine Gruppe von rund 30 Akteuren, abgestützt auf den Ergebnissen der Akteursanalyse.

In einer ersten Diskussionsrunde in drei Gruppen stand die Frage nach den Vor- und Nachteilen der einzelnen Lösungsansätze aus fachlicher Sicht (aus den Perspektiven Umweltaspekte, Planung und weitere Interessen) im Fokus. Zudem wurden die Teilnehmenden aufgefordert, weitere mögliche Lösungsansätze zu nennen.

Eine zweite Diskussionsrunde fand im Rahmen der drei Fallstudiengruppen statt. Hier stand die Frage nach den Herausforderungen, welche in den Fallstudiengebieten bei der Planung und Umsetzung der Massnahmen als besonders relevant oder unvorhergesehen erachtet wurden, im Zentrum. Ziel der Diskussion war es, die Erfahrungen aus den Fallstudiengebieten aufzunehmen. In der Nachbearbeitung sollten die Ergebnisse insofern verallgemeinert werden, als dass Sie als Hinweise zu möglichen Herausforderungen auch auf andere Fallstudien übertragbar sind.

Zusätzlich wurde im Rahmen der zweiten Gruppendiskussion eine Beurteilung jener Lösungsansätze vorgenommen, welche im Fallstudiengebiet geplant oder bereits umgesetzt wurden. Die Beurteilung erfolgte anhand von drei Kriterien: Risikoreduktion, negative Auswirkungen auf Natur/Umwelt und Konfliktpotenzial.

Zum Schluss wurden die Ergebnisse aus den Gruppendiskussionen im Plenum kurz präsentiert.

4. Fallstudiengebiet Schwarze Lüttschine / Oberer Grindelwaldgletscher (Kanton BE)

4.1 Naturräumliche Beschreibung

Das Einzugsgebiet der Schwarzen Lüttschine bis zum Zusammenfluss mit der Weissen Lüttschine bei Mättenberg ist hauptsächlich durch den Oberen Grindelwaldgletscher sowie die Rutschgebiete Milibach und Ufem Brand geprägt. Im oberen Einzugsgebiet sind Innertkirchner Granite bis Granitgneise anstehend sowie Malmkalke und lokal die Schichtabfolgen des Doggers, Trias und Perm aufgeschlossen. Die Festgesteine sind kaum mit Schutt bedeckt. Im Gebiet des Wächselgletschers sowie im Gletscherbett des Oberen Grindelwaldgletschers liegen erhebliche Lockermaterialdepots. Permafrost ist nahezu im gesamten oberen Einzugsgebiet vorhanden. Die Gletscherzunge des Oberen Grindelwaldgletschers reicht zurzeit bis zur engen Gletscherschlucht, hat sich aber in den letzten Jahren allmählich vom hochgelegenen Firnbecken getrennt. Somit ist zu erwarten, dass das in der Schlucht liegende Eis in den nächsten Jahrzehnten vollständig abschmelzen wird.

Zwischen Gletschersand und Mättenberg durchfliesst die Schwarze Lüttschine die permanenten Rutschungen Milibach und Ufem Brand. Die tiefgründige Verwitterung der im Untergrund anstehenden, rutschanfälligen Alénienschiefer sowie der Wasserhaushalt sind entscheidend für deren hohe Rutschdisposition bzw. deren langsame Kriechbewegung. In den übersteilten Fronten der beiden Rutschungen sind zahlreiche aktive Rutschpakete vorhanden, welche durch die Erosionswirkung der Lüttschine immer wieder reaktiviert werden. Die Rutschaktivität entlang der Böschungen hat gemäss Angaben von Anwohnern seit dem Unwetterereignis im Jahr 2005 durch die starke Eintiefung der Lüttschine in den Untergrund zugenommen. Seit einiger Zeit verursachen Wasserausbrüche aus dem Oberen Grindelwaldgletscher verbunden mit sehr starkem Geschiebetrieb grosse Probleme im Abschnitt Mättenberg.

Im Fallstudiengebiet bestehen zahlreiche Naturschutzgebiete, so unter anderem ein Gebiet, das im Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) aufgenommen ist, weiter ein Auengebiet von nationaler Bedeutung („In Erlen“) sowie nationale ökologische Netzwerke REN (Feuchtgebiet, Fließgewässer und Wald). Bei Griit besteht eine Kiesentnahme an der Weissen Lüttschine mit Bewilligung gemäss regionalem Abbauplan.

4.2 Geschiebesituation heute

In Gefahrenkarte Lüttschine [14] wurde das Geschiebepotential nicht abgeschätzt. Es wurde lediglich die Geschiebetransportkapazität berechnet, um damit abzuschätzen, ob entlang der Lüttschine eher Auflandungs- oder Erosionstendenzen zu erwarten sind. Bei Mättenberg (Kote 971) besteht beispielsweise bei einem 100-jährlichen Hochwasserereignis ($HQ_{100} = 34 \text{ m}^3/\text{s}$) eine Transportkapazität von rund $2'850 \text{ m}^3$. Beim Bahnhof Grund bricht diese aufgrund der Gefällsabnahme auf rund $1'500 \text{ m}^3$ zusammen, wodurch Auflandungen zu erwarten sind.

In der Gefahrenkarte Grindelwald aus dem Jahr 2005 [41] (die überarbeitete Gefahrenkarte Grindelwald aus dem Jahr 2013 enthält keine Angaben zur Lüttschine) wurde ein mobilisierbares Geschiebepotential im Einzugsgebiet der Schwarzen Lüttschine bis Griit (inkl. Seitenbäche) von bis zu $36'000 \text{ m}^3$ für ein 300-jährliches Hochwasserereignis abgeschätzt. Aufgrund

der Gefällsreduktion im Bereich der Mättenbergbrücke wird in der Gefahrenkarte allerdings bereits bei 30-jährlichen Ereignissen mit Auflandungen und Ausuferungen gerechnet.

Die lokale, lösungsorientierte Ereignisanalyse (LLE) zu den Wasserausbrüchen am Oberen Grindelwaldgletscher [23] untersuchte die Flutwellenaktivität im Jahr 2011. Die Studie zeigte, dass die zahlreichen Flutwellen über 100'000 m³ Geschiebe in den Talboden von Grindelwald verfrachteten. Zudem wurden anhand verschiedener Szenarien die zu erwartenden Geschiebefrachten für die kommenden Jahre (allerdings ohne Einbezug des Klimawandels) abgeschätzt. Die Ablagerungen zwischen Gletschersand und Mättenberg variieren dabei je nach Szenario zwischen wenigen Tausend und einigen Zehntausend Kubikmeter Geschiebe.

4.3 Kontext- und Akteursanalyse

4.3.1 Kontextanalyse

Hergang der Ereignisse ab 2009

Im Jahr 2009 kam es am Oberen Grindelwaldgletscher aufgrund der warmen Witterung und entsprechendem Anfallen von Schmelzwasser zu einem Wasserausbruch, der zu einer Flutwelle in der Schwarzen Lütschine führte. Im Sommer und Herbst 2011 war die Flutwellenaktivität aufgrund von Wasserausbrüchen besonders ausgeprägt, wodurch über 100'000 m³ Geschiebe in den Talboden von Grindelwald verfrachtet wurden. Dabei traten Flutwellen meist unabhängig von Niederschlägen im Einzugsgebiet des Oberen Grindelwaldgletschers auf.

In Zukunft muss mit weiteren Wasserausbrüchen des Oberen Grindelwaldgletschers sowie mit grossem Geschiebeaufkommen gerechnet werden. Hinzu kommt, dass durch den Gletscherrückzug bis 2060 die Entwicklung eines Sees erwartet wird, was mit dem Risiko eines Gletschersee-Ausbruchs verbunden ist.

Bisherige Massnahmen zur Geschiebebewirtschaftung

Als Sofortmassnahme wurden nach den Ereignissen 2011 entlang der Schwarzen Lütschine, insbesondere entlang des Campingplatzes Gletscherdorf, seitliche Schutzdämme gebaut und eine Zwischendeponie für das Geschiebe auf dem nahen Landwirtschaftsland erstellt. Dazu war der Abbruch eines alten landwirtschaftlich genutzten Gebäudes notwendig. Die Sofortmassnahmen wurden im Rahmen des kantonalen Notrechts umgesetzt.

Im Nachgang an die Ereignisse wurden zwei Varianten zur Geschiebebewirtschaftung diskutiert: Die Variante «Aufweitung», bei der eine Verbreiterung des Bachbetts vorgesehen war und die Variante «Sammler», bei der ein Geschiebesammler geplant war, der eine durch den Wasserausbruch beim Gletscher hervorgerufene Flutwelle gedämpft hätte.

Nach Beurteilung und Planung einer Geschiebebewirtschaftungsstrategie für die Schwarze und Weisse Lütschine (Grindelwald) entschied sich die Schwellenkorporation Grindelwald gemeinsam mit dem Tiefbauamt des Kantons gegen diese beiden präventiven Massnahmen bei der Schwarzen Lütschine, da das Auflandungs- und Aufweitungspotenzial im Verhältnis zur Weissen Lütschine relativ gering sei. Hingegen soll das Gerinne der Weissen Lütschine

(Grindelwald) aufgeweitet werden⁵. Würde man das Gerinne der Schwarzen Lütschine ebenfalls aufweiten, könnte dies aufgrund der grösseren Wassermassen beim Zusammenfluss der beiden Gerinne zu Rückstau führen.

Die Variante Sammler war als ergänzende Massnahme vorgesehen: Geplant war ein Geschiebesammler oberhalb der Brücke beim Campingplatz, da die Brücke ein zu geringes Durchflussprofil aufwies. Durch Strassenanpassungen und Geländemodellierungen konnte man die Durchlässigkeit für das Geschiebe jedoch sicherstellen.

Stand 2014

Heute (2014) stehen bei der Schwarzen Lütschine keine permanenten baulichen Massnahmen im Vordergrund. Stattdessen rüstet man sich für die temporäre Intervention. Nach den Ereignissen im Jahr 2011 wurde ein Alarm- und Frühwarnsystem für den Oberen Grindelwaldgletscher installiert. Dabei wurde in der Schlucht unter dem Gletscher eine Reissleine installiert, welche bei einer Flutwelle reisst und ein Alarm auslöst. Zusätzlich wurde eine Pegelstandmessung eingerichtet, damit bei einem starken Anstieg des Pegelstands eine Kamera für die Überwachung beim Gletschertor installiert werden kann. Der vom Gemeinderat Grindelwald eingesetzte Fachausschuss für Alpine Gefahren ist dabei verantwortlich für den Aufbau, Betrieb und Unterhalt.

Zudem besteht die Möglichkeit einer Kiesentnahme im Gebiet Gletschersand. Hier ist das Gerinnegefälle gering, sodass Geschiebeablagerungen stattfinden. Allerdings birgt der Standort auch verschiedene Zielkonflikte (Tourismus, Naturschutz, Verkehrsaufkommen, etc.)⁶. Das aktuell anfallende Geschiebe bei Mättenberg ist wegen ungenügender Qualität für eine Verwertung nicht geeignet.

Im Weiteren ist für einen allfälligen Ereignisfall bei der Schwarzen Lütschine eine Deponie im Locherboden geplant. Die Deponie soll ein Volumen von 500'000 m³ fassen können, um im Rahmen der Intervention ausgebaggertes Geschiebe aus der Schwarzen Lütschine deponieren zu können. Der Standort der Deponie wurde im Rahmen der Zwischenrevision 2013 des Regionalen Teilrichtplans Abbau, Deponie, Transport der Regionalkonferenz Oberland-Ost festgesetzt. Der Bau der Deponie bedarf einer Überbauungsordnung. Von der Deponie betroffen sind ca. acht Grundeigentümer und die Bewirtschaftler. Zudem wäre der Abbruch von drei landwirtschaftlich genutzten Gebäuden notwendig, wovon zwei bereits relativ alt sind und nur noch bedingt genutzt werden. Die Gespräche zwischen den Landwirten und der Schwellenkorporation sind im Gange. Mit starkem Widerstand von Seiten dieser lokalen Akteure wird nicht gerechnet, da die Notwendigkeit zu handeln anerkannt wurde, insbesondere durch die Ereignisse im Jahr 2011. Zudem sind Ertragsausfallentschädigungen für die Landwirte vorgesehen.

Durch die zunehmende Geschiebeverfügbarkeit sowie die weiterhin möglichen Flutwellen stellt der Hochwasserschutz auch künftig ein wichtiges Handlungsfeld dar. Massnahmen

⁵ Bei der Weissen Lütschine (Grindelwald), wo durch den Unteren Grindelwaldgletscher das Potenzial von Geschiebe deutlich grösser ist als bei der Schwarzen Lütschine, wird das Gerinne aufgeweitet. Zudem ist eine Auenlandschaft als revitalisiertes, natürliches Ablagerungsgebiet vorgesehen. Hier zeigen sich aber Konflikte mit Grundeigentümer und dem Kieswerk.

⁶ Zurzeit besteht bei Griit eine Bewilligung zur Entnahme von Kies aus der Weissen Lütschine. Der Einfluss der zunehmenden Geschiebefrachten aus dem Einzugsgebiet der Schwarzen Lütschine ist noch nicht abschätzbar, da im Rahmen der Wasserbaubewilligung Unterer Grindelwaldgletscher über eine Verlegung des Kieswerkes diskutiert wird, da es im Auengebiet von nationaler Bedeutung steht.

werden oder sind bereits umgesetzt, so beispielsweise im Gebiet Gletschersand (Frühwarnung), Mättenberg (Schutzdämme, Geschiebeentnahmen im Sinne von Interventionsmassnahmen), Bahnhof Grund (laufendes Wasserbauprojekt) sowie die Deponieplanung Locherboden. Diese Massnahmen sind aufgrund der durchgeführten Geschiebeabschätzung unter Berücksichtigung des Klimawandels auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen.

Auch für die Wasserkraft ist die Veränderung der Geschiebeverfügbarkeit relevant: Die zunehmenden Geschiebefrachten können einerseits zur beschleunigten Verlandung des Stauraumes Burglauenen führen und andererseits zum vorzeitigen Verschleiss von Maschinenteilen des Kraftwerkes (Abrieb durch Feinstoffe). Hier gilt es Massnahmen zu prüfen.

Hinzu kommt, dass im Untersuchungsgebiet zahlreiche Naturschutzgebiete und Grundwasserschutzzonen liegen. Diese möglichen Konfliktpotenziale müssen bei der Massnahmenplanung zur Geschiebebewirtschaftung berücksichtigt werden.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Im Zusammenhang mit dem Hochwasserschutz sind für den Wasserbau insbesondere das Wasserbaugesetz (WBG / WBV) sowie das Bundesgesetz über den Wald (WaG / WaV) relevant. Ebenfalls wichtig sind das Bundesgesetz über die Fischerei (BGF / VBGF) sowie Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG / NHV).

Zudem beauftragt das Gewässerschutzgesetz (GSchG / GSchV) auf Bundesebene die Kantone für Revitalisierungen und Gewässersanierungen (Schwall - Sunk, Geschiebehaushalt, Fischwanderung) sowie für die extensive Bewirtschaftung und Gestaltung des Gewässerraums zu sorgen.

Gemäss dem kantonalen Baugesetz sind die Regionalkonferenzen für die Planung der Versorgung und Entsorgung von Geschiebe verantwortlich. Für Grindelwald bildet der Regionale Teilrichtplan Abbau, Deponie, Transport (ADT) der Regionalkonferenz Oberland Ost die entsprechende Grundlage. Während eine gewerbliche Kiesentnahme einer kantonalen Entnahmebewilligung bedarf, ist dies bei einer Entnahme und Deponierung aus Hochwasserschutzgründen nicht der Fall. In Grindelwald ist als Wasserbauträger die Schwellenkorporation Grindelwald für die Geschiebebewirtschaftung verantwortlich und hat den Auftrag, das Gerinne «freizuhalten», d.h. Geschiebe zu entnehmen, damit Hochwasser schadlos abfliessen können. Diese Arbeit wird vom Kanton subventioniert. Kann die Schwellenkorporation das entnommene Geschiebe verwerten bzw. verkaufen, darf sie den Erlös behalten.

Wird Geschiebe z.B. durch Hochwasser, auf privatem Grund abgelagert, ist der/die Grundeigentümer/in für die Bewirtschaftung bzw. Entsorgung verantwortlich. Häufig kommt dabei auch die Feuerwehr zum Einsatz, was eine indirekte Unterstützung durch die Gemeinde bedeutet.

Der Kantonale Sachplan Abbau Deponie Transporte hält in seinem Grundsatz 15 fest, dass das Material aus Geschiebesammlern, Murgängen, Rutschungen und Überschwemmungen soweit möglich und sinnvoll verwertet werden solle. Können das Material nicht als Rohstoff verwendet werden, sei die Gewässerrückgabe bzw. -eingabe zu prüfen. Für das verbleibende unverschmutzte Material aus Geschiebesammlern habe die Region Deponievolumen im Rahmen ihrer ordentlichen ADT-Richtplanung vorzusehen.

Nachdem der Regionale Teilrichtplan Abbau, Deponie, Transport der Regionalkonferenz Oberland Ost verschiedene Deponieengpässe aufgezeigt hatte, wurden im Rahmen der Zwischenrevision 2013 geeignete Deponiestandorte festgesetzt, unter anderem beim Locherboden. Für die Errichtung und den Betrieb von Deponien bedarf es einer Bewilligung des Kantons (USG, Art. 30e, Abs. 2).

Im Ereignisfall kommt die polizeiliche Generalklausel (Bundesverfassung, Art. 26, Abs. 1) zum Einsatz, die Sofortmassnahmen durch die Gemeinde und den Kanton ermöglicht.

Zuständigkeiten und Organisation der Geschiebebewirtschaftung

Für die Geschiebebewirtschaftung ist der Wasserbauträger verantwortlich, in Grindelwald ist dies die Schwellenkorporation. Alle Liegenschaftsbesitzer sind Mitglied der Schwellenkorporation und können an deren Versammlungen teilnehmen. Diese Versammlungen werden u.a. zur Information der Bevölkerung über laufende Projekte genutzt.

Im Krisenfall wird eng mit der Einwohnergemeinde Grindelwald zusammen gearbeitet. Während die Planungshoheit (Nutzungsplanung) der Gemeinde obliegt, wird für Wasserbauprojekte mit der Schwellenkorporation eine Planungsvereinbarung getroffen, wodurch diese die Planung und Erarbeitung der Projekte übernehmen kann.

Kommt es zu ausserordentlichen Ereignissen und Auflandungen von Geschiebe auf Privatland, sind die Landeigentümer selber für die Geschiebebewirtschaftung verantwortlich. Dazu können sie auf die Elementarschadenversicherung zurückgreifen.

Finanzierung der Massnahmen

Grundsätzlich werden die Massnahmen zur Geschiebebewirtschaftung von der verantwortlichen Schwellenkorporation finanziert. Dazu wird eine Steuer, der sogenannte «Schwellentell» von allen Grundeigentümern erhoben⁷. Diese unterscheidet sich in der Höhe und hängt von einer definierten Gefahrenkategorie (≠ Kategorien der Gefahrenkarten) sowie vom amtlichen Wert des Grundstückes (Vermögenssteuerwert eines Grundstückes) ab.

Zusätzlich werden die Wasserbauprojekte von Kanton und Bund subventioniert. Hochwasserschutzprojekte werden dabei zu 60 – 80 %, Gewässerunterhalt zu 33% unterstützt [8].

Weitere Organisationen, wie beispielsweise der Fonds Landschaft Schweiz (FLS), Stiftung Landschaftsschutz Schweiz (SL), Kraftwerksbetreiber, Schweizer Berghilfe oder Versicherungen können nach Prüfung des Projekts freiwillige Beiträge für Massnahmen gemäss ihren Kriterien gewähren.

4.3.2 Akteursanalyse

Für die Fallstudienregion Grindelwald konnten verschiedene Akteursgruppen identifiziert werden. Nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über alle für die Geschiebebewirtschaftung relevanten Akteure in der Fallstudienregion Schwarze Lütschine / Oberer Grindelwaldgletscher und fasst zusammen, wie diese im Rahmen des Projektes einbezogen wurden.

⁷ Somit wird beispielsweise auch bei den Besitzern von Strassenparzellen (z.B. Kanton oder Gemeinde) der Schwellentell fällig.

Tabelle 1: Relevante Akteure

Akteur	Rolle im Rahmen der Geschiebebewirtschaftung	Mitglied Begleitgruppe	Teilnahme Workshop	Interview	Information via Medien
1 Bund					
Im Rahmen der Fallstudie Schwarze Lutschine / Oberer Grindelwaldgletscher tritt er als Subventionsbehörde und Gutachter bei Massnahmen im BLN-Gebiet auf.					
Adrian Schertenleib, BAFU	Leitbehörde seitens Bund, Subventionsbehörde Bund				
Fredi Guggisberg, Sekretär der Eidgenössische Natur- und Heimatschutzkommission ENHK	Gutachter bei Massnahmen in BLN-Gebieten				x
2 Kanton Bern					
Der Kanton Bern, welcher Sofortmassnahmen über das kantonale Notrecht ermöglicht und für die Bewilligung neuer Deponien zuständig ist, wird durch mehrere Vertreter in der Begleitgruppe des Projekts und am Workshop vertreten.					
Laura Rindlisbacher, Amt für Gemeinden und Raumordnung AGR, Abt. Kantonsplanung	Projektleitung im Bereich Abbau, Deponie und Transporte sowie Naturgefahren	x	x		
Frank Weber, Amt für Gemeinden und Raumordnung, Abteilung Orts- und Regionalplanung	Gutachter bezüglich Landschaftsschutz, Sicherstellung der Konformität zu übergeordneten Planungsinstrumenten, Stand der Deponie Locherboden kritisch gegenüber		x		x
Michael Stämpfli, Amt für Wasser und Abfall AWA, Fachbereich Abfall, Boden, Rohstoffe	Gutachter bezüglich Deponien und Materialbewirtschaftung	x			x
Oliver Hitz, Tiefbauamt / Obergerieneurkreis I	Projektsteuerung, erster Ansprechpartner für Schwellenkorporation, Subventionsbehörde Kanton	x	x		x
Oliver Steiner, Amt für Wasser und Abfall (Fachbereich Abfall, Boden, Rohstoffe)	Gutachter bezüglich Deponien sowie Fragestellungen im Zusammenhang zum Thema Boden	x	x		x
Reto Sauter, Kantonales Amt für Wald KAWA, Abt. Waldrecht	Zuständig für die Erteilung von Rodungsbewilligungen und anderen waldrechtlichen Bewilligungen, die für das Geschiebemanagement oft nötig sind, etwa bei Deponien, Zufahrten, Geschiebesperren, Beobachtungs- und Messeinrichtungen, aber auch bei bewusst bereitgestellten Auffangräumen/Auflandungen mit Wald, Kiesentnahme/-zugabe über bewaldete Gebiete etc.	x	x		x
Stefan Schweizer, Regionalkonferenz Oberland-Ost (Stv. Mathias Boss)	Verantwortlich für den regionalen Richtplan ADT	x	x		x
Urs Känzig, Amt für Landwirtschaft und Natur, LANAT, Abteilung Naturförderung	Gutachter bezüglich kantonalen Schutzgebieten sowie ökologischen Fragestellungen				x
3 Gemeinde Grindelwald					
Als Vertreter der Einwohnergemeinde Grindelwald und wichtiger Vermittler zwischen den Akteuren wird der Gemeindepräsident von Grindelwald aktiv in das Projekt miteinbezogen.					
Emanuel Schläppi, Gemeindepräsident	Planungshoheit (Nutzungsplanung); Vermittler zwischen Akteuren		x	x	x
Christian Anderegg, Gemeinderat, Ressort Landwirtschaft-Volkswirtschaft					x
Christian Egger, Gemeinderat Grindelwald, Ressort Tiefbau, Wasser, Entsorgung					x

Akteur	Rolle im Rahmen der Geschiebebewirtschaftung	Mitglied Begleitgruppe	Teilnahme Workshop	Interview	Information via Medien
Jörg Homberger, Gemeinderat, Ressort Hochbau und Planung					x
Urs Zumbrunn, Gemeinderat Grindelwald Ressort Sicherheit	Zuständig für Fachausschuss Alpine Gefahren				x
Daniel Gertsch, Feuerwehrkommandant Grindelwald	Einsatzleiter bei Interventionen				x
4	Fachausschuss Alpine Gefahren Der vom Gemeinderat Grindelwald eingesetzte Fachausschuss für Alpine Gefahren ist verantwortlich für den Aufbau, Betrieb und Unterhalt sowie Abbau der Alarm- und Frühwarnsysteme bei beiden Grindelwaldgletschern.				
Kurt Amacher, Leiter des Fachausschuss Alpine Gefahren und Bergretter	Auf- und Abbau des Frühwarnsystems		x		x
Albert Wenger	Auf- und Abbau des Frühwarnsystems				x
Johann Kaufmann, Bergführer	Auf-/Abbau des Frühwarnsystems				x
Walter Egger, Bergführer	Auf-/Abbau des Frühwarnsystems				x
Christian Anderegg	Auf-/Abbau des Frühwarnsystems				x
5	Schwellenkorporation Grindelwald Die Schwellenkorporation Grindelwald ist verantwortlich für die Erarbeitung und die Entscheide betreffend Lösungsvarianten zur Geschiebebewirtschaftung, inkl. den Verhandlungen mit den betroffenen Akteuren. Aus diesem Grund ist sie einer der wichtigsten und einflussreichsten Akteure.				
Peter Baumann, Präsident Schwellenkorporation Grindelwald	Verantwortlich für die Geschiebebewirtschaftung		x	x	x
Rolf Neuenschwander, Sekretär Schwellenkorporation Grindelwald	Verantwortlich für die Geschiebebewirtschaftung				x
Urs Moser, Schwellenmeister Grindelwald	Verantwortlich für die Geschiebebewirtschaftung				x
6	Landwirtschaft Die Landwirtschaft ist stark vom Geschiebeaufkommen betroffen: Einerseits kann Geschiebe im Ereignisfalls auf Landwirtschaftsland liegen bleiben, andererseits wird die Deponie Locherboden auf Landwirtschaftsland erstellt. Um ihre Interessen und Ansichten ins Projekt einzubeziehen, wurde ein Vertreter an den Workshop eingeladen.				
Peter Brawand, Landwirt und Mitglied Kommission Landwirtschaft und Volkswirtschaft	Vertreter Bergschaften und Landwirtschaft		x		x
Weitere Landwirte	Besitzer / Pächter der vier landwirtschaftlich genutzten Gebäude bei Deponie Locherboden				x
7	Tourismus Auch der Tourismus, Haupteinnahmequelle der Gemeinde Grindelwald, ist stark vom Geschiebe und dem Umgang damit betroffen: Das Geschiebe stellt für die Wanderwege, den Golfplatz sowie den Campingplatz Gletscherdorf ein Risiko dar. Als Vertreter der im Tourismus tätigen Akteure wurde der Geschäftsführer von Grindelwald Tourismus, an den Workshop eingeladen.				
Bruno Hauswirth, Geschäftsführer Grindelwald Tourismus	Vertreter der Tourismus Interessen		x		x
Andreas Kaufmann, Chef Wanderwege	Verantwortlich für Wanderwege im Gefährdungsgebiet				x
Ruedi Kaufmann, Platzchef Golf Grindelwald	Nutznieser von Schutzmassnahmen im Rahmen des Hochwasserschutz und der Geschiebebewirtschaftung				x
Werner und Heidi Schafroth, Camping Gletscherdorf	Betroffen durch Ereignis 2011 und Nutznieser von Schutzmassnahmen im Rahmen des Hochwasserschutz und der Geschiebebewirtschaftung				x

Akteur	Rolle im Rahmen der Geschiebebewirtschaftung	Mitglied Begleitgruppe	Teilnahme Workshop	Interview	Information via Medien
8 Weitere	Unter den weiteren Akteuren werden beispielsweise Kieswerkbetreiber, Deponiebetreiber, der Revierförster oder die Waldbesitzer zusammengefasst.				
Gebrüder Brawand AG	Betreiber Kieswerk Gryth				x
Gebrüder Kandlbauer AG	Betreiber Deponie Lüttscheren				x
Infraconsult AG	Planungsbüro für die Deponie Locherboden				x
Jungfraubahnen Holding AG	Betreiber Kraftwerk Burglauenen				x
Kurt Zumbrunn, Kantonales Amt für Wald, KAWA, Revierförster	Zuständig für die Begleitung von Eingriffen und Massnahmen im Wald, für die Beratung der Beteiligten (Schwellenkorporation, Gemeinde, Waldbesitzer, Interventionskräfte, Ingenieure), für die Unterstützung bei der Umsetzung im Wald und die Überwachung des Vollzugs.				x
Ueli Baumann, Präsident Bergschaft Scheidegg	Waldbesitzer				x
ZumBra GmbH: Urs Zumbrunn	Betreiber Deponie Tschingeley				x

4.4 Geschiebeabschätzung unter Berücksichtigung des Klimawandels

Aufgrund der Klimaszenarien 2060 sowie der LLE-Studie [23] werden folgende Entwicklungen im Einzugsgebiet des Oberen Grindelwaldgletschers erwartet (vgl. Abbildung 7):

- Abschmelzen des Gletschers bis zum Firnbecken mit Freilegung neuer, grosser Geschiebeherde. Analog zu 2009-2011 können sich im Gletscher erneut Wassertaschen bilden. Bis ins Jahr 2060 zieht sich der Gletscher bis zur Steilstufe Beesibärgli zurück.
- Massgebliche Schuttdepots kommen unterhalb des Mättenbergs zum Vorschein (Gebiet Wächselgletscher). Es ist zudem davon auszugehen, dass unter der heutigen Gletscherzunge grosse Geschiebemengen liegen, welche nach dem Gletscherrückzug zum Vorschein kommen.
- Es ist davon auszugehen, dass Permafrost ab dem Jahr 2060 nur noch in den nord-exponierten Hängen sowie in Gebieten über 2'700 m ü. M. vorkommt. In sämtlichen Gebieten sind Veränderungen in der Auftautiefe und der Permafrosttemperatur zu erwarten. Die Veränderungen sind grösstenteils gering. Im Gebiet um den heutigen Chrinnengletscher sind die Veränderungen allerdings ausgeprägter. Die Veränderungen im Permafrost führen primär zu einer Erhöhung der Sturzaktivität.
- Im Gebiet Wächsel wird aufgrund der Hangfussentlastung durch den Gletscherrückzug ein Felspaket frei, das potenziell als Felssturz (maximales Volumen von 3 Mio. m³) mobilisiert werden könnte. Wir schätzen die Wahrscheinlichkeit für dieses Szenario aber als gering ein.
- Insbesondere aus dem Gebiet östlich des Chrinnenhorns und aus dem Bereich des heutigen Chrinnengletschers ist aufgrund des auftauenden Permafrosts sowie des Gletscherrückzugs mit zusätzlichen Geschiebeeinträgen durch Murgänge zu rechnen.

