Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Umwelt BAFU
Abteilung Gefahrenprävention

Auf Basis der Vernehmlassung bei den Kantonen überarbeitete Version vom 27.11.2023

Umgang mit dem Klimawandel im Bereich gravitative Naturgefahren in der Schweiz

Impressum

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU) CH-3003 Bern
Abteilung Gefahrenprävention

Projektleitung

Bundesamt für Umwelt (BAFU) Abteilung Gefahrenprävention
Carolin Schärpf CH-3003 Bern
Gian Reto Bezzola

Projektbearbeitung

geo7 AG, geowissenschaftliches Büro Neufeldstrasse 5 – 9, 3012 Bern
Catherine Berger Tel. +41 (0)31 300 44 33
Maike Schneider

Spurgruppe

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Gefahrenprävention
Roberto Loat (bis 31.01.2023, Sektion Risikomanagement), Rachel Lüthi (Sektion Rutschungen, Lawinen und Schutzwald), David Siffert (Sektion Hochwasserschutz)

Kantonale Fachstellen
Sebastian Hackl (BVU Kanton Aargau, Sektion Wasserbau), Nils Hählen (Amt für Wald und Naturgefahren Kanton Bern, Abt. Naturgefahren), Martin Proksch (Dienststelle Naturgefahren Kanton Wallis), Christian Studer (Dienststelle Naturgefahren Kanton Wallis), Markus Zumsteg (BVU Kanton Aargau, Sektion Wasserbau)

Begleitgruppe

Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Christophe Dénervaud (Abt. Gefahrenprävention, Sektion Rutschungen, Lawinen und Schutzwald), Hugo Raetzo (Abt. Gefahrenprävention, Sektion Rutschungen, Lawinen und Schutzwald), Petra Schmocker-Fackel (Abt. Hydrologie, Sektion Hydrologische Grundlagen Quantität)

Wissenschaft
Alexander Bast (WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF), Michael Bründl (WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF), Sven Kotlarski (MeteoSchweiz), Stefan Margreth (WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF), Cornelia Schwierz (MeteoSchweiz), Daniel Viviroli (Universität Zürich), Volker Weitbrecht (VAW ETH Zürich), Andreas Zischg (Universität Bern)

Private Fachbüros
Roger Kolb (Niederer + Pozzi Umwelt AG), Andreas Niedermayr (Hunziker, Zarn & Partner AG), Rachel Riner (GEOTEST AG), Simon Scherrer (Scherrer Hydrologie AG), Mischa Schmid (Niederer + Pozzi Umwelt AG), Damian Steffen (geoformer igp AG)

PDF Download

Publikation: https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/naturgefahren/fachinfo-daten/umgang-klimawandel-im-bereich-gravitative-naturgefahren.pdf

Schlüsselfragen:
https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/naturgefahren/fachinfo-daten/schluesselfragen.xlsx

(eine gedruckte Fassung liegt nicht vor)
Diese Publikation ist auch in französischer Sprache verfügbar.
© BAFU 2023

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 1

1 Einleitung 2

1.1 Ausgangslage und Zielsetzung 2

1.2 Abgrenzung und Einordnung 3
1.2.1 Prozesse 3
1.2.2 Ergänzung der etablierten Konzepte 3
1.2.3 Blick in die Zukunft 5

1.3 Aufbau 5

2 Grundsätze 6

2.1 Inhaltliche Vorgaben 6
2.1.1 Klimawandel berücksichtigen 6
2.1.2 Systemgrenze 7
2.1.3 Relevantes Emissionsszenario 7
2.1.4 Zeithorizont 8
2.1.5 Umgang mit Unsicherheiten 10

2.2 Methodisches Vorgehen 11
2.2.1 Auf Bestehendem aufbauen 11
2.2.2 Prozess- und gebietsspezifische Betrachtung von Naturgefahren 11
2.2.3 Nachvollziehbarkeit, Flexibilität und Aktualität 13

2.3 Zusammenfassung der Grundsätze 14

3 Empfehlungen Gefahrenbeurteilung 15

3.1 Grundlagen 16

3.2 Disposition und Zeit 16

3.3 Szenarien 18
3.3.1 Szenarienschatz 19
3.3.2 Szenarienbilder 21

3.4 Ergebnisse der Gefahrenbeurteilung 21

3.5 Zusammenfassung der Empfehlungen für die Gefahrenbeurteilung 23

4 Empfehlungen Massnahmenplanung 24

4.1 Raumnutzung 25

4.2 Technische Massnahmen 26

4.3 Organisatorische Massnahmen 27

4.4 Biologische Massnahmen 27

4.5 Zusammenfassung der Empfehlungen für die Massnahmenplanung 28

5 Unterstützung bei der Anwendung 29

5.1 Vorgehensschema zur Gefahrenbeurteilung 30

5.2 Schlüsselfragen zur Gefahrenbeurteilung 32
5.2.1 Aufbau der Schlüsselfragen 32
5.2.2 Prinzipien der Schlüsselfragen 33

6 Verzeichnisse 35

6.1 Literatur 35

6.2 Abkürzungen 37

6.3 Glossar 38

Anhang **39**
A.1 Vollzugspublikationen ... 39
A.2 Beispiele von sich verändernden Prozessen ... 39
A.3 Schlüsselfragen ... 42

Vorwort

Die Folgen des Klimawandels sind bereits deutlich spürbar. Der Klimawandel ist somit Realität und seine Auswirkungen beeinflussen unsere Sicherheit. Mit dem Klimawandel nehmen in Zukunft die Hitzetage weiter zu, die Sommer werden trockener, die Starkniederschläge intensiver, die Schneetage weniger, die Gletscher schwinden und die Permafrostgrenze steigt. Massnahmen zur Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels sind unumgänglich. Dies betrifft auch die Gefahrenprävention, welche von zentralen Herausforderungen und Risiken des Klimawandels betroffen ist.

Das BAFU hat auf Wunsch und im Austausch mit den Kantonen sowie in enger Zusammenarbeit mit Fachpersonen aus Wissenschaft, Verwaltung und Praxis das vorliegende Dokument "Umgang mit dem Klimawandel im Bereich gravitative Naturgefahren in der Schweiz" erarbeitet. Es handelt sich dabei um einen Vorgehensvorschlag wie die Auswirkungen des Klimawandels strukturiert abgeklärt und nachvollziehbar dokumentiert werden können. Wir befinden uns in einem Umfeld das sich verändert und können uns nicht nur auf Bekanntes beziehen. Die Veränderungen zwingen uns, den Blick auch in die ungewissere Zukunft zu wagen, um uns für häufigere und extremere Ereignisse zu wappnen.

Aufgrund begrenzter Erfahrung im Umgang mit den Veränderungen durch den Klimawandel erfolgte die Erarbeitung des Vorgehensvorschlags konzeptionell unter Einbezug der aktuellen Literatur, den Erfahrungen und dem Wissen von Fachpersonen. Je nach Gebiet kann es sinnvoll sein, dass Kantonsverantwortliche den Vorschlag ergänzen, indem sie für ihre Gebiete nach Prozess differenzierte Regionalisierungen der Einflussfaktoren (Klimainput und Disposition) erarbeiten und so die Umsetzung erleichtern.

Die Vernehmlassung bei den Kantonen zeigte Einigkeit darin, dass der Klimawandel im Sinne des Vorsorgeprinzips im Umgang mit Risiken aus Naturgefahren berücksichtigt werden muss. Der erarbeitete Vorschlag wird grundsätzlich begrüsst, über die Art und Weise der konkreten Umsetzung bestehen jedoch unterschiedliche Ansichten. Gestützt auf die Ergebnisse der Vernehmlassung wurde das Dokument überarbeitet. Da es nicht möglich war, den teilweise gegenläufigen Rückmeldungen vollumfänglich Rechnung zu tragen, soll der vorliegende – nicht verbindliche – Vorschlag nun in der Praxis getestet werden. Dafür sollen gemeinsam mit den Kantonen Fallbeispiele für alle Prozesse und Regionen für die Gefahrenbeurteilung mit Berücksichtigung des Klimawandels erarbeitet werden.

Aus den genannten Gründen ist es den Kantonen freigestellt, ob sie den Klimawandel gemäss dem vorliegenden Vorgehensvorschlag berücksichtigen wollen. Dass der Klimawandel in geeigneter Art und Weise berücksichtigt werden muss, ist jedoch bereits heute eine Anforderung. Die weiteren praktischen Erfahrungen im Umgang mit der Thematik werden helfen, mittelfristig Standards zum Umgang mit dem Klimawandel als Teil der modularen Vollzugspublikationen im Bereich Gefahrenprävention zu erarbeiten. Es werden neue Erkenntnisse aus der Forschung zu Entwicklungen und Auswirkungen des Klimawandels hinzukommen. Durch regelmässige Überprüfung der im vorliegenden Dokument präsentierten Inhalte wird sichergestellt, dass diese dem jeweiligen aktuellsten Stand des Wissens, der Technik und der gesellschaftlichen Normen entsprechen.

Alle Beteiligten sind sich bewusst, dass der Umgang mit Unsicherheiten herausfordernd und die Akzeptanz der Ergebnisse entscheidend ist. Denn nur was akzeptiert wird, wird auch umgesetzt. Der Umgang mit Risiken aus Naturgefahren ist keine exakte Wissenschaft. Auch heute schon braucht es bei der Umsetzung einen gewissen Mut und Pragmatismus, der auch beim Umgang mit den Folgen des Klimawandels nötig ist. Die adressatengerechte Kommunikation spielt dabei eine entscheidende Rolle. Anpassung an den Klimawandel heisst immer auch Risikodialog.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Der Klimawandel beeinflusst die gravitativen Naturgefahren. Eine Umfrage des Bundesamtes für Umwelt BAFU in ausgewählten Kantonen zeigte, dass die Auswirkungen des Klimawandels im Bereich der gravitativen Naturgefahren bereits heute spürbar und herausfordernd sind. Auf mittlere Sicht ist der Klimawandel nicht zu stoppen. Es ist daher eine Notwendigkeit, den Klimawandel beim Umgang mit Risiken aus Naturgefahren zu berücksichtigen.

→ Der Klimawandel ist im Umgang mit Risiken aus Naturgefahren zu berücksichtigen.

Einzelne Erfahrungen und Strategieansätze dafür bestehen bereits (z.B. konzeptionelle Grundlagen der PLANAT [30] und des BAFU [5], [13], [12], [32], prozessspezifische Empfehlungen z.B. der KOHS [24] oder kantonale Untersuchungen z.B. der Kantone Graubünden [26] oder Bern [1], [2]). Ein gesamtschweizerisch einheitliches Vorgehen fehlte bisher. Ein solches wird von den Kantonen als sinnvoll erachtet und gewünscht [10].

Das BAFU hat in enger Zusammenarbeit mit Fachpersonen aus Wissenschaft, Verwaltung und Praxis und im stetigen Austausch mit den Kantonen das vorliegende Dokument "Umgang mit dem Klimawandel im Bereich gravitative Naturgefahren in der Schweiz" erarbeitet.

→ Ziel ist die systematische Berücksichtigung des Klimawandels bei der Gefahrenbeurteilung und bei der Massnahmenplanung.

Es ist ein Vorgehensvorschlag dafür, wie die Auswirkungen des Klimawandels auf die gravitativen Naturgefahren systematisch abgeklärt, berücksichtigt und dokumentiert werden können. Das Dokument unterstützt Kantone und interessierte Stellen dabei, relevante klimabedingte Veränderungen in der Gefahrenbeurteilung zu erkennen und bei der Massnahmenplanung adäquat einzubeziehen. Es ist eine Hilfestellung, deren einzelne Kapitel und Inhalte je nach Bedarf genutzt werden können.

→ Das vorliegende Dokument des BAFU ist ein Vorschlag zur Berücksichtigung des Klimawandels.

Das vorliegende Dokument zum Umgang mit dem Klimawandel ergänzt die etablierten Konzepte und Vorgehen bei der Gefahrenbeurteilung und Massnahmenplanung und deckt dabei einige Lücken in der heutigen Praxis auf. Im Zuge der Revision des Wasserbaugesetzes (WBG), das 2025 publiziert wird, werden die Vollzugspublikationen zur Gefahrenprävention aktuell überarbeitet [6] (Anhang A.1). Dabei werden Inhalte und Anforderungen der einzelnen Publikationen aufeinander abgestimmt und aufgedeckte Lücken wenn möglich geschlossen.

→ Etablierte Konzepte werden erweitert – dabei werden heute bestehende Lücken aufgedeckt.

Wenn es um den Umgang mit künftigen Veränderungen aufgrund des Klimawandels geht, fehlen Erfahrungen. Daher wurde das vorliegende Dokument vorwiegend konzeptionell unter Einbezug von Literatur sowie den Erfahrungen und dem Wissen von Fachpersonen erarbeitet. Bedingt durch die Datenlage dienten hauptsächlich Wasserprozesse als Anknüpfungspunkt. Der präsentierte Vorschlag muss sich nun in der Praxis bewähren und einige Umsetzungsfragen sind noch zu klären. Die Erfahrungen werden in den hier präsentierten Ansatz integriert werden, anschliessend wird das überarbeitete Dokument Teil der modularen Vollzugspublikationen Gefahrenprävention.

→ Der hier präsentierte Ansatz wird durch die Integration von Erfahrungen aus der praktischen Anwendung weiter verbessert.

1.2 Abgrenzung und Einordnung

1.2.1 Prozesse

Bei der Gefahrenbeurteilung und Massnahmenplanung liegt der Fokus auf den Naturgefahrenprozessen, die im minimalen Datenmodell Gefahrenkartierung gemäss Geoinformationsgesetz enthalten sind und für welche standardmässig eine Gefahrenbeurteilung vorzunehmen ist (obligatorischer Teil Datenmodell). Im Sinne der integralen Betrachtung sind ergänzende Prozesse aus dem erweiterten Datenmodell zu berücksichtigen (fakultativer Teil Datenmodell) [9]. Die nachfolgenden Ausführungen gelten generell für die in Tabelle 1 aufgeführten Prozesse. Es steht den Bearbeitenden frei, nach eigenem Ermessen weitere Prozesse und Aspekte zu berücksichtigen wie z.B. dynamische Wellen und Windwellen oder Schwemmgut. Die definitive Zuordnung der Teilprozesse wird in den Vollzugspublikationen Gefahrenprävention festgelegt, die aktuell überarbeitet werden (Anhang A.1). In den nächsten Jahren ist daher mit Anpassungen im Datenmodell Gefahrenkartierung zu rechnen.

Tabelle 1: Hauptprozesse der gravitativen Naturgefahren mit Zuordnung der jeweiligen Teilprozesse, gemäss Datenmodell Gefahrenkartierung. Grau hinterlegt sind die speziellen Hinweisprozesse gemäss erweitertem Datenmodell (Stand 2023) [9].

Symbol	Hauptprozess	Teilprozess
	**Wasser**	Überschwemmung (inkl. Übersarung)
		Übermurung
		Ufererosion
		Oberflächenabfluss
		Grundwasseraufstoss
	**Rutschung**	Permanente Rutschung
		Plötzlicher Rutschprozess: spontane Rutschungen und Hangmuren
	**Sturz**	Stein-/Blockschlag
		Fels-/ Bergsturz
		Eisschlag (inkl. Eissturz)
		Einsturz/Absenkungen
	**Lawine**	Fliesslawine
		Staublawine
		Schneegleiten

Der Wissensstand zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die gravitativen Naturgefahren ist ausreichend vorhanden um den Klimawandel generell zu berücksichtigen, jedoch in Bezug auf die einzelnen Prozesse unterschiedlich. Während Wasserprozesse in der Schweiz vergleichsweise gut erforscht sind, gibt es zu den klimabedingten Veränderungen der Prozesse Rutschung, Sturz und Lawinen weniger detaillierte Aussagen [19].

1.2.2 Ergänzung der etablierten Konzepte

Der Umgang mit Naturgefahren wird in der Strategie "Umgang mit Risiken aus Naturgefahren" der PLANAT [30] beschrieben. Er erfolgt nach dem Ansatz des integralen Risikomanagements (IRM) und wird von den drei zentralen Fragen "Was kann passieren?", "Was darf passieren?" und "Was ist zu tun?" geleitet (Abbildung 1). Die Gefahrenbeurteilung (Erfassen) ist die Ausgangslage für alle Tätigkeiten im Umgang mit Risiken aus Naturgefahren. Sie liefert die Grundlagen für die Bewertung der Risiken und somit für die Entscheidung, wie diese zu steuern sind.

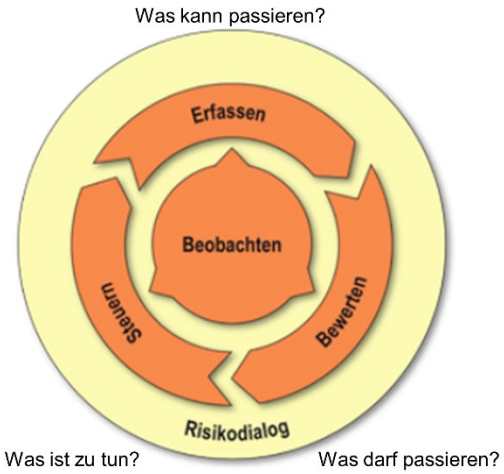


Abbildung 1: Risikokreislauf des IRM [7].

Das Vorgehen bei der Gefahrenbeurteilung baut auf der Betrachtung des Naturraums auf, hat sich bewährt und wird beibehalten. Der Naturraum wird direkt durch den Klimawandel beeinflusst. Beispielsweise verändern sich Niederschlag und Temperatur und damit die Disposition und auslösende Ereignisse für Naturgefahrenprozesse. Im Hinblick auf den Klimawandel wird das etablierte Standardverfahren der Gefahrenbeurteilung ergänzt durch eine Betrachtung mit "Klimabrille", d.h. mit Fokus auf die möglichen Veränderungen infolge des Klimawandels und den daraus resultierenden Auswirkungen (Abbildung 2).

