

# Strategien zur Geschiebebewirtschaftung im Zusammenhang mit dem Klimawandel

*Thomas Scheuner, Barbara Wegmann, Severin Schwab, Adrian Schertenleib*

## Zusammenfassung

In der Schweiz sind die Jahresdurchschnittstemperaturen in den letzten 150 Jahren deutlich angestiegen. Je nach Klimaszenario ist bis 2060 mit einem weiteren Temperaturanstieg von bis zu 4 °C zu rechnen. Gleichzeitig wird eine tendenzielle Zunahme von Starkniederschlägen erwartet. Diese Veränderungen haben für die Schweiz unter anderem aufgrund der grossflächigen glazialen und periglazialen Gebiete spezifische Konsequenzen. So resultiert beispielsweise aus Gletscherrückzug, Auftauprozessen in Permafrostgebieten sowie vermehrten Unwetterereignissen eine erhöhte Mobilisierung von Geschiebemassen, welche zu vielfältigen Auswirkungen in den Talböden führt.

Im Rahmen des hier vorgestellten Projektes werden praxistaugliche Lösungskonzepte zur Geschiebebewirtschaftung im Rahmen eines sich ändernden Klimas präsentiert.

In drei Fallstudiengebieten wurde in einem ersten Schritt das zu erwartende Geschiebeaufkommen unter Einfluss der Klimaerwärmung quantifiziert. In einem zweiten Schritt wurden die relevanten Akteure identifiziert und in den Lösungsfindungsprozess miteinbezogen. Darauf aufbauend wurden integrale Lösungskonzepte in den Kategorien „Organisation“, „Vermeiden“, „Verwerten“ und „Entsorgen“ erarbeitet.

Verschiedene Bestandteile einer möglichen neuen Strategie zur Geschiebebewirtschaftung liegen in den Bereichen prospektive Gefahrenanalyse, Raumplanung, Massnahmen- und Interventionskonzepte sowie Kommunikation. Diese sollen Bund, Kantone und Gemeinden auf der Ebene der strategischen Planung sowie bei der operativen Umsetzung von entsprechenden Massnahmen unterstützen.

## 1 Einleitung

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 Aktivierung von Rutschungen bzw. generell zu einer erhöhten Mobilisierung von Geschiebemassen führen, woraus in den Talböden vielfältige Auswirkungen resultieren.

Die vorliegende Studie hatte das Ziel, praxistaugliche Lösungskonzepte zur Geschiebebewirtschaftung im Rahmen eines sich ändernden Klimas bis ins Jahr 2060 aufzuzeigen, die gesamtschweizerisch und lithologieübergreifend anwendbar sind. Die Lösungskonzepte wurden in drei Fallstudiengebieten erarbeitet.

Die vorliegende Studie ist Bestandteil des Pilotprogrammes „Anpassung an den Klimawandel“ unter der Leitung des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Es soll die Kantone, Regionen und

Gemeinden beim Umgang mit den neuen Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Klimawandel unterstützen.

## **2 Methodik**

### **2.1 Ablauf der Arbeiten**

In einem ersten Schritt wurde basierend auf bestehenden Unterlagen eine prospektive Geschiebeabschätzung für drei Fallstudiengebiete unter Berücksichtigung des Klimawandels durchgeführt. Die Resultate dienen als Grundlage für die Planung von Lösungskonzepten zur Geschiebeproduktion der Zukunft. In einem zweiten Schritt wurde für die Fallstudiengebiete eine Kontext- und Akteursanalyse durchgeführt. Ziel war die Identifizierung der relevanten Akteure und deren Miteinbezug ins Projekt. In einem dritten Schritt wurden die Lösungskonzepte erarbeitet und in Massnahmenblättern dokumentiert. In einem vierten Schritt wurden Elemente einer möglichen neuen Strategie zur Geschiebeproduktion konkretisiert. Nachfolgend werden die methodischen Grundlagen der ersten drei Schritte näher erläutert.