-
- Grosse spontane oder permanente Rutschprozesse im Einzugsgebiet des Oberen Grindelwaldgletschers werden nicht erwartet.
 - Wir vermuten, dass sich der Geschiebeeintrag aufgrund der permanenten Rutschung in Grindelwald sowie aufgrund der Seitenbäche, deren Einzugsgebiete nicht in heutigen Dauerfrostgebieten liegen, mit dem Klimawandel nicht massgeblich verändert. Es werden aber weiterhin grosse Geschiebeeinträge erwartet, welche für die Gefahrenbeurteilung sowie die Geschiebebewirtschaftung von Bedeutung sind.

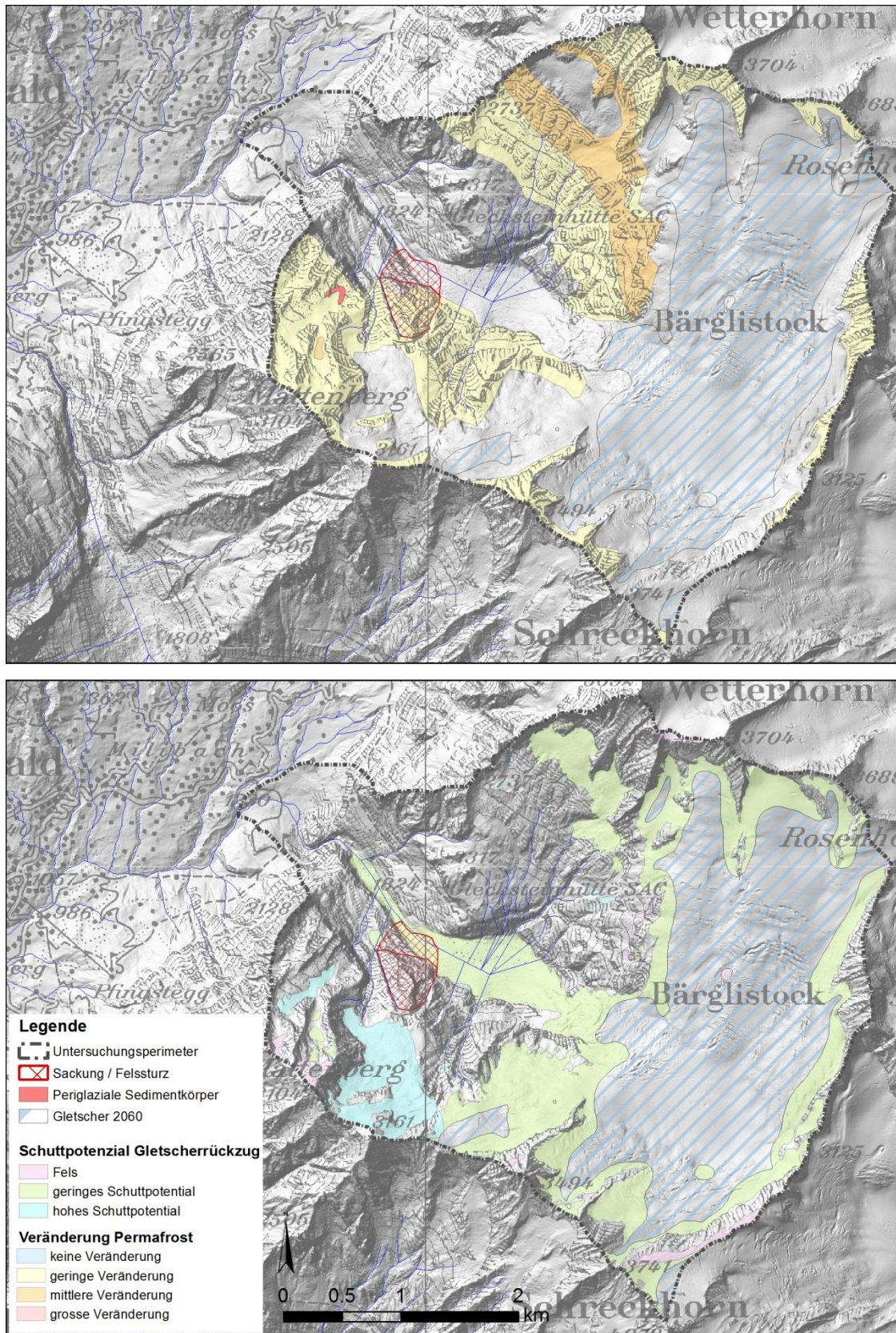


Abbildung 7: Zu erwartende Entwicklung im Untersuchungsgebiet der Schwarzen Lütschine / Oberer Grindelwaldgletscher bis 2060 gemäss Methodik GHKperiGlazial.

Das Geschiebeaufkommen in Bereich des Oberen Grindelwaldgletschers wurde für den Prozess Geschiebetrieb gemäss Methodik GHKperiGlazial beurteilt. Die Berechnungen haben ergeben, dass das abgeschätzte Geschiebepotential weit über der Transportkapazität des Gerinnes liegt. Das System der Schwarzen Lütschine ist somit wasser- und nicht geschiebelimitiert. Zieht sich der Gletscher bis Beesibärgli zurück, so entsteht im Mittellauf des neu entstandenen Gerinnes (ca. auf 1'800 m ü. M.) eine Flachstrecke, wo sich wesentliche Geschiebeanteile aufgrund der begrenzten Transportkapazität ablagern. Bis zum Gletschersand sind somit gemäss Methodik GHKperiGlazial bis 2060 keine Veränderungen in der Geschiebelieferung im Vergleich zu heute zu erwarten, obwohl im Einzugsgebiet eine wesentliche Zunahme des Geschiebepotentials wahrscheinlich ist.

In den Jahren 2007 bis 2011 konnte nun aber wiederholt ein Phänomen beobachtet werden, welches durch die angewandte Methodik der GHKperiGlazial nicht direkt abgebildet werden kann: Aufgrund der klimatischen Veränderungen ist es beim Oberen Grindelwaldgletscher zu einem Systemwechsel gekommen, d.h. zu Ausbrüchen von Gletscherwassertaschen mit nachfolgenden Flutwellen. Dieser Systemwechsel hat im Vergleich zur „konventionellen“ Geschiebetrieb-Berechnung eine wesentliche Veränderung des Abflusses und folglich des Geschiebetransportes zur Folge. Entsprechend wurde das Szenario der Flutwellen für die Berechnung der Geschiebefrachten berücksichtigt.

Dazu wurde eine repräsentative Abflussspitze der Flutwellen im August 2011 (vgl. [23]) für die Berechnung der mobilisierten Geschiebekubaturen verwendet. Das System ist weiterhin abfluss- und nicht geschiebelimitiert. Es wurde die Annahme getroffen, dass bei ähnlicher Konstellation wie 2011 mit durchschnittlich 10 Flutwellen pro Ereignisjahr zu rechnen ist. Die Unsicherheiten dieser Annahmen sind entsprechend gross. Daraus ergibt sich die folgende Geschiebeabschätzung für 2060:

- Mit **grosser Wahrscheinlichkeit** ist bis 2060 mit einem weiteren Ereignisjahr analog zu 2011 zu rechnen. Die Geschiebemobilisierung durch eine mögliche Flutwelle beträgt rund **300'000 m³**.
- Mit **kleiner Wahrscheinlichkeit** ist bis 2060 mit drei weiteren Ereignisjahren analog zu 2011 zu rechnen. Die Geschiebemobilisierung durch die möglichen Flutwellen beträgt damit rund **1 Mio. m³**.

Aufgrund des Gletscherrückzuges sowie des auftauenden Permafrostes im Gebiet Wächsel bis ins Jahr 2060 ist ausserdem nicht auszuschliessen, dass grössere Murgänge entstehen und zusätzliche Geschiebemengen bis in den Talboden transportieren können. Es wird jedoch angenommen, dass die Kubaturen im Vergleich mit den oben dargelegten Schätzungen zur Geschiebelieferung bei Flutwellen anteilmässig untergeordnet sind. Auf eine detaillierte Berechnung der spezifischen Murgangfrachten wurde deshalb verzichtet.

4.5 Fazit zum Fallstudiengebiet Oberer Grindelwaldgletscher

Bereits die bestehende Gefahrenkarte zeigt auf, dass die Schwarze Lütschine ein hohes Geschiebepotential aufweist. Im Jahr 2011 erfolgte dann ein Systemwechsel in der Geschiebelieferung, d.h. vom Geschiebetrieb durch Hochwasser (ausgelöst durch Niederschlag und/oder Schneeschmelze) zur Flutwellenaktivität durch Wasserausbrüche im Oberen Grindelwaldgletscher. Innerhalb eines Jahres wurde dadurch rund die dreifache Geschiebemenge, wie bei einem 300-jährlichen Hochwasserereignis erwartet, in den Talboden verfrachtet.

Durch den Klimawandel ist davon auszugehen, dass sich die Gletscher im Einzugsgebiet der Schwarzen Lutschine stark zurückziehen und grosse Schuttdeposits freigelegt werden. Die durch den Gletscherrückzug auftretenden Hangentlastungen sowie das Auftauen des Permafrostes können zu vermehrter Felssturzaktivität führen. Das Geschiebepotential wird also in Zukunft markant zunehmen und kann durch Hochwasserereignisse und insbesondere durch die weiterhin zu erwartenden Flutwellen ins Tal transportiert werden.

Davon betroffen sind verschiedene Akteure. Einerseits jene, die von den Ereignissen direkt oder indirekt negativ betroffen sind und andererseits jene, die für das Monitoring, die Massnahmenplanung und die Intervention verantwortlich sind.

Zur ersten Gruppe von Akteuren gehören der Tourismus, der direkt durch die Ereignisse betroffen sein kann (z.B. durch die Überflutung des Campingplatzes) sowie die Wasserkraft, wo einerseits der Stauraum und die Maschinenteile negativ betroffen sein können. Auch zur ersten Akteursgruppe gehören die Landwirtschaft und der Naturschutz (BLN-Gebiete), welche indirekt, infolge der Umsetzung von Massnahmen betroffen sein können (z.B. durch eine Zwischendeponie auf Landwirtschaftsland).

Zur zweiten Akteursgruppe gehören die verantwortlichen Behörden, insbesondere die Schwellenkorporation, die für die Erarbeitung und die Entscheide betreffend Lösungsvarianten zur Geschiebemanagement verantwortlich ist.

Zwischen den beiden Akteursgruppen, aber auch innerhalb davon, bestehen Konfliktpotenziale, je nach Ausgestaltung und Umsetzung möglicher Massnahmen. Dies gilt es bereits bei der Massnahmenplanung zu berücksichtigen.

Die aktuelle Geschiebemanagementsstrategie, welche für die Schwarze und Weisse Lutschine zusammen erarbeitet wurde, verfolgt einen Interventionsansatz mit einem Alarm- und Frühwarnsystem für den Oberen Grindelwaldgletscher sowie der Möglichkeit einer temporärer Kiesentnahme und einer Deponie. Die Entsorgung des Geschiebes und nach Möglichkeiten dessen Verwertung stehen in dieser Fallstudienregion heute im Zentrum. Zudem werden im Rahmen des Hochwasserschutzes verschiedene Massnahmen umgesetzt.

In Anbetracht der, mit dem Klimawandel im Zusammenhang stehenden, Zunahme der Geschiebeverfügbarkeit sowie der weiterhin möglichen Flutwellen gilt es, die bestehende Geschiebemanagementsstrategie auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen.

5. Fallstudiengebiet Val Parghera, Domat/Ems (Kanton GR)

5.1 Naturräumliche Beschreibung

Das Val Parghera entwässert ein rund 1.7 km² grosses Einzugsgebiet unterhalb der Malixer Alp und liegt auf Gemeindegebiet der Stadt Chur sowie Domat/Ems. Das praktisch vollständig bewaldete Einzugsgebiet liegt geologisch innerhalb der Bündnerschiefer. Diese sind bekannt für ihre hohe Disposition für Hanginstabilitäten.

Im oberen Einzugsgebiet fliesst das Wasser in zwei parallel verlaufenden Bachläufen ab, welche bis zum Schwemmkegel mit zahlreichen Wildbachsperrren verbaut sind. Der mächtige Wildbachkegel wird landwirtschaftlich genutzt und im untersten Bereich von verschiedenen Verkehrsträgern gequert (Gemeinde-, Kantons- und Nationalstrasse, Bahn, Rad- und Feldwege). Am westlichen Fuss des Wildbachkegels liegt zudem eine Industrie- und Gewerbezone. Unmittelbar oberhalb der Kantonsstrasse besteht ein Geschieberückhaltebecken mit einem Fassungsvermögen von rund 25'000 m³. Von der Kantonsstrasse bis zur Mündung in den Rhein sind die Bachsohle und die Böschungen mit Betonelementen verbaut.

Der massgebende Gefahrenprozess im Val Parghera sind Murgänge. An zahlreichen Stellen können entsprechende Spuren beobachtet werden (Levéés, Murköpfe, etc.). Auch der Ereigniskataster stützt diese Einschätzung. Murgänge entstehen dabei insbesondere bei Schneeschmelze und Niederschlägen. Nach der Schneeschmelze trocknen die Bachläufe und Runsen regelmässig aus.

5.2 Geschiebesituation heute

Im oberen Einzugsgebiet der Val Parghera hat sich seit 2002 eine Rutschmasse von rund 900'000 m³ aktiviert (Einschätzung März 2015). Seit 2013 wird insbesondere bei Schneeschmelze sowie starken Niederschlagsereignissen Geschiebe aus dem vordersten Bereich der Rutschung als Murgang ins Tal transportiert. Seit April 2013 konnten mehrere intensive Ereignisphasen beobachtet werden, wodurch insgesamt rund 500'000 m³ Geschiebe bis ins Tal gelangt sind. Ein Teil des sehr feinen Rutschmaterials (Schwebstoffe) gelangte direkt, bzw. mit Unterstützung einer externen Wasserzufuhr, in den Rhein. Etwa 50'000 m³ konnten in umliegenden Deponien abgelagert oder dem Rhein zugegeben werden, rund 350'000 m³ wurden in der eigens für die Bewältigung des Ereignisses geschaffenen Deponie Plarena eingebaut (Stand März 2015). Gemäss Amt für Wald und Naturgefahren kann bei nassen Witterungsverhältnissen (ohne intensive Niederschläge) eine anhaltende Murgangaktivität von rund einem Murgang à wenigen 100 m³ Geschiebe pro 3 Tage beobachtet werden (z.B. Sommer 2014). Während Niederschlagsperioden oder der Schneeschmelze ist mit mehreren Murgängen pro Tag zu rechnen.

5.3 Kontext- und Akteursanalyse

5.3.1 Kontextanalyse

Hergang der Ereignisse 2012/2013

vgl. Kapitel 5.2

Massnahmen zur Geschiebebewirtschaftung

Ausgehend von einer Warnung im Herbst 2012 durch den Revierförster, dass im Frühjahr 2013 Geschiebe verfrachtet werden könnte, konnten nach den eingetroffenen Grossereignissen im Jahr 2013 in einer Interventionsphase Sofortmassnahmen eingeleitet werden. Der bestehende Geschiebesammler wurde dazu auf rund 25'000 m³ Rückhaltevolumen erweitert. Zusätzlich wurden zwei Geländekammern zur Geschiebeablagerung oberhalb der Linie der Rhätischen Bahn (RhB) ausgeschieden (Rückhaltevolumen insgesamt rund 80'000 m³) sowie Schutzdämme erstellt. Im Gefahrengebiet wurde die Kantonsstrasse auf eine Notbrücke verlegt.

Der grösste Teil des Geschiebes wurde auf der Deponie Plarenga deponiert, von deren Erstellung 50 Landeigentümer/innen, bzw. vier Bewirtschafter/innen betroffen sind. Zwei Grundeigentümer/innen erhoben Einsprache gegen die Enteignung im Rahmen der Sofortmassnahmen. Die Sofortmassnahmen wurden aber schliesslich unter Berufung auf die polizeiliche Generalklausel umgesetzt und das Verwaltungsgericht wies die Einsprachen zurück.

Weiter wurden in der Interventionsphase kleinere Anteile als Geschiebezugabe in den Rhein gegeben (ca. 40'000 m³) und in einem Biotop in Chur verwertet (ca. 10'000 m³). Zudem wurde als Sofortmassnahme ein Überwachungssystem mit Messinstrumenten (Kamera, Pegelstandmessung, etc.) im Einzugs- sowie im Ablagerungsgebiet implementiert.

Dank rechtzeitiger Intervention und grosser Unterstützung der Gemeinde durch Kanton und Bund, konnten grossflächige Schäden verhindert werden. Die betroffenen Anwohner und Betriebe im Industriegebiet wurden persönlich über die Situation informiert, vier Personen sowie das Vieh eines landwirtschaftlichen Betriebes mussten vorübergehend evakuiert werden.

Ohne rechtzeitige Intervention hätten die Wasser- und Schlammmassen mit grösster Wahrscheinlichkeit zu grossflächigen Schäden im Industriegebiet Paleu Sura und zu einem Unterbruch der wichtigen Verkehrsträger – der Rhätischen Bahn sowie der Nationalstrasse A13 – geführt.

Nach der Interventionsphase, welche wie bereits erwähnt unter «kantonalem Notrecht», bzw. der polizeilichen Generalklausel umgesetzt wurde, wurden im September 2013 drei Teilprojekte initiiert und öffentlich aufgelegt:

- *Teilprojekt 1: Massnahmen für einen provisorischen Betrieb:* Die Massnahmen, welche in der Interventionsphase ergriffen wurden, werden weitergeführt. Die Leitung untersteht jetzt jedoch nicht mehr dem Krisenstab sondern dem Amt für Wald und Naturgefahren des Kantons.
- *Teilprojekt 2: Definitive Schutzbauten:* Eine Ingenieurgemeinschaft wurde beauftragt, eine Vorstudie für permanente Schutzmassnahmen durchzuführen. Diese konnte im Frühjahr 2014 abgeschlossen werden. In der Vorstudie wurden verschiedene Varianten geprüft und

zwei davon vertieft bearbeitet. Erstere hätte vorgesehen, beim Kegelhals ein grosses Auffangbecken zu erstellen und das anfallende Material unter dem Damm auf dem Kegelhals zu deponieren. Diese Variante wäre allerdings rund 2-3 Mio. CHF teurer als die zweite Variante, zudem wurde die Deponierung auf dem relativ steilen Gelände als riskant eingeschätzt. Aus diesen Gründen hat man sich für die zweite Variante «Kegelrand» entschieden, bei der der bestehende Geschiebefang um 10 m erhöht werden soll, verschiedene Schutzdämme talaufwärts vorgesehen sind und die Kantonsstrasse verschoben und über eine definitive Brücke verlegt werden soll. Die Kosten für das definitive Schutzbauwerk belaufen sich voraussichtlich auf rund 15 Mio. CHF. Die Vorstudie wurde im Sommer 2014 dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) zur Prüfung eingereicht.

- *Teilprojekt 3: Weiterführung und Vergrösserung der Deponie Plarena:* Nachdem während der Interventionsphase bereits einen Grossteil des Geschiebes auf der neu eröffneten Deponie Plarena abgelagert wurde, soll diese in der Betriebsphase weitergeführt werden. Die betroffenen Bewirtschafter werden von der Gemeinde für den Ertragsausfall bis zu dem Zeitpunkt entschädigt, an dem der Boden wieder den gleichen Ertrag wie vorher erbringt. Dies sollte nach ca. 5-6 Jahren der Fall sein. Zudem erhalten sie eine Inkonvenienzschädigung von der Gemeinde, da das Land aufgrund der Deponie eine grössere Neigung aufweisen wird.

Die betroffenen Landeigentümer und insbesondere die Bewirtschafter wurden in die Projektausarbeitung miteinbezogen und transparent informiert, weshalb es insbesondere von den in Domat/Ems Ansässigen zu wenig Opposition kam. Dennoch wurde gegen die Teilprojekte 1 und 3 von zwei Landeigentümern Einsprache erhoben, welche jedoch Ende 2014 vom Verwaltungsgericht abgewiesen wurden.

Auch im Frühling 2014 kamen erneut grosse Materialmengen ins Rutschen. Die Deponie Plarena musste daher unter erneuter Anwendung der polizeilichen Generalklausel auf eine zweite Etappe erweitert werden, da der Entscheid über die Weiterführung der Deponie aufgrund der Einsprache damals noch hängig war.

Nach wie vor sind die Rutschungs- und damit auch die Murgangaktivität sehr hoch. Es wird geschätzt, dass noch mindestens 400'000 m³ Material in Bewegung ist (Einschätzung März 2015).

Als Bemessungsgrundlage sowohl der definitiven Schutzbauten, als auch der Deponie Plarena diene das Volumen der aktiven Rutschung. Bis ins Jahr 2060 kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich weitere Rutschkörper im Einzugsgebiet aktivieren können. Es stellt sich somit die einerseits Frage, ob die Rückhaltekapazität des Geschiebesammlers und damit die Schutzwirkung auch unter Berücksichtigung der Geschiebeszenarien 2060 gewährleistet werden kann. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für eine Rückstufung der bestehenden Gefahrenbereiche, welche nebst Gewerbe- und Landwirtschaftsflächen vor allem verschiedene Verkehrsachsen betreffen. Je nach Ausgestaltung der Schutzmassnahmen (insbesondere der Geschiebedurchgängigkeit) ist zudem zu prüfen, ob Geschiebeauflandungen entstehen und damit den Hochwasserschutz entlang des Rheins beeinträchtigen können.

Andererseits stellt sich die Frage, ob die Ablagerungskapazität der Deponie ausreichend ist. Bei einer Aktivierung von weiteren Rutschungen und nachfolgender Geschiebeverlagerungen bis in den Talboden ist zusätzliches Deponievolumen durch die Erweiterung bestehender

oder die Planung neuer Deponien zu schaffen. Dabei gilt es, Konfliktpotenziale insbesondere mit Grundeigentümern aber auch dem Landschafts-, Wald- und Bodenschutz zu antizipieren.

Die transparente Information der Bevölkerung durch den Kanton und die Gemeinde und die laufende Öffentlichkeitsarbeit in Form von Medienmitteilungen und Medienorientierungen sowie durch die Implementierung einer Webseite⁸, sollen der Sensibilisierung verschiedener Akteure dienen.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Das Gewässerschutzgesetz (GSchG / GSchV) auf Bundesebene beauftragt die Kantone für Revitalisierungen und Gewässersanierungen (Schwall - Sunk, Geschiebehaushalt, Fischwanderung) sowie für die extensive Bewirtschaftung und Gestaltung des Gewässerraums zu sorgen. Für den Bereich Wasserbau sind zudem folgende Bundesgesetze relevant: Wasserbaugesetz (WBG / WBV), Bundesgesetz über den Wald (WaG / WaV), Bundesgesetz über die Fischerei (BGF / VBGF) sowie Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG / NHV).

Gemäss Art. 83, Abs. 2 der Verfassung des Kantons Graubünden haben die Gemeinden die Hoheit über öffentliche Gewässer. Die Rufe, ein öffentliches Gewässer, transportiert das Geschiebe von der Gemeindefläche der Stadt Chur auf die Gemeindefläche von Domat/Ems. Falls das Geschiebe verwertbares Material beinhaltet, gehört dieses der Stadt Chur. Ansonsten ist die Gemeinde Domat/Ems für die Geschiebemanagement verantwortlich, da das Geschiebe hierhin transportiert wird.

Kommt das Geschiebe auf privatem Land zu liegen, ist grundsätzlich der Landeigentümer für die Entsorgung verantwortlich. Im Rahmen der laufenden Teilprojekte übernimmt die Gemeinde die Entsorgung. Sollte der Fall eintreten, dass die Gemeinde das Geschiebe aktiv ausleiten müsste, würde sich die Gemeinde um die Geschiebemanagement kümmern. Zudem ergänzt sie die Entschädigungszahlung an die Landbesitzer, welche von der Elementarschadensversicherung 30 Prozent Entschädigung erhalten, auf 100 Prozent.

Nach den Ereignissen 2013 setzte der kantonale Führungsstab die Sofortmassnahmen über den Art. 24 des kantonalen Wasserbaugesetzes um. Ab September 2013 wechselte man auf das kantonale Waldgesetz für die Umsetzung der drei laufenden Teilprojekte.

Die Teilprojekte wurden öffentlich aufgelegt, eine Einsprache gegen Teilprojekt 1 und 3 wurde Ende 2014 vom Verwaltungsgericht abgewiesen (vgl. Abschnitt Massnahmen zur Geschiebemanagement). Die Teilprojekte 2 und 3 unterliegen der UVP-Pflicht: Teilprojekt 2, weil die Kosten grösser als 10 Millionen CHF sind, Teilprojekt 3, weil das Volumen der Deponie > 500'000 m³ ist. Diese UVP werden bereits durchgeführt. Das Teilprojekt 3, Deponie Plarenga, wurde Ende 2014 von der Regierung mit einem Volumen von rund 620'000 m³ genehmigt. Das Deponieprojekt hielt die Option auf Kiesabbau bis 2 m über den höchsten Grundwasserstand offen. Damit soll das Deponievolumen optimiert werden. Bis zum Frühjahr 2014 wurden durch die Landbesitzer ca. 20'000 m³ Rheinschotter abgebaut.

⁸ www.valparghera.ch

Zuständigkeiten und Organisation der Geschiebebewirtschaftung

Die Leitung der operativen Tätigkeiten oblag bis Ende August 2013 dem kantonalen Führungsstab. Unter Leitung des Vorstehers für Militär und Zivilschutz trafen sich in diesem Gremium regelmässig alle beteiligten Akteure namentlich Vertreter der Polizei, der Feuerwehr, der politischen Gemeinden, des Forstdienstes, der Baufirmen, des Bundesamtes für Strassen (ASTRA), der RhB, des Tiefbauamtes, des Amtes für Natur und Umwelt sowie des Amtes für Wald und Naturgefahren und planten das weitere Vorgehen.

Ab dem 1. September 2013 begann die Betriebs- und Projektphase, welche bis zur Abnahme der Schutzbauten des definitiven Projekts dauern wird. Mit diesem Wechsel geht die Verantwortung vom kantonalen Führungsstab an das Bau-, Verkehrs- und Forstdepartement über, bzw. das Amt für Wald und Naturgefahren. Die Gesamtprojektleitung obliegt Herrn Magnus Rageth, Amt für Wald und Naturgefahren. Weiter besteht die Projektorganisation zur Betriebs- und Projektphase aus Bauherrschaft (Gemeinde), Lenkungsausschuss (ASTRA, TBA, Stadt Chur und RhB) und den drei Teilprojektleitungen:

- Teilprojekt 1: Massnahmen für einen provisorischen Betrieb; Leitung Amt für Wald und Naturgefahren AWN: Matthias Kalberer
- Teilprojekt 2: Definitive Schutzbauten, Leitung Tiefbauamt TBA, Abteilung Wasserbau: Marcel Roth
- Teilprojekt 3: Deponie Plarena, Leitung Amt für Natur und Umwelt ANU: Hansruedi Aepli

Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass die Departements übergreifende Zusammenarbeit sehr gut funktioniert.