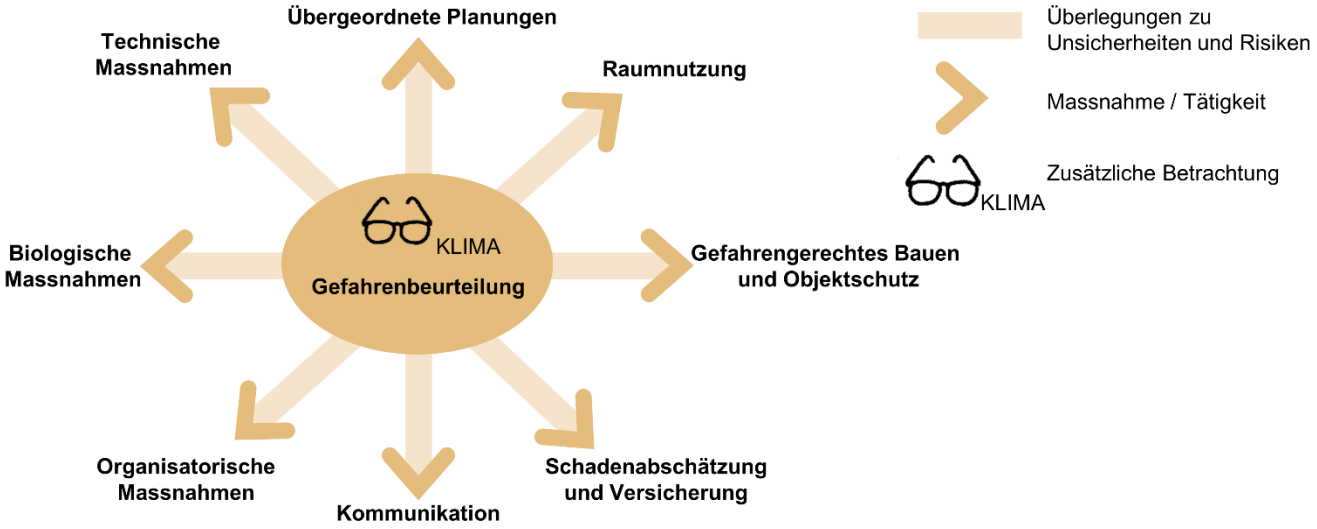


Abbildung 2: Die Gefahrenbeurteilung ist im Zentrum. Sie liefert die Grundlagen zur Analyse und Bewertung der Risiken, für den Risikodialog sowie zur Planung der Massnahmen und Tätigkeiten im Umgang mit Naturgefahren, nach [15] angepasst.

Das Beobachten der risikorelevanten Faktoren (Abbildung 1) erfolgt periodisch und am grundsätzlichen Vorgehen drängen sich keine Änderungen auf. Durch den Klimawandel gewinnt die periodische Überprüfung aber zusätzlich an Bedeutung. Es ist beispielsweise möglich, dass künftig zusätzliche Gebiete überwacht oder Beobachtungen in bekannten Gebieten punktuell intensiviert werden müssen (Monitoring).

Auch die Kommunikation und der Risikodialog gewinnen an Bedeutung. Die Grundsätze der Nachvollziehbarkeit und Transparenz sind wichtiger denn je. Der Mehraufwand, der sich durch die zusätzliche Betrachtung mit "Klimabrille" ergibt, wird sich auszahlen, wenn dadurch klimabedingte Veränderungen frühzeitig erkannt und in der Massnahmenplanung berücksichtigt werden. Aufwändige nachträgliche Anpassungen von Massnahmen können dadurch vermieden werden.

Die Risikobewertung umfasst u.a. soziale, ökologische und wirtschaftliche Aspekte und unterliegt gesellschaftlichen Bewertungsmassstäben, die vorwiegend indirekt durch den Klimawandel beeinflusst werden. Das Bewerten von Risiken wird im vorliegenden Bericht nicht explizit behandelt, muss bei der Massnahmenplanung aber in jedem Fall berücksichtigt werden.

1.2.3 Blick in die Zukunft

Im vorliegenden Dokument wird empfohlen, die Auswirkungen des Klimawandels systematisch in zwei Schritten abzuklären. In einem ersten Schritt wird der heutige Zustand erfasst. Die Gefahrenbeurteilung "heute" basiert auf allen Informationen, die bis zum heutigen Zeitpunkt zur Verfügung stehen, wie stumme Zeugen, Chroniken, Messungen und Statistiken, Ereignisanalysen und Kataster. Durch den Beizug von Projektionen für die Zukunft wird die Gefahrenbeurteilung "heute" in einem zweiten Schritt mit einem Blick in die Zukunft (mit "Klimabrille") ergänzt (Abbildung 3). In diesem zweiten Schritt werden die Veränderungen abgeklärt, die sich durch den Klimawandel ergeben. Dabei geht es darum, bedeutende Veränderungen (in Abbildung 3, bedeutende Hindernisse) zu erkennen und in die Überlegungen mit einzubeziehen.

Die Grundlagen, die bis zum heutigen Zeitpunkt zur Verfügung stehen, weisen eine andere Qualität auf als Projektionen für die Zukunft. Die Gefahrenbeurteilung "heute" ist wichtige Ausgangslage und Referenz (Anker in Abbildung 3), um die klimabedingten Veränderungen aufzuzeigen.

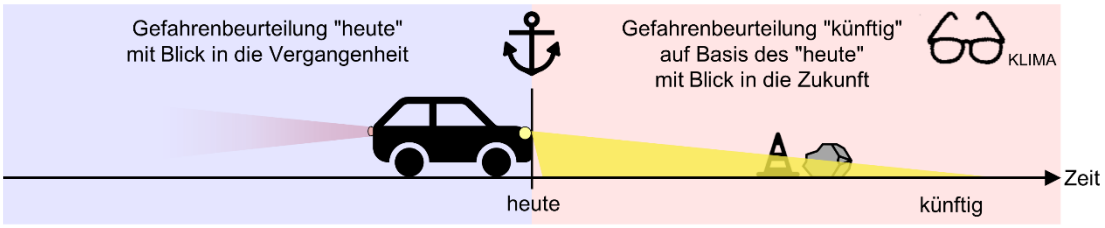


Abbildung 3: Gefahrenbeurteilung für den heutigen Zustand ("heute") wird ergänzt durch den Blick in die Zukunft ("künftig", Betrachtung mit "Klimabrille").

1.3 Aufbau

Es werden zunächst die Grundsätze vorgestellt, die für den Umgang mit dem Klimawandel im Bereich gravitative Naturgefahren gelten (Kapitel 2). Anschliessend werden Empfehlungen für die Gefahrenbeurteilung (Kapitel 3) und die Massnahmenplanung (Kapitel 4) präsentiert. Die Bereitstellung der Gefahrengrundlagen (Ergebnisse der Gefahrenbeurteilung) wird dabei klar von deren weiteren Anwendung getrennt (Massnahmenplanung). Konkrete Hilfsmittel zur Anwendung unterstützen die Berücksichtigung des Klimawandels bei der prozessspezifischen Gefahrenbeurteilung (Kapitel 5).

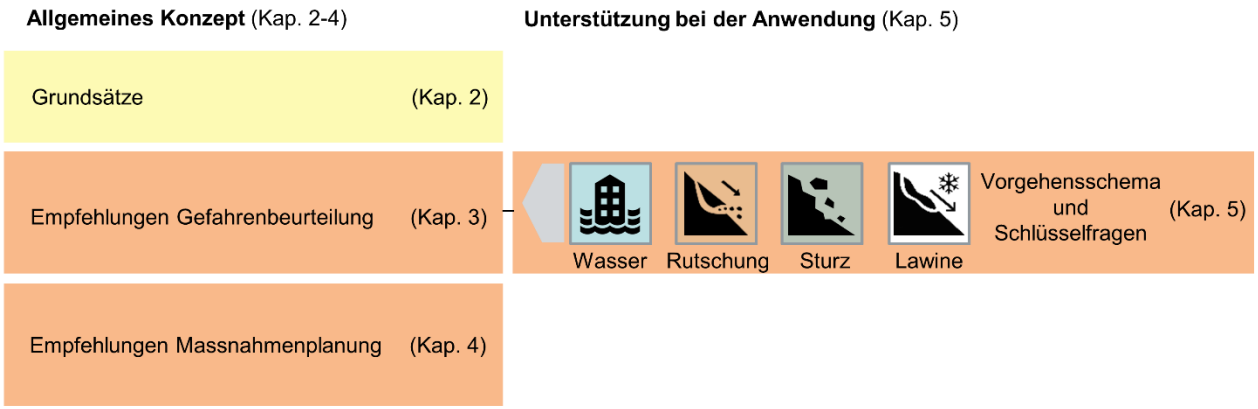


Abbildung 4: Aufbau des Dokuments "Umgang mit dem Klimawandel im Bereich gravitative Naturgefahren". Analog zur Abbildung werden die Grundsätze "gelb" und die Empfehlungen "orange" im Dokument hervorgehoben.

2 Grundsätze

Im Folgenden werden die Grundsätze präsentiert, nach welchen der Klimawandel bei der Gefahrenbeurteilung und Massnahmenplanung einbezogen werden soll. Die Vorgaben sind zum einen inhaltlich und beziehen sich zum anderen auf das methodische Vorgehen. Zum Verständnis und für die Nachvollziehbarkeit der Grundsätze werden diese einzeln hergeleitet, begründet und anhand von Beispielen veranschaulicht.

Diese Grundsätze stehen auch im Kontext der Strategie "Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz" des Bundesrates aus dem Jahr 2012 und den zugehörigen Aktionsplänen (2014 – 2019, 2020 – 2025). Bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels werden die Grundsätze der Nachhaltigkeit befolgt, Unsicherheiten sowie Erneuerungs- und Reaktionszeiten der betroffenen Systeme werden bei der Planung und Umsetzung von Massnahmen berücksichtigt und die Anpassung wird als dynamischer Prozess verstanden.

2.1 Inhaltliche Vorgaben

2.1.1 Klimawandel berücksichtigen

Die Veränderung des Klimas und damit auch die Auswirkungen auf die gravitativen Naturgefahren haben sich bereits manifestiert und werden in Zukunft voraussichtlich noch deutlicher werden [18]. Die Berücksichtigung des Klimawandels ist demnach unabdingbar und wird immer wichtiger.

Die Bundesgesetze über den Wasserbau und den Wald verlangen, dass Gefahren und Risiken bei raumwirksamen Tätigkeiten beachtet werden. Das Bundesgesetz über den Klimaschutz verlangt zudem, dass der Bund und die Kantone im Rahmen ihrer Zuständigkeiten dafür sorgen, dass in der Schweiz die notwendigen Massnahmen zur Anpassung an und zum Schutz vor den nachteiligen Auswirkungen des Klimawandels ergriffen werden. Der Klimawandel beeinflusst die Gefahren und Risiken und muss daher beim Umgang mit gravitativen Naturgefahren auf allen Ebenen, d.h. unabhängig vom Prozess, dem Perimeter und/oder der Anwendung berücksichtigt werden. Berücksichtigen bedeutet, dass die Sensitivität einer Gefahrensituation auf den Klimawandel in jedem Fall beurteilt wird. Hat der Klimawandel relevante Auswirkungen auf die Naturgefahrenprozesse und/oder das betrachtete Gebiet, sollen diese explizit in der Gefahrenbeurteilung und Massnahmenplanung einbezogen werden. Die Abklärungen sollen dabei im Verhältnis zum Vorhaben und zur Veränderung stehen. Sie basieren auf gut begründeten und dokumentierten Fachexpertisen. In Einzelfällen können vertiefte wissenschaftliche Abklärungen angezeigt sein. Stellt sich heraus, dass klimabedingte Veränderungen im konkreten Fall keine oder untergeordnete Relevanz haben, sind keine weiteren klimaspezifischen Untersuchungen nötig. In jedem Fall sind Vorgehen und Entscheide nachvollziehbar zu begründen und transparent zu dokumentieren.

Grundsatz: Klimawandel immer berücksichtigen

Das bedeutet:

1. In jedem Fall beurteilen, ob der Klimawandel relevant ist
2. Wenn ja → Auswirkungen aufzeigen
   Wenn nein → begründen
3. In jedem Fall dokumentieren

2.1.2 Systemgrenze

Der Fokus liegt auf dem direkt durch den Klimawandel beeinflussten Naturraum (den physischen Gegebenheiten einer Landschaft) und der Prozessbeurteilung. Das vorliegende Dokument unterstützt bei der Beurteilung der klimabedingten Veränderung der Naturgefahrenprozesse, nicht aber bei der Erfassung der künftigen Veränderungen im Kulturraum (der Entwicklung von Nutzung, Schadenpotential, Risikobewusstsein etc.). Die Erfassung dieser kulturräumlichen Einflüsse ist nicht Gegenstand des vorliegenden Dokuments. Informationen zur Erfassung des Kulturraums sind z.B. zu finden in der Publikation Integrales Risikomanagement bei gravitativen Naturgefahren [12] sowie in der Vollzugspublikation Gesamtplanung (wird aktuell erarbeitet, siehe Anhang A.1).

Grundsatz: Fokus auf künftige Veränderung der Naturgefahrenprozesse legen

2.1.3 Relevantes Emissionsszenario

Grundlage sowohl für globale Klimaprojektionen als auch für die Schweizer Klimaszenarien (aktuell CH2018 [27]) sind unterschiedliche mögliche Entwicklungspfade des zukünftigen Ausstosses von Treibhausgasen und Aerosolen (Emissionsszenarien, Tabelle 2).

Tabelle 2: Emissionsszenarien – Representative Concentration Pathways, RCP angepasst nach [3] und [29].
Die Emissionsszenarien bilden die Grundlage sowohl für die globalen Projektionen als auch für die Schweizer Klimaszenarien

Szenario	RCP-Szenario	Eigenschaften
Kein Klimaschutz	RCP8.5	Es werden keine expliziten Klimaschutzmassnahmen ergriffen. Verbesserung der Energieeffizienz und Zunahme von CO_2-freier Energieerzeugung soweit wirtschaftlich rentabel. Die Treibhausgasemissionen nehmen stetig zu.
Begrenzter Klimaschutz	RCP4.5	Der Ausstoss von Treibhausgasemissionen wird zwar eingedämmt, aber der Gehalt in der Atmosphäre steigt noch weitere 50 Jahre.
Konsequenter Klimaschutz	RCP2.6	Mit einer starken, umgehend eingeleiteten Senkung der Emissionen wird der Anstieg der Treibhausgase in der Atmosphäre bis in etwa 20 Jahren gestoppt.

Die Entwicklung des Klimas in der Schweiz ist abhängig von der Entwicklung der globalen Treibhausgasemissionen. Diese sind insgesamt zunehmend (Abbildung 5) und weder die Ziele für konsequenten (RCP2.6) noch begrenzten Klimaschutz (RCP4.5) sind bisher erreicht.

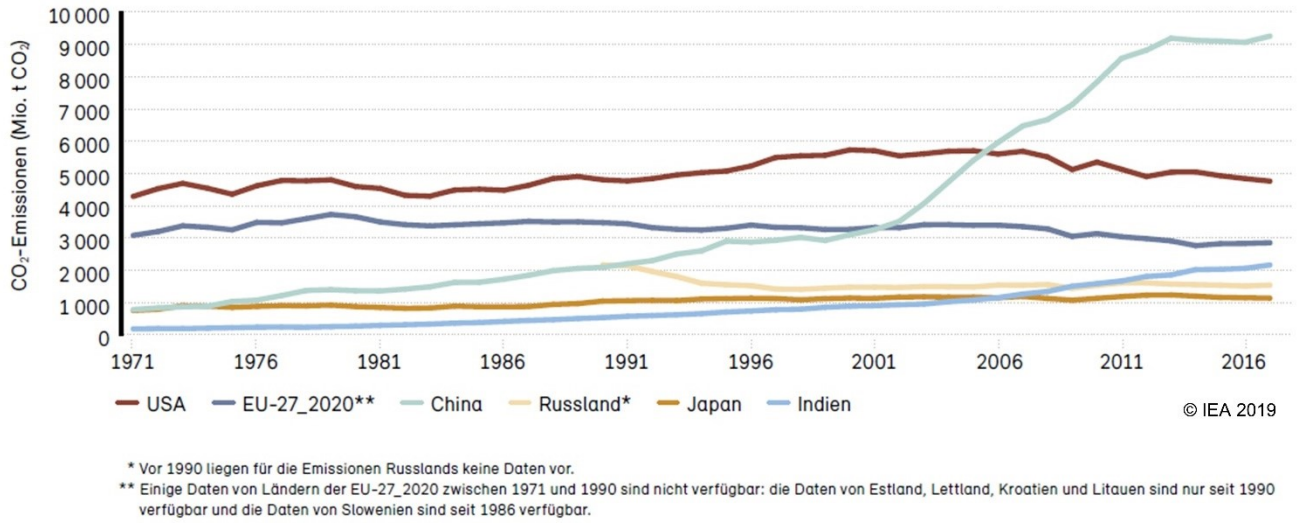


Abbildung 5: Energiebedingte CO_2-Emissionen im internationalen Vergleich [11].

Um die Risiken und Auswirkungen des Klimawandels zu reduzieren, hat sich die Schweiz auf internationaler Ebene dazu verpflichtet, ihre Treibhausgasemissionen bis 2030 um 50 % gegenüber 1990 zu reduzieren. In der Volksabstimmung vom 18. Juni 2023 wurde das Klima- und Innovationsgesetz angenommen. Das Gesetz sieht vor, dass die Schweiz bis 2050 ihre Treibhausgasemissionen auf Netto-Null reduziert. Dabei sollen sich Quellen und Senken von Treibhausgasen im Gleichgewicht halten. Um die Ziele für 2030 und 2050 zu erreichen, müssen die aktuellen Bemühungen deutlich verstärkt werden [11]. Es ist nicht gesichert, dass die Schweiz die Ziele des Übereinkommens von Paris erreicht, die u.a. die Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2 bzw. auf 1.5°C enthalten.

Das RCP8.5-Szenario ist ein Hochemissionsszenario. In Anbetracht der kritischen Auswirkungen von Naturgefahren soll aus Sicht des Vorsorgeprinzips für die Gefahrenbeurteilung dieses Emissionsszenario RCP8.5 gemäss CH2018 betrachtet werden. Bei Betrachtung der projizierten Entwicklung über die Zeit wird deutlich, dass es lediglich eine Frage der Zeit ist, wann eine bestimmte Temperaturveränderung erreicht wird (rote Linie in Abbildung 6). Beim RCP8.5 soll das Mittel seiner Bandbreite verwendet werden (braune Linie in Abbildung 6). Dieses liegt für die Temperatur bis in die zweite Hälfte des 21. Jahrhunderts nahe an der Obergrenze des Emissionsszenarios RCP4.5.