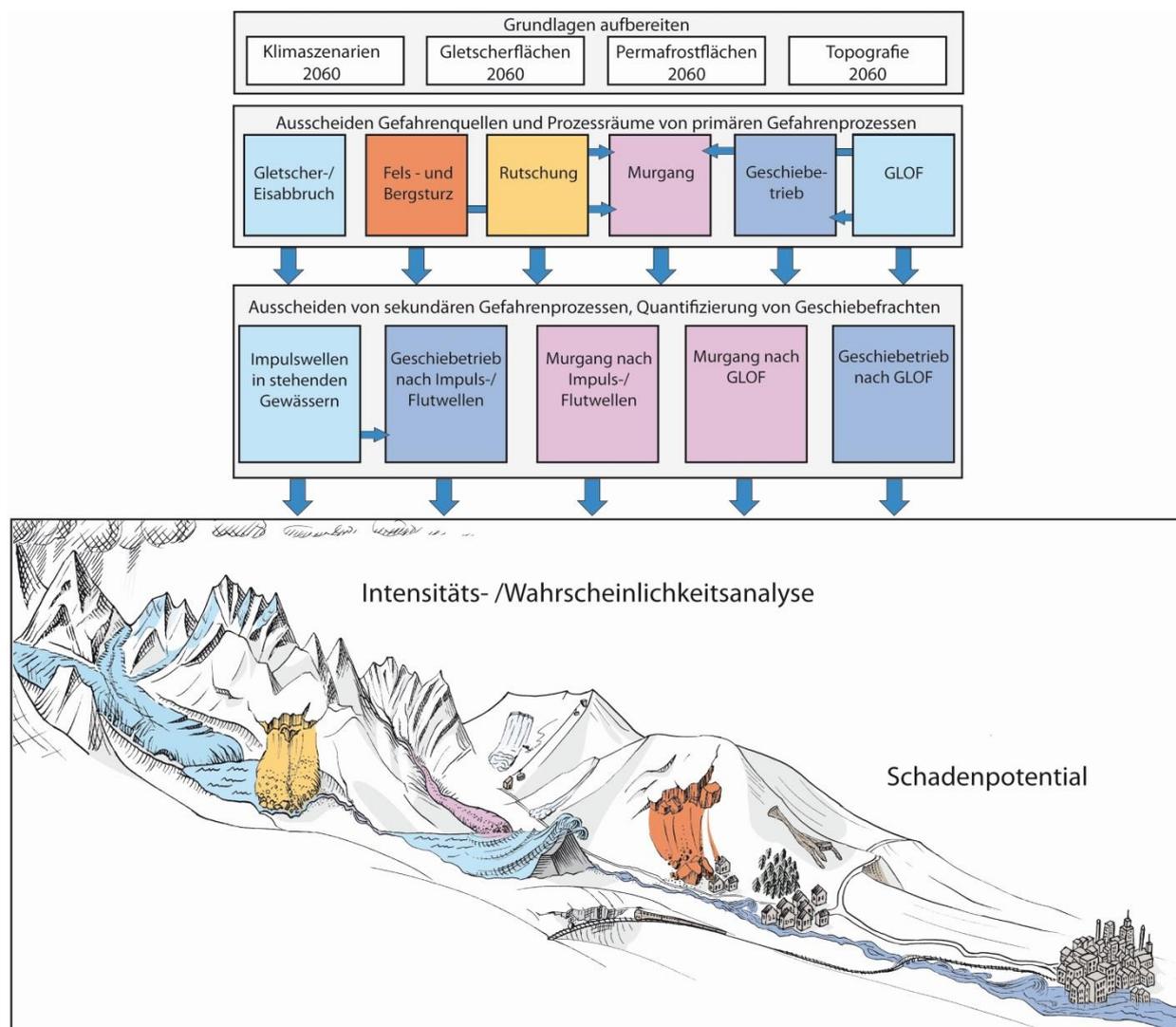
### **2.2 Prospektive Geschiebeabschätzung**

Im Rahmen der prospektiven Geschiebeabschätzung wird auf Stufe Gefahrenhinweiskarte dargelegt, wie sich der Geschiebehaushalt in den Fallstudiengebieten bis 2060 entwickeln kann.