Finanzierung der Massnahmen

Die Aufteilung der Kosten zwischen den beteiligten Akteuren der Gemeinde Domat/Ems, der Stadt Chur, dem Kantonalen Tiefbauamt (Kantonsstrasse), der Rhätischen Bahn und dem Bundesamt für Strassen ASTRA (Nationalstrasse A13) wurde in einer Verständigungserklärung festgehalten. Die Kostenteiler wurden für die einzelnen Phasen getrennt ausgehandelt. Die Kosten für die Interventionsphase beliefen sich auf etwas mehr als CHF 7 Mio. Die Kosten wurden nach Schadenplätzen aufgeteilt. Damit kann faktenbasiert und kausal aufgezeigt werden, wer Nutzniesser der Massnahmen ist und daher auch zu finanziellen Beiträgen verpflichtet werden muss.

Seit dem 1. September 2013 hat die Gemeinde Domat/Ems die Bauherrschaft inne. Für die Betriebsphase (Teilprojekte 1, geschätzte Kosten von 6 Mio. CHF) wurde ein Kostenteiler gemäss nachfolgender Grafik beschlossen. Die Anteile der einzelnen Projektträger an den Kosten der definitiven Schutzbauwerke (Teilprojekt 2) werden risikobasiert berechnet. Je stärker eine Verbauung das Risiko für den einzelnen Projektträgers reduziert, desto höher fallen die Kosten für denjenigen aus.

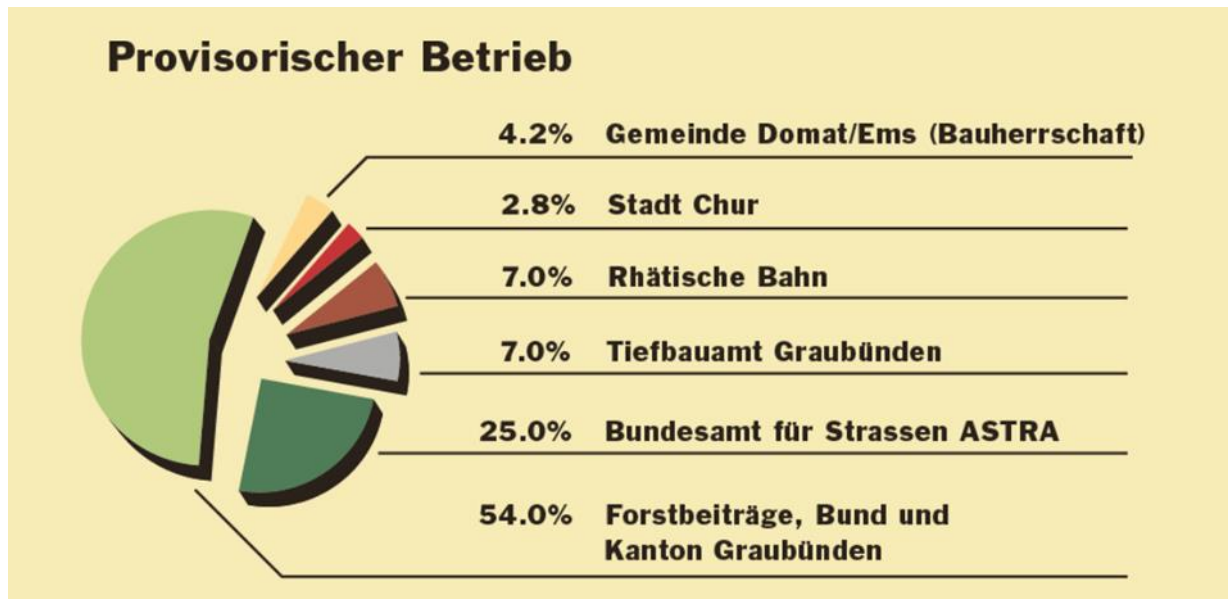


Abbildung 8: Kostenteiler Val Parghera (www.valparghera.ch)

Sämtliche Projektträger mit Ausnahme des ASTRA werden von Bund und Kanton subventioniert.

5.3.2 Akteursanalyse

Für die Fallstudienregion Val Parghera konnten verschiedene Akteursgruppen identifiziert werden. Nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über alle für die Geschiebebewirtschaftung relevanten Akteure im Fallstudiengebiet Val Parghera und fasst zusammen, wie diese im Rahmen des Projektes einbezogen wurden.

Tabelle 2: Relevante Akteure

Akteur	Rolle im Rahmen der Geschiebebewirtschaftung	Mitglied Begleitgruppe	Teilnahme Workshop	Interview	Information via Medien
1 Bund Im Rahmen der Fallstudie Val Parghera, Domat/Ems ist das BAFU Ansprechpartner für die Subventionierung von Schutzbauten.					
Hugo Raetzo, Bundesamt für Umwelt BAFU	Ansprechpartner beim BAFU für die Subventionierung von Schutzbauten				x
ASTRA	Nutznieser, Kostenträger				
2 Kanton Graubünden Der Kanton ist auf verschiedenen Ebenen ins Projekt involviert, so beispielsweise in den Bereichen Raumplanung, Strassenbau (Bau der Notbrücke), Wald und Naturgefahren oder Rechtsdienst.					
Jacques Feiner, Amt für Raumplanung (Richtplanung)					x
Alberto Ruggia, Amt für Raumentwicklung (Nutzungsplanung)					x
Christian Ryffel, Strassenmeister	Bau Notbrücke während Interventionsphase				x
Gion Cotti, Rechtsdienst BVFD	Einsprachebearbeitung				x
Lorenz Mengelt, Amt für Wald und Naturgefahren	Produkteverantwortlicher Schutzbauten Teilprojekt 2				x
Matthias Kalberer, Amt für Wald und Naturgefahren	Bewirtschaftung des Kiesfangs und Monitoringanlage Teilprojekt 1				x
Reto Hefti, Leitung Amt für Wald und Naturgefahren, Kantonsförster					x
Reto Knuchel, Tiefbauamt	Lenkungsausschuss TBA				x
3 Projektleitung (Bau-, Verkehrs- und Forstdepartement, Amt für Wald und Naturgefahren) Als Gesamtprojektleiter aller drei Teilprojekte und als Kommunikationsverantwortlicher ist Magnus Rageth vom kantonalen Amt für Wald und Naturgefahren ein wichtiger Akteur. Er ist Ansprechperson für fachliche Fragen und gemeinsam mit der Gemeindepräsidentin von Domat/Ems stellt er die Kommunikation gegenüber der Bevölkerung sicher. Mit ihm wurde ein Interview geführt und er wurde an den Workshop eingeladen. Die drei Teilprojektleiter mit detailliertem Wissen bezüglich ihrer Teilprojekte sind ebenfalls zentrale Akteure.					
Hans Gasser, Amt für Militär und Zivilschutz	Vorgesetzter des Kantonalen Führungsstab während der Interventionsphase				x
Mario Cavigelli, Regierungsrat	Vorgesetzter Bau-, Verkehrs- und Forstdep.				x
Magnus Rageth vom Amt für Wald und Naturgefahren AWN	Gesamtprojektleiter der drei Teilprojekte und Kommunikationsverantwortlicher		x	x	x
Matthias Kalberer, AWN, Bereichsleiter Naturgefahren	Teilprojektleiter 1				x
Andreas Huwiler, Amt für Wald und Naturgefahren AWN	Stv. Teilprojektleiter 1, Verantwortlich für Gefahrenbeurteilung	x	x		x
Marcel Roth, Tiefbauamt, Abteilung Wasserbau	Teilprojektleiter 2				x
Hansruedi Aebli, Amt für Natur und Umwelt ANU	Teilprojektleiter 3	x	x		x
4 Gemeinde Domat/Ems Als zentrale Akteurin gilt die Gemeindepräsidentin Beatrice Baselgia. Sie hat eine Gesamtsicht über die laufenden Projekte. Sie ist Ansprechperson für politische Fragen bezüglich des Gesamtprojektes und ist für die formellen Arbeiten der Gemeinde als Bauherrin verantwortlich. Zudem hat sie Sitz im Lenkungsausschuss und ist bei den Verhandlungen mit den Landwirten bezüglich Entschädigungszahlungen dabei.					
Beatrice Baselgia, Gemeindepräsidentin Domat/Ems	Bauherrschaft, Ansprechperson für politische Fragen betreffend die 3 Teilprojekte		x	x	x

Akteur	Rolle im Rahmen der Geschiebebewirtschaftung	Mitglied Begleitgruppe	Teilnahme Workshop	Interview	Information via Medien
Marcel Lerch, Leiter Forst- und Tiefbauamt Domat/Ems					x
5	Auftragnehmer im Rahmen der Teilprojekte Grundsätzlich haben die Auftragnehmer eine eher passive Rolle inne, da sie Aufträge entgegennehmen und diese umsetzen. Eine wichtige Rolle spielte Paul Cafilisch, Bodenschutzbeauftragter für die Deponie Plarenga, der bei der Vermittlung zwischen der Gemeinde und den Landbesitzern massgeblich beteiligt war.				
Dieter Federspiel, Ingenieurbüro Grünefelder	Bauleiter der Deponie Plarenga				x
Ingenieurgesellschaft HZP / IM Engineering / IUB	Erarbeitung der Vorstudie für Teilprojekt 2				x
Paul Cafilisch, CaNatura, Bonaduz	Bodenschutzbeauftragter bei der Deponie Plarenga und Vermittler bei Landeigentümer und Landwirten		x		x
6	Industrie im Areal Paleu Sura Das Industrieareal Paleu Sura ist Standort mehrerer Unternehmen. Dieser liegt in der blauen Gefahrenzone, konnte bei den Ereignissen im Jahr 2013 aber dank rascher Intervention vor Schäden bewahrt werden. Die Unternehmen im Areal Paleu Sura sind Nutzniesserinnen der getroffenen und geplanten Schutzmassnahmen, sie werden aber nicht weiter ins Projekt mit einbezogen.				
Heineken	Nutzniesser der Interventionsphase und der Schutzmassnahmen durch Teilprojekt 2				x
weitere Unternehmen	Nutzniesser der Interventionsphase und der Schutzmassnahmen durch Teilprojekt 2				x
7	Landwirtschaft / Landbesitzer Durch die Interventionsphase und das Teilprojekt 3 waren, bzw. sind insbesondere die 50 Landbesitzer und die vier Bewirtschafter des Landes, auf welchem die Deponie Plarenga erstellt wurde, betroffen. Als Vertreter der Landbesitzer wurde Theo Haas, Präsident der Bürgergemeinde Domat/Ems, welche ebenfalls Landbesitzerin bei der Deponie Plarenga ist, ins Projekt einbezogen. So auch Christian Mehli, Landbesitzer sowie Bewirtschafter und stand der Deponie Plarenga anfangs kritisch gegenüber. Auch der Landwirt Mario Canetg, der als "informeller" Vertreter der Landwirte gilt und sich bei den Verhandlungen sehr engagiert zeigte, wurde ins Projekt eingebunden.				
Christian Mehli, Chur	kritischer Landeigentümer bei der Deponie Plarenga und Bewirtschafter		x		x
Mario Canetg, Landwirt	Bewirtschafter von Land bei der Deponie und informeller Vertreter der Landwirte		x		x
Theo Haas, Präsident der Bürgergemeinde Domat/Ems	Vertreter der Bürgergemeinde Domat/Ems, Landbesitzerin bei der Deponie Plarenga		x		x
8	Stadt Chur Das Einzugsgebiet der Rufe liegt zum Teil auf dem Gemeindegebiet der Stadt Chur. Diese ist ebenfalls im Lenkungsausschuss vertreten.				
Toni Jäger, Revierförster Chur	Hat 2013 bezüglich möglicher Rutschung gewarnt				x
Urs Crotta, Oberförster	Lenkungsausschuss Stadt Chur				x
9	Verkehrsbetriebe Die Linie der Rhätischen Bahn sowie die Nationalstrasse waren von den Ereignissen 2013 betroffen und sind Nutzniesser der getroffenen und geplanten Schutzmassnahmen. Vertreter beider Verkehrsbetriebe sind auch im Lenkungsausschuss vertreten.				
Marco Fioroni, ASTRA	Lenkungsausschuss, ASTRA				x
Marco Ronchetti, ASTRA, Thusis/Bellinzona					x
Walter Schmid, Rhätische Bahn (RhB)	Lenkungsausschuss RhB				x

5.4 Geschiebeabschätzung unter Berücksichtigung des Klimawandels

Zu erwartende Entwicklung bis 2060

Das Val Parghera liegt, wie einleitend erwähnt, in einem geologischen Gebiet, das eine erhöhte Disposition für Rutschprozesse aufweist. Seit 2012 haben nasse Witterungsverhältnisse und die jährlich stattfindende Schneeschmelze den Rutschkörper im südöstlichen Einzugsgebiet des Val Parghera mehrfach reaktiviert [10]. Als Folge davon sind in der Front der Rutschung dünnflüssige Murgänge losgebrochen, welche bis weit in den Talboden reichten.

Bis 2060 ist mit intensiveren Niederschlägen zu rechnen [22], wodurch Hänge mit einer erhöhten Rutschdisposition (re-)aktiviert werden und das mobilisierte Material analog den bekannten Ereignissen von 2012/13 [13] über Murgang- oder Hochwasserprozesse in den Talboden transportiert werden kann.

Ausscheidung potentieller Rutschgebiete

Zukünftige, potentielle Rutschgebiete wurden in Analogie zum heute aktiven Rutschgebiet [40] ausgeschieden. So wurden Hänge mit gleicher geologischer Disposition, Hangneigung und Exposition mittels GIS-Analyse detektiert. Die definitive Abgrenzung der potentiellen Rutschhänge erfolgte aufgrund von Luft- und Reliefbildanalysen. Dabei wurden stabile Felsstufen als natürliche Grenzen der Rutschungen berücksichtigt.

Insgesamt wurden nebst der heute aktiven Rutschung zwei weitere Rutschgebiete ausgeschieden (vgl. Abbildung 9). Die Gründigkeit der detektierten Rutschungen wurde aufgrund von Erfahrungswerten [13] gutachterlich abgeschätzt.

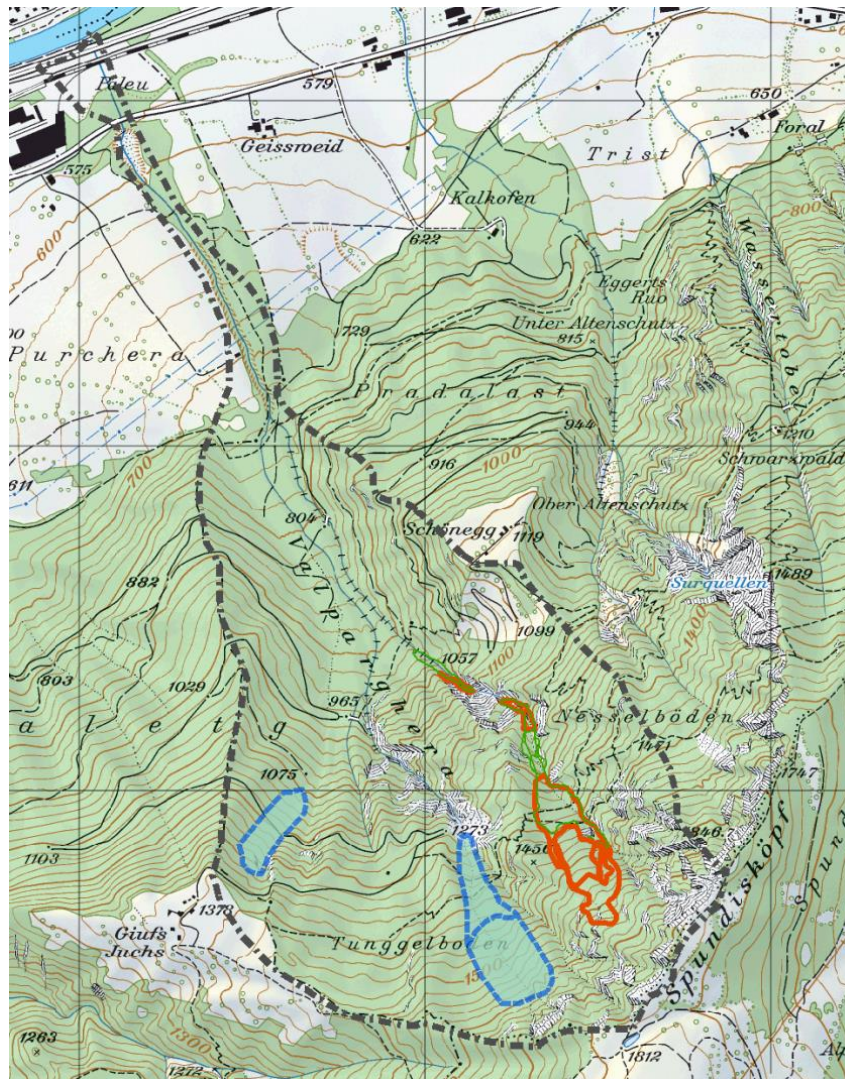


Abbildung 9: Aktiver Rutschkörper ($400'000 \text{ m}^3$, orange/grüne Flächen), Rutschung „Mitte Saletsch“ ($500'000 \text{ m}^3$, blaue Fläche Mitte), Rutschung „Gifus“ ($150'000 \text{ m}^3$, blaue Fläche links)

Abschätzung mobilisierbare Kubatur / Geschiebeszenarien

Die potentiellen, mobilisierbaren Volumina wurden basierend auf der Fläche und der Gründigkeit der Rutschkörper berechnet und mit den Volumenbilanzen der Ereignisse 2012/13 [13] plausibilisiert. Die bis 2060 zu erwartenden Szenarien der Geschiebemobilisierung inkl. Angabe der maximalen Geschiebefrachten sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Szenarien bis 2060 mit den maximal zu erwartenden Geschiebefrachten. Der Transport des mobilisierten Materials in den Talboden erfolgt über Murgang-/Hochwasserprozesse.

Wahrscheinlichkeit	Beschreibung Szenario	Kubatur mobilisierbares Rutschmaterial	Max. Geschiebefracht pro Wahrscheinlichkeits-Szenario
Gross	Praktisch vollständige Mobilisierung der bereits heute aktiven Rutschung. Die Abschätzung der Kubatur basiert auf den bestehenden Detailstudien [13].	400'000 m ³	400'000 m ³
Mittel	Aktivierung einer neuen Rutschung bei Mittel Saletsch. Die morphologische und geologische Disposition entspricht jener der heute aktiven Rutschung. In den Luftbildern sind Erosionsspuren am Fusse des potentiellen Rutschhanges ersichtlich, weshalb die Wahrscheinlichkeit einer Aktivierung als mittel eingestuft wird.	500'000 m ³	900'000 m ³
Klein	Aktivierung einer weiteren Rutschung unterhalb von Giufs. Die morphologische und geologische Disposition entspricht jener der heute aktiven Rutschung. Da im Luftbild noch keine Erosionsspuren zu erkennen sind, wird die Wahrscheinlichkeit einer Aktivierung als klein eingestuft.	150'000 m ³	1'050'000 m ³

Im Untersuchungsgebiet dominieren die Geschiebeeinträge aus den aktiven bzw. potentiellen Rutschungen die Geschiebebilanz. Daher wurde das Geschiebepotential der Murgänge, welche nicht mit den Rutschungen im Zusammenhang stehen, nicht näher untersucht.

5.5 Fazit zum Fallstudiengebiet Val Parghera

Im Einzugsgebiet der Val Parghera besteht eine aktive Rutschung, an deren übersteilter Front bei starken Niederschlagsereignissen und Schneeschmelze Geschiebepakete mobilisiert werden und abgleiten. Es ist davon auszugehen, dass ein Grossteil davon in den nächsten Jahren als Murgang in den Talboden verfrachtet wird. Die Analysen zeigen, dass die Disposition für die Aktivierung zusätzlicher Rutschkörper im Einzugsgebiet der Val Parghera besteht.

Dank rechtzeitiger Warnung und Intervention unter der Leitung des kantonalen Führungstabs konnte der Schaden durch die Ereignisse im Jahr 2013 begrenzt werden. In der Folge wurden unter der Gesamtleitung des Bau-, Verkehrs- und Forstdepartements definitive Schutzbauten zur Vermeidung (Erhöhung des Geschiebefangs und weitere Schutzdämme) sowie die Weiterführung und Vergrösserung der Deponie Plarenga zur Entsorgung des Geschiebes geplant.

Von den Schutzmassnahmen profitieren die potenziell direkt betroffenen Akteure der Industrie sowie der Verkehrsbetriebe. Für die Grundeigentümer/innen, die Landwirtschaft sowie allenfalls den Naturschutz bringen die Schutzmassnahmen hingegen negative Konsequenzen mit sich. Es zeigte sich allerdings, dass transparente und persönliche Information Kommunikation durch die Behörden zu einer grossen Akzeptanz der geplanten Massnahmen führen konnte.

Inwiefern allerdings die Schutzwirkung der geplanten Massnahmen auch unter Berücksichtigung der Geschiebeszenarien 2060 gewährleistet werden kann, ist insofern unsicher, als das zur Bemessungsgrundlage das Volumen der heute aktiven Rutschung diente.

6. Fallstudiengebiet Alpbach, Erstfeld (Kanton UR)

6.1 Naturräumliche Beschreibung

Das Einzugsgebiet des Alpbaches umfasst das Erstfeldertal und weist eine Fläche von rund 30 km² auf. Geologisch ist das Gebiet mehrheitlich durch Gneise des Altkristallins (Aarmassiv) geprägt. In den markanten Felswänden im Norden sowie in der Region Spannort sind die Schichtabfolgen des Paraautochthon (Quintenformation, Dogger, Trias) anstehend. Die Gesteine sind durch ein N-S-gerichtetes Bruchsystem überprägt.

Das Erstfeldertal wurde während der letzten grossen Vergletscherung stark ausgeräumt, weshalb heute nur eine geringe Lockergesteinsbedeckung vorliegt. Vielerorts ist der anstehende, vom Gletscher überprägte Fels sichtbar. Die Gesteine sind nur schwach tektonisch überprägt und daher grösstenteils stabil. Einzig im Gebiet „Uf den Spitzen“ sind Phänomene einer aktiven Felssackung vorhanden. Die beiden Bergsturزابlagerungen in den Gebieten „Sulzwald“ und „Hündergand“ sind Relikte von postglazialen Bergstürzen, welche sich nach dem Gletscherrückzug ereigneten. Permanente Rutschungen sind im Gebiet keine bekannt.

In den höheren Lagen des Untersuchungsgebietes sind verschiedene periglaziale Phänomene zu beobachten. Zwischen den grossen Berggipfeln erstreckt sich der kleine, immer dünner werdende Gletscher „Glatt Firn“. Permafrost tritt in den NE-exponierten Flanken des „Hinter Schloss“ sowie in den E- bis N-exponierten Flanken zwischen Schloszlücke und Ruchen auf. In den N-exponierten Talkesseln zwischen dem Mäntliser und dem vorderen und hinteren Päggenstöckli sind fossile Blockgletscher respektive alte Bastionsmoränen vorhanden.

Da das Siedlungsgebiet Taubach erheblich und grossflächig durch Hochwasser des Alpbaches gefährdet wird, ist zurzeit ein Wasserbauprojekt in Planung, um die bestehende Gefährdung zu reduzieren.

Der Alpbach wird im untersten Teil von zwei Kleinwasserkraftwerken genutzt und ist im Talboden vor der Einmündung in die Reuss kanalisiert.

Im Fallstudiengebiet Alpbach bestehen zudem zahlreiche Naturschutzgebiete, so unter anderem Flach- und Hochmoore sowie Trockenstandorte von nationaler Bedeutung sowie nationale ökologische Netzwerke REN (Feuchtgebiet, Fliessgewässer, Trockenstandorte und Wald).

6.2 Geschiebesituation heute

Am Kegelhals des Alpbaches sind gemäss Gefahrenkarte [34] bei einem 300-jährlichen Hochwasserereignis bis zu 32'000 m³ Geschiebe zu erwarten (ohne Murgänge Vorder Schattig). Dies führt zu einer vollständigen Verfüllung des Bachgerinnes. Auch im oberen Einzugsgebiet ist aufgrund der Gefällsverhältnisse mit Geschiebeablagerungen und damit einhergehenden Überflutungen (z.B. bei Bodenbergr) zu rechnen. Zusätzlich sind aus den verschiedenen murfähigen Runsen bei Vorder Schattig Feststofffrachten von bis zu 43'000 m³ (100-300 jährliches Ereignis) bzw. 64'000 m³ (Extremereignis) möglich [42]. Von den untersuchten Runsen sind aber nicht alle für den Alpbach relevant, da das Geschiebe vorher abgelagert wird.

6.3 Kontext- und Akteursanalyse

6.3.1 Kontextanalyse

Hergang der Ereignisse 2011

Infolge erheblichem Niederschlag und darauffolgendem Tauwetter, kam es im Jahr 2011 im Alpbach zu Hochwasser, das wiederum zu erheblichen Geschiebeablagerungen (Auflandung) bei Bodenbergr führte. Einen grossen Teil des Geschiebes wurde durch den Alpbach bis zu Reussmündung transportiert, von wo es weggeräumt wurde.

Massnahmen zur Geschiebebewirtschaftung

Basierend auf den bestehenden Hochwasserschutzprogrammen, welche jeweils nach den grossen Ereignissen (1977, 1987, 2005) konzipiert wurden, beschloss der Kanton Uri 2008 einen umfassenden Massnahmenplan für den Kanton zu erarbeiten, der sich auf die Gefahrenkartierungen stützt. In diesem Massnahmenplan 2008-2019 ist auch ein Hochwasserschutzprojekt am Alpbach vorgesehen, für welches bis Ende 2014 ein Variantenstudium durchgeführt werden soll.

Das Gebiet Taubach/Spätach bei Erstfeld ist erheblich durch Überflutung und Übersarung des Alpbaches gefährdet. Zahlreiche Gebäude liegen im roten und blauen Gefahrenbereich und unterliegen daher entsprechenden Nutzungsaufgaben. Die heutige Problematik ergibt sich hauptsächlich aus der zu geringen Geschiebetransportkapazität im Talboden und damit verbundenen Auflandungen sowie einem Rückstau des Alpbaches im Falle einer hochwasserführenden Reuss.

Noch hat der Kanton keine konkreten Varianten definiert. Es müssen zuerst weitere Abklärungen getroffen werden, insbesondere zur Systematik der Geschiebelieferung im Alpbach (Eingangsgrosse, Abflusskapazität, etc.). Während die Möglichkeit einer Ausweitungsmassnahme im Dorf aufgrund der Platzverhältnisse und des zu geringen Gefälles der Reuss ausgeschlossen ist, bestehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten, um die genannte Problematik der Auflandungen in den Griff zu bekommen:

- Geschiebesammler bei relevanten Seitenbächen und Retentionsfläche bei Bodenbergr
- Geschiebesammler ausgangs der Schlucht, oberhalb Taubach

Die zweite Variante hätte den Vorteil, dass das Geschiebe aus dem gesamten Einzugsgebiet zurückgehalten werden könnte. Hinzu kommt, dass die erste Variante als weder wirtschaftlich noch praktisch umsetzbar eingeschätzt wird, da es einerseits viele geschiebeliefernde Seitengerinne gibt und andererseits die Platzverhältnisse im Bereich der Flachstrecke beschränkt sind. Bei der Auswahl einer der Varianten zieht der Kanton die involvierten Akteure mit ein. Nebst der Bürgergemeinde gehören auch der Landschaftsschutz bezüglich deren Gestaltungsanliegen, der Gewässerschutz sowie allfällige Kraftwerksbetreiber dazu.

Dem Gewässerschutz ist insofern Beachtung zu schenken, als dass die geplante Schutzmassnahme am Alpbach geschiebedurchgängig gemäss GSchV sein muss bzw. den Geschiebehaushalt des Alpbaches nicht massgebend beeinträchtigen darf. Weiter sind die kantonalen strategischen Planungen zur Sanierung des Geschiebehaushaltes sowie weitere stra-

tegische Planungen (Fischgängigkeit, Schwall-Sunk, Revitalisierung) im Rahmen der Massnahmenplanung zu berücksichtigen.