Für die praktische Anwendung ist es hilfreich, deutliche Klimasignale (wie RCP8.5) zu betrachten um klare Tendenzen bei den Auswirkungen des Klimawandels zu erkennen.

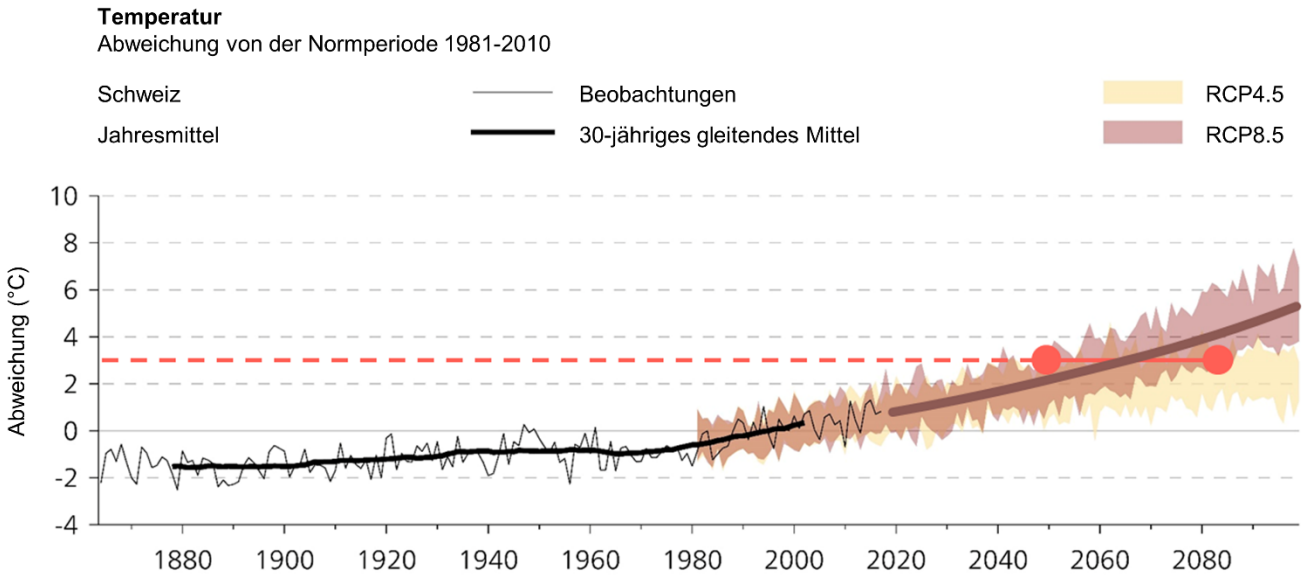


Abbildung 6: Zeitliche Entwicklung der Temperatur in der Schweiz im regionalen Mittel unter verschiedenen Emissionsszenarien [27], angepasst.
mittlerer Bereich der Temperaturentwicklung beim Emissionsszenario RCP8.5
Ungefährer zeitlicher Unsicherheitsbereich bzgl. des Erreichens einer bestimmten Temperaturveränderung Im angegebenen Bereich liegen der Mittelwert von RCP8.5 und die Obergrenze von RCP4.5 nah beieinander

Grundsatz: Mittel der Bandbreite des Emissionsszenarios RCP8.5 aus CH2018 verwenden

2.1.4 Zeithorizont

Ziel beim Umgang mit Risiken aus Naturgefahren ist die Prävention, also die Verminderung oder Verhinderung eines Schadens, der in Zukunft auftritt. Für die Gefahrenbeurteilung muss demnach ein Blick in die Zukunft geworfen werden. Aus CH2018 stehen Daten für drei Zukunftsperioden zur Verfügung: 2035 (Zeitraum 2020 – 2049), 2060 (Zeitraum 2045 – 2074) und 2085 (Zeitraum 2070 – 2099).

Trends bei den Auswirkungen des Klimawandels manifestieren sich oft erst über längere Zeit und Veränderungen werden deutlicher, je weiter in die Zukunft geblickt wird. In der nahen Zukunft von 10-20 Jahren werden keine grossen Veränderungen zum heutigen Zustand erwartet. Mit grossen und für die Gefahrenbeurteilung relevanten Veränderungen wird erst im letzten Drittel des 21. Jahrhunderts gerechnet. Abbildung 7 zeigt exemplarisch für das Mittelland bzw. die Nordostschweiz, dass die grössten Veränderungen von Temperatur und Niederschlag gegen Ende des 21. Jahrhunderts erwartet werden. Um den Klimawandel bei der Prävention vor Naturgefahren zu berücksichtigen, ist ein Blick in die ferne Zukunft, bis gegen Ende des 21. Jahrhunderts gefragt (Zukunftsperiode 2085 aus CH2018).

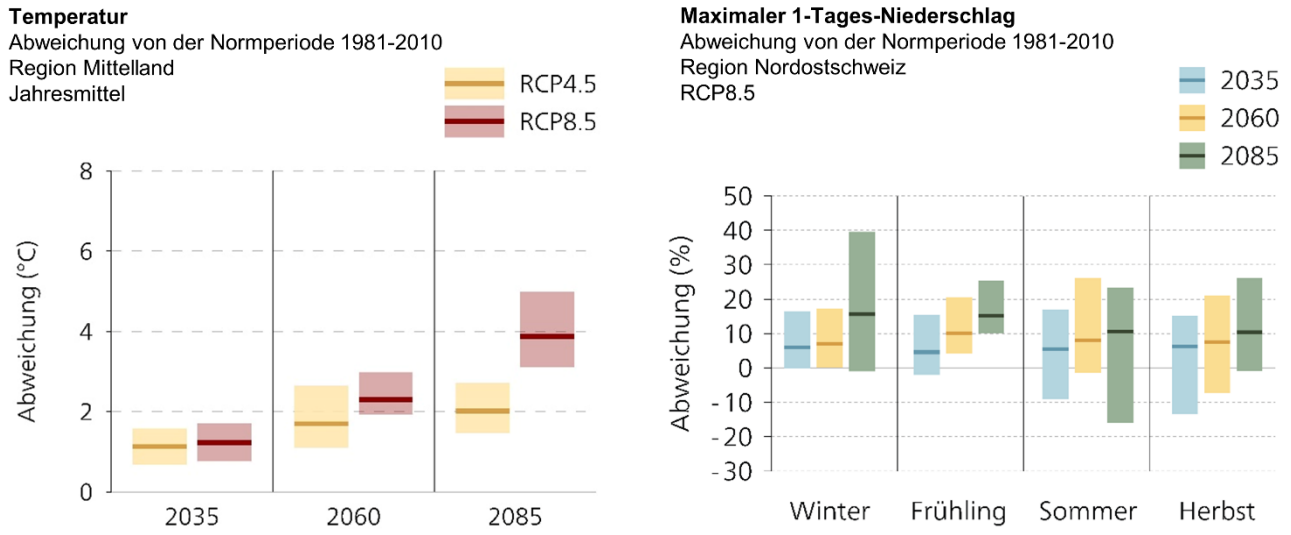


Abbildung 7: Beispiele für Projektionen von Temperatur und Niederschlag aus CH2018 [28].

Da klimabedingten Veränderungen häufig nicht linear ablaufen, reicht es nicht aus, den Zustand gegen Ende des Jahrhunderts zu betrachten, sondern es ist wichtig die gesamte Entwicklung ab heute bis gegen Ende des 21. Jahrhunderts zu beurteilen. Beispielsweise kann in vergletscherten Einzugsgebieten die Gefahrensituation innerhalb des betrachteten Zeitraums durch die Bildung eines Gletschersees und dessen möglichen Ausbruchs kurzfristig stark ansteigen und nach einer Seeentleerung wieder abnehmen (siehe Beispiel b im Anhang A.2).

Es soll möglichst weit in die Zukunft geblickt und die relevante Entwicklung in dieser Zeitspanne beurteilt werden. Auf den massgebenden Zustand, der zwischen heute bis gegen Ende des 21. Jahrhunderts eintreffen kann, werden die Gefahrenbeurteilung und die Massnahmenplanung ausgelegt. Ereignisse, die künftig massgebend sind, können mit geringerer Wahrscheinlichkeit oft auch heute schon auftreten. Viele Massnahmen werden auf Jahrzehnte ausgelegt. Entsprechend ist zusätzlich zur Beurteilung des aktuellen Zustands die Beurteilung des massgebenden Zustands innerhalb eines langen Zeithorizonts bis zum Ende des 21. Jahrhunderts gerechtfertigt.

Eine Projektion für die Zukunft kann nicht die gleiche Aussagequalität aufweisen wie die Beurteilung des Ist-Zustandes. Eine vollständige "Ausleuchtung" der Zukunft (hellgelber Lichtkegel in Abbildung 8, vergleiche dazu auch Ausführungen in Kapitel 2.1.5) ist jedoch nur in seltenen Fällen möglich. Die Sicht auf das "heute" und die nahe Zukunft bildet die Referenz für alle Projektionen. Beim Blick in die ferne Zukunft geht es nicht um detaillierte Projektionen, sondern um das Erkennen von grossen und relevanten Veränderungen, die sich durch den Klimawandel ergeben können und auf die es sich vorzubereiten gilt. Diese grossen Veränderungen werden insbesondere in heute vergletscherten und/oder durch Permafrost beeinflussten Gebieten erwartet.

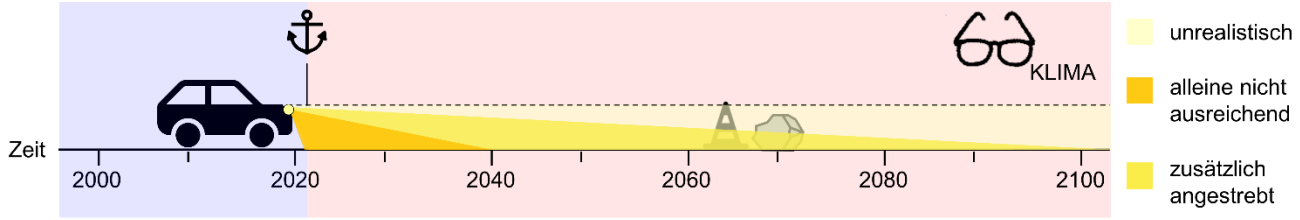


Abbildung 8: Blick in die Zukunft mit dem Ziel, die grossen Veränderungen bis Ende des 21. Jahrhunderts zu erkennen.

Grundsatz: **Zusätzlich zum "heute" die Zukunftsperiode 2070 – 2099 (2085) gemäss CH2018 betrachten und die Entwicklung ab heute bis Ende Jahrhundert sowie den massgebenden Zustand innerhalb dieser Zeitspanne berücksichtigen**

2.1.5 Umgang mit Unsicherheiten

Unsicherheiten sind bereits heute eines der schwierigsten Themen beim Umgang mit Risiken aus Naturgefahren. Deshalb gibt es auch keine einfachen Lösungen oder Patentrezepte. Im Gegenteil: Durch den Blick in die Zukunft kommen neue Unsicherheiten hinzu. Sowohl die bestehenden als auch diese neuen Unsicherheiten (Bandbreiten und zusätzliche Trends) sollen 1. ausgewiesen, 2. bewertet und 3. berücksichtigt werden.

1. Unsicherheiten ausweisen
   Unsicherheiten sollen erkannt, wo möglich quantifiziert sowie offen und zielgruppengerecht angesprochen und nachvollziehbar dokumentiert werden. Methoden dafür sind vorhanden und aus der aktuellen Praxis bekannt (Szenarien, mehrere Modellläufe, Bandbreiten, Güte, unterschiedliche Verläufe etc.). Unsicherheiten im Ausmass sind in vielen Fällen kleiner als die Unsicherheiten in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit eines Szenarios (Abbildung 9) [15].

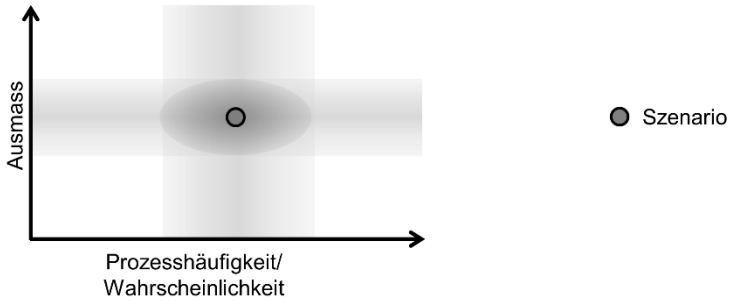


Abbildung 9: Unsicherheiten bzgl. Ausmass und Wahrscheinlichkeit ausweisen (Unsicherheitsbereiche sind grau hinterlegt).

2. Unsicherheiten bewerten
   Die Szenarien "heute" und "künftig" basieren auf unterschiedlichen Grundlagen und weisen dementsprechend unterschiedliche Qualitäten auf. Die Trennung der Gefahrenbeurteilung in die zwei Schritte "heute" und "künftig" ermöglicht den Vergleich der jeweiligen Unsicherheiten (in Worten, oder wo möglich in Zahlen). Beim Bewerten der neuen, zusätzlichen Unsicherheiten durch den Blick in die Zukunft gilt das "heute" als Referenz (Anker). Bei der Bewertung ist insbesondere zu berücksichtigen, ob:

   - die Distanz zwischen den Szenarien "heute" und "künftig" gross oder klein ist,
   - die Unsicherheiten der Szenarien "heute" und "künftig" ähnlich oder unterschiedlich gross sind,
   - die Zuverlässigkeit der Aussagen bezüglich der Unsicherheiten "heute" und "künftig" ähnlich oder unterschiedlich sind.

3. Unsicherheiten im Entscheidungsprozess berücksichtigen
   Unsicherheiten in der Gefahrenbeurteilung führen zu Ermessensspielräumen bei der Massnahmenplanung – eine grosse Herausforderung für alle Akteure [15]. Massnahmen und Tätigkeiten sollen risikobasiert unter Berücksichtigung der vorhandenen Unsicherheiten und der lokalen Rahmenbedingungen optimiert werden. Ist im Sinne des Vorsorgeprinzips die Berücksichtigung von Unsicherheiten ohne wesentliche Mehrkosten möglich, ist es sinnvoll Schutzkonzepte auf den oberen Rand des Unsicherheitsbereichs auszulegen (pragmatisches Risikomanagement, siehe Kapitel 4.2).

   Die Gefahrenbeurteilung "heute" und "künftig" ist die jeweils beste Schätzung auf Basis der heute verfügbaren Informationen. In Ausnahmefällen sind die zusätzlichen Unsicherheiten beim Blick in die Zukunft so gross, dass es nicht angebracht scheint, Massnahmen darauf auszulegen. In diesen Fällen fällt dem Monitoring eine zentrale Rolle zu. Entwicklungen sind zu überwachen, Massnahmen und Tätigkeiten sind adaptiv daran anzupassen.

Grundsatz: Unsicherheiten ausweisen, bewerten und im Entscheidungsprozess berücksichtigen

2.2 Methodisches Vorgehen

2.2.1 Auf Bestehendem aufbauen

Das grundsätzliche Vorgehen bei der Gefahrenbeurteilung, Risikoanalyse und Massnahmenplanung ist in der Schweiz etabliert und hat sich bewährt. Mit dem Einbezug des Klimawandels bzw. dessen Auswirkungen auf die Naturgefahren müssen Inhalte ergänzt, nicht aber das grundsätzliche Vorgehen verändert werden.

Grundsatz: Auf bestehenden Konzepten und Vorgehen aufbauen

2.2.2 Prozess- und gebietsspezifische Betrachtung von Naturgefahren

Die Auswirkungen des Klimawandels sind abhängig vom

- Klimainput (erfassbar durch Messgrössen wie Temperatur und Niederschlag),
- den gebietsspezifischen Voraussetzungen über die (Jahres-)Zeit (Disposition, z.B. Gletscher, Permafrost oder Bodeneigenschaften) und
- von den ablaufenden Prozessen (Reaktion/Wirkung wie z.B. Abfluss oder Geschiebetransport).

Eine standortspezifische Betrachtung ist notwendig und es sind verschiedene, sich gegenseitig beeinflussende Faktoren und komplexe Zusammenhänge zu berücksichtigen (Abbildung 10). In der Gefahrenbeurteilung wird dies bereits heute gemacht und auf dem etablierten Vorgehen soll weiter aufgebaut werden.

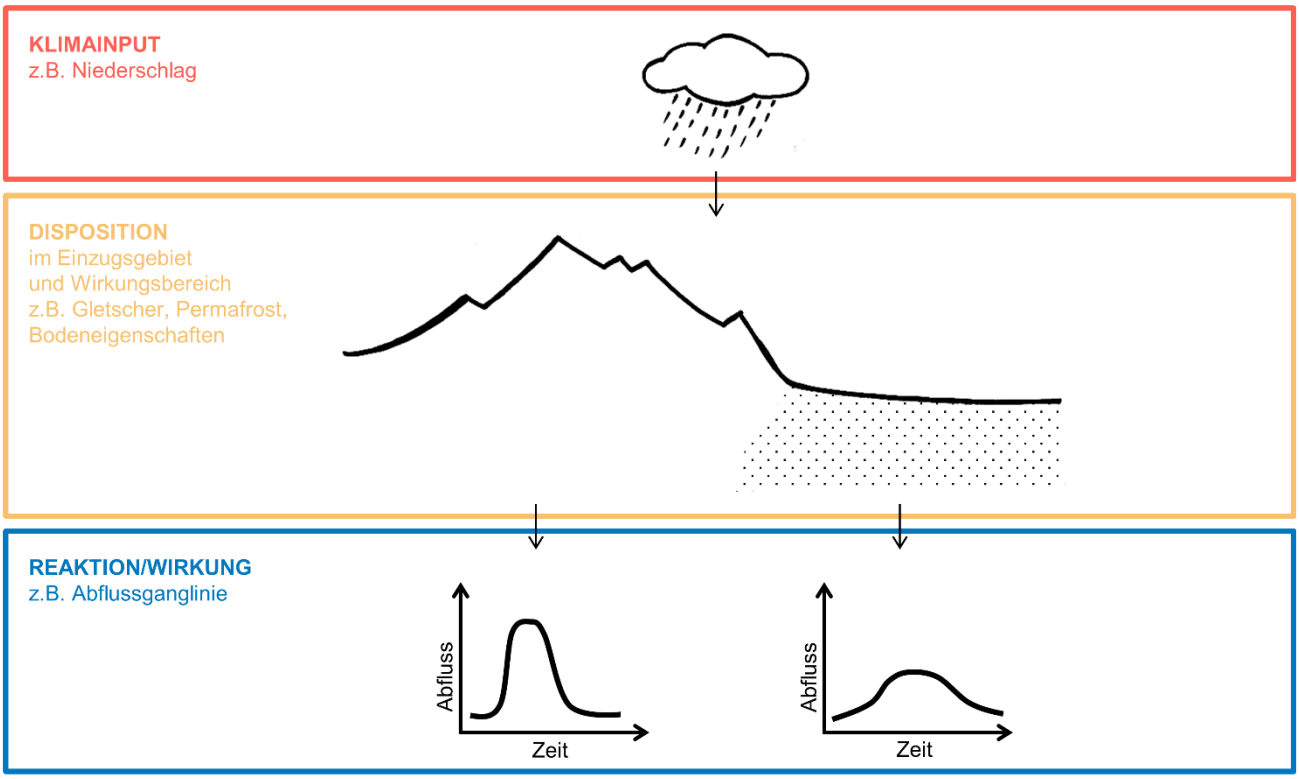


Abbildung 10: Schematische Darstellung des Zusammenhangs Klimainput – Disposition – Reaktion/Wirkung am Beispiel des Prozesses Wasser.