Die Geschiebeverfügbarkeit steht am Ende einer komplexen Prozesskette. So wird beispielsweise berücksichtigt, dass in den Gletscherrückzugsgebieten oder in Gebieten mit auftauendem Permafrost neue Schuttdeposits 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 Vorgehen ist in Abb. 1 skizziert und stützt sich auf die Methodik der GHKperiGlazial-Studie ab, welche anhand von Klimaszenarien die Entwicklung von Einzugsgebieten im Berner Oberland bis ins Jahr 2060 abschätzt. Durch eine systematische Analyse der Einzugsgebiete wurde das Zusammenspiel der Veränderung der Gletscherausdehnung und des Permafrosts mit den Sturz und Rutschprozessen, der Murgangauslösung, den Gletschergefahren (Stürze und Seen) sowie möglichen Folgeprozessen (z.B. Flutwelle) untersucht und modelliert. Die resultierenden Gefahrenhinweiskarten zeigen auf, welche Räume zukünftig durch die verschiedenen Gefahrenprozesse tangiert werden können.

Für die vorliegende Studie wurden in einem ersten Schritt die Klimaszenarien für die regionalen Untersuchungsgebiete aufbereitet sowie die zu erwartenden Gletscher- und Permafrostflächen sowie die Topographie in den eisfrei werdenden Gebieten hergeleitet. Auf dieser Basis wurde das Geschiebepotential im Jahr 2060 abgeschätzt, wobei die Geschiebelieferungen aus primären Gefahrenprozessen (grosse Rutsch- und Sturzprozesse, Murgänge, Geschiebetransport) berücksichtigt werden. Sekundäre Folgeprozesse (z.B. Flutwellen infolge eines Eissturzes in stehende Gewässer) wurden in der vorliegenden Studie nicht untersucht. Schliesslich wurden für die Gefahrenprozesse Murgang und Geschiebetrieb der maximal zu erwartende Geschiebetransport in den Talböden berechnet.



**Abb. 1** Primäre und sekundäre Naturgefahrenprozesse, welche durch den Klimawandel im alpinen Raum verstärkt werden können (GLOF = Glacier Lake Outburst Flood).

### 2.3 Kontext- und Akteursanalyse

Im Rahmen der Studie wurden je Fallstudienggebiet eine Kontext- und Akteursanalyse durchgeführt. Eine Kontextanalyse dient dazu, die kritischen Rahmenbedingungen, in welchen die Akteure agieren, zu beschreiben und die Akteure zu identifizieren. Das Ziel der Akteursanalyse ist es, alle potenziellen Akteure frühzeitig in einer angemessenen Form in das Projekt einzubeziehen. Dadurch sollen potenzielle Konflikte verhindert werden.

Zur Durchführung der Kontextanalyse wurden anhand der vorhandenen schriftlichen Grundlagen die ersten Informationen zum historischen, rechtlichen und politischen/sozialen Kontext zusammengetragen. Gleichzeitig konnten durch diese Arbeit die ersten Akteure, die Mitglieder der Begleitgruppe, identifiziert werden. Die Begleitgruppe, bestehend aus verwaltungsinternen Akteuren der drei Fallstudienggebiete, unterstützte die gesamte Projektarbeit und diente der Projektleitung als Ansprechpartner.

Im Rahmen der Akteursanalyse wurden schliesslich alle relevanten Akteure identifiziert und deren Einbezug ins Projekt in Absprache mit der Begleitgruppe definiert. Je nach Akteursgruppe erfolgte der Einbezug anlässlich eines Interviews, eines Workshops oder mittels Zeitungsartikel.

## **2.4 Lösungskonzepte**

Aufbau und Inhalt der Lösungskonzepte für die Geschiebebewirtschaftung unter Berücksichtigung des Klimawandels wurden in drei Stufen entwickelt.

Zunächst wurde eine erste Auswahl an Lösungsansätzen im Projektteam erarbeitet und beurteilt, wobei auf das Wissen der Experten/innen aus unterschiedlichen Fachbereichen (Deponieplanung, Wasserbau, Geotechnik, etc.) der beauftragten Unternehmen zurückgegriffen werden konnte. Zudem wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, wobei der Fokus insbesondere auf aktuelle Forschungs- sowie Praxisprojekte gelegt wurde. Zu ausgewählten Lösungskonzepten fand zudem ein Wissenstransfer durch Experten/innen-Gespräche mit Forschungsinstituten und weiteren Planungsbüros statt.

In einem zweiten Schritt wurden die Lösungskonzepte anlässlich eines Workshops mit der Begleitgruppe sowie ausgewählten Akteuren aus den Fallstudiengebieten weiterentwickelt und beurteilt. In einem letzten Schritt wurden mit betroffenen Akteuren resp. Experten/innen pro Fallstudienregion relevante Fragen zu ausgewählten Lösungskonzepten vertieft diskutiert und in die Beurteilung aufgenommen (Experten/innen-Gespräche).