Am Alpbach stehen zurzeit zwei Kraftwerkprojekte zur Diskussion: Die Kraftwerk (KW) Erstfeldertal AG möchte ein einstufiges Wasserkraftwerk bauen. Die Wasserfassung ist im Bereich Bodenbergraben, die Zentrale mit Turbinierung im Bereich Niederhofen vorgesehen⁹. Dieses Kraftwerkprojekt steht in keinem Konflikt zu einem möglichen Geschiebesammler ausgangs Schlucht oberhalb Taubach. Das zweite Kraftwerkprojekt der Kraftwerk Alpbach AG sieht ein zweistufiges Kraftwerkprojekt am Alpbach vor. Die Wasserfassung der unteren Stufe würde im Bereich Schopfen zu liegen kommen, die Turbinierung im Bereich des Geschiebesammlers ausgangs der Schlucht oberhalb Taubach. Hier besteht somit ein Konfliktpotenzial zwischen einem allfälligen Kraftwerk und dem Geschiebesammler.

Als weitere Massnahme wurden im Richtplan des Kantons Uri Standorte für Geschiebedepotien im Ereignisfall ausgeschieden, so auch der Standort Seewadi in Erstfeld (Deponievolumen rund 23'000 m³). Das Bewilligungsverfahren ist noch nicht abgeschlossen. Dieses sieht vor, dass der Standort in die Nutzungsplanung der Gemeinde aufgenommen wird. Hier könnte es zu einem Konflikt mit Gewässerschutzarealen und dem Strassennutzungsplan bei der Deponiezufahrt kommen. Nach einer erfolgreichen Umzonung muss das Projekt abschliessend zur Baureife gebracht werden. Dazu wird das Amt für Tiefbau (Abteilung Wasserbau) eine Anhörung mit den verschiedenen Anspruchsgruppen (Grundeigentümer, Naturschutz, Landwirte. etc.) durchführen, um deren Anliegen aufzunehmen. Dadurch soll die Baufreigabe im Bedarfsfall rasch erteilt werden bzw. die Baubewilligung wird im Ereignisfall nachträglich erteilt. Eine UVP ist aufgrund des geringen Volumens nicht notwendig.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Das Gewässerschutzgesetz (GSchG / GSchV) auf Bundesebene beauftragt die Kantone für Revitalisierungen und Gewässersanierungen (Schwall - Sunk, Geschiebehaushalt, Fischwanderung) sowie für die extensive Bewirtschaftung und Gestaltung des Gewässerraums zu sorgen. Für den Bereich Wasserbau sind zudem folgende Bundesgesetze relevant: Wasserbaugesetz (WBG / WBV), Bundesgesetz über den Wald (WaG / WaV), Bundesgesetz über die Fischerei (BGF / VBGF) sowie Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG / NHV).

Das Wasserbaugesetz des Kantons Uri (WBG) hält fest, dass die Gewässer so auszubauen und zu unterhalten sind, dass Wasser, Geschiebe und Schnee abfliessen können und eine Gefährdung von Bauwerken und genutztem Boden möglichst vermieden werden kann (Art. 3, WBG). Der Kanton ist dabei für den Unterhalt von öffentlichen Gewässern (wie auch des Alpbachs) verpflichtet. Die Seitengewässer des Alpbachs sind hingegen im Besitz der Korporation Uri, wonach diese für den Unterhalt verantwortlich sind. Das Geschiebevorkommen in den Gewässern gehört deren jeweiligen Besitzern.

⁹ Bei diesem Projekt besteht ein Konfliktpotenzial mit der Trinkwassernutzung, da mit dessen Realisierung drei Trinkwasserquellen der Gemeinde und diverse Quellen Privater nicht mehr oder nur noch teilweise genutzt werden könnten.

Zuständigkeiten und Organisation der Geschiebebewirtschaftung

Das Gewässerschutzgesetz auf Bundesebene beauftragt die Kantone für Revitalisierungen und Gewässersanierungen (Schwall - Sunk, Geschiebehaushalt) sowie für die extensive Bewirtschaftung und Gestaltung des Gewässerraums zu sorgen.

Im Kanton Uri ist das Amt für Tiefbau, Abteilung Wasserbau, verantwortlich für den Hochwasserschutz sowie die wasserbaupolizeilichen Aufgaben der öffentlichen oberirdischen Gewässer.

Im Ereignisfall sind zuerst die Gemeinden verantwortlich für die Geschiebebewirtschaftung. Nach Bedarf steht ihnen das Amt für Tiefbau mit Rat zu Seite. In Notsituationen kann ein kantonaler Führungsstab einberufen werden.

Finanzierung der Massnahmen

Für den Hochwasserschutz – darunter fällt auch die Geschiebebewirtschaftung – gibt der Kanton Uri einen Rahmenkredit vor. Zudem werden die Hochwasserschutzprojekte auch mit Beiträgen des Bundes unterstützt. Gemäss Art. 27 des kantonalen Wasserbaugesetzes können auch «allfällige Nutzungsberechtigte», «besonders bevorteilte Dritte» (z.B. SBB, VBS) und/oder Verursacher (z.B. Kraftwerksbetreiber) zur Mitfinanzierung verpflichtet werden.

6.3.2 Akteursanalyse

Für die Fallstudienregion Alpbach / Erstfeldertal konnten verschiedene Akteursgruppen identifiziert werden. Nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über alle für die Geschiebebewirtschaftung relevanten Akteure im Fallstudiengebiet Alpbach / Erstfeldertal und fasst zusammen, wie diese im Rahmen des Projektes einbezogen wurden.

Tabelle 4: Relevante Akteure

Akteur	Rolle im Rahmen der Geschiebebewirtschaftung	Mitglied Begleitgruppe	Teilnahme Workshop	Interview	Information via Medien
1 Kanton Uri					
Von Seiten des Kantons sind mehrere Akteure direkt oder indirekt in die Geschiebebewirtschaftung im Fallstudiengebiet Albach / Erstfeldertal involviert. Dabei vertreten die verschiedenen Ämter teilweise unterschiedliche Interessen. Besonders wichtig im Rahmen dieses Projekts ist das Amt für Energie insbesondere im Zusammenhang mit dem möglichen Konflikt im Albach (Kraftwerk – Geschiebesammler), das Amt für Raumentwicklung, das die Interessen des Natur- und Landschaftsschutzes vertritt sowie das Amt für Forst und Jagd, welches unter anderem für den Bereich Naturgefahren verantwortlich ist. Weiter relevant für dieses Projekt ist das Amt für Umweltschutz, welches für Umwelt- und Klimafragen verantwortlich ist. Die Verantwortung für Wasserbau und Hochwasserschutz liegt beim Amt für Tiefbau, weshalb die drei Vertreter stärker ins Projekt einbezogen werden.					
Alexander Imhof, Vorsteher Amt für Umweltschutz, (Gesundheits- Sozial- & Umweltdirektion)	Verantwortlich für den Umweltschutz (inkl. Gewässerschutz beim Wasserbau und der Geschiebebewirtschaftung)		x	x	x
Christian Wüthrich, Amt für Umweltschutz, (Gesundheits- Sozial- & Umweltdirektion) Abteilung Gewässerschutz	Zuständig für Themenbereich Klimawandel und im Rahmen des Gewässerschutzes in Geschiebebewirtschaftung involviert (Geschiebeentnahme, etc.)	x	x		x
Stefan Flury, Vorsteher Amt für Tiefbau (Baudirektion)	Kantonsingenieur		x		x
Ernst Philipp, Amt für Tiefbau Abteilungsleiter Wasserbau	Verantwortlich für das Hochwasserschutzprogramm des Kantons Uri	x	x	x	x
Paul Baumann, Amt für Tiefbau (Baudirektion)	Projektleiter Hochwasserschutzprojekt Albach	x	x		x
Guido Scheiber, Vorsteher Amt für Energie (Baudirektion)	Schnittstelle Energiewirtschaft – Verwaltung		x		x
Georges Eich, Vorsteher Amt für Raumentwicklung (Justizdirektion)	Vertritt u.a. die Interessen des Natur- und Landschaftsschutzes	x	x		x
Marco Ackermann, Amt für Raumentwicklung (Justizdirektion), Raumplaner	Zuständig für Raumplanung				x
Markus Baumann, Vorsteher Amt für Landwirtschaft (Volkswirtschaftsdirektion)	Vertritt die Interessen der Landwirtschaft (Schnittstelle Landwirtschaft – Verwaltung)				x
Beat Annen, Vorsteher Amt für Forst und Jagd (Sicherheitsdirektion)	Zuständig für den Wald und Schutzwald				x
Lukas Eggimann, Amt für Forst und Jagd (Sicherheitsdirektion), Abteilung Naturgefahren	U.a. zuständig für Naturgefahren	x	x		x
2 Gemeinde Erstfeld					
Im Ereignisfall ist die Gemeinde verantwortlich für die Geschiebebewirtschaftung.					
Werner Zraggen, Gemeindepräsident	Verantwortlich für Geschiebebewirtschaftung im Ereignisfall		x		x
Pia Tresch, Gemeinderätin (sowie Präsidentin von Pro Natura Uri)	Bei Naturschutzfragen involviert		x		x
3 Korporationsbürgergemeinde Erstfeld					
Der Kanton Uri zählt 20 Gemeinden, welche jede aus der politischen und der Korporationsbürgergemeinde besteht. Der Exmatrikulationsbescheinigung Erstfeld obliegt die Nutzung des Bodens der Korporation Uri in ihrem Gemeindegebiet. Der Kanton gibt der Korporationsbürgergemeinde Erstfeld zudem den Auftrag für den Unterhalt von Schutzbauten, die Überwachung von Naturgefahren, forstpolizeiliche Aufgaben und den Gewässerunterhalt.					
Peter Zraggen, Präsident	Vertreter der Korporationsbürgergemeinde Erstfeld				x

Akteur	Rolle im Rahmen der Geschiebebewirtschaftung	Mitglied Begleitgruppe	Teilnahme Workshop	Interview	Information via Medien
Pius Walker, Betriebsleiter, Förster	Vertreter der Korporationsbürgergemeinde Erstfeld		x		x
4	Korporation Uri Der Kanton Uri kennt zwei Korporationen, zwei öffentlich-rechtliche Körperschaften mit eigener Gesetzgebung, die jedoch der Rechtskontrolle des Kantons unterstehen. Es sind dies die Korporation Ursern, welche das Gebiet des Hochtals Ursern umfasst, und die Korporation Uri. Ihr Gebiet erstreckt sich von der Schöllenen bis an den Urnersee. Die Korporationen sind Besitzer von Land und Gewässern, wie die Seitengewässer des Alpbachs. Da im Fallstudiengebiet grosse Flächen im Besitz der Korporation Uri sind, ist auch sie ein betroffener Akteur.				
Rolf Infanger, Geschäftsführer	Vertreter der Korporation Uri				x
5	Betroffene Grundeigentümer / Hausbesitzer Zu den betroffenen Grundeigentümern und Hausbesitzer zählen jene Akteure, deren Eigentum entweder durch mögliche Überflutungen und Übersarungen gefährdet und/oder durch die Geschiebebewirtschaftung betroffen ist. Dabei kann die Betroffenheit positiv sein, wenn beispielsweise das Eigentum durch Massnahmen besser geschützt wird, oder aber negativ, wenn z.B. ein Gebäude einer Geschiebedeponie oder einem Schutzbauwerk weichen muss. Da noch keine definitive Variante zur Geschiebebewirtschaftung feststeht, ist noch nicht klar, welche Grundeigentümer/Hausbesitzer inwiefern betroffen sein werden. Aus diesem Grund werden diese Akteure zum jetzigen Zeitpunkt nicht weiter ins Projekt einbezogen.				
Grundeigentümer / Hausbesitzer					x
6	Kraftwerke (Nutzung der Wasserkraft) Es besteht zurzeit eine Absichtserklärung der Gemeindewerke Erstfeld (EW Erstfeld) und das EW Altdorf zusammen mit dem Kanton Uri die Kraftwerk Erstfeldertal AG zu gründen. Dieses Partnerwerk plant ein Wasserkraftwerkprojekt, dessen Zentrale zur Turbinierung in Niederhofen vorgesehen wäre. Das andere Projekt der Kraftwerk Alpbach AG sieht ein zweistufiges Kraftwerkprojekt am Alpbach vor. Die Turbinierung der unteren Stufe würde im Bereich des Geschiebesammlers ausgangs der Schlucht oberhalb Taubach zu liegen kommen. Es besteht ein Konfliktpotenzial zu einem möglichen Geschiebesammler. Beide Projekte haben einen Einfluss auf den Geschiebetrieb im Alpbach. Vertreter beider Projekte wurden zur Erarbeitung und Beurteilung von Lösungskonzepten ins Projekt mit einbezogen.				
Gemeindewerk Erstfeld: Vertreter Peter Dittli	Mitinhhaber KW Erstfeldertal AG		x		x
EW Altdorf	Mitinhhaber KW Erstfeldertal AG				x
Paul Furrer, Vertreter KW Alpbach AG (gleichzeitig Besitzer einer Wasserquelle)	Besitzer eines KWKW, privater Akteur, Vertreter KW Alpbach AG		x		x
7	Landrat (Kantonsparlament) Der Landrat, das Kantonsparlament des Kantons Uri, ist indirekt vom Projekt betroffen und wird via Medien über laufende Aktivitäten im Projekt informiert.				
Vinzenz Arnold, Landrat	Präsident der landrätlichen Baukommission				x
Paul Jans, Landrat	Gewerbevertreter				x
8	Tourismus Von den Geschiebemassen sind Wanderwege bedroht, so auch jene Wege die zur Kröntenhütte führen.				
Markus Wyrsh	Hüttenwart der SAC-Kröntenhütte (ggf. betroffene Wanderwege)		x		x
Wanderwege: Georges Eich, Vorsteher Amt für Raumplanung	Verantwortlich für die Sicherheit der Wanderwege				x
9	Umweltverbände Die Umweltverbände gilt es bezüglich den naturschutzrelevanten Fragen mit einzubeziehen. Dazu gehören der potenzielle Konflikt mit Gewässerschutzarealen bei der Deponie Seewadi sowie die möglichen Auswirkungen für Flora und Fauna durch allfällige Schutzbauten.				
Pro Natura: Geschäftsstelle: Pia Tresch (gleichzeitig Gemeinderätin Erst-	Naturschutzrelevante Fragestellungen, z.B. betreffend der Deponie und der Geschiebeentnahme		x		x

Akteur	Rolle im Rahmen der Geschiebebewirtschaftung	Mitglied Begleitgruppe	Teilnahme Workshop	Interview	Information via Medien
feld)					
WWF Uri: Geschäftsstelle: Urs Brütsch	Naturschutzrelevante Fragestellungen, z.B. betreffend der Deponie und der Geschiebeentnahme				x
10 Wasserversorgung / Trinkwasser Der Bau eines Wasserkraftwerks im Bereich Bodenbergr, wie von der KW Erstfeldertal AG vorgesehen, würde die Erstfelder Trinkwasserversorgung beeinträchtigen. Gemäss Gewässerschutzgesetz dürften die sich weiter talwärts befindlichen Quellen nicht mehr genutzt werden. Dieser Konflikt steht jedoch nicht im direkten Zusammenhang mit der Geschiebebewirtschaftung.					
Gemeindewerke Erstfeld: Peter Dittli (gleichzeitig Vertreter KW Erstfeldertal AG)	Trinkwasserversorgung von Erstfeld		x		x
Paul Furrer (gleichzeitig Vertreter KW Alpbach AG)	Privater Besitzer einer Wasserquelle		x		x

6.4 Geschiebeabschätzung unter Berücksichtigung des Klimawandels

In Anbetracht der Klimaszenarien 2060 werden folgende Entwicklungen im Erstfeldertal erwartet (vgl. auch Abbildung 10):

- Die Gletscher- und Firnfelder des Glatt Firn schmelzen bis auf ein kleines Reststück in der Mulde zwischen Gross Spannort – Glatt Stock und Zwächten ab.
- Es ist zu erwarten, dass nach dem Gletscherrückzug grossflächige Lockermaterialvorkommen im Gebiet zwischen Gross Spannort und Schlossberglücke zum Vorschein kommen, wobei das erwartete Schuttpotential (d.h. Mächtigkeit) gering ist (vgl. Abbildung 10).
- Permafrostvorkommen beschränken sich heute auf die nordexponierten Hänge sowie auf Gebiete über 2'700 m ü. M. In sämtlichen Gebieten sind Veränderungen in der Auftautiefe und der Permafrosttemperatur zu erwarten.
- Die Sackung „Uf der Spitzen / Hinter Schattig“ wird infolge erhöhten Niederschlägen aktiviert (kleine Wahrscheinlichkeit).
- In den nordexponierten Flanken ist u.a. durch zunehmende Verwitterung eine erhöhte Sturzaktivität zu erwarten.
- Infolge auftauendem Permafrost ist im Gebiet „Hinter Schloss“ mit kleiner Wahrscheinlichkeit ein Felssturz (ca. 100'000 m³) möglich. Der potentielle Ausbruch reicht bis in den Talboden, wobei dort lediglich die Hälfte des Ausbruches abgelagert wird. Das restliche Material bleibt in den Flachstücken der Transitstrecke liegen.
- Grosse spontane oder permanente Rutschprozesse werden nicht erwartet.

Gemäss ersten Studienresultaten der ETH Zürich (Publikation in Vorbereitung) ist durch den Klimawandel mit einer Zunahme der Niederschlagsintensitäten (vor allem auch der konvektiven Niederschläge, d.h. Gewitter) zu rechnen. Durch diese Zunahme sowie den gleichzeitigen Gletscherrückzug und der damit einhergehenden fehlenden Abflusssdämpfung ist davon auszugehen, dass in Zukunft vermehrt höhere Spitzenabflüsse zu erwarten sind. Dadurch nehmen auch die Geschiebemobilisierung und der -transport zu.

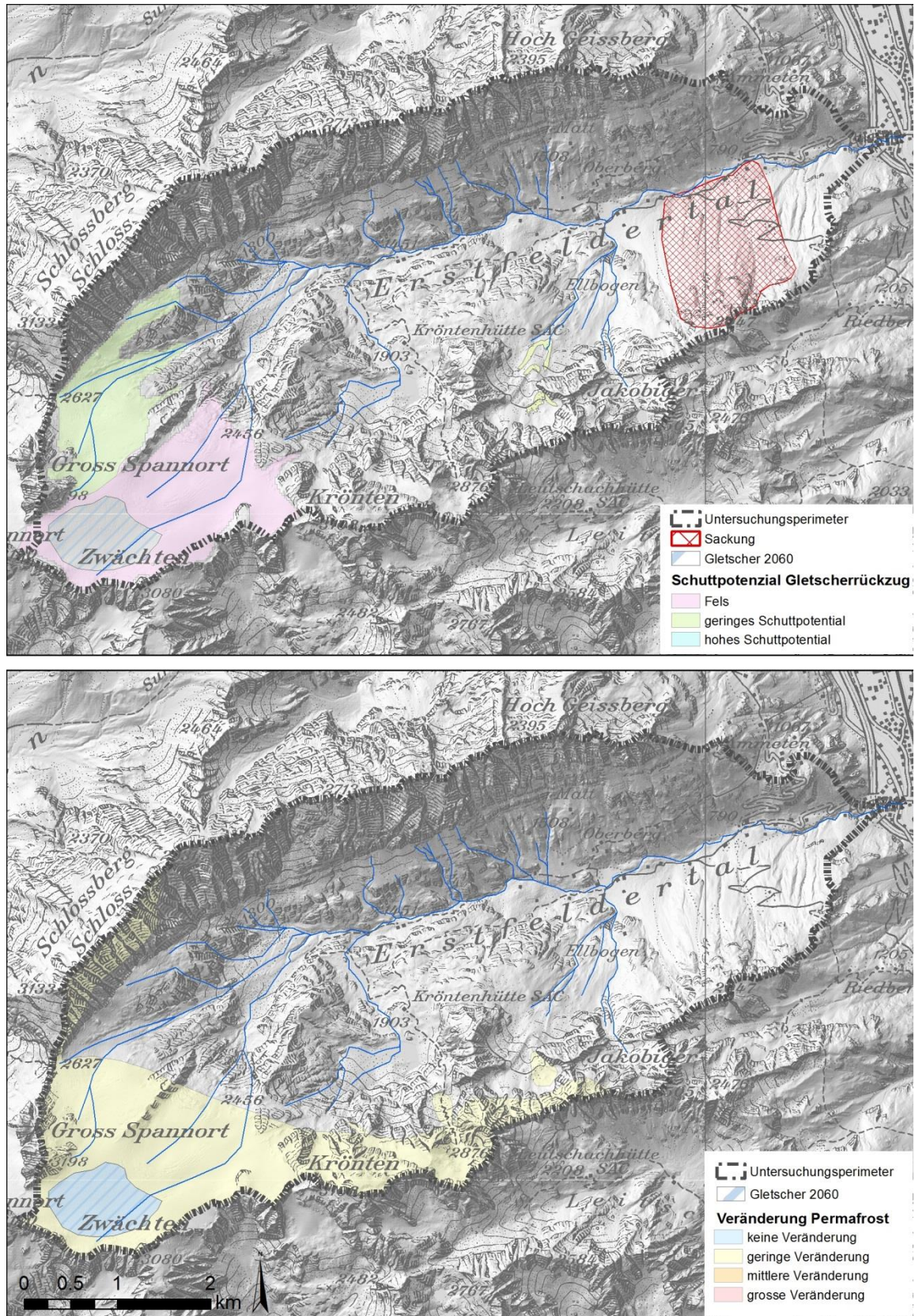


Abbildung 10: Zu erwartende Entwicklung im Untersuchungsgebiet des Alpbaches bis 2060 gemäss Methodik GHKperiGlazial.

Die Geschiebemanagement des Alpbachs wurde gemäss der Methodik für Geschiebemanagement der GHKperiGlazial beurteilt. Hierbei werden die Geschiebeeinträge (Geschiebepotential) in das Gerinne an gewissen Schlüsselstellen (insbesondere Flachstrecken) mit der Transportkapazität des Baches verglichen und der jeweilige limitierende Faktor weiterverwendet.

Die Szenarien bezüglich der Veränderung der Geschiebefrachten bis 2060 wurden aufgrund der durch den Gletscherrückzug freigelegten Geschiebeherde sowie der zunehmenden Auftaumächtigkeit bzw. der abnehmenden räumlichen Verbreitung des Permafrostes hergeleitet. Eine Aktivierung der Sackungsmasse bei Hinter Schattig ist für die Geschiebeeinträge in den Alpbach vernachlässigbar.

Das Geschiebepotential wurde sowohl für das Jahr 2013 – unter Berücksichtigung der aktuellen klimatischen Verhältnisse – als auch für die erwarteten klimatischen Verhältnisse von 2060 berechnet. Der Vergleich der beiden Zeitpunkte 2013 und 2060 zeigt, dass bis 2060 im Einzugsgebiet des Alpbachs generell mit einer Zunahme des Geschiebepotentials von rund 80 % gerechnet werden muss (siehe Tabelle 5). Dieses zusätzliche Geschiebe stammt ausschliesslich aus dem heute noch vergletscherten Bereich nordöstlich des Gross Spannort (vgl. Abbildung 10). Das heute noch vergletscherte Gebiet „Glatt Firn“ zwischen Gross Spannort, Zwächten und Graw Stock liegt hingegen vorwiegend im Bereich von anstehendem Fels, so dass hier auch bei einem Gletscherrückzug nur wenige neue Geschiebeherde freigelegt werden können. Auch aus dem schuttreichen Gebiet östlich des Graw Stocks kann nur wenig Geschiebe in den Alpbach transportiert werden, da die unterhalb liegenden Seen als „Sedimentfalle“ wirken.

Tabelle 5: Geschiebepotential Alpbach 2013 / 2060

Geschiebepotential Einzugsgebiet Alpbach (bis Kegelhal)	
unter heutigen Verhältnissen 2013	55'000 m ³
unter Verhältnissen 2060	100'000 m ³

Das Geschiebe, das bis 2060 zusätzlich aus dem oben beschriebenen Gebiet nordöstlich des Gross Spannort mobilisiert werden kann, wird jedoch bereits im Bereich der Flachstrecken (siehe Abbildung 11) im Mittellauf des Alpbachs – insbesondere im Bereich Chüeplangg und Bodenber – abgelagert und führt aufgrund der dort limitierten Transportkapazität des Baches kaum zu einer Erhöhung der Geschiebeeinträge in Erstfeld (vgl. nachfolgende Ausführungen).

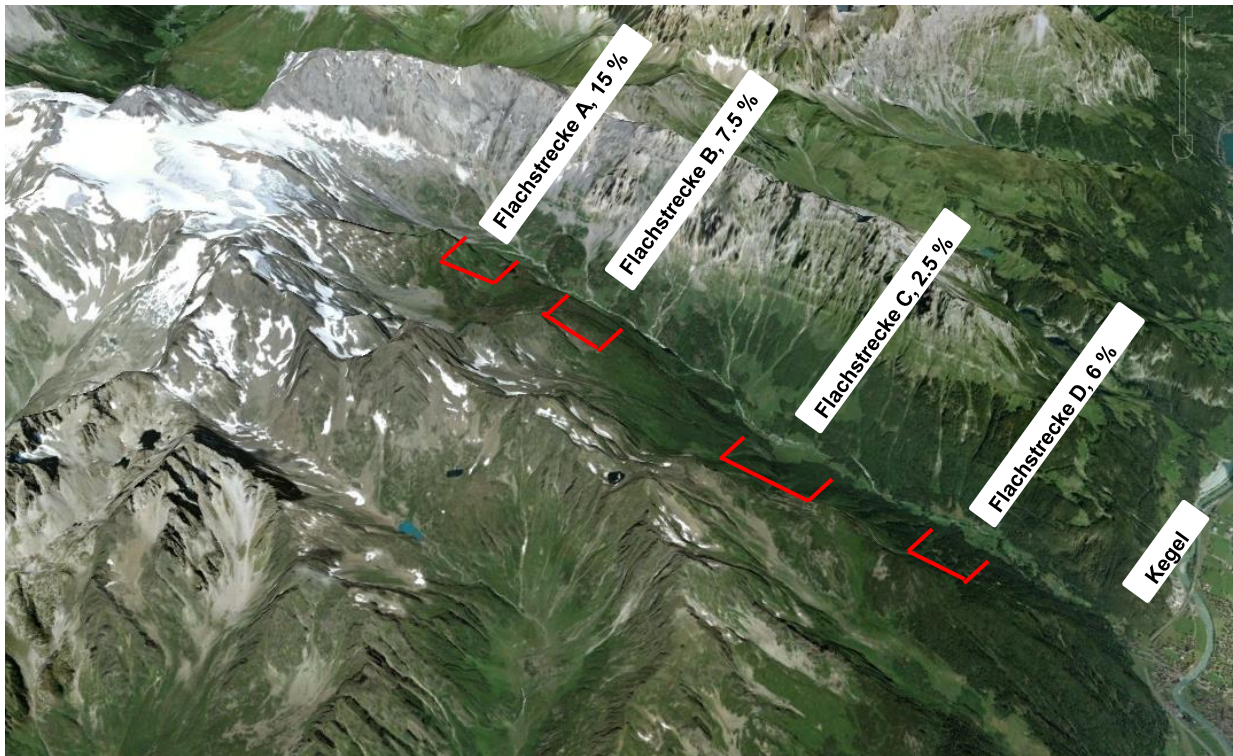


Abbildung 11: Einzugsgebiet des Alpbaches mit den Flachstrecken, in welchen die Geschiebetransportkapazität reduziert ist (Satellitenbild: Google Earth).

Bis zur **Flachstrecke A** („Uf den Gründen“) besteht unter heutigen Verhältnissen ein Geschiebepotential von rund 25'000 m³. Bis 2060 ist eine Zunahme auf rund 70'000 m³ zu erwarten.

Nach einer kurzen Steilstufe folgt im Bereich **Chüeplangg (Flachstrecke B)** wiederum eine leichte Gefällsreduktion; die lokale Geschiebetransportkapazität beträgt hier 30'000 m³. Somit sind unter heutigen Verhältnissen keine Ablagerungen zu erwarten, bis 2060 allerdings bis zu 40'000 m³.

Nach einer erneuten Steilstufe folgt die **Flachstrecke C (Bodenberg)**, in welcher aufgrund der sehr geringen Transportkapazität (ca. 6'000 m³) rund 30'000 m³ (heute) bzw. 35'000 m³ (2060) Geschiebe abgelagert werden können.

Entlang der **Flachstrecke D (Schwybogen)** ist die Geschiebetransportkapazität mit rund 23'000 m³ grösser als der Geschiebeeintrag, sowohl unter heutigen wie auch unter zukünftigen klimatischen Verhältnissen (maximal rund 21'000 m³). Es ist daher weder unter den heutigen Verhältnissen noch 2060 mit erheblichen Ablagerungen zu rechnen.