In Anbetracht der Dynamik des Klimawandels und seinen räumlich variablen Auswirkungen auf die gravitativen Naturgefahrenprozesse sind starre Schemen und übergeordnete, grossräumige pauschale Faktoren zur Berücksichtigung des Klimawandels bei der Gefahrenbeurteilung ohne Prüfung des Einzelfalls nicht sinnvoll. Die Zunahme der Aktivität von Steinschlagprozessen in Permafrostgebieten beispielsweise erfolgt nicht-linear. In anderen Gebieten wird dagegen erwartet, dass im Zuge des Klimawandels die Steinschlagaktivität gleichbleibt oder sogar abnimmt (Abbildung 11).

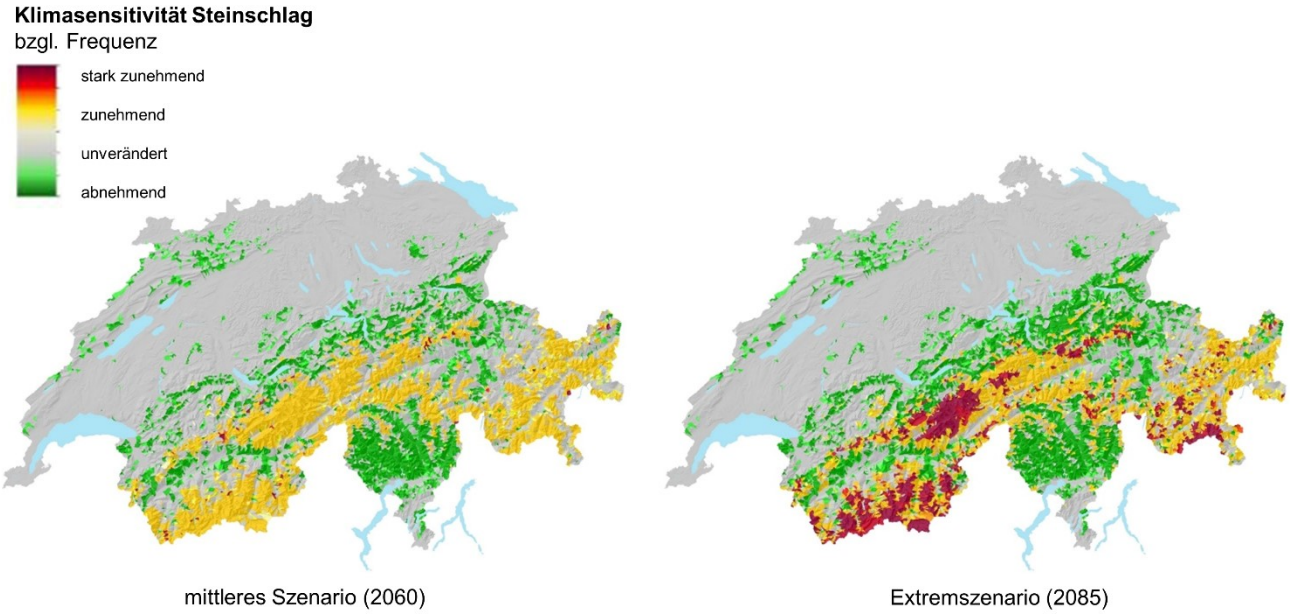


Abbildung 11: Übersichtskarte für die Klimasensitivität des Prozesses Steinschlag in Bezug auf die Frequenz unter Berücksichtigung eines mittleren Klimaszenarios für das Jahr 2060 (links) sowie eines extremen Klimaszenarios für das Jahr 2085 (rechts). Im alpinen Bereich wird vielerorts eine Zunahme der Steinschlagfrequenz erwartet, in tieferen Lagen, insbesondere in den Voralpen und der Südschweiz eine Abnahme. In grossen Teilen der Schweiz bleibt die Situation unverändert [18].

Eine differenzierte Sicht auf die Auswirkungen des Klimawandels auf Naturgefahrenprozesse ist notwendig. In komplexen Gebieten mit kleinräumigen Strukturen und sich überlagernden Prozessen kann selbst innerhalb eines Tales die Klimasensitivität eines Prozesses stark variieren. In Gebieten, wo Klimainput und Disposition über grössere räumliche Einheiten konstant sind, sind die Reaktionen vermutlich annähernd homogen. Für diese Gebiete können nach Prozess differenzierte Regionalisierungen und/oder die Verwendung von Faktoren oder Zuschlägen die Umsetzung erleichtern. Es steht Fachpersonen und Kantonsverantwortlichen offen, diese zu erarbeiten. Wichtig ist, dass die Aussagen zu Reaktion und Wirkung von Naturgefahrenprozessen jeweils über die Einflussfaktoren (Klimainput und Disposition) erlangt und nachvollziehbar begründet werden (Abbildung 10).

Grundsatz: Klima über Einflussfaktoren (Klimainput und Disposition) berücksichtigen

Naturgefahrenprozesse sind komplex und vielfältig. Um die Bandbreite der möglichen Prozessabläufe zu erfassen, wird bei der Gefahrenbeurteilung mit Szenarien gearbeitet ("Wenn-Dann"-Überlegungen). Sie stehen stellvertretend für mögliche zukünftige Ereignisse und Ereignisabfolgen [17] und bilden in ihrer Gesamtheit eine Bandbreite ab. Bei der Gefahrenbeurteilung hat sich das Abklären von möglichen Ereignisabläufen mit Szenarien bewährt und soll beibehalten werden. Auch Auswirkungen des Klimawandels auf die Naturgefahrenprozesse sollen mit Hilfe von Szenarien abgeklärt werden.

Grundsatz: Reaktion/Wirkung mit Szenarien erfassen

2.2.3 Nachvollziehbarkeit, Flexibilität und Aktualität

Wichtig ist, dass der Klimaeinfluss strukturiert abgeklärt wird. Darunter wird das systematische, schrittweise begründete Herleiten der Auswirkungen des Klimawandels auf die Naturgefahrenprozesse verstanden. Dadurch können Entscheidungen nachvollziehbar begründet und Unsicherheiten transparent deklariert werden. Dies ist zentral für den Risikodialog, die daraus resultierenden Entscheidungen sowie die Steuerung der Risiken. Eine umfassende, transparente und nachvollziehbare Dokumentation ist deshalb Notwendig.

Grundsatz: Strukturiert abklären und nachvollziehbar dokumentieren

Der Umgang mit Risiken aus Naturgefahren erfolgt auf Basis des jeweils aktuellsten Stands des Wissens, der Methoden und Instrumente und gestützt auf die geltenden gesellschaftlichen Werte und Normen. Die wissenschaftlichen, methodischen, technischen und gesellschaftlichen Entwicklungen schreiten voran. Die im vorliegenden Dokument enthaltenen Grundsätze und Empfehlungen für die Gefahrenbeurteilung und Massnahmenplanung sind modular aufgebaut. Sie sollen periodisch überprüft und gegebenenfalls angepasst werden.

Grundsatz: Periodische Prüfung und Aktualisierung der Grundsätze und Empfehlungen für den Umgang mit dem Klimawandel im Bereich gravitative Naturgefahren

2.3 Zusammenfassung der Grundsätze

Zusammengefasst gelten die nachfolgend aufgeführten Grundsätze für die Berücksichtigung des Klimawandels im Umgang mit gravitativen Naturgefahren.

Zusammenfassung Grundsätze

Inhaltlich

- Klimawandel immer berücksichtigen
- Fokus auf künftige Veränderung der Naturgefahrenprozesse legen
- Mittel der Bandbreite des Emissionsszenarios RCP8.5 aus CH2018 verwenden
- Zusätzlich zum "heute" die Zukunftsperiode 2070 – 2099 (2085) gemäss CH2018 betrachten und die Entwicklung ab heute bis Ende Jahrhundert sowie den massgebenden Zustand innerhalb dieser Zeitspanne berücksichtigen
- Unsicherheiten ausweisen, bewerten und im Entscheidungsprozess berücksichtigen

Methodisch

- Auf bestehenden Konzepten und Vorgehen aufbauen
- Klima über Einflussfaktoren (Input und Disposition) berücksichtigen
- Reaktion/Wirkung mit Szenarien erfassen
- Strukturiert abklären und nachvollziehbar dokumentieren
- Periodische Prüfung und Aktualisierung der Grundsätze und Empfehlungen für den Umgang mit dem Klimawandel im Bereich gravitative Naturgefahren

3 Empfehlungen Gefahrenbeurteilung

Beim Umgang mit Risiken aus Naturgefahren steht die Gefahrenbeurteilung im Zentrum (Abbildung 2). Ihre Ergebnisse, das heisst die Szenarien, die Intensitätskarten inkl. der darin enthaltenen Kennwerte und der technische Bericht bilden die Grundlage für die Risikoanalyse und alle weiteren Anwendungen. Die Auswirkungen des Klimawandels sollen bei der Gefahrenbeurteilung systematisch berücksichtigt und falls relevant miteinbezogen werden. Das vorliegende Kapitel gibt Empfehlungen, wie dies erfolgen kann.

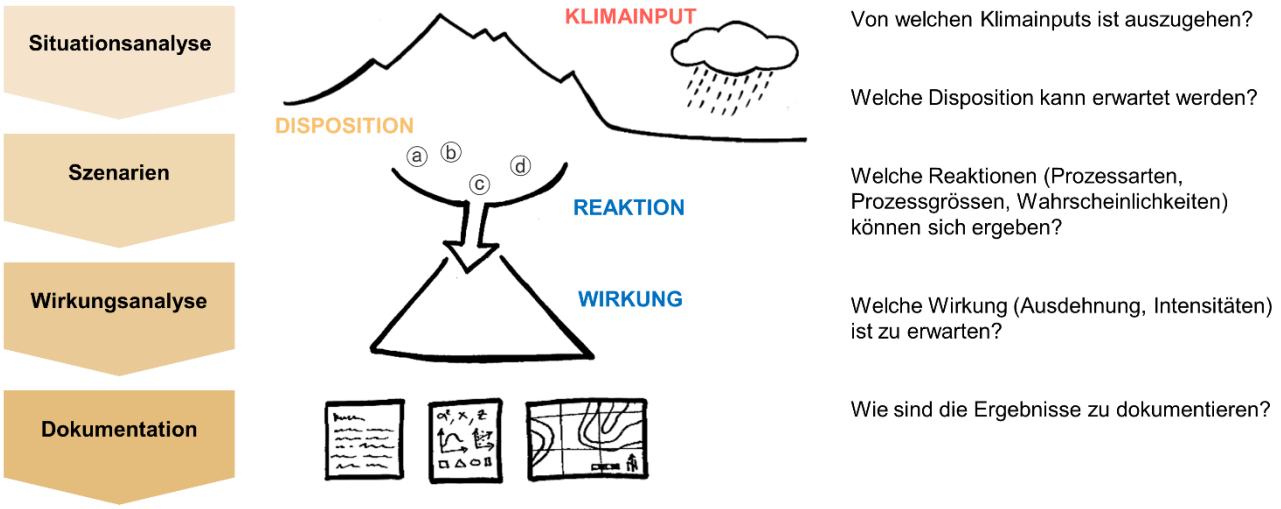


Abbildung 12: Vereinfacht dargestellte Inhalte und Ablauf einer Gefahrenbeurteilung. Das Standardverfahren gilt heute und mit "Klimabrille".

Die Gefahrenbeurteilung beantwortet die Frage "Was kann passieren?" (Abbildung 1 und Abbildung 12). Um den Klimawandel zu berücksichtigen wird diese Frage ergänzt mit einer zeitlichen Komponente: "Was kann passieren – heute und in Zukunft?". Dabei entspricht "heute" der Beurteilung des Ist-Zustandes mit den heutigen klimatischen Rahmenbedingungen. Messdaten, Ereigniskataster und Extremwertanalysen sind eine gute Basis für die Gefahrenbeurteilung "heute". Mit dem Zusatz "in Zukunft" werden explizit Projektionen miteinbezogen und die künftigen Entwicklungen bis Ende des 21. Jahrhunderts mit einer "Klimabrille" betrachtet. Die Gefahrenbeurteilung "künftig" fokussiert auf Veränderungen, die sich in Zukunft aufgrund des Klimawandels ergeben. Es resultiert so zusätzlich die Gefahrenbeurteilung "künftig". Ausgangslage und Referenz bleibt der Ist-Zustand "heute".

Explizit einbezogen wird der Klimawandel in der Situationsanalyse und der Szenarienbildung: Grundlagen werden, wenn nötig ergänzt, bei der Analyse der Einflussfaktoren (Klimainput und Disposition) und der Szenarienbildung werden mögliche Auswirkungen des Klimawandels beurteilt (Betrachtung mit "Klimabrille"). Das Resultat sind Szenarien sowohl für den Zustand mit den heutigen Rahmenbedingungen als auch für die Zukunft mit Projektion des Klimawandels.

Diese Szenarien fliessen in die anschliessenden Schritte der Gefahrenbeurteilung mit ein, das Vorgehen bei der Wirkungsanalyse und bei der Dokumentation ist gleich wie in der bisherigen Praxis. Je nach Auswirkung des Klimawandels auf Wahrscheinlichkeit und Ausmass von Naturgefahrenprozessen unterscheiden sich die Ergebnisse der Gefahrenbeurteilung "heute" und "künftig" mehr oder weniger voneinander. Bei relevanten Veränderungen resultieren zwei Sets an Szenarien und Intensitätskarten, jeweils für die Zustände "heute" und "künftig" (siehe Kapitel 3.3 und 3.4).

In Anbetracht der Dynamik des Klimawandels gewinnt die periodische Aktualisierung der Gefahren- und Risikogrundlagen an Bedeutung. Durch regelmässige Aktualisierungen kann der jeweils neuste Stand des Wissens in Bezug auf die Klimaentwicklung und deren Auswirkungen auf die Naturgefahrenprozesse einbezogen werden.

3.1 Grundlagen

Zu den Grundlagen der Gefahrenbeurteilung "heute" zählt das bisher dokumentierte Wissen zu Klimainput, Disposition, Reaktion und Wirkung von Prozessen. Für die Gefahrenbeurteilung mit Projektion des Klimawandels müssen diese Grundlagen ergänzt werden. Bei jedem Schritt ist zu prüfen, ob für den Blick durch die "Klimabrille" zusätzlich zu den im Rahmen der Klimaprojektion bereitgestellten Informationen ergänzende Grundlagen miteinbezogen oder neu erarbeitet werden müssen.

Der Klimawandel manifestiert sich bereits, zum Teil lässt sich dies in Messreihen bereits nachweisen. Aus den Grundlagen, welche für die Gefahrenbeurteilung "heute" verwendet werden, können begrenzt Informationen zur bisherigen Entwicklung der Naturgefahrenprozesse unter Einfluss des Klimawandels abgeleitet werden. Allerdings sind im Zusammenhang mit dem Klimawandel vergangene Messungen und Beobachtungen aus dem betrachteten Gebiet alleine keine verlässliche Basis mehr für die Beurteilung künftiger Ereignisse [19]. Aufgrund der veränderten Rahmenbedingungen können sich in Zukunft Wahrscheinlichkeit und Ausmass von Naturgefahrenereignissen weiter verändern und es kann die historische Vergleichbarkeit fehlen (z.B. bei Prozessketten und/oder unbekannten Ereignisgrössen). Für den Klimainput, die Disposition, die relevanten Prozesse und für die Bildung der Szenarien muss daher anhand von Projektionen geprüft werden, ob sich die Ausgangslage im Vergleich zum heutigen Zustand weiter verändert und wenn ja wie. Zentrale Dokumente sind z.B. die Klimaszenarien CH2018 [27], regional verfügbare Klimaszenarien und Szenarien für den Wasserhaushalt HydroCH2018 [8]. Darauf aufbauend können die gebiets- und prozessspezifischen Auswirkungen durch Fachpersonen abgeklärt werden – quantitativ wo möglich, ansonsten qualitativ. Weitere Unterstützung bieten das Vorgehensschema und die Schlüsselfragen für die prozessspezifischen Abklärungen in Kapitel 5.

Grundlagen: Stand des Wissens einbeziehen und dokumentieren

3.2 Disposition und Zeit

Die künftige Entwicklung der mittleren Temperaturen über die Zeit in Abbildung 6 suggeriert einen eher kontinuierlichen Trend. Doch Klimainput und Disposition sind zeitlich variabel und sowohl langfristigen als auch kurzfristigen Änderungen unterworfen. Beim Verständnis und der Beurteilung der Gefahrensituation im zeitlichen Verlauf unterstützt das Dispositionsmodell (Abbildung 13). Die Disposition beschreibt die Bereitschaft oder Anlage eines Gebiets zur Auslösung eines natürlichen Prozesses. Die aktuelle Disposition setzt sich im Dispositionsmodell zusammen aus der grundsätzlich über längere Zeit gleichbleibenden Grunddisposition und der sich zeitlich verändernden variablen Disposition [34]. Ein bestimmter Input (z.B. intensiver Niederschlag) kann bei entsprechender Disposition ein Naturereignis auslösen.