## **3 Fallstudiengebiete**

Die Arbeiten konzentrierten sich auf die drei Fallstudiengebiete in der Schweiz: Schwarze Lütschine / Oberer Grindelwaldgletscher im Kanton Bern, das Val Parghera im Kanton Graubünden sowie den Alpbach im Kanton Uri. In vorliegendem Artikel werden allerdings nur die beiden erstgenannten Gebiete im Detail beschrieben.

### **3.1 Schwarze Lütschine / Oberer Grindelwaldgletscher**

Im Jahr 2011 erfolgte im Einzugsgebiet der Schwarzen Lütschine 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 wurden dadurch über 100'000 m<sup>3</sup> Geschiebe in den Talboden verfrachtet (siehe Abb. 2), was rund der dreifachen Menge eines 300-jährlichen Hochwasserereignisses gemäss Gefahrenkarte entspricht.

Die aktuelle Geschiebebewirtschaftungsstrategie 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 im Zentrum. Zudem wurden verschiedene Massnahmen umgesetzt um den Hochwasserschutz zu verbessern.



**Abb. 2** Geschiebeentnahmen an der Schwarzen Lüttschine im Bereich Mättenbergbrücke in Grindelwald nach den Flutwellen im Jahr 2011 (Foto: Nils Hählen).

### 3.2 Val Parghera, Domat/Ems

Im Einzugsgebiet der Val Parghera besteht eine aktive Rutschung, an deren übersteilter Front bei starken Niederschlagsereignissen und Schneeschmelze Geschiebepakete mobilisiert werden und abgleiten. Das Geschiebe wird in Form von feinkörnigen Murgängen ins Tal transportiert. Dank rechtzeitiger Warnung und Intervention konnten die Schäden bisher begrenzt werden. In der Folge wurden Schutzbauten (Geschieberückhalt, Schutzdämme) sowie eine Deponie zur Entsorgung des Geschiebes geplant (siehe Abb. 3).



**Abb. 3** Deponie Plarenga bei Domat/Ems zur Entsorgung des Geschiebes aus der Val Parghera (Bild: Amt für Wald und Naturgefahren Graubünden).

## 4 Resultate

### 4.1 Erkenntnisse zu Geschiebefrachten

Die prospektiven Geschiebeabschätzungen zeigten auf, dass sich das potentiell mobilisierbare Geschiebe in allen drei untersuchten Gebieten in Zukunft mit grosser Wahrscheinlichkeit erhöhen und sich somit die Geschiebeproblematik tendenziell verschärfen wird.

In Grindelwald ist davon auszugehen, dass sich die Gletscher im Einzugsgebiet der Schwarzen Lütschine stark zurückziehen und grosse Schuttdepots 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. Die Geschiebemobilisierung kann bis zu rund 1 Mio. m<sup>3</sup> betragen.

Im Einzugsgebiet der Val Parghera ist davon auszugehen, dass ein Grossteil der aktiven Rutschung von rund 400'000 m<sup>3</sup> in den nächsten Jahren als Murgang in den Talboden verfrachtet wird. Die Analysen zeigen, dass die Disposition für die Aktivierung zusätzlicher Rutschkörper von rund 650'000 m<sup>3</sup> im Einzugsgebiet der Val Parghera besteht.

Die bisherigen, im Wesentlichen retrospektiven Methoden zur Festlegung der Geschiebefrachten in Fliessgewässern reichen deshalb aus unserer Sicht nicht mehr aus, um die Gefahren- und Wirkungsbereiche der Geschiebeverlagerungsprozesse auch unter dem Aspekt eines sich verändernden Klimas abschätzen zu können.

### 4.2 Erkenntnisse zu Kontext und Akteure

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

Weiter ergibt die Kontextanalyse, dass die bestehenden Massnahmen jeweils reaktiv, im Anschluss an ein Unwetterereignis, umgesetzt wurden. Zudem wird 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 Massnahmenkombinationen, um den Unsicherheiten im Zusammenhang mit dem Klimawandel so gut wie möglich begegnen zu können.