Bis zum **Kegel** ist mit einer Geschiebefracht von rund 28'000 m³ zu rechnen. Nebst dem Geschiebeeintrag aus der Flachstrecke D kann im Gerinneabschnitt zwischen der Flachstrecke D und dem Kegel noch zusätzliches Geschiebe mobilisiert werden, wobei sich die Volumina bis 2060 nicht massgebend erhöhen¹⁰. Aufgrund der Gefällsreduktion liegt die Transportkapazität auf dem Kegel bei durchschnittlich 10'000 m³, wodurch Ablagerungen im Kegelbereich von Taubach/Erstfeld von rund 18'000 m³ resultieren.

¹⁰ Der zusätzliche Geschiebeeintrag aus den Runsen „**Vorder Schattig**“ ist im nachfolgenden Kapitel beschrieben und wurde aufgrund der Unsicherheiten nicht in die vorliegende Geschiebefrachtberechnung einbezogen.

Murgänge Vorder Schattig

Bei den oben beschriebenen Geschieberechnungen des Alpbaches wurden die Geschiebeeinträge durch die Murgänge aus dem Gebiet Vorder Schattig nicht mitberücksichtigt. Grund dafür ist, dass die minimal zulässige Einzugsgebietsgrösse der Runsen im Gebiet „Vorder Schattig“ gemäss der Methodik GHKperiGlazial unterschritten wird.

Diese Methodik schätzt die Geschiebezunahmen, welche durch tauenden Permafrost, die Freilegung neuer Geschiebeherde bei Gletscherrückzug und durch eine künftige Zunahme der Niederschläge bedingt sind, anhand einer Erosionsleistung pro Laufmeter Bachgerinne ab. Die verwendeten Erosionsleistungen wurden dabei in grossen Einzugsgebieten kalibriert, deren Murgang-Anrissgebiete im periglazialen Bereich liegen. Entsprechend ist eine Geschiebeabschätzung mit diesen Erosionsleistungen für Gräben mit kleinen Einzugsgebieten ausserhalb des Permafrostes – wie dies bei den Gräben Vorder Schattig der Fall ist – nicht geeignet.

Dennoch wurde für die Gräben „Vorder Schattig“ eine grobe Geschiebeabschätzung vorgenommen. Infolge des Fehlens von Permafrost oder Gletschern wurde aber ausschliesslich die Veränderung der Niederschlagsbedingungen im Einzugsgebiet berücksichtigt. Damit das Kriterium der Einzugsgebietsgrösse erfüllt wird, wurden die Kleinst-einzugsgebiete der verschiedenen Runsen in ein grosses Einzugsgebiet zusammengefasst. Die Resultate sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Geschiebepotential 2060 gemäss Methodik GHKperiGlazial im Vergleich zur bestehenden Gefahrenkarte für die Gräben „Vorder Schattig“.

Geschiebepotential heute gemäss Studie Vorder Schattig [42]	100- bis 300-jährlich	EHQ
	22'000 - 26'000 m ³	37'500 - 39'000 m ³
Geschiebepotential 2060 gemäss GHKperiGlazial	mittlere Wahrscheinlichkeit	kleine Wahrscheinlichkeit
	20'000 - 25'000 m ³	55'000 - 65'000 m ³

Die Resultate gemäss Tabelle 6 zeigen, dass die zu erwartenden Geschiebekubaturen (mittlere Wahrscheinlichkeit, gemäss Methodik GHKperiGlazial) bis ins Jahr 2060 in einer ähnlichen Grössenordnung liegen wie das Geschiebepotential eines 100- bis 300-jährlichen Ereignisses aus der bestehenden Gefahrenkarte [42]. Mit einer kleinen Wahrscheinlichkeit kann das Geschiebevolumen bis 2060 auf rund 55'000 bis 65'000 m³ ansteigen.

6.5 Fazit zum Fallstudiengebiet Alpbach

Bereits heute kann gemäss bestehender Gefahrenkarte bis zu 32'000 m³ Geschiebe durch den Alpbach in den Talboden bei Erstfeld transportiert werden. Weitere Untersuchungen zeigen, dass auch die murfähigen Runsen bei Vorder Schattig bereits heute grosse Geschiebemengen in den Alpbach eintragen können.

Durch den Gletscherrückzug sowie den Rückzug des Permafrostes nimmt das Geschiebepotential im Einzugsgebiet zu. Aufgrund der vorhandenen Flachstellen im Gerinne wird aber ein Grossteil des Geschiebes im oberen Einzugsgebiet abgelagert, was aufgrund der Abgele-

genheit eine Herausforderung für die Geschiebemanagement darstellt. Auf dem Kegel im Talboden ist aufgrund der limitierten Geschiebetransportkapazität im oberen Einzugsgebiet mit keiner massgebenden Veränderung der Geschiebesituation zu rechnen. Allerdings besteht die Möglichkeit, dass sich die Geschiebeeinträge durch die murfähigen Runsen bei Vorder Schattig aufgrund intensiveren und häufigeren Starkniederschlägen erhöhen und dadurch eine Akzentuierung der Geschiebeproblematik im Talboden entstehen könnte.

Zur Vermeidung von Schäden im Siedlungsgebiet Taubach/Spätach stehen zwei mögliche Varianten von Geschiebesammlern zur Diskussion. Noch ist nicht entschieden, welche der Varianten umgesetzt werden soll, doch werden Vorteile für jene Variante geltend gemacht, bei der ein Geschiebesammler ausgangs der Schlucht, oberhalb Taubach gebaut würde. Bei dieser Variante muss aber insbesondere das Konfliktpotenzial mit allfälligen Kraftwerkprojekten berücksichtigt werden.

Bezüglich der ausgeschiedenen Deponie Seewadi, scheint das Deponievolumen von rund 23'000 m³ unter Berücksichtigung der erwarteten Geschiebemengen zu gering. Weitere Möglichkeiten zur Entsorgung oder nach Möglichkeit zur Verwertung, gilt es zu klären.

7. Lösungsansätze, Akteure und Rahmenbedingungen

7.1 Einleitung

Unter Einbezug der involvierten Akteure aus den drei Fallstudiengebieten wurden praxistaugliche Lösungskonzepte in Form von Massnahmenblättern erarbeitet, welche als Planungsgrundlage zur Geschiebebewirtschaftung im Rahmen eines sich ändernden Klimas dienen können. Im nachstehenden Kapitel 7.2 werden die Massnahmenblätter bzw. deren konzeptueller Aufbau beschrieben. Für inhaltliche Details sei auf die Massnahmenblätter in Anhang 1 verwiesen.

Als Hilfsmittel für die kantonalen Fachstellen oder die planenden Fachbüros findet sich in den Kapiteln 7.3 und 7.4 zusätzlich eine Auflistung von Akteuren und gesetzlichen Rahmenbedingungen auf Bundesebene, die es bei der Planung von Massnahmen zur Geschiebebewirtschaftung zu berücksichtigen gilt.

Die Massnahmenblätter sowie die weiteren Hilfsmittel sollen der Erarbeitung einer umfassenden Strategie (vgl. Kapitel 9) dienen.

7.2 Massnahmenblätter

Die Massnahmenblätter sind nach den Strategien **Vermeiden, Verwerten, Entsorgen und organisatorische Massnahmen** kategorisiert. Die im Rahmen des vorliegenden Projektes erarbeiteten Lösungsansätze und deren Kategorisierung sind in Tabelle 7 aufgelistet. In Anlehnung an das integrale Risikomanagement [4] wurde zusätzlich die Zuteilung zur Phase Prävention oder Intervention vorgenommen.

Die Faktenblätter beinhalten eine **Beschreibung** der Massnahme sowie beispielhafte Bilder. Unter dem **Ziel** wird nebst der angewendeten Strategie (Rückhalt, Entnahme, Dosierung, etc.) auch die zeitliche Komponente der Massnahme (temporär, kurz- oder langfristig, etc.) beschrieben. Auch werden die **Wirkung** sowie stichwortartig die **Vor- und Nachteile** der Massnahme aufgelistet.

Unter **Anwendungsbereiche** werden die notwendigen Rahmenbedingungen beschrieben, unter welchen die Massnahmen umgesetzt werden können. Darunter können beispielsweise die Gefällsverhältnisse (Talflüsse, Wildbäche), die Lage (Schutzgebiet, Peripherie, Siedlungsbereich, etc.) oder der Anwendungszeitpunkt (Prävention, Intervention, etc.) fallen. In diesem Abschnitt sind auch die notwendigen **Massnahmenkombinationen** beschrieben¹¹.

Die Massnahmenblätter beinhalten zudem auch eine Einschätzung der **Auswirkungen des Klimawandels** auf den Lösungsansatz bzw. in welcher Art und wie flexibel diese berücksichtigt werden können.

Schliesslich werden **Fallbeispiele und Literaturangaben** zur Lösungsvariante angegeben. Diese dienen als weiterführende Informationsquellen.

¹¹ Im Sinne eines Massnahmenkataloges können prinzipiell alle Lösungsansätze miteinander kombiniert werden. Es werden hier lediglich die notwendigen oder zwingenden Kombinationen erwähnt.

Tabelle 7: Lösungsansätze zur Geschiebebewirtschaftung mit Kategorisierung nach deren Massnahmenstrategie sowie der dazugehörigen Phase des integralen Risikomanagements.

Lösungsansatz	Massnahmenstrategie				Massnahmenphase	
	Vermeiden	Verwerten	Entsorgen	Organisation	Prävention	Intervention
Ablagerung / Aufschüttung in See		(x)	x		x	x
Aufweitung	x				x	
Bach- und Flussverbauungen	x				x	
Deponierung			x			x
Durchleiten	x				x	
Erosionsschutz in Bacheinhängen	x				x	
Geschiebeablagerungsräume	x			(x)	x	
Geschiebeentnahme		x			x	x
Geschiebezugabe in Fliessgewässer		(x)	x		x	
Monitoring				x	x	x
Notfallplanung				x		x
Rückhalt / Dosierung	x				x	
Schutzmassnahmen		x			x	
Prospektive Geschiebeabschätzung				x	x	

7.3 Akteure

Die nachstehende Tabelle umfasst eine Zusammenstellung jener Akteure, die es bei der Planung und Umsetzung von Massnahmen zur Geschiebebewirtschaftung grundsätzlich zu berücksichtigen gilt und in welchem Zusammenhang. Die Tabelle dient den kantonalen Fachstellen oder den planenden Fachbüros als Hilfsmittel. Welche Akteure tatsächlich in die Lösungsfindung miteinbezogen werden müssen, ist fallspezifisch abzuklären.

Tabelle 8: Potenziell involvierte Akteure im Rahmen der Geschiebebewirtschaftung

Amt / Kommission	Aufgabe / Rolle
Diese Aufzählung ist beispielhaft und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit!	
Gemeinde(n)	
GemeindepräsidentIn der betroffenen Gemeinde(n)	<ul style="list-style-type: none"> – Nutzungsplanung – Bauherrschaft – Vermittlung zwischen den Akteuren – Information der Gemeinde – Ansprechperson für politische Fragen – Entschädigungszahlungen – Sofortmassnahmen in Interventionsphase
Gemeinderat der betroffenen Gemeinde(n)	Involvierte Ressorts (Landwirtschaft, Wald, Tiefbau, Sicherheit, Umwelt, Trinkwasserversorgung, Verkehr, etc.)
Feuerwehr und Zivilschutz	<ul style="list-style-type: none"> – Interventionsphase – Geschiebebewirtschaftung
Fachausschuss / Kommission	Unterschiedliche Aufgaben: Aufbau und Durchführen von Monitoring, Frühwarnsysteme, laufende Beobachtung der Situation, etc.
Unter- / Oberlieger – Gemeinden	Je nach ergriffenen Massnahmen, können die Unter- und Oberlieger Gemeinden unterschiedlich betroffen sein.
Wasserbauträger	
Gemeinde Schwellenkorporation Gemeindeverbände	Je nach Fallstudiengebiet: Verantwortung für Wasserbau
Bund	
Eidgenössische Natur- und Heimatschutzkommission (ENHK)	Einzubeziehen bei schwerwiegenden landschaftlichen Eingriffen in BLN Gebiet (auf Antrag BAFU)
Bundesamt für Umwelt (BAFU)	Verfahrenskoordination auf Bundesebene sowie Ansprechpartner für die Subventionierung von Schutzbauten
Bundesamt für Kultur (BAK)	Einzubeziehen bei Massnahmen innerhalb des Bundesinventars der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz von nationaler Bedeutung (ISOS)
Bundesamt für Landwirtschaft (BLW)	Einzubeziehen bei grosser Betroffenheit der Landwirtschaft
Bundesamt für Verkehr (BAV)	Einzubeziehen bei Betroffenheit eines Eisenbahnunternehmens
Bundesamt für Strassen (ASTRA)	Einzubeziehen bei Betroffenheit einer Nationalstrasse oder bei Massnahmen innerhalb des Bundesinventars der historischen Verkehrswege der Schweiz (IVS)
Bundesamt für Energie (BFE)	Einzubeziehen bei Schutzbauprojekten die der Stauanlagengesetzgebung zu unterstellen sind.
Eidgenössische Kommission für Denkmalpflege (EKD)	Einzubeziehen bei Eingriffen an denkmalgeschützten Objekten oder schützenswerten Ortsbildern (auf Antrag BAK)
Kanton	
Amt für Raumordnung / Raumentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> – Bewilligung neuer Deponien – Landschaftsschutz – Sicherstellung der Konformität zu übergeordneten Planungsinstrumenten – Raumplanung: Richt- und Nutzungsplan
Amt für Naturgefahren	<ul style="list-style-type: none"> – Naturgefahren – Bewirtschaftung von Schutzbauten
Amt für Wasser und Abfall	– Grundwasserschutz
Tiefbauamt	<ul style="list-style-type: none"> – Hochwasserschutz und Wasserbau – Sofortmassnahmen in Interventionsphase

Amt / Kommission	Aufgabe / Rolle Diese Aufzählung ist beispielhaft und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit!
Amt für Forst / Wald	– Waldrechtliche Bewilligungen (Rodungen Auffangräume im Wald, Zufahrten, etc.) – Schutzwald
Amt für Landwirtschaft	– Fruchtfolgeflächen – Schnittstelle Landwirtschaft – Verwaltung
Amt für Umwelt	– Kantonale Schutzgebiete – Natur- und Gewässerschutz – Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) – Anpassung an den Klimawandel
Rechtsdienst	– Genehmigung des Notrechts für Sofortmassnahmen – Einsprache Bearbeitung
Amt für Energie	– Vertritt Interessen der kantonalen Energiestrategie (z.B. Nutzung der Wasserkraft); – Schnittstelle Energiewirtschaft – Verwaltung
Amt für Verkehr	– Zuständigkeit für Strassen, Bahntrasse, Unterführungen, Velo- und Fusswege, etc.
Amt für Bevölkerungsschutz	– Einsatzkoordination in der Interventionsphase
Kantonsparlament	– Zuständigkeit für allenfalls notwendige gesetzliche Anpassungen
Auftragnehmer (bezüglich Massnahmenplanung und -umsetzung)	
Ingenieurbüro	– Planung und Bau von Schutzmassnahmen
Bauunternehmen	– Bau von ingenieurtechnischen Massnahmen – Bewirtschaftung der umgesetzten Massnahmen, z.B. Entleerung des Geschiebesammlers
Spezialisten / Experten/innen	– Bodenschutz – Naturgefahren – ...
Deponiebetreiber	– Betrieb der Deponie
Kieswerke, Betreiber von Biotopen, etc.	– Verwertung von Geschiebe
Grundeigentümer und Gebäudebesitzer im Risikogebiet	
Grundeigentümer Korporationen Bürgergemeinde	– Besitzer von betroffenem Land, gefährdet durch Übersarung, Hochwasser, etc. – Besitzer von Land für Deponie –
Private Hausbesitzer	– Gefährdet durch Übersarung, Hochwasser, etc.
Industriebetriebe und –areale Industrielle Infrastruktur	– Gefährdet durch Übersarung, Hochwasser, etc.
Landwirte	– Besitzer / Pächter von landwirtschaftlich genutzten, betroffenen Flächen – Vertreter Bergschaften und Landwirtschaft
Waldeigentümer	– Eigentümer von – durch Ereignisse und/oder Massnahmen – betroffenen Waldflächen
Umweltverbände	
Pro Natura, WWF, etc.	– Vertreten Umweltschutzanliegen (Gewässerschutz, Biodiversität, Bodenschutz, etc.)
Weitere Institutionen / Akteure	
Versicherungen / Gebäudeversicherungen	– Entschädigungszahlungen für versicherte Objekte
Tourismus: – Verantwortliche Person für Wanderwege – Besitzer von Campingplätzen	– Interessensvertreter des Tourismus – Gefährdet touristische Infrastrukturen durch Übersarung, Hochwasser, etc.

Amt / Kommission	Aufgabe / Rolle
	Diese Aufzählung ist beispielhaft und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit!
– Betreiber von Golfplatz – Hüttenwart	
Energie- und Wasserwirtschaft – Kraftwerksbetreiber – (Private) Besitzer von Wasserquellen	– Vereinbarkeit von Geschiebebewirtschaftungsmassnahmen und Wasserkraftwerken
Quartiervereine / Interessensgruppen	– Vertreten spezifische Interessen
Medien	– Berichterstattung und Information der Bevölkerung

7.4 Rechtliche Rahmenbedingungen

Vorliegendes Kapitel enthält die wichtigsten **Gesetze des Bundes** (ohne die dazugehörigen Verordnungen), welche bei der **Geschiebebewirtschaftung** von Relevanz sein können. Die Auflistung soll den kantonalen Fachstellen oder den planenden Fachbüros als Checkliste dienen, welche gesetzlichen Rahmenbedingungen bei der Projektierung von Geschiebebewirtschaftungsmassnahmen zu berücksichtigen sind.

Die kantonalen Gesetzgebungen wurden aufgrund der Vielfältigkeit nicht berücksichtigt. Die kantonalen Gesetze und Verordnungen regeln häufig die Details und Ausführungsvorschriften des bundesrechtlichen Rahmens und sind demzufolge zwingend bei Planungen zu beachten. Schliesslich wurden auch Wegleitungen, Richtlinien, Arbeitshilfen und vergleichbare Grundlagen aufgrund des Umfangs (zahlreiche durch die Geschiebebewirtschaftung tangierte Fachbereiche mit jeweiligen Publikationen) sowie Aktualitätsgründen nicht aufgelistet und sind einschlägigen Publikationen zu entnehmen (z.B. [28]).

Wo relevant, werden die nachfolgenden Bundesgesetze stichwortartig und nicht abschliessend bezüglich den wichtigsten Bestandteilen für die Geschiebebewirtschaftung beschrieben (nach [28]):

Bundesgesetz über den Wasserbau WBG [SR 721.100]

- Berücksichtigung der Naturgefahren in der Raumnutzungsplanung sowie Erhalt oder Schaffung der erforderlichen Freiräume (Raumbedarf)
- Entwicklung von umfassenden, integralen Raumkonzepten (keine Einzellösungen), d.h. nebst dem Schutz vor Naturgefahren beispielsweise auch Beachtung von ökologischen Aspekten.
- Vorrang von sachgerechtem Unterhalt oder raumplanerischen Massnahmen vor baulichen Massnahmen
- Vorgaben zur Subventionierung

Bundesgesetz über den Wald WaG [SR 921]

- Regelung über Rodungen (generelles Verbot bzw. Ausnahmeregelungen)
- Grundlagen für forstliche Massnahmen zur Geschiebebewirtschaftung (Aufforstung, etc.)
- Vorgaben zur Subventionierung

Bundesgesetz über die Raumplanung RPG [SR 700]

- Definition von Schutzzonen an den Uferbereichen von Seen und Fließgewässern
- Berücksichtigung der kantonalen Richt- und Nutzungsplanungen
- Verfahrenstechnische Bestimmungen zu baulichen Schutzmassnahmen

Bundesgesetz über den Umweltschutz USG [SR 814.01]

- Regelung von Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP)
- Vorschriften zum Umweltschutz, beispielsweise Gewässerverunreinigungen
- Vorschriften zum Umgang mit Altlasten und Abfällen

Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz NHG [SR 451]

- Vorgaben zur Ausscheidung und zum Schutz von Biotopen nationaler Bedeutung (z.B. Auengebiete)
- Regelung zum Schutz und Förderung der Ufervegetation (z.B. ökologischer Ausgleich)

Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer GSchG [SR 814.20]

- Vorgaben zur Erhaltung bzw. Wiederherstellung der natürlichen Gewässerläufe sowie des Geschiebehaushaltes
- Regelung zu Geschiebeentnahmen
- Verbot von Gewässereindolungen
- Vorgaben für das Einbringen fester Stoffe in Seen

Bundesgesetz über die Fischerei BFG [SR 923]

- Bewilligung notwendig bei baulichen Eingriffen in den Gewässern

Bundesgesetz über die Landwirtschaft LwG [SR 910.1]

- Vorgaben zu Entschädigungen bei wasserbaulichen Massnahmen

Bundesgesetz über die Enteignung EntG [SR 711]

- Regelung zum Enteignungsrecht der Kantone im Rahmen des Vollzugs des Wasserbaugesetzes WBG

Weitere relevante Bundesgesetze für die Geschiebebewirtschaftung können beispielsweise das **Bundesgesetz über Finanzhilfen und Abgeltung SuG [SR 616.1]** oder das **Bundesgesetz über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte WRG [SR 721.80]** sein.

8. Synthese

8.1 Erkenntnisse in Bezug auf Geschiebefrachten

Im vorliegenden Bericht wird anhand von Klimaszenarien die zukünftige Entwicklung der Geschiebesituation in drei Fallstudiengebieten abgeschätzt. Durch eine systematische Analyse der Einzugsgebiete wird das Zusammenspiel der Veränderung der Gletscher- und der Permafrostverbreitung mit den Sturz- und Rutschprozessen sowie der Geschiebemobilisierung und -verfrachtung durch Hochwasser- und Murgangprozesse untersucht.

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass sich das potentiell mobilisierbare Geschiebe in allen drei untersuchten Gebieten in Zukunft mit grosser Wahrscheinlichkeit erhöhen wird. Damit wird sich tendenziell auch die Geschiebeproblematik verschärfen. Die bisherigen, im Wesentlichen retrospektiven Methoden zur Festlegung der Geschiebefrachten in Fließgewässern reichen deshalb aus Sicht der Autoren/innen nicht mehr aus, um die Gefahren- und Wirkungsbereiche der Geschiebeverlagerungsprozesse auch unter dem Aspekt eines sich verändernden Klimas abschätzen zu können.

8.2 Erkenntnisse in Bezug auf den Kontext und die Akteure

Die Kontextanalyse zu den drei verschiedenen Fallstudiengebieten zeigt, wie stark die lokalen naturräumlichen, aber auch die historischen, rechtlichen und politischen/sozialen Rahmenbedingungen, die Möglichkeiten zur Planung und Implementierung von konkreten Lösungsansätzen zur Geschiebemanagement beeinflussen. Dennoch können gewisse Parallelen zwischen den betrachteten Fallstudiengebieten identifiziert werden. Es zeigt sich, dass insbesondere im Zusammenhang mit geplanten Deponien ein Konfliktpotenzial mit Landbesitzern und -bewirtschaftern besteht, wobei dieses im Zusammenhang mit nicht lokal verankerten Akteuren grösser zu sein scheint als mit Ortsansässigen. Ein Grund dafür könnte ein grösseres Problemverständnis der lokalen Akteure sein, bspw. durch das Miterleben früherer Unwetterereignisse oder durch die aktive Sensibilisierung hinsichtlich der Geschiebeproblematik durch die Gemeinde.

Weiter ergibt die Kontextanalyse, dass die bereits umgesetzten Massnahmen stets reaktiv, im Anschluss an ein Unwetterereignis, umgesetzt wurden. Zudem wurde für die Dimensionierung der Schutzmassnahmen stets die aktuelle Geschiebesituation beigezogen, ohne Berücksichtigung möglicher zukünftiger Entwicklungen unter dem Aspekt des Klimawandels. Für eine langfristig nachhaltige Lösung empfiehlt sich jedoch ein prospektiver Ansatz mit flexiblen Massnahmen, um den Unsicherheiten des Klimawandels so gut wie möglich begegnen zu können.

Die Kontextanalyse diente ausserdem der Identifizierung von involvierten Akteuren: Durch die Analyse bisheriger Naturereignisse, das Erkennen der vorherrschenden regionalwirtschaftlichen Sektoren (z.B. Tourismus, Industrie, Landwirtschaft), das Aufzeigen rechtlicher Rahmenbedingungen sowie durch das Skizzieren der kantonalen und kommunalen Organisation, ergab sich ein Gesamtbild der involvierten Akteure. Deren Zusammensetzung ist in den groben Kategorien in allen drei Fallstudiengebieten ähnlich und beinhaltete den Bund, kantonale Ämter, die Projektleitung, die betroffene Gemeinde sowie die Eigentümer/innen von betroffenem Land, Gebäuden oder Infrastruktur.

Die anschliessende Akteursanalyse ergibt, dass es zwei unterschiedliche Kategorien von Akteuren gibt: Die von den Ereignissen direkt oder indirekt negativ Betroffenen und die für das Monitoring, die Massnahmenplanung und die Intervention Verantwortlichen. Während die konkret involvierten Akteure grundsätzlich stark vom Kontext abhängig sind, zeigen sich über alle drei Fallstudiengebiete auch gewisse Gemeinsamkeiten. So ist die Landwirtschaft besonders häufig von Ereignissen betroffen und zwar direkt, beispielsweise durch Übersarung von Landwirtschaftsland, wie auch indirekt durch die Umsetzung von Massnahmen, beispielsweise Geschiebepodien. Eine weitere Gemeinsamkeit zeigt sich in der zentralen Rolle der Gemeindepräsidenten/innen in der Kommunikation. Die transparente und fachlich kompetente Information sowie der persönliche Kontakt mit den betroffenen Akteuren erweisen sich als wichtige Voraussetzungen zum Schaffen von Vertrauen zwischen den Akteuren und dadurch der Konfliktprävention.

Die Bedeutung von Schlüsselakteuren¹² zeigt sich insbesondere im Fallstudiengebiet Val Parghera. Durch die aktiven Bemühungen eines betroffenen Landwirts konnte das gegenseitige Vertrauen zwischen den Landwirten und der für die Massnahmenumsetzung verantwortlichen Behörden gestärkt werden. Ebenso wichtig war, dass der Bodenschutzbeauftragte das Vertrauen der Landbesitzer und Bewirtschafter besass. Die frühzeitige Identifikation und der aktive Einbezug solcher Schlüsselakteure zur Prävention von Konflikten werden grundsätzlich als hilfreich angesehen.

8.3 Erkenntnisse in Bezug auf die Lösungsansätze

In Bezug auf die Lösungsansätze ergeben sich folgende Erkenntnisse:

- **Grosse Breite an Lösungsansätzen:** Die Gesamtzahl an Lösungsansätzen zeigt die Breite der Palette, mit der der Problematik der Geschiebemanagement unter veränderten Klimabedingungen begegnet werden kann.
- **Bedürfnisorientierte Einordnung und Beurteilung der Lösungsansätze:** Die Lösungsansätze werden bedürfnisorientiert in die vier Gruppen „Vermeiden“, „Verwerten“, „Entsorgen“ und „Organisation“ eingeteilt. Dies erleichtert dem Leser bzw. der Leserin die Suche nach entsprechenden Lösungsansätzen und unterstützt ihn in der Übersicht über die gesamte Massnahmenpalette. Die Beurteilung der Lösungsansätze (vgl. Vor- und Nachteile in den Massnahmenblättern) kann dabei je nach Einzugsgebiet bzw. Kontext und Akteuren unterschiedlich sein. Dasselbe gilt für die Akzeptanz in der Bevölkerung.
- **Lernen aus Bewährtem und Akzeptanz:** Die im Bericht aufgezeigten Lösungsvorschläge sind grösstenteils bereits umgesetzt worden. Sie sind deshalb bewährt und breit akzeptiert.
- **Praxisbezug mit realen Fallbeispielen:** Die Lösungsvorschläge wurden mit Akteuren erarbeitet, die sich bestens in der Geschiebemanagement und –praxis auskennen. Alle Vorschläge basieren zudem auf realen Fallbeispielen, die nach Bedarf besichtigt werden können.

¹² Unter einem Schlüsselakteur verstehen wir hier Akteure, die als Türöffner zu einer wichtigen Akteursgruppe fungieren können, sei es z.B. dank Ihrem Status als Meinungsmacher oder dank Ihrem Verhandlungsgeschick.