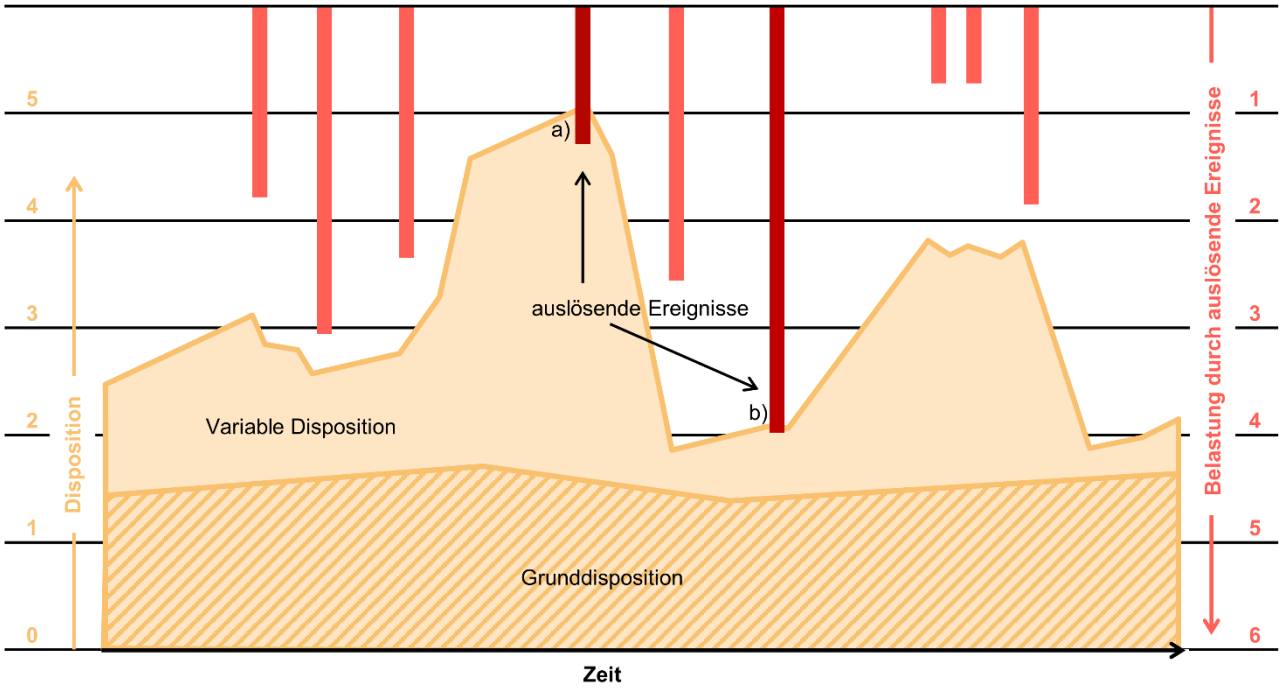


Abbildung 13: Zusammenhang zwischen auslösendem Ereignis, Grunddisposition und variabler Disposition bei gravitativen Naturgefahrenprozessen nach [23] und [34].

Die Parameter der Grunddisposition wie beispielsweise Geologie, Relief, Waldbestand oder Permafrost können Entwicklungstrends aufweisen. "So bedeutet die Hebung der Permafrostuntergrenze für viele betroffene Gebiete eine Erhöhung der Grunddisposition gegenüber Erosion und Massenbewegungen" [22]. Die Parameter der variablen Disposition wie z.B. Mächtigkeit der Schneedecke, Bodenfeuchte oder Vegetationszustand sind z.T. durch Jahres- oder Tageszeiten gesteuerte Grössen. Im Allgemeinen beeinflusst die Grunddisposition insbesondere das Ausmass von Naturgefahrenprozessen, während die variable Disposition vor allem Einfluss auf die Häufigkeit eines Prozesses hat.

Für den Umgang mit dem Klimawandel ist es von Bedeutung zu wissen, dass Entwicklungen sowohl kontinuierlich als auch episodisch erfolgen können und auch gegenläufige Entwicklungen der einzelnen Parameter möglich sind. Eine quantitative oder zeitlich exakte Projektion von Entwicklungen ist oft nicht möglich. Mit Hilfe von Szenarien kann aber die Bandbreite von Ereignissen innerhalb des betrachteten Zeithorizonts (bis Ende des 21. Jahrhunderts) abgesteckt werden. Die innerhalb dieses Zeithorizonts möglichen Entwicklungen sind bei der Gefahrenbeurteilung zu berücksichtigen. Die Gefahrenbeurteilung "künftig" enthält somit – im Sinne einer Bandbreite – Aussagen zu der innerhalb des betrachteten Zeithorizonts massgebenden Gefährdung. Sie darf nicht verwechselt werden mit einer Gefahrenbeurteilung "2100", welche "nur" die Gefährdungen gegen Ende des 21. Jahrhunderts beschreiben würde.

Variabilität: Zeitliche Variabilität und Dynamik über Disposition berücksichtigen

3.3 Szenarien

Auf Basis des vorhandenen Wissens über Klimainput und Disposition wird mit Hilfe von Szenarien die Reaktion und Wirkung von Naturgefahrenprozessen systematisch und nachvollziehbar abgeklärt. Das Vorgehen ist das gleiche, unabhängig davon, ob die heutigen Rahmenbedingungen betrachtet werden oder der Klimawandel mitberücksichtigt wird (Abbildung 14).

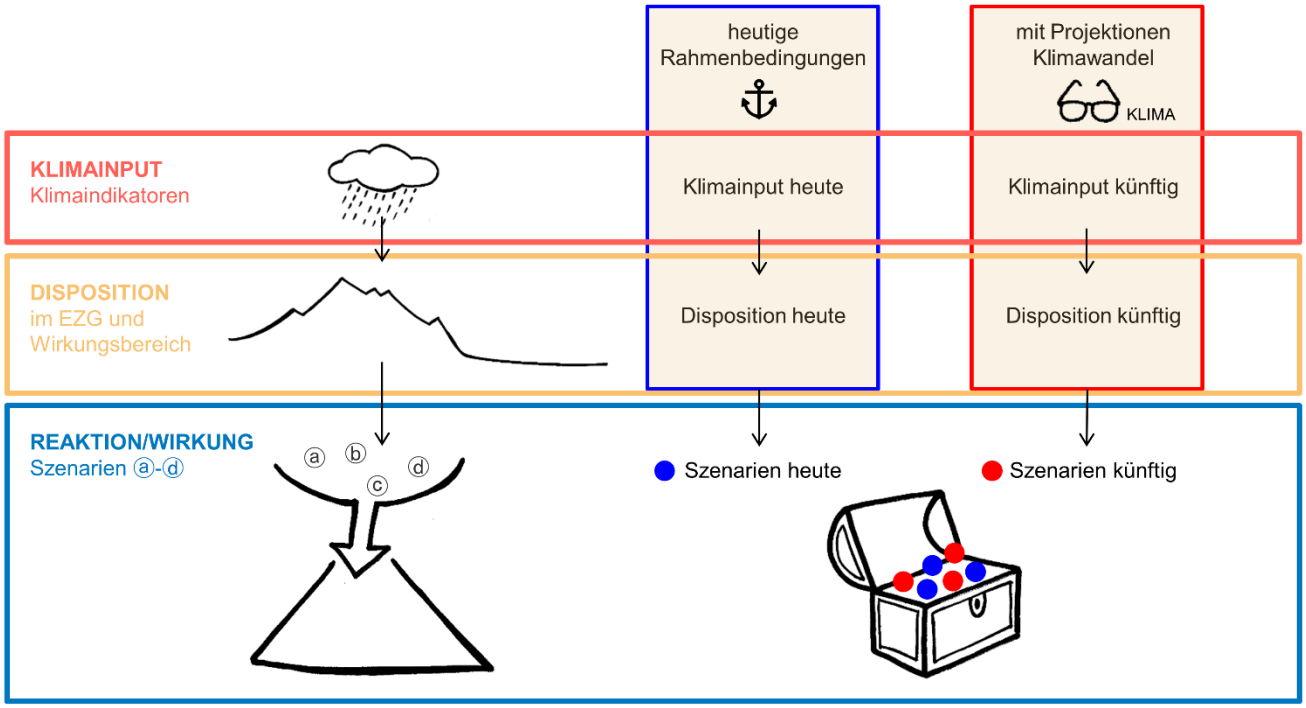


Abbildung 14: Situationsanalyse und Szenarien "heute" und "künftig" mit Projektion des Klimawandels. Resultate sind Systemverständnis und ein ergänzter Szenarienschatz.

Die Szenarienbildung unterstützt das Prozessverständnis. Mit Szenarien werden Zusammenhänge und Prozessabläufe, wenn möglich im Ganzen beschrieben (von der Prozessquelle bis zum Wirkungsgebiet), sowie Abschätzungen und Berechnungen von Prozessgrössen wie beispielsweise Abfluss-, Geschiebe- und Schwemmholzmengen getroffen. Basierend auf diesen Überlegungen kann je nach Prozessart und Komplexität eine quantitative Aussage zum Ausmass, zur Wahrscheinlichkeit sowie zu deren möglichen Bandbreiten gemacht werden. Damit möglichst robuste Szenarien gebildet werden, bedarf es an Fachwissen und Erfahrung. Mit Einbezug des Klimawandels gewinnt zudem die integrale und interdisziplinäre Herangehensweise und die Zusammenarbeit verschiedener Fachpersonen an Bedeutung.

Vorgehen:	**Gebiets- und prozessspezifische Beurteilung von Klimainput, Disposition und daraus abgeleiteter Reaktion/Wirkung**

3.3.1 Szenarienschatz

Die Szenarien "heute" bilden die Referenz und Ausgangslage. Im Zuge des Klimawandels können sich die Häufigkeit und/oder das Ausmass bereits bekannter Prozesse verändern. Zusätzlich sind Prozesse, Prozesswechsel und Prozessverkettungen möglich, welche bislang so nicht aufgetreten sind. Dies ist primär in Folge der Veränderungen im glazialen und periglazialen Raum zu erwarten. Mit der "Klimabrille" wird der heutige Szenarienschatz untersucht und geprüft, ob künftig

a) **Szenarien entfallen** bzw. an Bedeutung verlieren
(Beispiel: Abnahme von Eisstürzen wegen Gletscherschwund oder weniger Lawinen in tiefen Lagen wegen geringerer Schneedecke aufgrund Zunahme der Temperatur)

b) **zusätzliche bzw. neue Szenarien** zu definieren sind (in bisher nicht betroffenen Gebieten neu auftretende Prozesse, Prozesswechsel, Prozessverkettungen)
(Beispiel: Gefahr von Ausbrüchen neu gebildeter Gletscherseen)

c) **Szenarien sich verändern** in Bezug auf

- **Ausmass**
(Beispiel: Grössere Murgangereignisse aufgrund erhöhtem Lockermaterialvorkommen in einem ehemaligen Permafrostgebiet)

und/oder

- **Wahrscheinlichkeit** ihres Auftretens
(Beispiel: Häufigere Oberflächenabflussereignisse infolge zunehmender Starkniederschläge)

d) **Szenarien gleichbleiben** wie heute.
(Beispiel: Tiefgründige Rutschgebiete in tiefen Lagen werden vermutlich nur unwesentlich durch den Klimawandel beeinflusst)

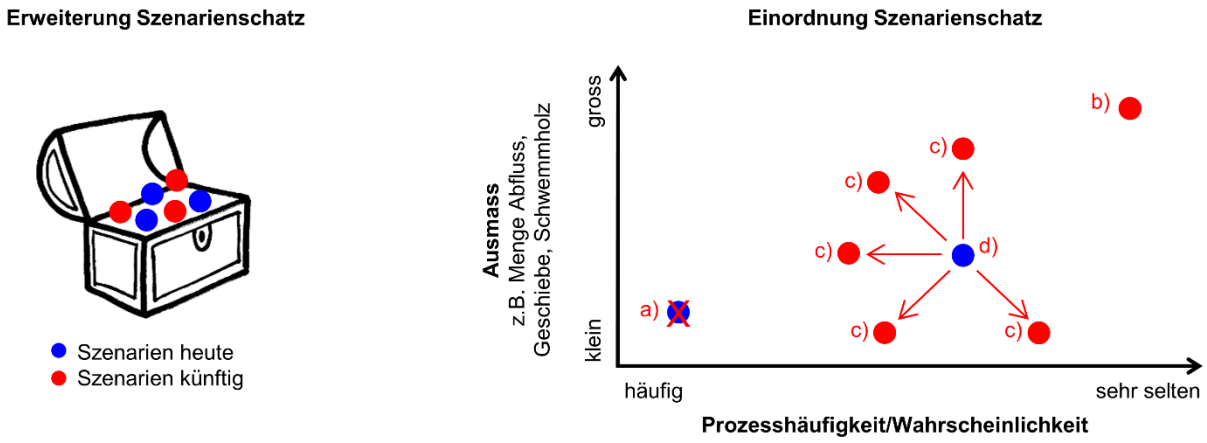


Abbildung 15: Erweiterung und Einordnung des Szenarienschatzes
Szenarien auf Basis der heutigen Rahmenbedingungen (blau) und mit Projektion des Klimawandels (rot). Die heutigen Szenarien können durch Einfluss des Klimawandels a) entfallen b) neu dazukommen oder c) sich bezüglich Ausmass, bezüglich Wahrscheinlichkeit oder bezüglich Ausmass und Wahrscheinlichkeit verschieben oder d) gleichbleiben.

Die Beispiele im Anhang A.2 illustrieren die mögliche Veränderung von Szenarien im Zusammenhang mit dem Klimawandel. Die Beispiele von Prozessketten und Schwellenprozessen zeigen, dass bei der Szenarienbildung für den Zustand mit Projektion des Klimawandels nicht nur lineare Zusammenhänge möglich sind und auch bisher nicht aufgetretene Abläufe berücksichtigt werden müssen.

Mit Hilfe der vorliegenden Klimaprojektionen und den heutigen Kenntnissen können künftige Entwicklungen und Ereignisse abgeschätzt werden. Beispielsweise ist bekannt, dass bis Mitte des 21. Jahrhunderts mit einer Zunahme der Intensität des 100-jährlichen Eintages-Niederschlags um 10-20 % zu rechnen ist [27]. Unter Berücksichtigung

der Unsicherheiten können daraus konkrete, einzugsgebietsspezifische Informationen zum Input abgeleitet werden und die entsprechende Reaktion/Wirkung kann bei Wassergefahren zumindest für häufige Ereignisse abgeschätzt werden. Oft machen die häufigeren Ereignisse einen substanziellen Anteil des Risikos aus (Abbildung 16). Aussagen für Extremereignisse sind schwieriger und bereits unter heutigen Rahmenbedingungen mit grösseren Unsicherheiten behaftet. Trotz dieser Herausforderungen geht es bei der Erweiterung des Szenarienschatzes auch um das Abklären von sehr wenig wahrscheinlichen Ereignisabläufen wie der Betrachtung von Extremszenarien.

Oft ist eine qualitative Beurteilung ausreichend, um relevante Entwicklungen zu erkennen und in die Gefahrenbeurteilung einzubeziehen. Beeinflusst der Klimawandel einzig die Eintretenswahrscheinlichkeit eines Szenarios, reicht eine Verschiebung im Ausmass-/Wahrscheinlichkeitsdiagramm (Hinweis "Recycling" in Abbildung 16).

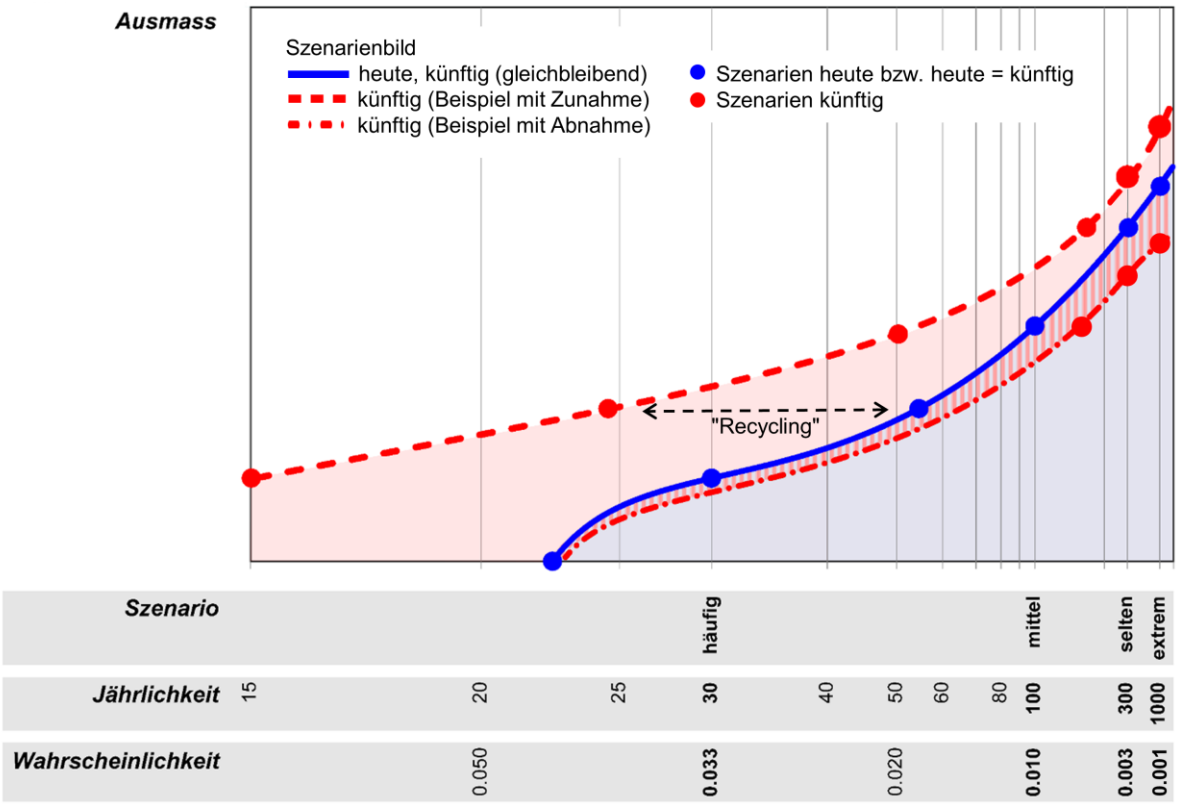


Abbildung 16: Mögliche Risikoentwicklung. Die Zunahme des Risikos (rote Fläche) oder Abnahme des Risikos (rot schraffierte Fläche) resultiert aus den unterschiedlichen Szenarienbildern. Vereinfachte Graphik ohne Darstellung von Unsicherheitsbereichen.