Die Kontextanalyse dient zudem der Identifizierung von involvierten Akteuren: Durch die Analyse bisheriger Naturereignisse, die Identifizierung der vorherrschenden regionalwirtschaftlichen Sektoren (z.B. Tourismus, Industrie, Landwirtschaft), das Aufzeigen rechtlicher Rahmen-

bedingungen sowie durch das Skizzieren der kantonalen und kommunalen Organisation, ergibt sich ein Gesamtbild der involvierten Akteure. Die Zusammensetzung dieser Akteure zeigt sich in allen drei Fallstudiengebieten ähnlich und beinhaltet Akteure von Bund und kantonalen Ämtern, aus der Projektleitung und den betroffenen Gemeinden sowie Eigentümer von betroffenem Land, Gebäuden oder Infrastruktur.

Die Analyse ergibt, dass die Landwirtschaft über alle drei Fallstudiengebieten besonders häufig von Ereignissen betroffen ist und zwar direkt, beispielsweise durch Übersarung von Landwirtschaftsland, wie auch indirekt durch die Umsetzung von Massnahmen, beispielsweise Geschiebepolonien. Eine weitere Gemeinsamkeit zeigt sich in der zentralen Rolle der Gemeindepräsidenten und Gemeindepräsidentinnen in der Kommunikation. Die transparente und fachlich kompetente Information sowie der persönliche Kontakt mit den betroffenen Akteuren erweisen sich als wichtige Voraussetzung zum Schaffen von Vertrauen zwischen den Akteuren.

Die Bedeutung von Schlüsselakteuren (= Akteure, die als Türöffner zu einer wichtigen Akteursgruppe fungieren können, sei es z.B. dank ihrem Status als Meinungsmacher oder dank ihrem Verhandlungsgeschick) 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 ist, dass der Bodenschutzbeauftragte das Vertrauen der Landbesitzer und Bewirtschafter besitzt. Die frühzeitige Identifikation und der aktive Einbezug solcher Schlüsselakteure zur Prävention von Konflikten sind grundsätzlich hilfreich.

### **4.3 Erkenntnisse zu Lösungsansätzen**

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden 14 Lösungsansätze erarbeitet und in Massnahmenblättern dokumentiert (siehe Abb. 4). Darin enthalten sind unter anderem die Wirkung und die Anwendungsbereiche des jeweiligen Lösungsansatzes, dessen Vor- und Nachteile sowie die Flexibilität hinsichtlich den Auswirkungen des Klimawandels. Die Ansätze sind grundsätzlich in die Kategorien „Vermeiden“, „Verwerten“, „Entsorgen“ und „Organisation“ eingeteilt. Die in den Massnahmenblättern beschriebenen Lösungsansätze dienen den Behörden als Hilfestellung zur Erarbeitung einer Strategie zur Geschiebepolonbewirtschaftung unter Berücksichtigung der erwarteten Klimaänderung. Zudem können die Massnahmenblätter von den Behörden als auch von spezialisierten Planungsbüros als Hilfsmittel für die Projektkommunikation mit Gemeindevertretern und der Bevölkerung verwendet werden.

Folgende Erkenntnisse bestehen in Bezug auf die Lösungsansätze:

- Die Lösungsansätze (Vor- und Nachteile) können je nach Einzugsgebiet bzw. Kontext und Akteuren unterschiedlich beurteilt werden. Dasselbe gilt auch für die Akzeptanz in der Bevölkerung.
- Ein Grossteil der Lösungsansätze zur Geschiebepolonbewirtschaftung 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.

- 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 Lösungsansätze sind oft nur in Kombination und nicht als Einzellösung einsetzbar. So ist beispielsweise bei einem Geschiebesammler eine Massnahmenkombination zwingend (z.B. Deponierung, Verwertung oder Gewässerzugabe des Geschiebes). Grundsätzlich sind aber bei Grossereignissen bzw. bei Einzugsgebieten, in welchen die Geschiebelieferung infolge Klimawandel erheblich zunimmt, Massnahmenkombinationen notwendig, da mit Einzelmassnahmen die grossen Geschiebemengen häufig nicht bewältigt werden können.

Die beschriebenen Lösungsansätze werden bewusst allgemein gehalten, um deren Übertragbarkeit auf andere Gebiete zu ermöglichen.