- **Prävention und notwendige Gebietskenntnisse:** Ein Grossteil der Lösungsansätze zur Geschiebebewirtschaftung weist präventiven Charakter auf. Kenntnisse über Einzugsgebiete, welche hinsichtlich Geschiebelieferung sensitiv auf den Klimawandel reagieren, sind daher entscheidend, um die vorhandenen Ressourcen effizient für organisatorische, raumplanerische oder bauliche Massnahmen einzusetzen.
- **Vereinbarkeit mit dem integralen Risikomanagement:** Alle beschriebenen Lösungsansätze sind grundsätzlich kompatibel mit dem integralen Risikomanagement, wie es der Bund postuliert.
- **Notwendigkeit von flexiblen Lösungsansätzen:** Um den bestehenden Unsicherheiten im Zusammenhang mit dem Klimawandel zu begegnen, empfiehlt es sich, flexible als auch robuste Lösungsansätze zu wählen, die man mit geringen Zusatzinvestitionen an ein sich veränderndes Klima anpassen kann. Die diesbezügliche Flexibilität der einzelnen Lösungsansätze ist in den Massnahmenblättern in Anhang 1 beschrieben.
- **Notwendigkeit der Kombination von Massnahmen:** Im Rahmen der Erarbeitung der Massnahmenblätter stellte sich heraus, dass die Lösungsansätze oft nur in Kombination und nicht als Einzellösung einsetzbar sind. So ist beispielsweise bei einem Geschiebesammler eine Massnahmenkombination zwingend (z.B. Deponierung, Verwertung oder Gewässerzugabe des Geschiebes). Im Prinzip können im Rahmen von Geschiebebewirtschaftungskonzepten alle Lösungsansätze miteinander kombiniert werden, weswegen in den Massnahmenblättern nur die zwingenden Kombinationen enthalten sind.
- **Verallgemeinerung der Lösungsansätze:** Es zeigt sich, dass jedes Fallstudiengebiet seine Besonderheiten hat und die Lösungsansätze daher von allgemeiner Natur und gleichzeitig möglichst umfassend bzw. anpassbar/erweiterbar sein müssen, um als Grundlage für Planungen dienen zu können (vgl. Kapitel 8.4). Dies auch vor dem Hintergrund, dass die Anwendbarkeit der Lösungsansätze je nach Rahmenbedingungen (z.B. Volumen, Zeitraum und Regelmässigkeit der Geschiebelieferung) variieren kann.
- **Grundsätzlicher Fokus auf Grossereignisse:** Die Massnahmenblätter sind grundsätzlich auf Grossereignisse bzw. auf Einzugsgebiete ausgelegt, in welchen die Geschiebelieferung aufgrund des Klimawandels erheblich zunimmt. Dies schliesst aber nicht aus, dass die Lösungsansätze auch für kleinere Ereignisse oder Ereignisse ohne Einfluss des Klimawandels eingesetzt werden können.

8.4 Übertragbarkeit der Resultate auf andere Fallstudiengebiete

Die beschriebenen Lösungsansätze sind, wie oben erwähnt, bewusst allgemein gehalten, um deren Übertragbarkeit auf andere Gebiete zu ermöglichen. Dies vor dem Hintergrund, dass das Ziel des Pilotprogramms „Anpassung an den Klimawandel“ ist, die Erfahrungen aus Kantonen und Gemeinden in andere Gebiete in der Schweiz zu übertragen.

Hinzu kommt, dass sich die Umsetzung der Lösungsansätze je nach Kontext stark unterscheiden kann, sei dies hinsichtlich der Investitions- und Betriebskosten, dem Beitrag zur Ri-

sikoreduktion, den möglichen Auswirkungen auf die Umwelt oder hinsichtlich des Konfliktpotenzials. Dies ergab auch die am Workshop vorgenommene Beurteilung der Lösungsansätze. Weiter gibt es für alle Lösungsansätze Einschränkungen, welche bei der Übertragung auf andere Gebiete berücksichtigt werden müssen. So macht aus Sicht Geschiebebewirtschaftung beispielsweise eine Aufweitung nur in flachen Fließgewässern Sinn. Diese Einschränkungen zur Übertragbarkeit sind in den Massnahmenblättern im Abschnitt „Anwendungsbereiche“ beschrieben. Im Laufe der Studie zeigte sich zudem, dass den zu erwartenden grossen Geschiebemengen nicht mit isolierten Einzellösungen, sondern nur mit einem umfassenden Massnahmenkatalog begegnet werden kann. Da jedes Fallstudiengebiet seine individuellen Rahmenbedingungen aufweist, sind diese gebietspezifisch zusammenzustellen und aufeinander abzustimmen.

Die Übertragbarkeit der Lösungsansätze soll schliesslich durch die Bereitstellung der Massnahmenblätter als Word-Dokumente sichergestellt werden. So können diese beliebig erweitert bzw. auf die kantonalen Gegebenheiten angepasst werden.

9. Bestandteile einer Strategie zur Geschiebebewirtschaftung

9.1 Einleitung

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden verschiedene Bestandteile herausgearbeitet, die für die Geschiebebewirtschaftung unter Berücksichtigung der erwarteten Klimaänderung wichtig sind und die Bund, Kantone und Gemeinden auf der Ebene der strategischen Planung, aber auch bei der operativen Umsetzung von entsprechenden Massnahmen hilfreich sein können. Dazu gehören Ziele und Grundsätze sowie Massnahmen und Handlungsfelder, welche im Rahmen der Erarbeitung einer Strategie „Geschiebebewirtschaftung und Klimawandel“ hilfreich sein können. Für die konkrete Erarbeitung einer Strategie gilt es, lokal-spezifische Gegebenheiten zu berücksichtigen und die Schwerpunkte entsprechend zu setzen.

9.2 Ziele und Grundsätze

Eine Strategie „Geschiebebewirtschaftung und Klimawandel“ soll aus Sicht der Autoren/innen folgende Ziele respektive Grundsätze beinhalten:

- **Einheitliche Beurteilung:** Die Verwendung wissenschaftlich fundierter Grundlagen soll einer schweizweit einheitlichen Beurteilung und Handhabung im Umgang mit der Geschiebeproblematik dienen.
- **Zukunftsorientierte Ausgestaltung:** Die heute verfügbaren Grundlagen zur Einschätzung von Geschiebetransportraten oder Geschiebefrachten in Gewässern sollen mit einer zukunftsorientierten, prospektiven Sichtweise ergänzt werden, die das sich verändernde Klima zwingend miteinbezieht.
- **Synergien mit bestehenden Instrumenten:** Eine Strategie im Bereich Geschiebebewirtschaftung und Klimawandel soll bestehende und bewährte Instrumente, beispielsweise aus der Raumplanung oder dem Hochwasserschutz, einbeziehen und Synergien nutzen. Sie soll zudem untergeordnet zur *Strategie des Bundesrates zur Anpassung an den Klimawandel* ausgestaltet werden und diese für den betrachteten Sektor der Geschiebebewirtschaftung präzisieren und ergänzen [3].
- **Zielgruppenspezifische Kommunikation:** Die Strategie soll ein klares Kommunikationskonzept aufzeigen, damit die Problematik der Geschiebebewirtschaftung unter veränderten Klimabedingungen zielgruppenspezifisch kommuniziert und die involvierten Akteure sensibilisiert werden können.

9.3 Massnahmen und Handlungsfelder

Für eine Strategie zur Geschiebebewirtschaftung im Zusammenhang mit dem Klimawandel stellen die nachfolgend beschriebenen Massnahmen und Handlungsfelder die zentralen Bestandteile dar:

1. Gefahrenanalyse: Die bis anhin erstellten Naturgefahrenkarten basieren häufig auf bekannten historischen Ereignissen und sind daher für die durch den Klimawandel bedingten zukünftigen Naturgefahrenszenarien meist nur wenig repräsentativ. Dies gilt insbesondere für

Einzugsgebiete, in welchen ein klimabedingter Systemwechsel zu erwarten ist. Die Abschätzung der zukünftigen Naturgefahrenprozessräume sowie deren Prozessintensitäten (u.a. die Geschiebefrachten) stellt für Kantone und Gemeinden daher eine wichtige ergänzende Information zu den bestehenden Gefahrenkarten/Gefahrenhinweiskarten dar. Die Behörden erhalten damit eine Planungsgrundlage für die folgenden Bereiche:

- Berücksichtigung von potentiellen Gefahrenstellen bei der Planung von grossen Investitionen (wichtige öffentliche Infrastruktur, Überbauungen, etc.)
- Projektierung und Priorisierung von Schutzmassnahmen
- Monitoring von kritischen Gefahrenquellen zur Früherkennung ungünstiger Entwicklungen und zur Einleitung geeigneter Massnahmen

2. Raumplanungskonzept: Die prospektive Gefahren- bzw. Geschiebebeurteilung soll raumplanerisch, beispielsweise in kantonalen oder regionalen Richt- und Sachplänen, berücksichtigt werden. So sollen beispielsweise die Deponiereserven unter Berücksichtigung der zukünftig zu erwartenden Geschiebemengen langfristig sichergestellt werden, die Gefahrenflächen im Rahmen eines Hinweisprozesses bei der Planung von grossen Bau- und Infrastrukturprojekten einfließen sowie der Raumbedarf der Fliessgewässer zur schadlosen Geschiebeablagerung bzw. -umlagerung gewährleistet werden.

3. Massnahmen- und Interventionskonzept: Für Einzugsgebiete, in welchen die klimabedingten Risiken gemäss prospektiver Gefahrenanalyse mit hoher Wahrscheinlichkeit zunehmen (z.B. durch Systemwechsel), sollen vorsorglich Massnahmenkonzepte erarbeitet werden, um im Ereignisfall vorbereitet zu sein. Dazu gehören die Überwachung von Gefahrenquellen, die Erarbeitung von flexiblen Massnahmenkombinationen (vgl. Massnahmenblätter) und eines Interventionsplans bzw. der Notfallplanung, die Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen sowie die Identifikation der involvierten (Schlüssel-)Akteure.

4. Kommunikation: Um die Bevölkerung und insbesondere die betroffenen Akteure über die Thematik der Geschiebebewirtschaftung unter Berücksichtigung der erwarteten Klimaänderung zu informieren und zu sensibilisieren, kann ein Kommunikationskonzept zur Öffentlichkeitsarbeit dienen. Darin können u.a. die Zielgruppe, Ansprechpersonen, Kommunikationsform und -inhalt sowie die Periodizität festgelegt werden.

10. Schlussfolgerungen und Ausblick

Ein Teilziel der vorliegenden Studie war die **Geschiebeabschätzung unter Berücksichtigung des Klimawandels** in den drei Fallstudiengebieten. Dabei hat sich gezeigt, dass sich das Geschiebepotential in allen Gebieten erheblich vergrössert und zu entsprechenden Auswirkungen in Siedlungs- und Bewirtschaftungsgebieten führt. Es scheint daher naheliegend, dass künftig die Ausscheidung von **Naturgefahrenbereichen**, aber auch die Dimensionierung von **Schutzbauwerken** den veränderten Rahmenbedingungen infolge Klimawandel Rechnung tragen sollte. Um die möglichen Auswirkungen durch den Klimawandel mitberücksichtigen zu können, ist die Entwicklung und Etablierung eines **prospektiven Gefahrenmanagements** (Gefahrenabklärungen, Systemanalysen, Überwachungen, Massnahmenkonzepte, etc.) notwendig. Mit einer Abschätzung der künftig zu erwartenden Geschiebefrachten können auch die notwendigen Gebiete für die Geschiebemanagement (Deponien, Geschiebezugabestellen, Kieswerke, etc.) in regionalen oder kantonalen Planungen festgelegt werden.

Neben den in der vorliegenden Studie präsentierten Geschiebemanagementansätzen empfehlen wir den zuständigen Stellen von Bund und Kanton, auch **unkonventionelle oder noch nicht rechtskonforme Lösungsansätze** zu verfolgen und gegebenenfalls die Rahmenbedingung für die Anwendung derselben zu schaffen. Zu solchen Lösungsansätzen können beispielsweise die folgenden gehören:

- Die Verwertung oder Entsorgung von Geschiebe in stehenden Gewässern ist heute nur eingeschränkt (vgl. Lösungsansatz „Ablagerung / Aufschüttung in See“) oder unter Notrecht möglich. Es ist daher zu prüfen, ob die gesetzlichen Rahmenbedingungen in den tangierten Fachbereichen angepasst werden können, damit **fortlaufende Schüttungen in unregelmässigem Rhythmus im Seeuferbereich** oder **Verklappen von Geschiebe auf dem See** mit einem Schiff möglich werden.
- Es ist zu prüfen, unter welchen Rahmenbedingungen bzw. an welchen Standorten **Terrainveränderungen** mit Volumenveränderungen in der Grössenordnung von mehreren Zehntausend Kubikmetern möglich sind. Dabei ist die Zonenkonformität, die Einbettung ins Landschaftsbild sowie landschaftsökologischen Verbesserungen zu berücksichtigen. Die ökologischen Massnahmen bzw. die Landbeanspruchung können z.B. über den potentiellen Entsorgungspreis finanziert werden [20].
- Die **Verwertungspflicht** gemäss der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA, Art. 12 [44]) ist, sofern technisch machbar, konsequent zu verlangen. Sollte die Verwertung entweder wirtschaftlich ungünstig sein oder aber ökologische Vorteile bieten (z.B. Verhinderung von neuen Abbaustandorten, Ruderalflächen für Pionierarten, etc.), ist ein finanzielles Unterstützungssystem durch die Behörden zu prüfen.
- Häufig liegen die Geschiebequellen in abgelegenen Gebieten und können nur mit hohem Aufwand in die dicht besiedelten Gebiete zur Verwertung transportiert werden. Dieser Nachteil kann in einen Vorteil umgewandelt werden, indem das Geschiebe beispielsweise über ein **unterirdisches, Strom produzierendes Förderband** (angetrieben rein durch

die Schwerkraft) zum Kieswerk transportiert wird. Der Strom könnte für den Eigengebrauch genutzt oder gewinnbringend verkauft werden¹³.

ARGE GEOTEST AG / econcept AG



Severin Schwab

Thomas Scheuner



Reto Dettli



Barbara Wegmann

¹³ Bereits umgesetzt durch die Zech Kies GmbH in Nüziders (Österreich).

Literatur

- [1] ARGE GEOTEST/geo7 (in Bearbeitung): GHKperiGlazial, Pilot Kandertal – Phase I, Methodik-Bericht (Vorabzug), Zollikofen / Bern.
- [2] Amt für Wald und Naturgefahren, Graubünden (2014): Val Parghera, Teilprojekt 3 Materialbewirtschaftung Deponie Plarena, Technischer Bericht zum Auflageprojekt.
- [3] Bundesamt für Umwelt BAFU (2014): Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2014-2019. Zweiter Teil der Strategie des Bundesrates vom 9. April 2014.
- [4] Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS (2014): Integrales Risikomanagement. Bedeutung für den Schutz der Bevölkerung und ihrer Lebensgrundlagen.
- [5] MeteoSchweiz (2014): Klimaszenarien Schweiz – eine regionale Übersicht. Fachbericht MeteoSchweiz, 243, 36 S.
- [6] MeteoSchweiz (2014): Klimareport 2013. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, Zürich, 73 S.
- [7] IPCC (2014): IPCC Fifth Assessment Synthesis Report. Summary for Policymakers.
- [8] Kanton Bern (2015): Gesetz über Gewässerunterhalt und Wasserbau (Wasserbaugesetz, WBG).
- [9] Amt für Wald und Naturgefahren, Graubünden (2013): Präsentation Andreas Huwiler, Der Murgang aus der Valparghera, Juni 2013
- [10] Amt für Wald und Naturgefahren, Graubünden (2013): Val Parghera – Prozessablauf und Intervention, Tamins.
- [11] Haeberli, W. (2013): Symposium Anpassung, Workshop Hochgebirge – Herausforderung mit neuen Landschaften. Vortrag. Bern, 30.08.2013.
- [12] Hunziker, Zarn & Partner (2013): Murgangbeurteilung Val Parghera, Gefährdung durch neu entstandene Rutschmasse, Domat/Ems.
- [13] Hunziker, Zarn & Partner (2013): Val Parghera, Volumenbilanzen Rutsch- und Murgangereignisse 2012/13, Domat/Ems.
- [14] Ingenieure Bart AG (2013): Gefahrenkarte Lütschine – Technischer Bericht zu Methodik und Vorgehen. Oberingenieurkreis I, Januar 2013.
- [15] Linsbauer et al. (2013): Comparing three different methods to model scenarios of future glacier change in the Swiss Alps. In: *Annals of Glaciology*, 54, 241-253.
- [16] MeteoSchweiz (2013): Klimabericht Urschweiz 2013, Fachbericht MeteoSchweiz, 246, 66 pp.
- [17] Perroud M. und Bader S. (2013): Klimaänderung in der Schweiz. Indikatoren zu Ursachen, Auswirkungen, Massnahmen. Umwelt-Zustand Nr. 1308. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, Zürich, 86 S.
- [18] ARGE KiNaRis, geo7 AG, GEOTEST AG (2012): Revision Gefahrenkarte Grindelwald. Bericht Nr. 1411 057.1.
- [19] Boeckli et al. (2012). Permafrost distribution in the European Alps: calculation and evaluation of an index map and summary statistics. *The Cryosphere*, 6(4), S. 807-820.

-
- [20] Cycad, geo7, GEOTEST AG (2012): Langfristiges Inertstoffdeponiekonzept für die Region Kandertal.
- [21] Kanton Uri (2012): Richtplan Uri. Stand 4.4.2012.
- [22] MeteoSchweiz (2012): Klimabericht Kanton Graubünden 2012, Fachbericht MeteoSchweiz, 242, 56 S.
- [23] Oberingenieurkreis I (2012): LLE Oberer Grindelwaldgletscher. Bericht August 2012.
- [24] CH2011 (2011): Swiss Climate Change Scenarios CH2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88 S.
- [25] Gesundheits-, Sozial- und Umweltdirektion des Kantons Uri (2011): Umgang mit dem Klimawandel – Klimastrategie des Kantons Uri.
- [26] Hasler et al. (2011): Temperature Variability and Offset in Steep Alpine Rock and Ice Faces. In: The Cryosphere, Nr. 5, 977-988.
- [27] Ingenieurgesellschaft Geschiebemanagement Grindelwald (2011): Variantenvergleich HWS Grindelwald, Vorprojekt Schwarze Lutschine.
- [28] Tiefbauamt des Kantons Bern (2011): Fachordner Wasserbau. Version 1.2, 30.12.2011.
- [29] Amt für Umweltkoordination und Energie des Kantons Bern (2010): Adaptionsstrategie Klimawandel Kanton Bern, Grundalgenbericht. Wirkungen, Folgen und Handlungsfelder im Überblick.
- [30] Arbeitsgruppe Naturgefahren des Kantons Bern (2010): Fakten und Szenarien zu Klimawandel und Naturgefahren im Kanton Bern.
- [31] Gemeindewerke Erstfeld (2010): Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasservorkommen im Erstfeldertal.
- [32] VAW und GEOTEST AG (2010): Oberer Grindelwaldgletscher – Wasserausbrüche, Gefahrenpotential, Schadenpotential, Massnahmen. Bericht Nr. 09397.1.
- [33] Amt für Umweltschutz Kanton Uri (2009): Deponieplanung 2009 – Aktualisierung und Standortsuche. Bericht vom 11. Februar 2009.
- [34] Amt für Forst und Jagd (2008): Gefahrenkarte Erstfeld.
- [35] Lehmann, A. (2008): Geologie des hinteren Erstfeldertals. Diplomarbeit an der Universität Bern, 442 pp.
- [36] Gruber, S. und Haerberli, W. (2007): Permafrost in steep bedrock slopes and its temperature-related destabilization following climate change. In: Journal of Geophysical Research, Vol. 112, 1-10.
- [37] KOHS (2007): Auswirkungen der Klimaänderung auf den Hochwasserschutz in der Schweiz – Ein Standortpapier der Kommission Hochwasserschutz im Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband. In: Wasser Energie Luft, Jahrgang 99, Heft 1.
- [38] OcCC (2007): Klimaänderung und die Schweiz 2050 – Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft.
- [39] BAFU (2006): Übersicht über die potenzielle Permafrostverbreitung in der Schweiz, Bern.

-
- [40] Hunziker, Zarn & Partner (2006): Wassergefahren Parghera-Rüfe, Wasserbauliche Beurteilung und Gefahrenkarte, Domat/Ems.
 - [41] ARGE GEOTEST/geo7/tur/GIUB (2005): Gefahrenkarte für die Gemeinde Grindelwald. Technischer Bericht. Mai 2005.
 - [42] Geoplan (2003): Gefahrenbeurteilung Vorder Schattig. Bericht Nr. UR 1728, 21. März 2003.
 - [43] Zemp et al. (2002): GIS-based modelling of glacial sediment balance. Proceedings of the 22nd Annual ESRI International User Conference.
 - [44] Technische Verordnung über Abfälle vom 1. Juli 2011 (SR 814.600)
 - [45] Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983 (SR 814.01)

Lösungsvariante «Prospektive Geschiebeabschätzung»



Verschiedene primäre und sekundäre Naturgefahrenprozesse, welche durch den Klimawandel im alpinen Raum verstärkt werden können. Die Figur zeigt die generelle Verknüpfung der verschiedenen Prozesse (Bildquelle: GEOTEST AG).

Beschreibung

Basierend auf den Schweizer Klimaszenarien (CH2011) wird eine systematische Analyse der Einzugsgebiete durchgeführt, in welcher das Zusammenspiel der Gletscher- und Permafrostveränderung mit Massenbewegungsprozessen (Murgänge, Sturz, Rutschungen, etc.) sowie möglichen Folgeprozessen (z.B. Flutwellen) untersucht und modelliert wird. Die resultierende Gefahrenhinweiskarte im Massstab 1:25'000 zeigt auf, in welchen Räumen in den nächsten ca. 50 Jahren durch die verschiedenen Gefahrenprozesse tangiert werden können und mit welchen Prozessintensitäten (z.B. Geschiebemengen) gerechnet werden muss.

Ziel

Bereitstellung einer umfassenden und gut abgestützten Grundlage für die Beantwortung von weiterführenden raumplanerischen, politischen und finanziellen Fragen sowie zur Erarbeitung von Überwachungs-, Massnahmen- und Interventionskonzepten bezüglich der

Naturgefahrenentwicklung im Rahmen des Klimawandels.

Vorteile

- › Identifikation von Einzugsgebieten, in welchen aufgrund der Klimaveränderung ein Systemwechsel bzw. eine deutliche Geschiebezunahme und/oder häufigere Ereignisse zu erwarten sind.
- › Möglichkeit der frühzeitigen Erkennung ungünstiger Entwicklungen und somit mehr Handlungsspielraum und Reaktionszeit.

Nachteile

- › Unsicherheiten hinsichtlich Klimaszenarien, Eintretenswahrscheinlichkeit, etc. ist tendenziell grösser als bei anderen Gefahregrundlagen.
- › Beschränkt sich auf Einzugsgebiete, welche im Einflussbereich des hochalpinen Raumes liegen.

Anwendungsbereiche

Die prospektive Gefahrenanalyse ist eine Grundlage, um kritische Einzugsgebiete im hochalpinen Raum frühzeitig zu erkennen und somit die Reaktionszeit und den Handlungsspielraum bei der Planung von Bauvorhaben, Interventionen, etc. zu vergrössern.

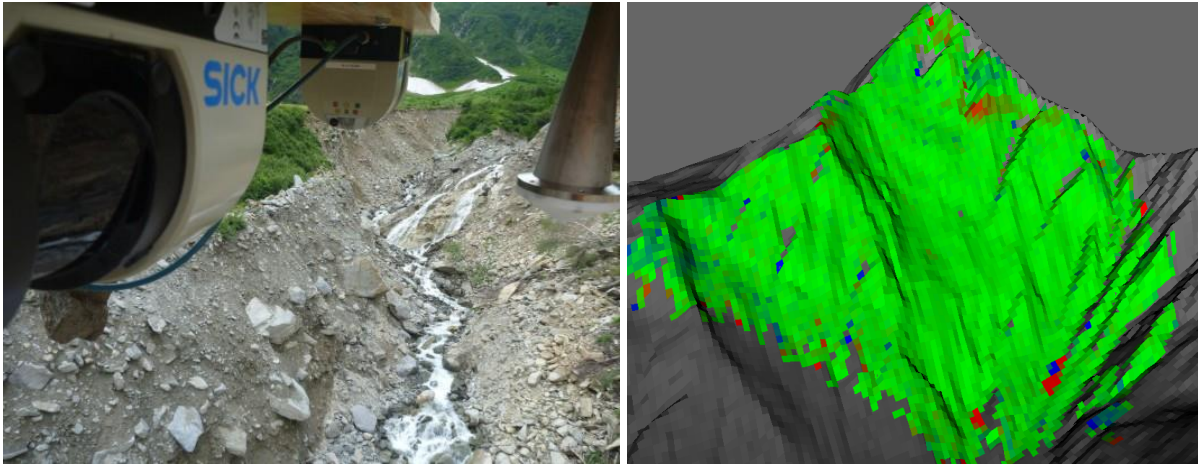
Fallbeispiele

- › Spreitgraben und Rotloui, Guttannen BE (*TBA Kanton Bern*)
- › Oberer und unterer Grindelwaldgletscher, Grindelwald BE (*TBA Kanton Bern*)
- › Plaine Morte, Lenk BE (*Gemeinde Lenk*)
- › Korridorstudie Haslital (*TBA Kanton Bern*)
- › GHKperiGlazial Pilot Kandental (*TBA Kanton Bern, OIK I, KAWA, BAFU*)
- › GHKperiGlazial Berner Oberland (*TBA Kanton Bern, OIK I, KAWA*)

Literatur / weiterführende Dokumente

- › ARGE GEOTEST AG/geo7 AG (2013): Korridorstudie Haslital, Schlussbericht, Zollikofen / Bern.
- › ARGE GEOTEST AG/geo7 AG (2014/15): GHKperiGlazial, Berner Oberland, Methodik und Schlussbericht, Zollikofen/Bern.
- › GEOTEST AG (2013/14): Plaine Morte, Ausbruch Gletschersee Faverges Analyse & Prognose (2013); Ereignisdokumentation (2014), Zollikofen.
- › GEOTEST AG (2015): Guttannen, Spreitgraben 2014 – Dispositionsanalyse Murgang, Zollikofen.
- › ARGE GEOTEST AG / NDR Consulting GmbH (2014/15): Guttannen, Spreitgraben und Rotloui, Grundlagen für eine Risikoevaluation, Zollikofen.

Lösungsvariante «Monitoring»



Laserscanner am Spreitgraben BE (links) und Bewegungsmessung mittels interferometrischem Radar (GEOPRAEVENT AG)

Beschreibung

Das Monitoring von Einzugsgebieten, welche im Rahmen des Klimawandels massgebende Veränderungen im Geschiebehaushalt erfahren können, dient sowohl der Prävention als auch der Warnung und Alarmierung. Die Überwachung ist dabei auf den massgebenden Naturgefahrenprozess (Geschiebemobilisierung, Rutschungen, etc.) sowie auf die Risikoentwicklung (→ Schadenpotential) zu fokussieren.

Ziel

Bereitstellung von Grundlagen für die Prozessanalyse, Notfallplanung, Alarmierung sowie die Planung von präventiven technischen Massnahmen.

Wirkung

Einzugsgebiete, in welchen durch den Klimawandel ein Systemwechsel und damit eine massgebende Erhöhung des Geschiebepotentials zu erwarten sind, werden durch den Einsatz von geeigneten Messsystemen überwacht. Gleichzeitig können vorsorgliche Massnahmen getroffen werden (Notfallplanung, Massnahmenkonzepte, etc.), welche bei einem

beobachteten Systemwechsel umgesetzt werden.

Vorteile

- › Verbessertes **Prozessverständnis** und damit Unterstützung der Prozessanalyse und **Szenariendefinition** bzw. der Prognose der Geschiebelieferung.
- › **Massnahmen** werden **erst bei Bedarf** und nicht „auf Vorrat“ umgesetzt.
- › Die Überwachung dient als Grundlage für die **Warnung und Alarmierung** und damit der Notfallplanung.
- › Die **Kosten** sind im Vergleich zu technischen Massnahmen häufig gering.

Nachteile

- › **Keine Schutzwirkung**, dient nur als Grundlage für nachgelagerte Massnahmen.

Anwendungsbereiche

Die Überwachung bzw. ein Monitoring ist als Einzellösung nicht geeignet und dient lediglich als Grundlage für die weitergehende Massnahmenplanung, insbesondere die Notfallplanung.

Ein Monitoring kann nicht nur bei Naturgefahrenprozessen, sondern auch bei der Risikoeentwicklung eingesetzt werden.

Auswirkungen des Klimawandels

Die Massnahme ist sehr gut geeignet, um Gebiete, in welchen aufgrund des Klimawandels Systemveränderungen erwartet werden, zu überwachen.