Szenarien: **Einfluss Klimawandel mitdenken und Szenarienschatz ergänzen, dabei den Einfluss beurteilen auf:**

- **Veränderung Wahrscheinlichkeit**
- **Veränderung Ausmass**
- **Veränderungen Prozess**

3.3.2 Szenarienbilder

Das Szenarienbild (Einordnung aller Szenarien in Bezug auf Ausmass und Wahrscheinlichkeit) kann sich durch Berücksichtigung des Klimawandels verändern (Abbildung 16). Je nach betrachtetem Prozess und Gebiet nehmen Ausmass und/oder Wahrscheinlichkeit eines Naturgefahrenprozesses und somit das Risiko zu (rote, gestrichelte Linie), in anderen Gebieten ist eine Abnahme möglich (rote, strichpunktierte Linie), oder das Szenarienbild bleibt gleich (blaue Linie). Verschiebt sich das Gefüge der Szenarien deutlich, sind grosse Veränderungen aufgrund des Klimawandels zu erwarten.

Relevant ist eine Veränderung dann, wenn sich zum Beispiel durch die Berücksichtigung des Klimawandels Grössenklassen in Bezug auf Wahrscheinlichkeit und/oder Ausmass ändern, andere Prozesse auftreten oder zusätzliche Gebiete betroffen sind. Eine Fachperson kann oft bereits auf Stufe Szenario einschätzen, ob bezüglich Wirkung relevante Veränderungen zu erwarten und weiterführende Abklärungen zur Wirkung erforderlich sind. Im Zweifelsfall sollten eher zu viele als zu wenige Szenarien weitergezogen werden.

Relevanz: **Beurteilung der Relevanz der Auswirkungen des Klimawandels anhand der Unterschiede zwischen den Szenarienbildern**

3.4 Ergebnisse der Gefahrenbeurteilung

Die Gefahrenbeurteilung wird für zwei Zustände durchgeführt: heutige Rahmenbedingungen ("heute") und mit Projektion des Klimawandels ("künftig", massgebende Situation bis Ende des 21. Jahrhunderts). Darauf aufbauend resultieren bei relevanten Unterschieden auch verschiedene Szenarien und Intensitätskarten inkl. der darin enthaltenen Kennwerte.

Unterscheiden sich die Szenarienbilder und erwarteten Auswirkungen nicht wesentlich voneinander, dann reicht beispielsweise die Erarbeitung nur eines Sets an Intensitätskarten, das sowohl den Zustand mit heutigen Rahmenbedingungen als auch den Zustand mit Projektion des Klimawandels abbildet (Abbildung 17, links). Unterscheiden sich die Szenarienbilder des heutigen und künftigen Zustands wesentlich voneinander, sind jeweils zwei Sets an Intensitätskarten zu erstellen (Abbildung 17, rechts). Falls die Änderungen primär die Wahrscheinlichkeit der heutigen Szenarien betreffen, können die Intensitätskarten "heute" unter Neuzuordnung der Wahrscheinlichkeit wiederverwendet werden (z.B. IK100 "heute" entspricht möglicherweise IK30 "künftig"). In Abbildung 17 ist dies mit "Recycling" bezeichnet.

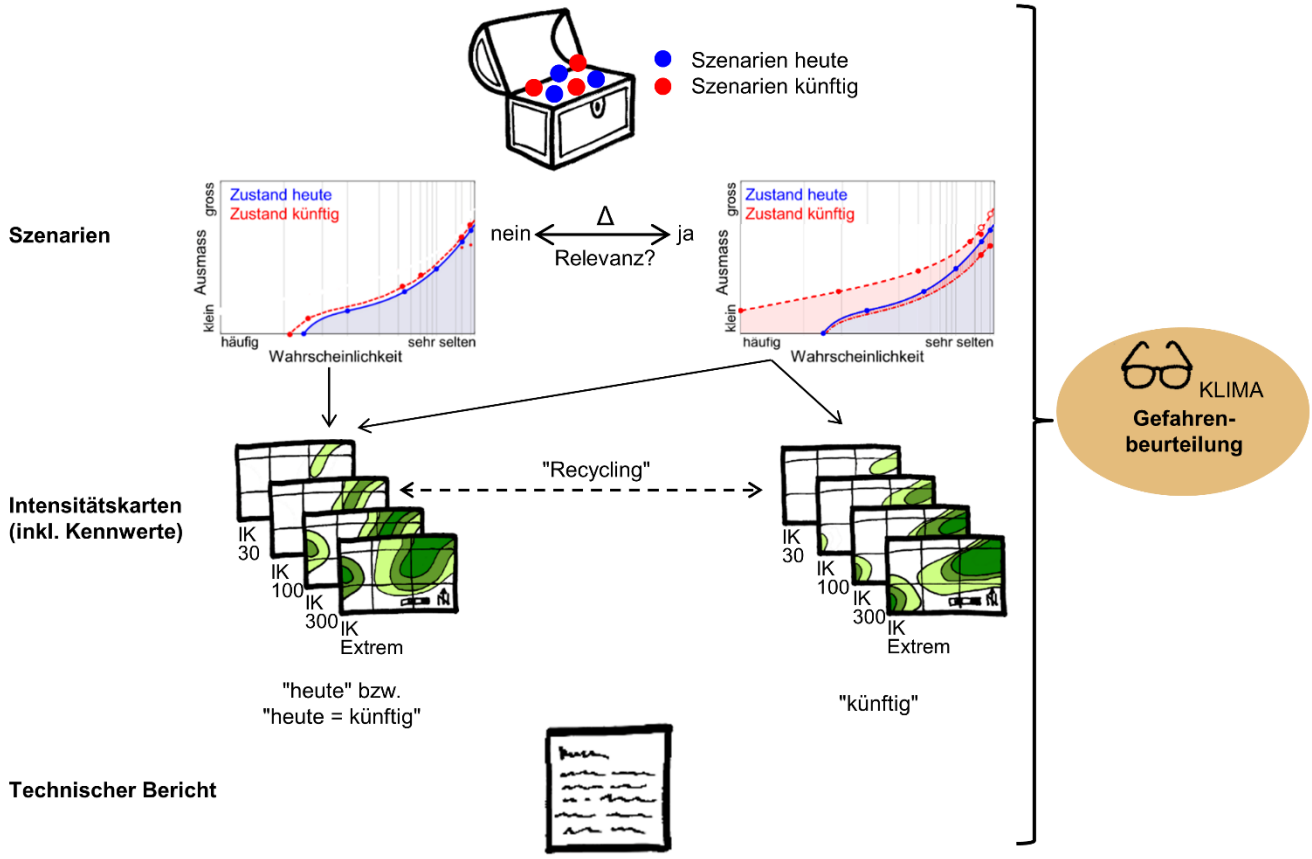


Abbildung 17: Ergebnisse der Gefahrenbeurteilung mit "Klimabrille"

Die Ergebnisse für den heutigen Zustand sind nach wie vor wichtig, da die heutige Gefahrensituation die Referenz und Ausgangslage bildet. Sie muss bekannt sein, um Projektionen für die Zukunft zu erstellen. Der Vergleich der Ergebnisse "heute" und "künftig" macht die Veränderung sichtbar, die im Zuge des Klimawandels erwartet wird. Dadurch können Risikoentwicklungen beurteilt werden, ein allfälliger Handlungsbedarf kann anschaulich begründet und der Einsatz allfälliger Mittel gerechtfertigt werden.

Ein zentrales Ergebnis der Gefahrenbeurteilung sind Intensitätskarten mit und ohne Berücksichtigung des Klimawandels, welche die Überlegungen zu den erwarteten Kennwerten, Prozessen und Ereignisabläufen abbilden. Im technischen Bericht werden Methoden und Überlegungen inkl. der Szenarien dargestellt, Annahmen festgehalten, die Güte der Beurteilung eingeschätzt, Entscheidungen begründet und Grundlagen referenziert. Die Dokumentation ist für die Nachvollziehbarkeit der Gefahrenbeurteilung zentral.

Dokumentation: **Technischer Bericht (Grundlagen, Methoden, Szenarien, Entscheidungen)**

Kennwerte und Intensitätskarten

- **falls Auswirkungen des Klimawandels nicht relevant: für Zustand "heute = künftig"**
- **falls Auswirkungen des Klimawandels relevant: für Zustände "heute" und "künftig"**

In jenen Fällen, in denen die Unsicherheiten so gross sind, dass keine vertretbaren Aussagen für die Zukunft möglich sind, wird mit den Gefahrengrundlagen "heute" weitergearbeitet. Mit adäquaten Mitteln (wie zum Beispiel gezieltes Monitoring) ist jedoch sicherzustellen, dass die Entwicklung in den entsprechenden Gebieten beobachtet und keine relevanten Veränderungen verpasst werden.

3.5 Zusammenfassung der Empfehlungen für die Gefahrenbeurteilung

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel ist wie bereits heute entscheidend, dass bei einer komplexen, vielschichtigen Thematik die Inhalte strukturiert abgeklärt und nachvollziehbar dokumentiert werden.

Zusammenfassung Empfehlungen Gefahrenbeurteilung

Grundlagen:	Stand des Wissens einbeziehen und dokumentieren
Variabilität:	Zeitliche Variabilität und Dynamik über Disposition berücksichtigen
Vorgehen:	Gebiets- und prozessspezifische Beurteilung von Klimainput, Disposition und daraus abgeleiteter Reaktion/Wirkung
Szenarien:	Einfluss Klimawandel mitdenken und Szenarienschatz ergänzen, dabei Einfluss beurteilen auf: - Veränderung Wahrscheinlichkeit - Veränderung Ausmass - Veränderung Prozess
Relevanz:	Beurteilung der Relevanz der Auswirkungen des Klimawandels anhand der Unterschiede zwischen den Szenarienbildern
Dokumentation:	Technischer Bericht (Grundlagen, Methoden, Szenarien, Entscheidungen) Kennwerte und Intensitätskarten - falls Auswirkungen des Klimawandels nicht relevant: für Zustand "heute = künftig" - falls Auswirkungen des Klimawandels relevant: für Zustände "heute" und "künftig"

4 Empfehlungen Massnahmenplanung

Wenn relevante Veränderungen aufgrund des Klimawandels erwartet werden, dann sollen bei der Massnahmenplanung zusätzliche Überlegungen angestellt und Entscheidungen getroffen werden. Dieser Fall wird im Folgenden betrachtet.

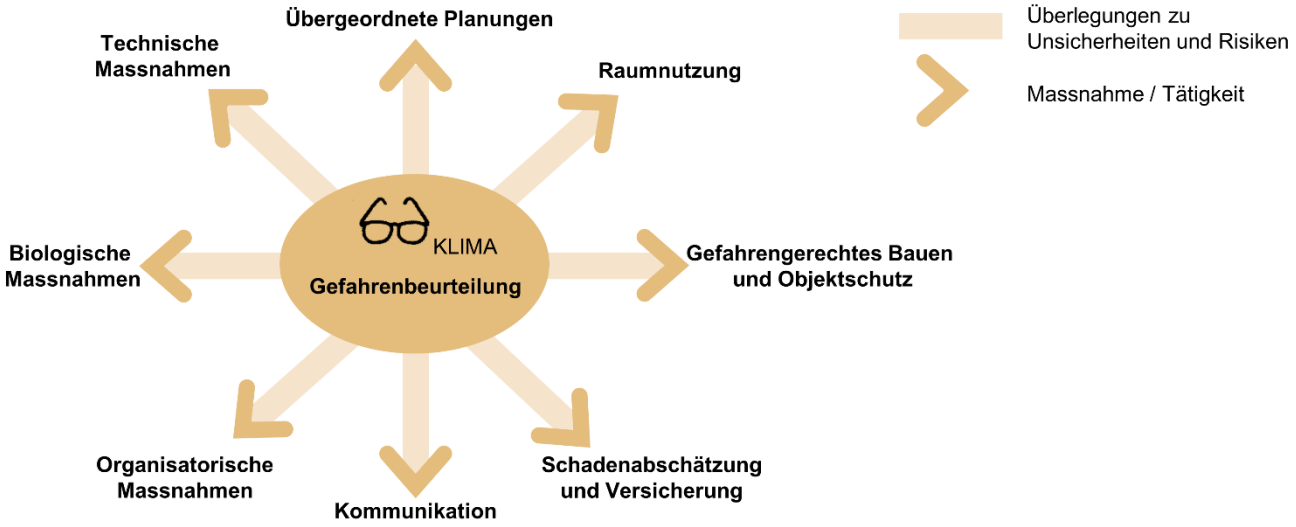


Abbildung 18: Massnahmen / Tätigkeiten basieren auf der Gefahrenbeurteilung sowie Überlegungen zu Unsicherheiten und Risiken.

Die Grundsätze der Massnahmenplanung bleiben bestehen: Massnahmen werden integral geplant, optimal kombiniert, nachhaltig gestaltet und sind verhältnismässig. Wie der Klimawandel bei der Auslegung der Massnahmen im einzelnen Fall berücksichtigt wird, ist eine risikobasierte Entscheidung der Verantwortlichen und Entscheidungstragenden. Sie muss in Kenntnis der möglichen Entwicklungen und der Unsicherheiten erfolgen.

Den Klimawandel bei der integralen Massnahmenplanung berücksichtigen

Um Sicherheit langfristig zu gewähren, müssen Schutzmassnahmen über ihre gesamte Nutzungsdauer wirksam sein. Die Massnahmen sind daher auf die Ereignisabläufe und Belastungen auszulegen, die während ihrer Lebensdauer zu erwarten sind. Je länger eine Massnahme wirken soll, desto grösser können die Veränderungen bezüglich der Einwirkungen werden (siehe z.B. [18] und Abbildung 7). Auf eine besonders lange Lebensdauer sind in der Regel technische Schutzmassnahmen ausgelegt. Ihre Lebensdauer beträgt gemäss SIA-Normen [31] und EconoMe 30-100 Jahre [4]. Biologische Massnahmen bilden einen Spezialfall, da diese Massnahmen selbst durch den Klimawandel beeinflusst werden und die z.B. die Entwicklung des Schutzwaldes über einen Zeitraum von mehr als 100 Jahren zu betrachten ist. Andere Massnahmen wie z.B. Einsatzpläne und temporäre Massnahmen haben meist eine kürzere Lebensdauer und können leichter angepasst werden. Die Ergebnisse der Gefahrenbeurteilung "heute" und "künftig" unterstützen bei einer an die Lebensdauer der Massnahme ausgelegten Planung.

Massnahmen und Schutzsysteme auf die Ereignisabläufe und Belastungen auslegen, die während ihrer Lebensdauer erwartet werden

Angesichts der Dynamik und Unsicherheiten der künftigen Entwicklung gewinnt die robuste, überlastbare und anpassungsfähige Auslegung von Massnahmen noch weiter an Bedeutung. Dies gilt sowohl für Einzelmassnahmen als auch für Schutzsysteme (Massnahmenkombinationen). Die Berücksichtigung des Klimawandels bedeutet aber nicht, dass zunehmend grössere und teurere technische Schutzmassnahmen erstellt werden sollen. Wichtiger ist vielmehr die Optimierung der Massnahmenkombination eines Schutzsystems und Überlegungen bzgl. Tragbarkeit der Risiken. Möglicherweise erfordern die Entwicklungen eine Anpassung oder Ergänzung des Schutzsystems (z.B. zusätzliche organisatorische Massnahmen). Wichtig ist in jedem Fall, dass in der Projektierungsphase das gesamte Spektrum der Massnahmen analysiert wird und die Systeme robust, überlastbar und anpassungsfähig sind.

Massnahmen und Schutzsysteme robust, überlastbar und anpassungsfähig konzipieren

Für die Nachvollziehbarkeit und die Kommunikation müssen die Entscheidungen transparent und nachvollziehbar dokumentiert werden. Dies betrifft die verwendeten fachlichen Grundlagen, die Beurteilung der Risiken, die bestehenden Unsicherheiten und die getroffenen Annahmen. Zudem ist offenzulegen, welche Akteure am Entscheidungsprozess beteiligt waren.

Entscheidungen nachvollziehbar begründen und dokumentieren

Das kontinuierliche Monitoring der Naturgefahrenprozesse und Ereignisse bildet weiterhin eine wichtige Grundlage im Umgang mit Risiken aus Naturgefahren [11]. In bestimmten Gebieten, insbesondere im glazialen und periglazialen Raum, können die Unsicherheiten der Auswirkungen des Klimawandels sehr gross sein und Veränderungen gehen sehr schnell vonstatten. In diesen Gebieten sind langfristige Planungen schwierig. Hier hat sich ein agiles, adaptives Vorgehen bewährt, bei welchem durch Monitoring die sehr raschen Entwicklungen erfasst werden. Durch die regelmässige Beobachtung im Akutfall und deren Auswertung kann Prozessverständnis aufgebaut werden und direkt auf Entwicklungen reagiert werden.

Monitoring und agiles Vorgehen bei sehr raschen Entwicklungen

Im Folgenden werden exemplarisch die Empfehlungen für den Umgang mit dem Klimawandel bei der Raumnutzung, bei technischen, organisatorischen und biologischen Massnahmen weiter ausgeführt.

4.1 Raumnutzung

Die Empfehlung "Raumplanung und Naturgefahren" von 2005 [14] wird zurzeit überarbeitet und in die neue Vollzugshilfe "Risikobasierte Raumplanung" (Arbeitstitel) überführt (Anhang A.1). Die Vollzugshilfe enthält Grundsätze für eine risikobasierte Raumplanung und beschreibt das Vorgehen. Zudem werden auch die Produkte aus der Gefahrenbeurteilung und den Risikoübersichten für die Raumplanung definiert.