**Abb. 4** Übersicht der Massnahmenblätter zu den Kategorien „Vermeiden“, „Verwerten“, „Entsorgen“ und „Organisation“.

## 5 Auf dem Weg zu einer Strategie Geschiebebewirtschaftung

Für eine Strategie zur Geschiebebewirtschaftung unter Berücksichtigung der erwarteten Klimaänderung sind nachfolgende Massnahmen und Handlungsfelder zentral. Sie können für die relevanten Akteure auf der Ebene der strategischen Planung, aber auch bei der operativen Umsetzung von entsprechenden Massnahmen, hilfreich sein.

- **Prospektive Gefahrenanalyse:** Eine Abschätzung der Naturgefahrenprozessräume sowie deren Prozessintensitäten (u.a. die Geschiebefrachten) unter Berücksichtigung des Klimawandels stellt für die Behörden eine ergänzende Planungsgrundlage zu den bereits bestehenden Gefahrenkarten dar. Sie kann 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 Gefahren- bzw. Geschiebebeurteilung soll raumplanerisch berücksichtigt werden, beispielsweise in kantonalen oder regionalen Richt- und Nutzungsplanungen. So sollen beispielsweise die Deponiereserven unter Berücksichtigung der zukünftig zu erwartenden Geschiebemengen langfristig sichergestellt werden, die Gefahrenflächen im Sinne eines Hinweisprozesses in die Planung von grossen Bau- und

Infrastrukturprojekten einfließen sowie der Raumbedarf der Fliessgewässer zur schadlosen Geschiebeablagerung bzw. -umlagerung gewährleistet werden.

- **Massnahmen- und Interventionskonzept:** Für Einzugsgebiete, in welchen die klimabedingten Risiken gemäss prospektiver Gefahrenanalyse mit hoher Wahrscheinlichkeit 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 Einbezug der Schlüsselakteure.
- **Kommunikation:** Ein Kommunikationskonzept soll die Bevölkerung und insbesondere die betroffenen Akteure über die Thematik der Geschiebebewirtschaftung unter Berücksichtigung der erwarteten Klimaänderung informieren und sensibilisieren. Darin können u.a. die Zielgruppe, Ansprechpersonen, Kommunikationsform und -inhalt sowie die Periodizität festgelegt werden.

## 6 Ausblick

### 6.1 Entwicklung und Etablierung eines prospektiven Gefahrenmanagements

Ein Teilziel der 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. Die prospektive Gefahrenabklärung soll dabei als Ergänzung zu den bestehenden Gefahrenkarten und Gefahrenhinweiskarten dienen. Mit einer Abschätzung der künftig zu erwartenden Geschiebefrachten können auch die notwendigen Gebiete für die Geschiebebewirtschaftung (Deponien, Geschiebezugabestellen, Kieswerke, etc.) in regionalen oder kantonalen Planungen festgelegt werden.

### 6.2 Verfolgen von unkonventionellen Lösungsansätzen

Neben den in der Studie präsentierten Geschiebebewirtschaftungsansätzen wird den zuständigen Stellen von Bund und Kanton empfohlen, auch unkonventionelle Lösungsansätze zu verfolgen und gegebenenfalls die Rahmenbedingung für die Anwendung derselben zu schaffen. Zu solchen Lösungsansätzen können beispielsweise eine Geschiebe-Verwertungspflicht in Kombination mit einem finanziellen Unterstützungssystem, die fortlaufende Schüttung von Geschiebe in stehende Gewässer oder Terrainanpassungen in der Grössenordnung von mehreren Zehntausend Kubikmetern gehören.

## Literatur

Perroud M.; 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.

Ban, N.; Schmidli, J.; Schär, C. (2014): Evaluation of the convection-resolving regional climate modelling approach in decade-long simulations, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, Vol. 119.

ARGE GEOTEST/geo7 (2015): GHKperiGlazial, Berner Oberland – Phase II, Zollikofen / Bern.

## Anschrift der Verfasser

Thomas Scheuner  
GEOTEST AG  
Bernstraße 165, CH-3052 Zollikofen  
thomas.scheuner@geotest.ch

Barbara Wegmann  
econcept AG  
Gerechtigkeitsgasse 20, CH-8002 Zürich  
barbara.wegmann@econcept.ch

Severin Schwab  
GEOTEST AG  
Bernstraße 165, CH-3052 Zollikofen  
severin.schwab@geotest.ch

Adrian Schertenleib  
Bundesamt für Umwelt, Abteilung Gefahrenprävention,  
CH-3003 Bern  
adrian.schertenleib@bafu.admin.ch