Fallbeispiele

- › Überwachung der Rutschung sowie der Murgangaktivität in der Val Parghera (*Amt für Wald und Naturgefahren GR*)
- › Überwachung und Alarmierung am Spreitgraben in Guttannen Bern (*Tiefbauamt des Kantons Bern, Obergeringenieurkreis I*)
- › Murgangüberwachung und Alarmkonzept infolge Bergsturz am Pizzo Cengalo (*Amt für Wald und Naturgefahren GR*)

Literatur / weiterführende Dokumente

- › M. Sättele, L. Meier (2013): Elektronisch Warnen. In: TEC21, 31-32, 2013.
- › Arbeitsgruppe Naturgefahren des Kantons Bern, Fachgruppe WARN (2013): Massnahmen des Kantons zur Verbesserung von Warnung und Alarmierung.

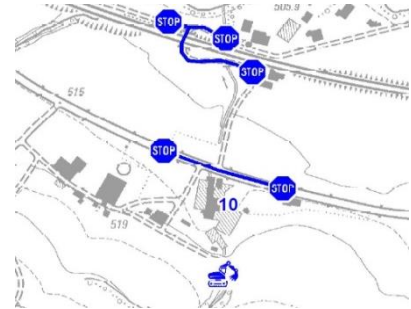
Lösungsvariante «Notfallplanung»



Notfallplanung Naturgefahren (Quelle: Broschüre BAFU/BABS 2014)



Objektschutzmassnahme (Quelle: Leitfaden Notfallplanung Naturgefahren Kanton Bern)



Ausschnitt aus der Interventionskarte der Notfallplanung Neuenkirch LU (Quelle: GEOTEST AG)

Beschreibung

Werden keine technischen oder raumplanerischen Massnahmen zur Geschiebemanagement ergriffen, so können die negativen Auswirkungen bei hohem Geschiebeanfall durch eine geeignete Notfallplanung reduziert werden (organisatorische Massnahme). Im Rahmen der Erarbeitung einer Notfallplanung wird den Einsatzkräften üblicherweise eine Analyse zur Gefährdung und zum Schadenpotential zur Verfügung gestellt, die möglichen Massnahmen unter Berücksichtigung der vorhandenen Einsatzmittel festgelegt und die Alarmierung sowie Sofortmassnahmen für die Intervention definiert.

Ziel

Reduktion der durch die erhöhte Geschiebelieferung verursachten negativen Auswirkungen.

Wirkung

Im Rahmen des integralen Risikomanagements ist die Notfallplanung im Bereich Vorsorge/Einsatz anzusiedeln und soll in vorliegendem Fall insbesondere dazu dienen, die negativen Auswirkungen ausgehend von erhöhtem Geschiebetrieb zu reduzieren. Die dazu im Rahmen der Notfallplanung festgelegten Sofortmassnahmen umfassen die Interven-

tion (z.B. Baggereinsatz, mobile Schutzmassnahmen, Sperrungen) sowie die Evakuierung.

Häufig werden Notfallplanungen zusammen mit technischen Massnahmen oder Überwachungs- und Alarmierungskonzepten verbunden.

Vorteile

- › **Kostengünstig.**
- › **Sensibilisierung** der betroffenen Akteure für die Geschiebe- und Hochwasserproblematik (z.B. durch Übung der Notfallplanung).
- › Kann mit einer Notfallplanung auf technische Massnahmen verzichtet werden, können unter Umständen auch negative Auswirkungen auf die **Gewässerökologie** verhindert werden.

Nachteile

- › **Unsicherheiten** im Ereignisablauf und damit auch in der Planung.
- › Geringe **Wirksamkeit** bei hohen Prozessintensitäten (fehlende Überlegenheit der Einsatzmittel).
- › Unter Umständen kurze **Reaktionszeiten**.
- › **Gefährdung der Einsatzkräfte.**
- › Häufig nur sehr **punktuell** und/oder in kleineren Gerinnen umsetzbar.

- › Im Ereignisfall **ressourcenintensiv** (Material, Personen).
- › Risiko von **Fehlalarmen**.

Anwendungsbereiche

Die Notfallplanung hat prioritär den Schutz von Menschenleben und sekundär den Schutz von Sachwerten zum Ziel. Die Bewirtschaftung des anfallenden Geschiebes kann dazu eine Massnahmenmöglichkeit darstellen, um diese Ziele zu erreichen. Das heisst die Notfallplanung ist je nach Rahmenbedingungen nicht als alleinige Lösung geeignet, sondern ist mit weiteren (Schutz-)Massnahmen zu kombinieren. Bei Geschiebeentnahmen im Rahmen der Intervention sind zusätzliche Massnahmen wie (Zwischen-)Deponierung oder Verwertung zu prüfen.

Auswirkungen des Klimawandels

Die Notfallplanung weist grundsätzlich eine hohe Flexibilität auf, sollte sich die Gefahrensituation aufgrund des Klimawandels ändern. Im Gegensatz zu baulichen Massnahmen können die Einsatzdispositive mit geringem Aufwand an die neue Situation angepasst werden.

Fallbeispiele

- › Notfallplanungen Naturgefahren, Kanton Luzern (*Abteilung Verkehr und Infrastruktur vif*)
- › Notfallplanungen Naturgefahren Kanton Bern (*Amt für Bevölkerungsschutz, Sport und Militär BSM / Tiefbauamt des Kantons Bern*)

Literatur / weiterführende Dokumente

- › *Bundesamt für Umwelt, Bundesamt für Bevölkerungsschutz (2014): Erfolgreiche Notfallplanung bei Naturgefahren.*
- › *Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (2004): Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz.*

Lösungsvariante «Aufweitung»



Visualisierte Aufweitung am Alpenrhein (Quelle: P. Rey)

Beschreibung

Aufweitungen stellen lokal begrenzte Gerinneverbreiterungen dar, durch welche in den Fließgewässern die Geschiebeablagerung (Bankbildung) gefördert und damit die Sohlenerosion reduziert werden kann. Zusätzlich können Aufweitungen zur Verminderung der Hochwassergefährdung sowie zur Aufwertung des Lebensraumes für Pflanzen und Tiere führen.

Ziel

Dauerhafter Rückhalt, temporäre Retention (Dosierung) sowie schadlose Ableitung von Geschiebe (und Hochwasser).

Wirkung

Durch die Aufweitung von Fließgewässern wird die Transportkapazität reduziert. Ist der Geschiebeeintrag im betreffenden Gewässerabschnitt grösser als die Transportkapazität, ist mit Bankbildung und damit mit Geschiebeablagerungen zu rechnen. Bis zur Einstellung eines Gleichgewichtsgefälles übt die Aufweitung somit eine rückhaltende Wirkung bezüglich Geschiebe aus. Danach ist unter Umständen eine Bewirtschaftung zu prüfen, um die ge-

schieberückhaltende Funktion der Aufweitung zu erhalten. Soll die Aufweitung zudem nicht mit baulichen Massnahmen (z.B. Uferschutz) räumlich eingegrenzt werden, so bietet sich die Ausscheidung einer sog. Interventionslinie an (d.h. ab wann werden wasserbauliche Massnahmen ergriffen).

Vorteile

- › Verbesserter **Hochwasserschutz** durch Senkung der Wasserspiegellage und verbesserter Gerinnestabilität.
- › **Sohlenstabilisierung** infolge reduzierter Schleppspannung, wodurch u.U. auf den Bau von Schwellen/Rampen verzichtet werden kann.
- › **Ökologische und gewässermorphologische Aufwertung**, indem durch die Aufweitung auendynamische Prozesse und Lebensräume geschaffen werden.
- › Neuschaffung von **Erholungsraum** (→ Bedarf einer Besucherlenkung).
- › Infolge reduzierter Sohlenerosion wird auch eine Absenkung des **Grundwasserspiegels** verhindert (Trinkwasserversorgung).
- › Verbesserung der **Wasserqualität** im Gewässer sowie des Grundwassers, durch die

Vergrößerung der biologisch aktiven Fläche.

- › Im Idealfall wenig **Unterhalt** nötig.

Nachteile

- › **Raumbedarf**, d.h. Konflikt oder allenfalls Einschränkung der bestehender Nutzung möglich (Interessenskonflikte).
- › Nur bei Gewässerabschnitten mit einem **Gefälle** < 6% möglich.
- › Sollte eine **Bewirtschaftung** des aufgeweiteten Gewässerabschnittes (z.B. Geschiebeentnahme) notwendig werden, so ist dies aufwändig sowie mit Verkehr bzw. Lärm verbunden. Eine Bewirtschaftung kann unter Umständen auch infolge invasiver Neophyten notwendig werden.
- › Durch die lokale Erhöhung des **Grundwasserspiegels** können u.U. Schäden an Gebäuden/Infrastruktur entstehen.

Anwendungsbereiche

Aufweitung sind grundsätzlich nur in grösseren Talflüssen oder Gewässern mit wenig Gefälle (< 6%) möglich. Bei steileren Gewässerabschnitten stellt sich natürlicherweise ein gestreckter Lauf ein.

Zudem ist davon auszugehen, dass grössere Aufweitungen nur ausserhalb des Siedlungsgebietes umsetzbar sind.

Der Einfluss der Aufweitung auf den Geschiebehaushalt im Unterlauf ist vorgängig zu prüfen. Es ist zu verhindern, dass im Unterlauf Geschiebedefizite (→ Erosion) oder Geschiebeüberschüsse (→ Auflandungen) entstehen.

Der vorliegende Lösungsansatz „Aufwertung“ ist unter Umständen mit dem Lösungsansatz „Gewässerraum“ zu kombinieren bzw. weist stellenweise Überschneidung auf.

Auswirkungen des Klimawandels

Zu erwartende Veränderungen des Abflussregimes und damit Veränderungen des Geschiebetransportes infolge Klimawandel sind bei der Planung von Aufweitungen zu berücksichtigen.

Mit Interventionslinien sowie einer adäquaten Bewirtschaftung können die Auswirkungen bzw. Unsicherheiten des Klimawandels berücksichtigt werden.

Fallbeispiele

- › Moesa, Grono GR
- › Thur, Uesslingen/Neunforn TG (sowie zahlreiche weitere Aufweitungen entlang der Thur)
- › Aufweitung und Hochwasserschutz Reuss, Erstfeld UR

Zahlreiche weitere Fallbeispiele finden sich in den nachfolgenden Literaturangaben.

Literatur / weiterführende Dokumente

- › *WSL, Eawag, ETHZ, EPFL (2008):* Integrales Gewässermanagement, Erkenntnisse aus dem Rhone-Thur Projekt (www.rivermanagement.ch/aufweitungen)
- › *Tiefbauamt des Kantons Bern, Oberingenieurkreis II (2011):* Hochwasserschutz Aare Thun-Bern (www.aarewasser.ch)
- › *Tiefbauamt des Kantons Bern, Oberingenieurkreis IV (2005):* Befreite Emme, lebendiger Fluss – Naturnaher Wasserbau bringt den Geschiebehaushalt wieder ins Gleichgewicht.
- › *Plattform Lebendiger Rhein (2014):* Revitalisierungsprojekte am Alpenrhein (www.lebendigerrhein.org)
- › *Verkehr und Infrastruktur (vif), Kanton Luzern (2015):* Hochwasserschutz und Renaturierung Kl. Emme / Reuss (www.hochwasserschutz-emme-reuss.lu.ch)

Lösungsvariante «Bach- und Flussverbauungen»



Betonierte Sperrtreppe am Milibach,
Meiringen BE (Quelle: Gabriella Massimi)



Holzsperren am Schwandbach,
Sarnen OW (Quelle: belop)



Uferverbauung und aufgelöste Blockrampe an der Pfaffnere (Quelle: Dept. Bau, Verkehr und Umwelt, Kanton Aargau)

Beschreibung

Bach- oder Flussverbauungen dienen der Stabilisierung von Geschiebeherden in der Gewässersohle sowie in den Böschungen. Die Bauwerke bestehen häufig aus Beton, Holz oder Blöcken. Beispiele für Bachverbauungen sind Sperren, Schwellen oder Pflästerungen (Schutz der Gewässersohle) sowie Uferschutzmauern, Bühnen oder ingenieurbio-logische Massnahmen (Böschungssicherung).

Ziel

Reduktion der Geschiebemobilisierung aus Gewässersohle und Böschungen.

Wirkung

Durch die Stabilisierung der Sohlenlage kann sowohl die Tiefenerosion reduziert als auch den rutschgefährdeten Seitenhängen ein sicherer Böschungsfuss gegeben werden. Die Wirkung solcher Massnahmen ist häufig nur lokal, weshalb der Einsatz über grössere Gewässerabschnitte hinweg (z.B. Sperrtreppen, Längsverbau) aufwändig ist.

Vorteile

- › **Stabilisierung von Geschiebeherden** direkt im Einzugsgebiet bzw. entlang des Fließgewässers.

- › Je nach Massnahmentyp und Baumaterial (Beton, Blöcke) ist der **Unterhaltsaufwand** gering.
- › Bei geeigneter Bauweise sind die ökologischen Einschränkungen gering oder sogar **Aufwertungen** möglich (Ingenieurbiologie, aufgelöste Blockrampen, etc.).

Nachteile

- › Insbesondere bei Betonbauweise sowie bei grösseren Gewässerabschnitten sind die **Baukosten** hoch. Auch der Aufwand sowie die ökologischen Auswirkungen bei einem möglichen Rückbau sind nicht zu unterschätzen.
- › Sollte eine **Bewirtschaftung** notwendig sein (z.B. Geschiebeentnahmen bei Sperren nach Ereignissen), so kann diese aufwändig sein, da die Bauwerke häufig in peripherem, unwegsamem Gelände liegen.
- › Je nach Bauweise sind negative Auswirkungen auf die **Ökologie** möglich (Fischdurchgängigkeit, Fließdynamik, etc.).
- › Die **Dauerhaftigkeit** bzw. Lebensdauer ist insbesondere bei Holzbauweise oder Murgangeinwirkung eingeschränkt.
- › Die negativen Auswirkungen bei einem **Bauwerksversagen** sind erheblich, insbesondere bei Sperrtreppen.

- › Je nach Bauweise (v.a. Beton) kann der Eingriff ins **Landschaftsbild** erheblich sein.

Anwendungsbereiche

Die Holzbauweise bietet insbesondere bei rutschanfälligen Gebieten aufgrund der Flexibilität des Werkstoffes Vorteile. Allerdings ist die Wirkung eines Holzverbau bei grossräumigen oder tiefgründigen Rutschungen eingeschränkt.

Insbesondere in Wildbächen bietet sich eine Kombination mit dem Lösungsansatz „Erosionsschutz in Bacheinhängen“ an.

Auswirkungen des Klimawandels

Bauliche Massnahmen sind grundsätzlich wenig flexibel infolge veränderter Ausgangslage durch den Klimawandel. Bauliche Anpassungen der Bauwerke aufgrund zunehmender Beanspruchung durch die auftretenden Naturgefahrenprozesse, veränderten Abflussregimes bzw. Spitzenabflüssen oder höheren Geschiebefrachten ist häufig nur unter hohem Aufwand realisierbar. Aus diesem Grund sind bei der Bauwerksdimensionierung die Auswirkungen des Klimawandels zu berücksichtigen und gegebenenfalls weitere Massnahmen (z.B. Erosionsschutz, Rückhalt, Notfallplanung) einzuplanen.

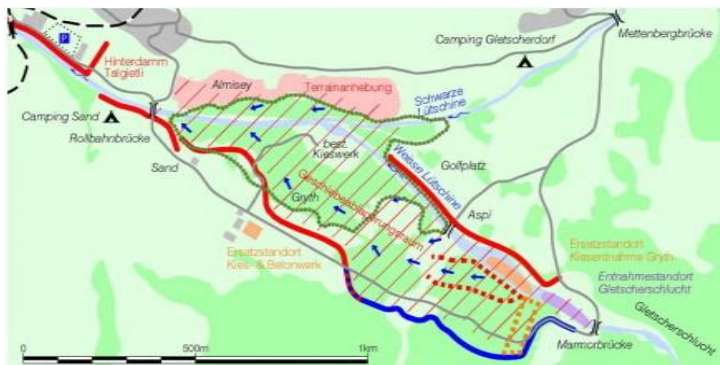
Fallbeispiele

- › Blockrampe an der Pfaffnere, Kanton Aargau (*Departement Bau, Verkehr und Umwelt*)
- › Holzverbau Gärtelbach, Kanton Bern (*Schwelkenkorporation Schangnau*)
- › Sperrentreppe Milibach, Meiringen (*Schwelkenkorporation Meiringen*)
- › Uferverbauung mit Blocksatz an der Ilfis, Langnau, Kanton Bern (*Einwohnergemeinde Langnau*)

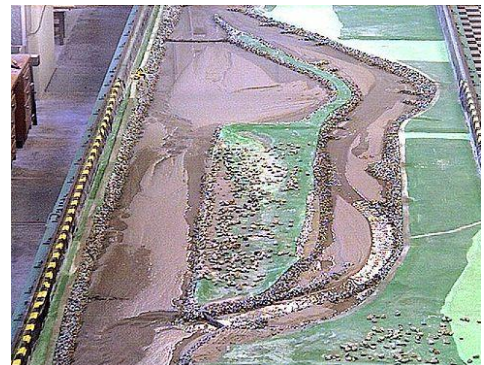
Literatur / weiterführende Dokumente

- › *Bundesamt für Umwelt (2010):* Ingenieurbio-logische Bauweisen im naturnahen Wasserbau. Praxishilfe.
- › *Böll, A., Gerber, W., Graf, F., Rickli, C. (1999):* Holzkonstruktionen im Wildbach-, Hang- und Rensenverbau. WSL, Birmensdorf.
- › *Böll, A. (1997):* Wildbach- und Hangverbau. WSL, Birmensdorf.

Lösungsvariante «Geschiebeablagerungsräume»



Projektskizze Geschiebeablagerungsraum im Rahmen des Geschiebemanagementprojektes Grindelwald
(Quelle: Schwellenkorporation Grindelwald)



Modellversuch mit dem Geschiebeablagerungsraum links und dem Flusslauf rechts
(Quelle: Baubezirksamt Reutte)

Beschreibung

Mit der Ausscheidung von Geschiebeablagerungsräumen soll sich das anfallende Geschiebe möglichst schadlos ablagern können. Diese Räume sind raumplanerisch zu sichern und bedürfen einer Nutzungseinschränkung. Unter Umständen sind bauliche Begleitmassnahmen oder Interventionslinien (d.h. bis wohin bzw. wie hoch sich das Geschiebe ablagern darf) zu definieren.

Ziel

Bereitstellung von Raum für die Geschiebeablagerung.

Wirkung

Durch die raumplanerische Ausscheidung von Geschiebeablagerungsräumen kann das Geschiebe (im Idealfall ohne zusätzliche technische oder organisatorische Massnahmen) schadlos abgelagert oder im Fließgewässer weitertransportiert werden. Die Massnahme kann beispielsweise so ausgestaltet werden, dass die vordefinierten Räume ab einem bestimmten Abfluss mit Geschiebe überführt werden.

Vorteile

- › Präventive und **kostengünstige** Massnahme (nur sofern ohne bauliche Begleitmassnahmen umsetzbar).
- › Die für die Geschiebeablagerung definierten Gebiete können hinsichtlich **Ökologie** und **Landschaftsbild** aufgewertet werden.
- › Die Unterliegerstrecke weist weiterhin einen ausreichenden, wenn auch **reduzierten Geschiebetransport** auf.

Nachteile

- › Der **Raumbedarf** ist hoch, wodurch Nutzungskonflikte möglich sind. Je nach Standort sind **Landentwertung**, **Enteignungen** oder sogar Umsiedlungen notwendig.
- › Unter Umständen ist eine periodische **Bewirtschaftung** notwendig.
- › Soll der Geschiebeablagerungsraum weiterhin landwirtschaftlich genutzt werden, so ist periodisch (z.B. nach Geschiebeablagerungen infolge Hochwasserereignisses) eine aufwändige **Rekultivierung** notwendig.

- › Aufwändige und möglicherweise langwierige **Planung** (Abstimmung mit Raumplanung, Partizipation, etc.).

Anwendungsbereiche

Für Geschiebeablagerungsräume ist ein ausreichender Raumbedarf notwendig. Die Massnahme ist daher in dicht besiedelten Gebieten schwierig umsetzbar.

Für die Ausscheidung von Geschiebeablagerungsräumen bestehen Synergien mit dem Gewässerraum nach Artikel 36a des Gewässerschutzgesetzes (→ Schlüsselkurve Hochwasserschutz und Biodiversität). Unter Umständen ist der Gewässerraum aber lokal breiter als in der Schlüsselkurve auszuscheiden, um eine schadlose Geschiebeablagerung zu gewährleisten.

Häufig wird eine Kombination mit den Lösungsansätzen „Verwertung“ oder „Deponierung“ (Kiesentnahme) nötig sein.

Auswirkungen des Klimawandels

Bei der Ausscheidung von Geschiebeablagerungsräumen sind zu erwartende Veränderungen des Abflussregimes und damit Veränderungen des Geschiebetransportes infolge Klimawandel abzuschätzen. Bestehende Unsicherheiten können z.B. mit Interventionslinien berücksichtigt werden.

Fallbeispiele

- › Geschiebemanagement Weisse Lutschine (*Schwelkenkorporation Grindelwald*)
- › Ausscheidung von Geschiebeablagerungsräumen u.a. am Delta der Melchaa, Sarnen OW (*Amt für Wald und Landschaft*)
- › Geschiebeablagerungsraum mit Umgehungsgerinne in Hornberg, Lech (*Baubezirksamt Reutte, Österreich*)
- › Ausleitung von Murgängen in den Pfynwald, Illgraben VS (*in Planung; Dienststelle für Strassen- und Flussbau*)

Literatur / weiterführende Dokumente

- › *Bundesamt für Wasser und Geologie (2001): Hochwasserschutz an Fließgewässern. Wegleitung.*
- › *Ernst Basler + Partner AG (in Bearbeitung): Lösungsansätze zur Sicherung von Flächen für Hochwasserkorridore. Pilotprojekt zur Anpassung an den Klimawandel.*

Lösungsvariante «Durchleiten»



Kanalisiertes Glyssibach im Siedlungsbereich von Brienz BE (Quelle: Jungfrau Zeitung)



Saltina-Hubbrücke in Brig VS (Quelle: wasserschneelawinen)

Beschreibung

Das anfallende Geschiebe wird durch geeignete Massnahmen durch einen kritischen Gewässerabschnitt (z.B. Siedlungsgebiet) geleitet. Dies kann beispielsweise über die Erhöhung der Geschiebetransportkapazität (Gefälle, Rauigkeit, Einengung, etc.), die Vergrößerung des Abflussquerschnittes (Entfernung von Hindernissen, Überlastkorridore, etc.) oder über eine Verbesserung der Einmündungsbedingungen in den Vorfluter erreicht werden.

Ziel

Verhinderung von Auflandungen/Ausuferungen in Fließgewässern.

Wirkung

Soll das anfallende Geschiebe in einem bestimmten Gewässerabschnitt durchgeleitet werden (z.B. aus Hochwasserschutzgründen), so kann mit einer geeigneten Gerinneanpassung die Transportkapazität bzw. Geschiebedurchgängigkeit erhöht werden. Auch das Entfernen von Hindernissen im Abflussquerschnitt (z.B. Brücken) kann zur Geschiebedurchgängigkeit beitragen, indem Verklausungen und nachfolgende Auflandungen verhindert werden.

Vorteile

- › Der **Hochwasserschutz** kann lokal erhöht werden.
- › In der Regel geringer **Unterhalt**.
- › In der Regel geringer **Raumbedarf** und damit auch geringe Nutzungskonflikte.

Nachteile

- › Das anfallende Geschiebe wird an die **Unterlieger** weitergeleitet.
- › Je nach Massnahmenart ist mit einer **ökologischen Abwertung** zu rechnen.
- › Je nach gewählter Massnahmenart sind auch die **Investitionskosten** hoch.

Anwendungsbereiche

Durchleiten soll grundsätzlich nur in Betracht gezogen werden, wenn ein Geschieberückhalt nicht möglich ist (z.B. in dicht besiedelten Gebieten). Dabei sind zwingend die Auswirkungen auf die Unterlieger zu prüfen.

Auswirkungen des Klimawandels

Beim Durchleiten von Geschiebe sind grundsätzlich bauliche Massnahmen im und/oder am Gerinne notwendig, welche häufig wenig flexibel sind bzw. nur unter grossem Aufwand den veränderten Abfluss- und Geschiebebedingungen

gen infolge Klimawandel angepasst werden können. Aus diesem Grund sind bei der Dimensionierung die Auswirkungen des Klimawandels zu berücksichtigen und gegebenenfalls weitere Massnahmen einzuplanen (z.B. Dosierung, Notfallplanung, etc.).

Fallbeispiele

- › Hochwasserschutzprojekt Grosse Melchaa, Sarnen OW (*Amt für Wald und Landschaft*)
- › Hochwasserschutz Glyssibach, Brienz BE (*Schwellenkorporation Brienz*)
- › Hubbrücke Saltina, Brig VS (*Gemeinde Brig-Glis*)

Im Wasserkraftbereich gibt es Beispiele von Geschiebeumleitstollen (z.B. Pfaffensprung UR, Solis GR). Die Geschiebemanagement im Bereich Wasserkraft ist aber nicht im Fokus der vorliegenden Studie.

Literatur / weiterführende Dokumente

- › *Bundesamt für Wasser und Geologie (2001): Hochwasserschutz an Fließgewässern. Wegleitung.*

Lösungsvariante «Erosionsschutz in Bacheinhängen»



Wiederbegrünung eines Erosionshanges, Dallenwil-Wirzwei NW (Quelle: W. Gerber)

Beschreibung

Die Stabilisierung von erosionsanfälligen Hängen ist für die Reduktion des Geschiebepotentials von Bedeutung. Die Wiederherstellung einer standortgerechten Vegetationsdecke kann durch verschiedene ingenieurbio-logische Methoden erreicht werden (Buschlagenbau, Saaten, Aufforstung, Hochlagenbegrünung, etc.).

Ziel

Stabilisierung von Feststoffquellen im Einzugsgebiet bzw. in Bacheinhängen, um die Geschiebemobilisierung zu reduzieren.

Wirkung

Mit einer standortgerechten Vegetationsdecke kann der Oberflächenschutz von erosionsanfälligen Hängen sichergestellt werden. Für eine langfristige Stabilisierung ist eine intakte Vegetation mit gut ausgebildetem Wurzelwerk nötig. Bis dieser Zustand erreicht wird, sind häufig technische Verbaumassnahmen zur Bodenstabilisierung nötig (Stützwerte, Drainage, etc.). Deren Wirkung ist allerdings punktuell und zeitlich begrenzt, da der dauerhafte Erosi-

onsschutz durch die flächendeckende Vegetationsdecke gewährleistet wird. Um das Anwachsen der Vegetation zu begünstigen, können zudem Hilfsstoffe (z.B. Mykorrhizapilze) eingesetzt werden.

Vorteile

- › Die Massnahmen weisen meist eine hohe **Dauerhaftigkeit** auf.
- › Die Massnahmen sind häufig **kostengünstig** realisierbar und im Vergleich zu anderen Lösungsansätzen **unterhaltsarm**.
- › Es wird insbesondere die **Geschiebemobilisierung bei häufigen Ereignissen limitiert**.
- › Durch die Etablierung einer standortgerechten Pflanzengesellschaft wird eine **ökologische Aufwertung** erreicht.

Nachteile

- › Die Standorte sind häufig **abgelegen** und **schwer zugänglich**.
- › Ohne Kombination mit begleitenden Massnahmen ist der **Zeitbedarf** bis zur einset-

zenden Schutzwirkung der Pflanzen gross (bis zu mehreren Jahren).

- › Aufgrund der verkürzten Vegetationszeit kann die **Höhenlage** der Geschiebequelle die Machbarkeit einschränken (z.B. periglaziale Gebiete) oder den Zeitbedarf bis zur einsetzenden Wirkung vergrössern.
- › Bei **Grossereignissen** besteht eine limitierte oder sogar negative Wirkung (z.B. erhöhte Verklausungsgefahr durch Holzeintrag).
- › Bei **tiefgründigen Rutschungen** weist die Massnahme keine Wirkung auf.

Anwendungsbereiche

Der Anwendungsbereich liegt tendenziell bei eher kleinflächigen sowie flachgründigen Rutschungen. Bei hoher Rutsch- bzw. Erosionsaktivität sind zudem zwingend begleitende technische Massnahmen zur Hangstabilisierung vorzusehen. Vielfach ist daher eine Kombination mit dem Lösungsansatz „Bach- und Flussverbauungen“ notwendig.

Der Anwendungsbereich von ingenieurbio-logischen Massnahmen als Erosionsschutz nimmt zudem mit zunehmender Höhenlage ab, da negative Bodentemperaturen generell zu einer geringeren Durchwurzelung und damit zu einer geringeren Bodenstabilität führen.