Es wird eine Raumnutzung angestrebt, die risikobasiert und robust ist hinsichtlich der Veränderung durch den Klimawandel. Ein bewährtes Produkt für die raumplanerische Umsetzung und insbesondere für die Kommunikation ist die Gefahrenkarte. Die Gefahrenkarte wird auf Basis der Intensitätskarten erstellt. Da es gemäss "Empfehlung Gefahrenbeurteilung" (Kapitel 3) bei relevanten klimabedingten Veränderungen der Gefahrenlage neu zwei Sets an Intensitätskarten geben wird, ist die Ableitung der Gefahrenkarte nicht mehr so eindeutig wie bisher. Die Ausscheidung von Gefahrenstufen (Farbgebung in der Gefahrenkarte) wird aufgrund der unterschiedlichen Ergebnisse "heute" und "künftig" zu einer bewussten Entscheidung im Wissen über die künftigen Entwicklungen, Unsicherheiten und den Risiken.

In Anbetracht dessen, dass Bautätigkeiten generell eine lange Lebensdauer von mindestens 80 Jahren haben, wird empfohlen, die jeweils massgebende Gefährdung der Intensitätskarten "heute" und "künftig" für die Ableitung der Gefahrenkarte zu nehmen. Dabei ist es entscheidend, dass Klassensprünge (Farbwechsel in der Gefahrenstufe) erkannt und adäquat berücksichtigt werden (Abbildung 19).

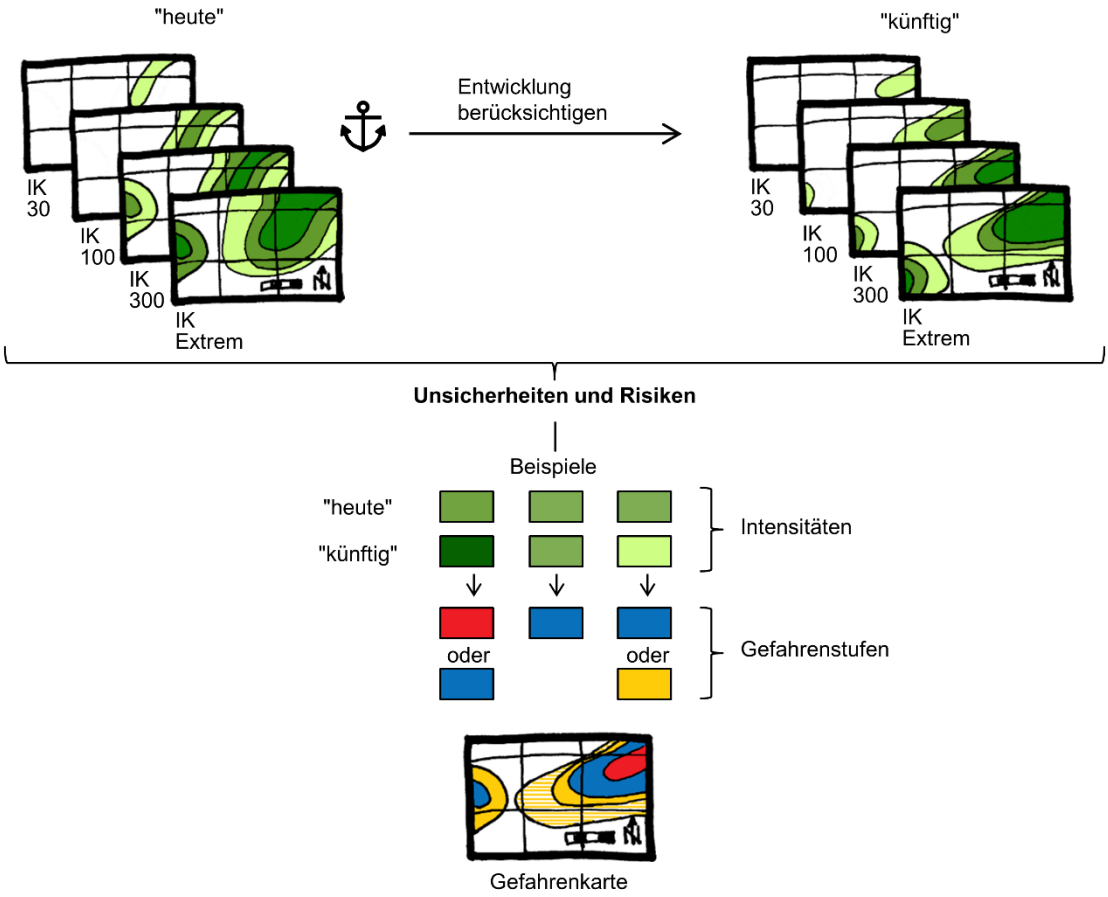


Abbildung 19: Möglichkeit zur Berücksichtigung des Klimawandels in einer Gefahrenkarte.

Basierend auf den Ergebnissen der Gefahrenbeurteilung, gestützt auf Überlegungen zum Risiko, sowie unter Berücksichtigung aller vorhandenen Unsicherheiten, werden die Gefahrenstufen definiert. Überlegungen und Entscheide müssen in jedem Fall nachvollziehbar dokumentiert werden. Transparenz erhöht die Glaubwürdigkeit und sollte durch eine zielgruppenorientierte Kommunikation begleitet sein.

Unabhängig von der Gefahrenstufe sind bei der risikobasierten Raumplanung Massnahmen zur Steuerung und Begrenzung der Risiken in allen Gefahrengebieten zu prüfen.

4.2 Technische Massnahmen

Technische Massnahmen sind in der Regel Teil eines umfassenden Schutzsystems. Sie sollen im Hinblick auf die jeweils erwartete gesamte Lebensdauer ausgelegt werden. Als Entscheidungsgrundlage für die Massnahmenplanung sind die zu erwartenden Belastungen und Ereignisabläufe inkl. Extremereignisse und Überlastsituationen abzuklären (Gefahrenbeurteilung) und die Risiken zu beurteilen (möglicher Schaden, Unsicherheiten, Kostensprünge etc.). Das Risikomanagement soll pragmatisch umgesetzt werden und die Massnahmen innerhalb des vorhandenen Unsicherheitsbereichs optimiert werden (siehe dazu auch [15] und Abbildung 21).

Massnahmen sollen auch bei einer Veränderung der Prozesse aufgrund des Klimawandels die gewünschte Wirkung ausüben. Die Forderungen, dass Massnahmen zum Schutz vor Naturgefahren konsequent hinsichtlich Überlastbarkeit zu prüfen und falls erforderlich, anzupassen sind und die Massnahmenplanung den vorhandenen Unsicherheiten Rechnung tragen soll, wurde bereits als Fazit aus der Ereignisanalyse 2005 gezogen [15]. Im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels werden diese Forderungen noch bedeutender.

Die tatsächliche Auslegung der Massnahmen basiert schliesslich auf Entscheidungen, die gemeinsam von den Beteiligten (Verantwortungstragende, Fachpersonen, Betroffene) gemeinsam getroffen werden.

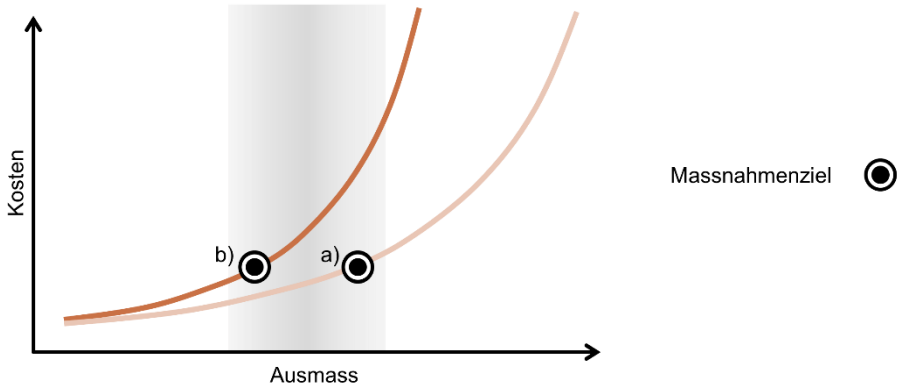


Abbildung 20: Optimierte Auslegung einer Massnahme bei unterschiedlicher Kostenentwicklung: a) Auslegung auf den oberen Rand des ausgewiesenen Unsicherheitsbereichs bei moderater Kostenentwicklung und b) Auslegung auf den unteren Rand des Unsicherheitsbereichs bei starker Zunahme der Kosten; nach [15].

4.3 Organisatorische Massnahmen

Einige organisatorische Massnahmen wie Warnung, Alarmierung und Information im Ereignisfall oder Einsatzplanungen sind vergleichsweise schnell anpassbar. Dies soll aber nicht dazu verleiten abzuwarten, bis sich der Klimawandel in den häufigen Ereignissen manifestiert. Bei der Massnahmenplanung sollen bereits heute die künftigen Entwicklungen berücksichtigt werden. Denn organisatorische Massnahmen wie Einsatzplanungen müssen vor allem bei seltenen, sehr seltenen und extremen Ereignissen wirken. Auch wenn das Auftreten von künftigen Ereignissen heute evtl. noch nicht sehr wahrscheinlich ist, muss mit ihnen gerechnet werden. Erfahrungen aus verschiedenen Kantonen zeigen, dass bereits heute wiederholt Ereignisse, Ereignisabläufe und Ereigniszeitpunkte auftreten, welche im betroffenen Gebiet früher nicht bekannt waren [10]. Um sich optimal auf solche unbekannten Situationen vorzubereiten, muss der Klimawandel berücksichtigt und bei der Planung alles angedacht werden, was möglich scheint.

4.4 Biologische Massnahmen

Biologische Schutzmassnahmen wie der Schutzwald, ingenieurbiologische Bauweisen oder eine angepasste Landnutzung werden selbst durch den Klimawandel beeinflusst. Diese besondere Ausgangslage zur Klimasensitivität der Massnahmen ist in der langfristigen Planung zu berücksichtigen.

Beispielsweise werden sich die Wälder der Schweiz aufgrund des Klimawandels sowohl in Bezug auf ihren Standort als auch auf ihre Zusammensetzung entwickeln. Diese Veränderungen finden langsam statt. Etwa die Hälfte des gesamten Schweizer Waldanteils ist Schutzwald und zählt daher zu den biologischen Schutzmassnahmen [20]. Zum anderen beeinflusst Wald die Disposition für Naturereignisse und wird bei der Gefahrenbeurteilung berücksichtigt. Mehr Informationen dazu finden sich in der Vollzugspublikationen zur "Nachhaltigkeit im Schutzwald NaiS" [20]. Es wird unter anderem beurteilt, wie sich ein Bestand in den nächsten 10 bis 50 Jahren ohne menschliches Zutun voraussichtlich entwickeln wird. Auf diese Weise können Veränderungen der Schutzwaldwirkung durch den Klimawandel berücksichtigt und in die Massnahmenplanung integriert werden.

4.5 Zusammenfassung der Empfehlungen für die Massnahmenplanung

Die Massnahmenplanung basiert auf Entscheidungen, die durch die jeweiligen Beteiligten getroffen werden. In jedem Fall resultieren fall- und massnahmenspezifisch Lösungen. Es können daher keine inhaltlichen Vorgaben, sondern nur konzeptionelle Empfehlungen gegeben werden.

Zusammenfassung Empfehlungen Massnahmenplanung

Den Klimawandel bei der integralen Massnahmenplanung berücksichtigen

Massnahmen und Schutzsysteme auf die Ereignisabläufe und Belastungen auslegen, die während ihrer Lebensdauer erwartet werden

Massnahmen und Schutzsysteme robust, überlastbar und anpassungsfähig konzipieren

Entscheidungen nachvollziehbar begründen und dokumentieren

Monitoring und agiles Vorgehen bei sehr raschen Entwicklungen

5 Unterstützung bei der Anwendung

Die **Grundsätze und Empfehlungen** für die Gefahrenbeurteilung und Massnahmenplanung mit Projektion des Klimawandels wurden in den Kapiteln 2-4 hergeleitet. Zur praktischen Unterstützung einer strukturierten, gebiets- und prozessspezifischen Abklärung der Auswirkungen des Klimawandels stehen ein für alle gravitativen Naturgefahrenprozesse anwendbares **Vorgehensschema** für die Gefahrenbeurteilung (Kapitel 5.1) sowie prozessspezifische **Schlüsselfragen** für die Situationsanalyse und Szenarienbildung (Kapitel 5.2 und Anhang A.3) zur Verfügung. Vorgehensschema und Schlüsselfragen sind detaillierter und spezifischer als das allgemeine Konzept und können von Fachpersonen je nach Bedarf im Ganzen oder punktuell beigezogen genutzt werden. Das Vorgehensschema strukturiert die Abklärung im Rahmen der Gefahrenbeurteilung mit "Klimabrille" (Ablauf). Die Schlüsselfragen unterstützen bei der inhaltlichen Erarbeitung, indem sie dazu anregen, an das Wichtigste zu denken.

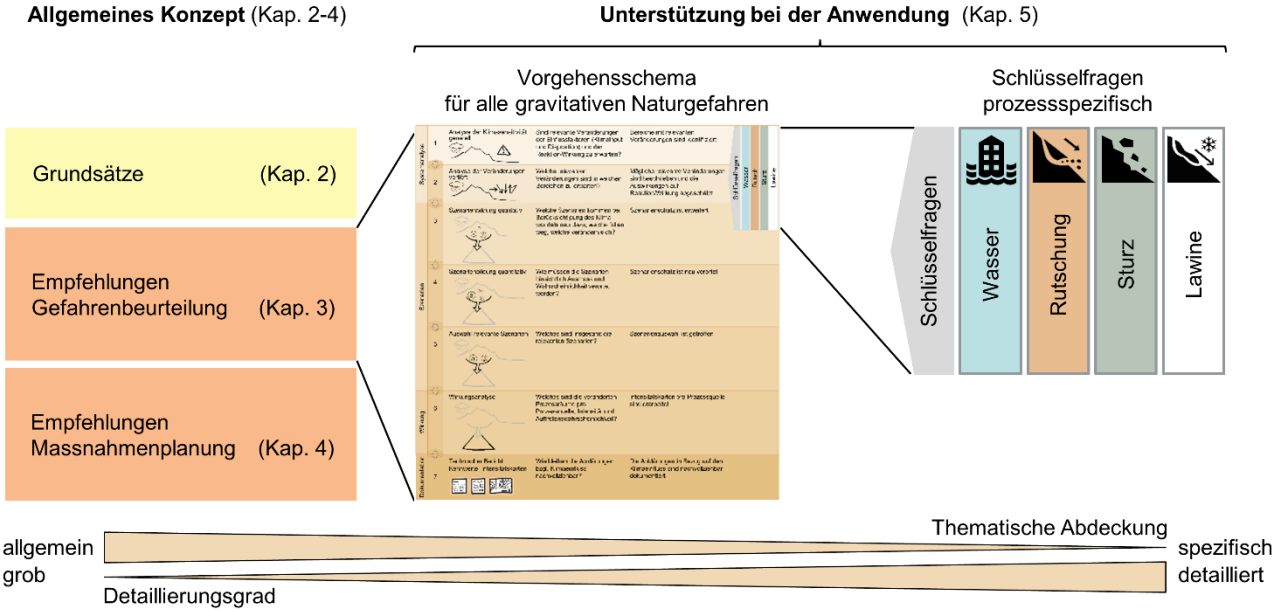


Abbildung 21: Die Anwendung der Grundsätze und Empfehlungen für die Gefahrenbeurteilung wird unterstützt durch ein generelles Vorgehensschema sowie prozessspezifische Schlüsselfragen.

Die Hilfsmittel bieten keine inhaltlichen Antworten, da dafür eine differenzierte Sicht auf die Prozesse und Gebiete erforderlich ist. Es steht Fachpersonen und Kantonsverantwortlichen frei, die Hilfsmittel für die praktische Anwendung zu ergänzen. Zum Beispiel mit Empfehlungen für die Wahl von Einflussfaktoren in homogenen Gebieten und/oder prozessspezifischen Regionalisierungen in Bezug auf die Disposition. Die Erfahrungen, die in den kommenden Jahren bei der Gefahrenbeurteilung mit "Klimabrille" gemacht werden, werden weitere Unterstützung bei der Anwendung bieten.

5.1 Vorgehensschema zur Gefahrenbeurteilung

Das Vorgehensschema (Abbildung 22) beschreibt den Ablauf der Gefahrenbeurteilung mit "Klimabrille" in sieben Schritten mit den jeweils zentralen Fragestellungen und Resultaten der Abklärungen. Es ist anwendbar auf alle gravitativen Naturgefahrenprozesse und kann grundsätzlich für jede Fragestellung und räumliche Betrachtung des Untersuchungsgebiets eingesetzt werden.

Das Vorgehensschema…

- **baut auf Bekanntem auf:** Der Ablauf entspricht grundsätzlich dem bewährten Vorgehen bei der Gefahrenbeurteilung.

- **schärft den Blick für Neues:** Auf Basis der Gefahrenbeurteilung unter heutigen Rahmenbedingungen werden die Veränderungen abgeklärt, die sich im Zuge des Klimawandels ergeben.

- **unterstützt die Dokumentation und Vergleichbarkeit der Ergebnisse:** Die Abklärung mit "Klimabrille" nach dem Vorgehensschema unterstützt bei der nachvollziehbaren Herleitung und Dokumentation der Auswirkungen des Klimawandels. Dadurch und durch das strukturierte Vorgehen werden Erkenntnisse vergleichbar.

Im schrittweisen Vorgehen werden die Abklärungen zunehmend detaillierter. Dabei müssen nicht alle Schritte des Vorgehensschemas zwingend in der vorgegebenen Reihenfolge 1-7 bearbeitet werden. Es kann durchaus sein, dass Schritte übersprungen oder später noch einmal aufgenommen werden. Der Detaillierungsgrad der Abklärungen ergibt sich aus der Fragestellung und den verfügbaren Grundlagen. Es ist jeweils der aktuellste Stand des Wissens und der Technik einzubeziehen (z.B. neuste Methoden, alle verfügbaren Daten inkl. Unsicherheitsangaben, Daten bis zum aktuellen Zeitpunkt). Zeigt sich aufgrund der ganzheitlichen Abklärungen, dass von keinem oder untergeordnetem Einfluss des Klimawandels ausgegangen werden kann, dann können die Klima-Abklärungen entsprechend dokumentiert und frühzeitig beendet werden.