Auswirkungen des Klimawandels

Mit dem Anstieg der Luft- und Bodentemperaturen bzw. der Nullgradgrenze infolge Klimawandel ist davon auszugehen, dass künftig auch die Vegetationsgrenze ansteigen und somit der Anwendungsbereich von biologischen Erosionsschutzmassnahmen zunehmen wird. Zur Anwendung in eisfrei werdenden Gebieten kann gegenwärtig noch keine wissenschaftlich gesicherte Aussage gemacht werden; dies ist Gegenstand von aktuellen Studien.

Mit dem Klimawandel werden aber auch intensivere Niederschlagsereignisse sowie zunehmende Trockenheit erwartet. Ersterem kann beispielsweise durch die Kombination mit technischen Verbauungsmassnahmen, letzte-

rem mit trockenheitsresistenten Pflanzengesellschaften begegnet werden.

Fallbeispiele

- › Bodenschutz und Hochlagenbegründung in einem hochalpinen Skigebiet, Zermatt VS (*Aufdereggen, Julen + Zenzünen AG*)
- › Bepflanzung in Kombination mit Drahtsteinkörben in der Schwandrübi, Dallenwil-Wirzweli NW (*Amt für Wald und Energie*)
- › Aufforstung, ingenieurbio-logische Massnahmen zur Entwässerung und Stabilisierung von Bacheinhängen am Arieschbach, Fideris GR (*Amt für Wald und Naturgefahren*)
- › Aufforstung Briener Wildbäche BE (*Kantonales Amt für Wald, Abteilung Naturgefahren*)
- › Begrünung beim Bau der Julierpassstrasse GR (*Tiefbauamt Graubünden*)

Literatur / weiterführende Dokumente

- › WSL (2003): Pflanzen im Einsatz gegen Erosion und oberflächennahe Rutschungen. Merkblatt für die Praxis, 37/2003.
- › Bundesamt für Umwelt (2010): Ingenieurbio-logische Bauweisen im naturnahen Wasserbau. Praxishilfe.
- › Böll, A., Gerber, W., Graf, F., Rickli, C. (1999): Holzkonstruktionen im Wildbach-, Hang- und Runsenverbau. WSL, Birmensdorf.
- › Böll, A. (1997): Wildbach- und Hangverbau. WSL, Birmensdorf.
- › Verein für Ingenieurbio-logie (2013): Hochlagenbegrünung. Mitteilungsblatt Nr. 3, September 2013.
- › Bast, A., Grimm, M., Graf, F., Baumhauer, R., Gärtner, H. (2015): Does mycorrhizal inoculation benefit plant survival, plant development and small-scale soil fixation? Results from a perennial eco-engineering field experiment in the Swiss Alps. In: Geophysical Research, EGI General Assembly 2015, Vol. 17.

Lösungsvariante «Rückhalt / Dosierung»



Geschiebeablagerungs- und Dosierplatz oberhalb Brienz am Glyssibach (Quelle: Mätzener & Wyss Bauingenieure AG)



Geschiebesammler Gryfenbach BE (Quelle: GEOTEST AG)

Beschreibung

Ein Geschiebesammler bzw. eine Dossier Sperre ist typischerweise ein Schutzbauwerk, welches bei einem Hochwasser oder bei einem Murgang die anfallenden Geschiebemassen kontrolliert zurückhält und gegebenenfalls dosiert in den Unterlauf weitergibt. Solche Bauwerke liegen üblicherweise am Kegelhals von Schwemm- oder Murkegeln.

Ziel

Vollständiger Geschieberückhalt und ggf. dosierte Weitergabe von Geschiebe ins Unterwasser.

Wirkung

In Geschieberückhaltbauwerken wird üblicherweise die Fließgeschwindigkeit eines Gewässers durch Gefällsreduktion oder Aufweitung reduziert, so dass sich die Transportkapazität verringert und Geschiebe im Sammler abgelagert wird. Je nach Ausgestaltung des (Abschluss-)Bauwerkes kann das Geschiebe auch dosiert in den Unterlauf weitergegeben werden.

Vorteile

- › Das Bauwerk lässt einen **kontrollierten Geschieberückhalt** bzw. –dosierung zu.
- › Je nach Ausgestaltung des Abschlussbauwerkes kann die **Fischdurchgängigkeit** gewährleistet werden.
- › Das Geschiebe wird **punktuell** zurückgehalten, was einerseits den Raumbedarf und andererseits den Bewirtschaftungsaufwand reduzieren kann.

Nachteile

- › Sowohl die **Baukosten** als auch der **Bewirtschaftungsaufwand** sind hoch.
- › Je nach Rückhaltevolumen und Wirkungshöhe unterliegt das Bauwerk der **Stauanlagenverordnung** mit entsprechendem Zusatzaufwand für die Planung, Überwachung, Alarmierung und das Notfallkonzept.
- › Je nach Geschiebedurchgängigkeit des Abschlussbauwerkes kann im Unterwasser ein **ökologisches Defizit** auftreten.

Anwendungsbereiche

Bei Geschiebesammlern mit bedeutendem Rückhaltevolumen ist eine Planung zur Verwertung oder Entsorgung des anfallenden Materials notwendig (d.h. Kombination mit anderen Lösungsansätzen). Idealerweise wird ein Materialbewirtschaftungskonzept beim Bau des Geschiebesammlers erarbeitet sowie ab einer bestimmten Rückhaltekapazität in der Richtplanung festgelegt.

Auswirkungen des Klimawandels

Bauliche Massnahmen zum Geschieberückhalt oder –dosierung sind grundsätzlich wenig flexibel, wenn sich das Geschiebepotential infolge Klimawandel erhöht. Der Ausbau der Bauwerke aufgrund zunehmender Beanspruchung oder zunehmender Geschiebelieferung ist häufig nur unter hohem Aufwand realisierbar. Aus diesem Grund sind bei der Bauwerksdimensionierung die Auswirkungen des Klimawandels zu berücksichtigen und gegebenenfalls weitere Massnahmen (z.B. Notfallplanung, Bachverbau) einzuplanen.

Fallbeispiele

- › Geschiebesammler Gryfenbach, Lauterbrunnen BE (*Schwellenkorporation Lauterbrunnen*)
- › Geschiebesammler Erlenbach, Alptal SZ (*Eidg. Forschungsanstalt WSL*)
- › Geschiebesammler Schächen, Schattdorf UR (*Amt für Tiefbau*)
- › Geschiebesammler Dorfbach, Lungern OW (*Amt für Wald und Landschaft*)

Literatur / weiterführende Dokumente

- › *Regierungsrat des Kantons Bern (2012):* Kantonaler Sachplan Abbau, Deponie, Transporte.
- › *Bergmeister, K. et al. (2009):* Schutzbauwerke gegen Wildbachgefahren.

- › *Böll, A. (1997):* Wildbach- und Hangverbau. Bericht der Eidg. Forschungsanstalt WSL, Nr. 343.

Lösungsvariante «Geschiebeentnahme»



Kiesentnahme an der Reuss
(Quelle: Anzeiger Oberfreiamt)



Kiesentnahmestelle beim Delta Linth Escherkanal GL
(Quelle: glarus24.ch)

Beschreibung

Kiesentnahmen aus geschiebeführenden Flüssen oder Geschiebeablagerungen nach Naturereignissen können für gewerbliche Zwecke genutzt werden. Zudem sichern solche Entnahmen die Abflusskapazität von Gerinnen und führen je nach Korngrößenverteilung der Auflandungen zum Erhalt des Lebensraums von Pflanzen und Tieren.

Ziel

Kiesentnahme zur Sicherung der Abflusskapazität in den Gewässern (Hochwasserschutz) sowie Verwertung des Geschiebes für gewerbliche Zwecke.

Wirkung

Durch die Kiesentnahme wird der Abflussquerschnitt von Fließgewässern vergrößert bzw. nach Naturereignissen wieder hergestellt. Gleichzeitig besteht dadurch die Möglichkeit, die Transportkapazität des Gewässers wieder herzustellen und damit den Geschiebetrieb zu (re-) aktivieren.

Vorteile

- › Verwertung des entnommenen Geschiebes in einem Kieswerk und Bereitstellung als **Ressource** für die Bauwirtschaft.
- › Das Geschiebe kann **kostengünstig** (im Idealfalls sogar kostendeckend) verwertet werden. Dies hängt von der Materialzusammensetzung (→ Korngrößenverteilung), vom Holzanteil sowie vom Standort (→ Transport) ab.
- › Durch die Geschiebeentnahme (auch im Rahmen der Notfallintervention) kann der Abflussquerschnitt im Fließgewässer erhalten werden, wodurch der **Hochwasserschutz** sichergestellt wird.
- › Unter Berücksichtigung des Geschiebehaushaltes des Fließgewässers kann die **Gewässersohle stabilisiert** bzw. Erosions- und Auflandungsprozesse verhindert werden.
- › Eine Kiesentnahme kann bei alternierenden Bewirtschaftungsstandorten auch einen **ökologischen Mehrwert** ergeben (→ Pioniervegetation).

Nachteile

- › Kiesentnahmen können negative **ökologische Auswirkungen** zur Folge haben (Trübung, Zerstörung von Habitaten, etc.) und sind in **Schutzgebieten** (Naturschutz, Grundwasser, etc.) nur schwer realisierbar.
- › Der Umgang mit **nicht verwertbaren Komponenten** (Feinanteile, Holz) macht häufig eine Kombination mit anderen Lösungsansätzen (z.B. Deponierung) notwendig.
- › Die **Planung** einer Kiesentnahme kann aufwändig und langwierig sein (Bewilligungsverfahren, Geschiebestudie, Richtplaneintrag, etc.).

Anwendungsbereiche

Eine kommerzielle Kiesentnahme ist meist nur bei kontinuierlicher und ausreichender Geschiebelieferung möglich.

Je nach Ausgangsmaterial (Gesteinsart, Korngrösse) ist eine Verwertung für Kies-/Betonwerke oder auch für Ziegeleien möglich.

Auswirkungen des Klimawandels

Aufgrund der sich voraussichtlich erhöhenden Geschiebeverfügbarkeit aus alpinen Einzugsgebieten sowie den konstant bleibenden Abflussregimes ist in den nächsten Jahrzehnten mit einer kontinuierlichen und zunehmenden Geschiebelieferung zu rechnen. Für kommerzielle Kiesentnahmen stellen dies günstige Bedingungen dar.

In der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts ist aber aufgrund veränderter Abflussregimes (u.a. geringere Speicherkapazität von Gletschern und Schnee, stark verminderte Abflüsse im Sommer) sowie zunehmenden Starkniederschlagsereignissen mit einer tendenziell unregelmässigeren Geschiebelieferung übers Jahr hinweg zu rechnen, was für eine kommerzielle Verwertung eher ungünstig ist. Dem Nachteil der unregelmässigen Geschiebelieferung kann aber beispielsweise mit Zwischendeponien begegnet werden.

Fallbeispiele

- › Kiesentnahme Weisse Lütschine, Grindelwald BE (*Tiefbauamt des Kantons Bern*)
- › Kiesentnahme Lütschinendelta am Brienzensee BE (*Tiefbauamt des Kantons Bern*)
- › Kiesentnahme Reuss, Merenschwand AG (*Departement Bau, Verkehr und Umwelt*)
- › Sand- und Kiesentnahme Raspille, Salgesch VS (*Gemeinde Salgesch*)

Literatur / weiterführende Dokumente

- › *Regierungsrat des Kantons Bern (2012):* Kantonaler Sachplan Abbau, Deponie, Transporte.
- › *Björnsen Gurung, A., Stähli, M. (2014):* Wasserressourcen der Schweiz. Dargebot und Nutzung – heute und morgen. Thematische Synthese 1 im Rahmen des NFP 61 „Nachhaltige Wassernutzung“.

Lösungsvariante «Schutzmassnahmen»



Schutzdamm Rüti GL
(Quelle: A. Lombardi)



Schutzdamm Giandains, Pontresina GR
(Quelle: Amt für Wald und Naturgefahren)

Beschreibung

Verwertung des Geschiebes für Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren (Schutzdämme, Terrainerhöhung, etc.).

Ziel

Direkte Verwertung des angefallenen Geschiebes für die Erstellung von Schutzbauwerken an Ort und Stelle oder in der näheren Umgebung.

Wirkung

Das Geschiebe wird direkt für Schutzbauten (Dammbauwerke, Terrainerhöhung, etc.) gegen Naturgefahrenprozesse verwendet.

Vorteile

- › Idealerweise wird das abgelagerte Geschiebe direkt vor Ort für die Erstellung von Schutzmassnahmen verwendet. Dies bedeutet kurze **Transportwege**.
- › Die Verwendung des Geschiebes vor Ort ist im Vergleich zu anderen Lösungsansätzen **kostengünstig**.

- › Schutzdämme oder Terrainanpassungen können häufig begrünt und damit ideal ins **Landschaftsbild** eingefügt werden.
- › Durch die **präventive Planung** kann das anfallende Geschiebe bis zum Erreichen der für den Bau benötigten Materialmenge in der Nähe zwischengelagert werden, bevor mit dem Bau der Schutzmassnahme begonnen wird. Dadurch kann die Zuführung von Geschiebe aus anderen Gebieten reduziert werden.

Nachteile

- › Je nach Schutzmassnahme sind die Anforderungen an die **Materialeigenschaften** (Korngrösse) unterschiedlich. Somit sind die verbleibenden bzw. **nicht verwertbaren Geschiebeanteile** mit anderen Lösungsansätzen zu bewirtschaften.

Anwendungsbereiche

Die Anwendungsmöglichkeiten bzw. die verwendbaren Geschiebeanteile hängen stark von der Massnahmenart (Dammschüttung, Terrainerhöhung, etc.) sowie vom erwarteten Naturgefahrenprozess (Steinschlag, Murgang, Hochwasser, Lawine, etc.) ab.

Auswirkungen des Klimawandels

Bauliche Massnahmen sind grundsätzlich wenig flexibel infolge veränderter Ausgangslage durch den Klimawandel. Der Ausbau der Bauwerke aufgrund zunehmender Beanspruchung durch die auftretenden Naturgefahrenprozesse ist häufig nur unter hohem Aufwand realisierbar. Ausserdem können die zukünftig zu erwartenden zunehmenden Geschiebemengen nur in begrenztem Ausmass vor Ort für Schutzmassnahmen verwendet werden. Aus diesem Grund sind bei der Bauwerksdimensionierung die Auswirkungen des Klimawandels zu berücksichtigen und gegebenenfalls weitere Massnahmen einzuplanen (z.B. Verwertung oder Deponierung des überschüssigen Geschiebes).

Fallbeispiele

- › Verwertung des angefallenen Geschiebes nach dem Bergsturz am Pizzo Cengalo (Bregaglia GR) für die Dammschüttung des Geschiebesammlers (*Amt für Wald und Naturgefahren*)
- › Erhöhung des bestehenden Hochwasserschutzdammes am Eistlenbach mit teilweise vorhandenem Material, Hofstetten b. Brienz BE (*Schwellenkorporation Hofstetten*)

Lösungsvariante «Deponierung»



Deponierung von Geschiebe aus dem Val Parghera (Quelle: Amt für Wald und Naturgefahren GR)

Beschreibung

Unverschmutztes, nicht verwertbares Geschiebe aus Naturereignissen (Murgängen, Rutschungen, Hochwasser, etc.) oder aus der Leerung von Geschiebesammlern kann in geeigneter Form abgelagert werden.

Nebst den „klassischen“ Deponien sind auch „nutzenorientierte“ Ansätze für die Geschiebeablagerung ausserhalb des Gewässerraums (z.B. Terrainanpassungen) oder Zwischendeponien, wo das Geschiebe für einen späteren Bedarf (z.B. Verwertung) zur Verfügung steht, möglich. Auch Mischlösung zwischen Deponie (Feinfraktion) und Verwertung (Kiesfraktion) sind zu prüfen.

Ziel

Ablagerung von Geschiebe aus Naturereignissen.

Wirkung

Die Deponieplanung folgt den üblichen Vorgaben gemäss der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA) und wird auf Stufe Richtplan durch die Kantone durchgeführt. Die Planung erfolgt üblicherweise auf Grundlage von Geschiebeszenarien.

Beim Einbau des Geschiebes in Inertstoffdeponien sind Stabilitätsaspekte zu berücksichtigen (Kornfraktion, Wassergehalt, etc.).

Nach Möglichkeit kann das Geschiebe auch in anderer Form deponiert bzw. abgelagert werden, z.B. im Rahmen von Terrainanpassungen oder ökologischen Aufwertungen (z.B. für Biotope).

Vorteile

- › Geeignet für die Bewirtschaftung von **grossen Geschiebekubaturen**.
- › Anthropogene Landschaftseingriffe (z.B. alte Steinbrüche oder Kiesgruben) können überdeckt und damit das **Landschaftsbild** aufgewertet werden.
- › Wird das Geschiebe bei der Deponierung gleichzeitig für eine Terrainanpassung genutzt, so kann beispielsweise die **Bewirtschaftbarkeit** für die Landwirtschaft oder auch der **Hochwasserschutz** verbessert werden.

Nachteile

- › Während des Deponiebaus ist keine Bewirtschaftung möglich (temporärer **Raumbedarf**) und es ist mit negativen **Umweltauswirkungen** (z.B. Verkehr, Staub, Lärm) zu rechnen.
- › Grundsätzlich sind potentielle **Deponiestandorte** nur beschränkt vorhanden, insbesondere vor dem Hintergrund, dass die anfallenden Geschiebemengen infolge Klimawandel zunehmen werden und der Flächenbedarf damit entsprechend gross ist.
- › Das **Landschaftsbild** ist bis zur abgeschlossenen Rekultivierung der Deponiefläche beeinträchtigt.
- › Die Deponierung benötigt eine **Baubewilligung**, welche häufig nur zeitlich begrenzt gültig ist.
- › Die **Planverfahren** sind je nach Deponiegrösse aufwändig und langwierig (Richtplan, Nutzungsplan, UVP, etc.).
- › Die **Kosten** für die Planung und den Deponiebau sind hoch.
- › Eine Deponie kann allenfalls Auswirkungen auf den **Grundwasserhaushalt** haben.

Anwendungsbereiche

Die Deponierung ist häufig nur eine Teillösung, da das Geschiebe zunächst z.B. zurückgehalten werden muss (→ Lösungsansatz „Rückhalt/Dosierung“).

Deponien in Wald oder Schutzgebieten sind häufig nicht oder nur eingeschränkt möglich. Entsprechende Ausnahmeregelungen sind im Einzelfall zu prüfen.

Auswirkungen des Klimawandels

Mit der Zunahme der Geschiebefrachten aus alpinen Einzugsgebieten wird in Zukunft voraussichtlich auch der Bedarf an Deponievolumen ansteigen. Die zu erwartenden Geschiebemengen sowie deren räumliche Verteilung können aber mit geeigneten Methoden abgeschätzt und im Rahmen der Richtplanung berücksichtigt werden.

Fallbeispiele

- › Plarena, Val Parghera GR (*Amt für Natur und Umwelt*)
- › Locherboden, Grindelwald BE (*Amt für Wasser und Abfall*)

Literatur / weiterführende Dokumente

- › *Amt für Raumentwicklung Graubünden (2014):* Kantonaler Richtplan.
- › *Amt für Raumentwicklung Uri (2014):* Kantonaler Richtplan.
- › *Regierungsrat des Kantons Bern (2012):* Kantonaler Sachplan Abbau, Deponie, Transporte.

Lösungsvariante «Geschiebezugabe in Fließgewässer»



Ticino, Banco di Moleno (Quelle: Ufficio dei Corsi d'Acqua, Bellinzona)

Beschreibung

Geschiebeentnahmen/-rückhalt oder ein monotoneres, begradigtes und eingegengtes Gewässer kann zu einem Geschiebedefizit mit den damit verbundenen negativen ökologischen Auswirkungen führen. Mit einer Geschiebezugabe kann ein solches Defizit vermindert werden.

Ziel

Wiederherstellung eines natürlichen Geschiebehaushaltes im Unterwasser von Rückhaltebauwerken.

Wirkung

Die Geschiebezugabe wird an geeigneter Stelle durchgeführt, so dass die Kiesbank bei Hochwasserabfluss zunehmend erodiert wird. Das Geschiebe wird durch das Fließgewässer anschliessend flussabwärts transportiert und

bestenfalls wiederum in alternierenden Kiesbänken abgelagert, welche einen positiven Einfluss auf den aquatischen Lebensraum sowie auf Erosionsprozesse ausüben.

Vorteile

- › Wiederherstellung des Geschiebehaushalts im Unterwasser von Anlagen oder Geschiebeentnahmestellen (**ökologische Aufwertung**).
- › Verhinderung von Geschiebedefiziten (Erosion) und damit **Stabilisierung** der Flusssohle sowie von Schutzbauwerken.

Nachteile

- › Je nach Transportkapazität des Fließgewässers und Korngrößenverteilung des Materials kann die Massnahme zu einer **Reduktion der Hochwassersicherheit**

führen. Aus diesem Grund ist häufig auch der **Umfang der Kieszugaben** beschränkt.

- › Der notwendige Maschineneinsatz (Bagger, Lastwagen) verursacht **umweltbelastende Emissionen** (Lärm, Staub, etc.). Häufig ist zudem ein maschinengängiger Zugang zum Fliessgewässer (z.B. Baupiste) zu erstellen.
- › Negative **ökologische Auswirkungen** bei Feinstoffzugabe (Trübung, Kolmation der Sohle, etc.).
- › Nicht oder nur schwer umsetzbar, falls **Schutzgebiete** (Brutplätze seltener Vögel, Fischeschonstrecken, Pflanzenschutzgebiet, etc.) tangiert werden.
- › Die **Kosten** zur Planung und Umsetzung der Massnahme sind in der Regel hoch (Transport, allfällige Materialaufbereitung z.B. Siebung, Geschiebestudien, etc.).
- › In **Schiffahrtgewässern** sind Fahrrinnen bzw. die minimale Fahrwassertiefe zu berücksichtigen.

Anwendungsbereiche

Ob eine Zugabe von Geschiebe in ein Fliessgewässer möglich ist, hängt von verschiedenen Rahmenbedingungen ab (Gefälle, Gerinnemorphologie, Hochwasserschutz, Zugänglichkeit, Geschiebehaushalt, etc.) und ist für jeden Einzelfall mittels einer Detailstudie zu prüfen.

Aufgrund des komplizierten Planungsverfahrens, bei welchem sich die Verantwortungsgebiete verschiedener Fach- bzw. Amtsstellen überschneiden, der benötigten Vorabklärungen sowie Sicherheitsaspekten ist die Geschiebezugabe in Fliessgewässern nicht als Notfallmassnahme geeignet.

Auswirkungen des Klimawandels

Die erhöhte Geschiebeverfügbarkeit sowie die zu erwartenden Veränderungen der Abflussregimes in Fliessgewässern infolge Klimawandel sind bei der Planung von Geschiebezugaben zu berücksichtigen. Mit einer periodischen

Überprüfung und gegebenenfalls Anpassung der Geschiebezugabekonzepte ist die Massnahme daher auch bei klimatischen Veränderungen flexibel anwendbar.

Fallbeispiele

- › Geschiebezugabe in den Rhein nach den Murgängen im Val Parghera bei Domat/Ems GR (*Amt für Wald und Naturgefahren*)
- › Geschiebezugabe in den Ticino nach dem Felssturz bei Preonzo TI (*Ufficio dei Corsi d'Acqua*)
- › Kiesschüttung Aare, Aarwangen und Deitingen (*Kantone Bern und Solothurn*)

Literatur / weiterführende Dokumente

- › *Baumgartner, S., Robinson, C.T. (2014):* Aufwertungspotenzial von Flussrevitalisierungen für das Makrozoobenthos. In: Wasser Energie Luft, 106/1.
- › *Schleiss, A. et al. (2014):* Geschiebe- und Habitatsdynamik - Forschungsprogramm „Wasserbau und Ökologie“. In: Wasser Energie Luft, 2.
- › *Schälchli U. et al (2010):* Kiesschüttungen zur Reaktivierung des Geschiebehaushalts der Aare – die kieslaichenden Fische freut's. In: Wasser Energie Luft, 102/3.
- › *Amt für Natur und Umwelt Graubünden:* Merkblatt zur Rückgabe von Geschiebefangmaterial in den Talfluss.

Lösungsvariante «Ablagerung / Aufschüttung in See»



Künstlich aufgeschüttete Inseln beim Reussdelta
(Quelle: reussdelta.ch)



Kiesinsel beim Delta der Alten Lorze im Zugersee
(Quelle: Tiefbauamt Kanton Zug)

Beschreibung

Geschiebe aus Naturereignissen oder Geschiebesammlern wird in einen See geschüttet. Durch die Aufschüttung von künstlichen Inseln oder Landzungen können grosse Geschiebemengen verwertet werden.

Ziel

Entsorgung bzw. Verwertung von Geschiebe in Seen.

Wirkung

Das Geschiebe wird entweder direkt vom Ufer aus in den See gestossen oder mittels Transportschiffen im Flachwasserbereich eingetragen. Dies ist gemäss GSchG Art. 39 nur dann erlaubt, wenn beispielsweise die Flachwasserzone verbessert werden kann oder bei einem überwiegenden öffentlichen Interesse.

Vorteile

- › Kiesschüttungen in Seen schaffen Lebensräume für Pflanzen und Tiere und stellen eine **ökologische Aufwertung** dar.
- › Unter Umständen kann das **Landschaftsbild** aufgewertet werden.

- › Unter Umständen sind die **Transportwege** kürzer als bei anderweitiger Entsorgung oder Verwertung des Geschiebes (z.B. einer Deponierung).
- › Durch die Kiesschüttung wird unter Umständen **Erholungsraum** für den Menschen geschaffen, welcher sich auch touristisch nutzen lässt.
- › Generell ist mit einer Kiesschüttung in einen See ein **Landgewinn** verbunden, welcher grundsätzlich verschiedensten Nutzungsformen zugeführt werden kann.

Nachteile

- › Eine Kiesschüttung in einem See kann auch zahlreiche **ökologische Nachteile** nach sich ziehen (z.B. Trübung bei Schüttung, Eingriff in ein intaktes Ökosystem, etc.).
- › Je nach Standort von Geschiebeanfall und -entsorgung kann ein hohes **Verkehrsaufkommen** (Schiff- und Lastwagenfahrten) entstehen.
- › Unter Umständen ist ein **Unterhaltkonzept** (Neophyten, etc.) zu erarbeiten, was mit Aufwand bzw. Kosten verbunden ist.

- › Die **Planung** von Seeschüttungen ist schwierig, da der Zeitpunkt des Geschiebeanfalls sowie die Geschiebemengen häufig schwer kalkulierbar sind und die benötigte Baubewilligung nur eine begrenzte zeitliche Gültigkeit hat. Aus diesem Grund wird häufig auch eine **Zwischendeponierung** benötigt (vgl. Lösungsansatz „Deponierung“).

Anwendungsbereiche

Da ein See grundsätzlich kein Deponiestandort für Geschiebe ist, muss ein anthropogen geschaffenes, ökologisches Defizit im Flachwasserbereich bestehen. Erst dann kann mittels eines Renaturierungskonzepts eine Kiesschüttung geplant werden.

Geschiebe kann auch an Notschüttstellen im Rahmen einer Interventionsmassnahme oder nach Unwetterereignissen in einen See zugegeben werden. Dazu sind aber Vorabklärungen notwendig sowie die kantonalen Rahmenbedingungen zu beachten (vgl. Fallbeispiele).

Grundsätzlich sind die gesetzlichen Vorgaben zu Gewässerschutz und Deponien zu beachten.

Auswirkungen des Klimawandels

Die Massnahme kann je nach Bedingungen am Seeufer (z.B. steil abfallend, grosse Tiefen) flexibel auf die zu erwartenden grossen Geschiebemengen infolge Klimawandel ausgelegt werden.

Fallbeispiele

- › Kiesinsel Delta Alte Lorze ZG (*Tiefbauamt Kanton Zug*)
- › Seeschüttung nach Unwetterereignissen in Glyssibach, Trachtbach und Ofenbielengraben, Brienz BE (*Tiefbauamt des Kantons Bern*)
- › Notschüttstelle Büel am Urnersee UR (*Amt für Tiefbau und Amt für Umweltschutz*)
- › Ausbruchentsorgung AlpTransit beim Reussdelta, Vierwaldstätter See UR (*Amt für Umweltschutz*)

Literatur / weiterführende Dokumente

- › *Rossi, D. (2012):* Kiesinsel Delta Alte Lorze. In: Ingenieurbiologie, 1/2012.
- › *Deisenroth, N. (2013):* Der Gotthard-Basistunnel – Ein Jahrhundertbauwerk durch die Schweizer Alpen. In: bergbau, 64/10.