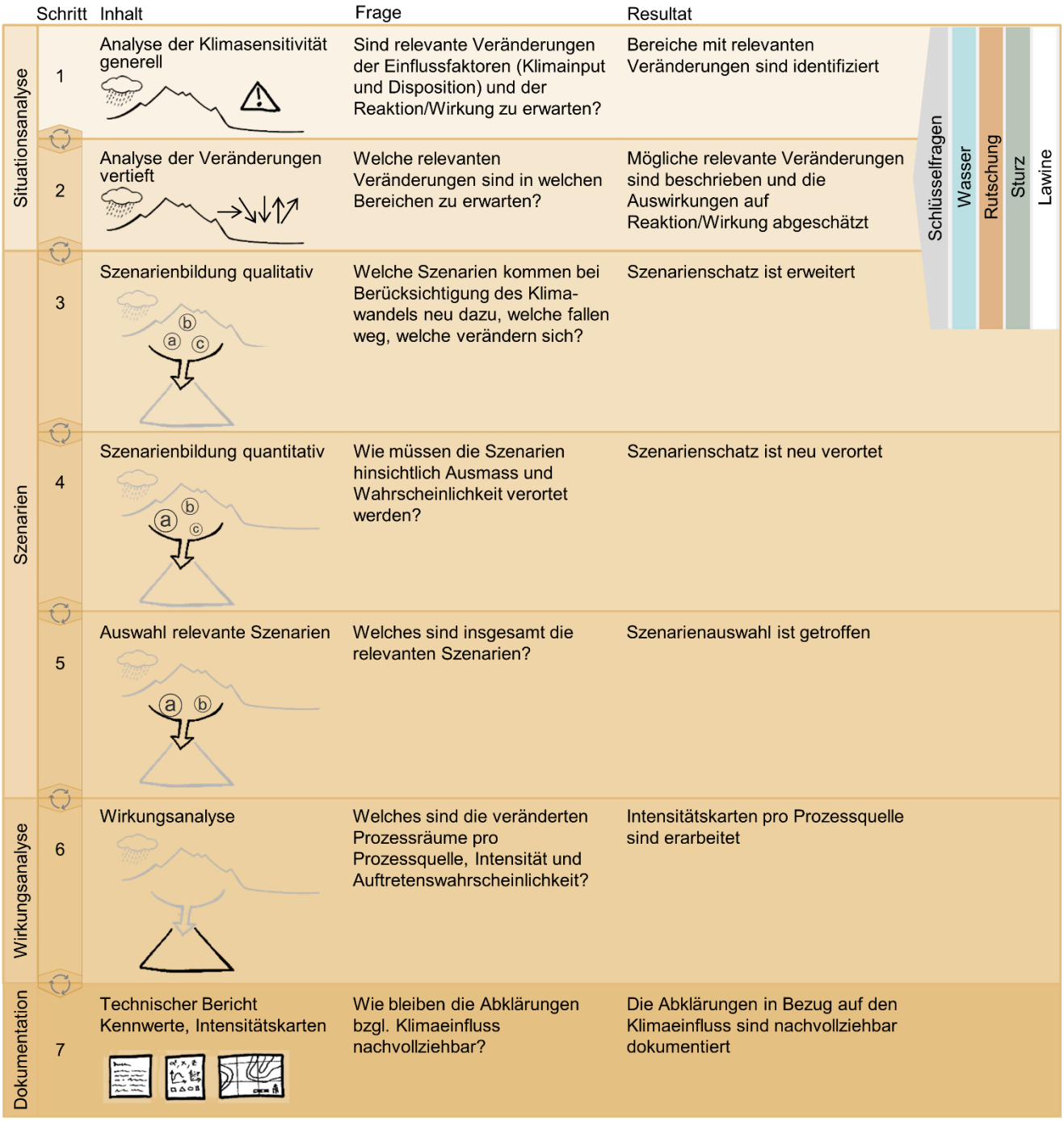


Abbildung 22: Vorgehensschema für die Gefahrenbeurteilung mit "Klimabrille".

5.2 Schlüsselfragen zur Gefahrenbeurteilung

Als Hilfestellung für die im Vorgehensschema illustrierten Schritte 1 und 2 der Situationsanalyse sowie für erste Überlegungen zur Szenarienbildung mit "Klimabrille" (Schritt 3) stehen prozessspezifische Schlüsselfragen zur Verfügung (Anhang A.3.). Diese unterstützen dabei, an Wichtiges zu denken und helfen bei der transparenten und nachvollziehbaren Dokumentation der Überlegungen und Ergebnisse. Sie sind als Gedankenstütze zu verstehen und nicht als ein Formular das "abgearbeitet" werden muss.

Die Schlüsselfragen wurden in enger Zusammenarbeit mit Fachpersonen aus Wissenschaft und Praxis hergeleitet. Die aufgeführten Fragen und die angegebenen Quellen müssen sich in der Praxis bewähren und allenfalls durch Erfahrungen angepasst werden. Insbesondere für die Massenbewegungen Rutschung, Sturz und Lawine gibt es noch wenig fundierte Aussagen dazu, wie und wo der Klimawandel die Prozesse beeinflusst. Hier werden weitere Abklärungen getroffen und weitere Erfahrungen gesammelt.

5.2.1 Aufbau der Schlüsselfragen

Für jeden Hauptprozess Wasser, Rutschung, Sturz und Lawine gibt es je zwei Listen "Schritt 1" und "Schritt 2" mit spezifischen Schlüsselfragen (Abbildung 23). Die Schlüsselfragen werden für verschiedene Faktoren beantwortet und ergeben Gesamtbild zum Einfluss des Klimawandels.

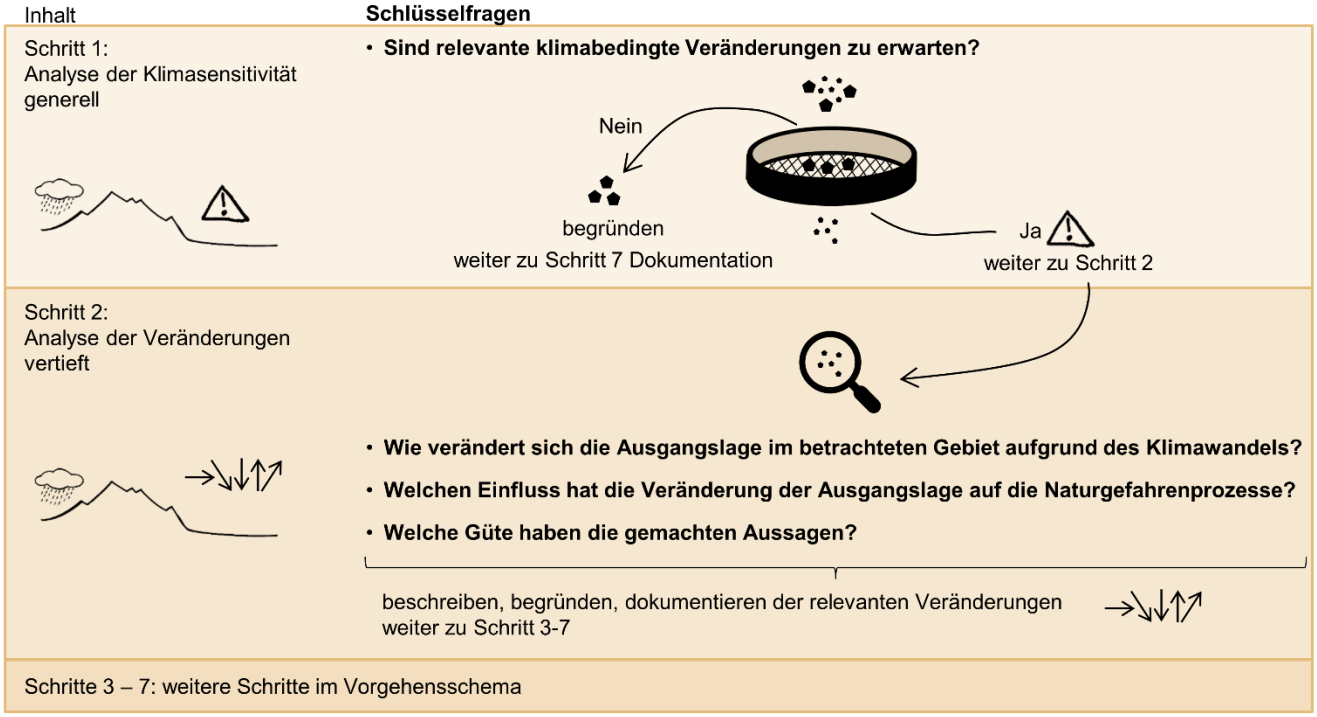


Abbildung 23: Schlüsselfragen (fett hervorgehoben) bei der Situationsanalyse für die Abklärungen mit "Klimabrille".

Schritt 1 – Analyse der Klimasensitivität generell

In Schritt 1 wird mit ausgewählten Fragen untersucht, ob das betrachtete Gebiet klimasensitiv ist (Abbildung 23). Die Beurteilung erfolgt qualitativ. Schritt 1 ist als Vorfilter zu verstehen: Werden im betrachteten Gebiet relevante klimabedingte Veränderungen erwartet, dann sind diese in Schritt 2 genauer zu untersuchen. Dabei soll mit einem der Fragestellung angepassten Aufwand eine zuverlässige Aussage bzgl. Klimasensitivität getroffen werden. Deutliche Veränderungen werden in den nächsten Jahren insbesondere in vergletscherten und von Permafrost beeinflussten Gebieten erwartet. Diese deutlichen Entwicklungen werden in Schritt 1 erkannt und in Schritt 2 weiter analysiert. Falls die Schlüsselfragen in Schritt 1 zeigen, dass von keinem relevanten Klimaeinfluss auszugehen ist, kann direkt zur Dokumentation (Schritt 7 im Vorgehensschema) übergegangen werden. Die nachvollziehbare Begründung der Abklärungen und getroffenen Entscheide ist auf jeden Fall zentral.

Schritt 2 – Analyse der Veränderungen vertieft
Die erwarteten klimabedingten Veränderungen sind genauer zu analysieren. Die Schlüsselfragen bei Schritt 2 regen dazu an, die relevanten Veränderungen in einem Gebiet abzuklären und zu prüfen, ob und welchen Einfluss diese auf die Naturgefahrenprozesse haben. Der Fokus der vertieften Analyse liegt auf den durch die Vorselektion in Schritt 1 identifizierten relevanten Faktoren. Die Abklärungen in Schritt 2 erfolgen, wenn möglich quantitativ, andernfalls qualitativ. Angepasst an die Fragestellung können die Fragen pragmatisch beantwortet werden durch Experteneinschätzungen auf Basis der vorhandenen Grundlagen. In Einzelfällen sind vertiefte, gebietsspezifische wissenschaftliche Abklärungen gerechtfertigt. In jedem Fall sind die Abklärungen zu dokumentieren, die verwendeten Grundlagen und eine Einschätzung zur Güte der gemachten Aussagen anzugeben (z.B. belegt mit Literaturangabe, eigene Beobachtung/Messung, Schätzung). Für alle relevanten Einflussfaktoren aus den Bereichen Klimainput, Disposition und Reaktion werden die folgenden Schlüsselfragen gestellt:

1) Wie verändert sich die Ausgangslage im betrachteten Gebiet aufgrund des Klimawandels?

2) Welchen Einfluss hat die Veränderung der Ausgangslage auf die Naturgefahrenprozesse?

3) Welche Güte haben die unter 1) und 2) gemachten Aussagen?

Die Antworten auf die Schlüsselfragen sollen Zusammenhänge und Rahmenbedingungen aufzeigen und ein erstes Fazit zu den Auswirkungen des Klimawandels im betrachteten Gebiet ermöglichen. Weiter werden Einzelszenarien angedacht und erste Szenarienbilder aufgeführt, welche im Schritt 3 des Vorgehensschemas weiterbearbeitet werden.

5.2.2 Prinzipien der Schlüsselfragen

Die Schlüsselfragen können die Abklärungen auf verschiedenen thematischen und räumlichen Ebenen unterstützen. Die Beantwortung der Schlüsselfragen erfolgt jeweils prozess- und gebietsspezifisch sowie für einen bestimmten Untersuchungszweck. Das Vorgehen orientiert sich an der heute etablierten Praxis der Gefahrenbeurteilung. Bei der Anwendung ist u.a. auf die folgenden Punkte zu achten.

- **Gefahrenbeurteilung "heute" als Referenz:** Erfragt werden die Veränderungen, die sich im Zuge des Klimawandels ergeben. Dabei stellt die Gefahrenbeurteilung unter heutigen Rahmenbedingungen sowohl Ausgangslage als auch Referenz dar. Zur Beantwortung der Schlüsselfragen sind alle vorhandenen Grundlagen, Kenntnisse und Erfahrungen der Fachpersonen zu verwenden und zusätzlich Projektionen in die Zukunft zu machen.

- **Gesamtbild erlangen:** Die Schlüsselfragen regen dazu an, die verschiedenen möglichen Entwicklungen anzudenken und das mögliche Spektrum von Systemreaktionen abzuschätzen. Aufgrund der vielfältigen Zusammenhänge sind die Schlüsselfragen nicht einzeln nacheinander zu beantworten und die Dokumente "von oben nach unten" zu bearbeiten, sondern als Gesamtes zu betrachten. Durch die Beantwortung der für ein Gebiet relevanten Schlüsselfragen können die "grossen" Veränderungen erkannt werden. So soll ersichtlich werden, ob sich die Ausgangslage für Prozesse deutlich wandelt (ob Prozesse neu dazukommen, entfallen oder sich verändern, siehe Beispiele im Anhang A.2) oder ob sich die Veränderungen im Bereich der bereits heute bestehenden Unsicherheiten bewegen. Es wird zudem geprüft, ob die Veränderungen graduell (z.B. Zunahme des Abflusses infolge Zunahme der Niederschlagsmenge) oder sprunghaft erfolgen (z.B. plötzlich ausbrechender Gletschersee). Wechselwirkungen zwischen den Einflussfaktoren sind in jedem Fall zu berücksichtigen.

- **Unschärfen und Unsicherheiten offenlegen:** Entscheidungen, ob und wie der Klimawandel die Gefahrenbeurteilung beeinflusst, müssen in Kenntnis der Unsicherheiten gefällt werden. Die Schlüsselfragen unterstützen in der qualitativen und quantitativen Abschätzung. Die Angabe zur Güte der jeweiligen Aussagen erleichtert die Einordnung. Eine klare Kommunikation und Dokumentation der Auswirkungen sowie der Unschärfen und Unsicherheiten schafft Transparenz und ist deshalb anzustreben.

- **Umgang mit Wissenslücken:** In einigen Fällen reicht der aktuelle Stand des Wissens (noch) nicht aus, um konkrete Aussagen zum Klimaeinfluss zu machen. Bei der Gefahrenbeurteilung hat dies zur Folge, dass die Aktualisierung beim Vorliegen von neuen Erkenntnissen noch mehr an Bedeutung gewinnt. Bei der Massnahmenplanung ist bei vorhandenen Wissenslücken eine robuste, überlastbare und anpassbare Auslegung der Massnahmen und Schutzsysteme besonders wichtig.

- **Interdisziplinäre Zusammenarbeit:** Damit möglichst robuste Zukunftsszenarien mit möglichst wenig Unsicherheiten formuliert werden können, braucht es Fachwissen, viel Erfahrung sowie integrale und interdisziplinäre Herangehensweisen. Bei Bedarf sind daher weitere Fachpersonen einzubeziehen.

- **Fallspezifische Anpassungen vornehmen:** Die Listen mit Schlüsselfragen dienen als Gedankenstütze. Sie sind bewusst offen gehalten ohne Einschränkung auf die jeweilige Anwendung, haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und sind in jedem Fall spezifisch anzupassen (z.B. durch Ergänzen von relevanten Fragen und Grundlagen, begründetes Streichen von Irrelevantem, Gewichtung der Antworten). Die Schlüsselfragen können für eine einzelne Prozessquelle oder für ein grösseres Gebiet bearbeitet werden.

Die Schlüsselfragen befinden sich im Anhang A.3.

6 Verzeichnisse

6.1 Literatur

[1] AG NAGEF (2015): Klimawandel und Naturgefahren – Veränderungen im Hochgebirge des Berner Oberlandes und ihre Folgen. AG NAGEF Arbeitsgruppe Naturgefahren des Kanton Bern, Bern.

[2] AG NAGEF (2010): Fakten und Szenarien zum Klimawandel und Naturgefahren im Kanton Bern. Faltblatt. AG NAGEF Arbeitsgruppe Naturgefahren des Kanton Bern, Bern.

[3] Akademie der Wissenschaften Schweiz (2016): Brennpunkt Klima Schweiz. Grundlagen, Folgen und Perspektiven. Swiss Academic Reports 11 (5). Zugriff über: https://proclim.scnat.ch/de/activities/brennpunkt/downloads, Stand: 20.09.2023.

[4] Arbeitsgruppe EconoMe, BAFU (2015): EconoMe 5. Wirkung und Wirtschaftlichkeit von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren. Zugriff über: https://econome.ch/eco_work/eco_wiki_main.php?wiki_link=154, Stand: 20.09.2021

[5] BAFU (Entwurf Stand 20. November 2023): Integrales Risikomanagement bei gravitativen Naturgefahren. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern.

[6] BAFU (2023a): Naturgefahrenkonferenz 2023. Mitteilungen des Bundesamts für Umwelt und weiterer Bundesämter. Zugriff über: https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/naturgefahren/fachinfodaten/programm-ngk-2023.pdf.download.pdf/Programm%20NGK%202023%20-%20D.pdf, Stand: 20.09.2023

[7] BAFU (2023b): Integrales Risikomanagement. Zugriff über https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/naturgefahren/fachinformationen/integrales-risikomanagement.html, Stand: 20.09.2023

[8] BAFU (Hrsg.) (2021a): Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer: Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft. HydroCH2018. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2101.

[9] BAFU (Hrsg.) (2021b): Geobasisdaten des Umweltrechts. Datenmodell Gefahrenkartierung. Identifikator 166.1, Version 1.3. Stand: 18.05.2021. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern.

[10] BAFU (2021c): Unveröffentlichte Umfrage zum Thema Klimawandel und gravitative Naturgefahren in der Schweiz: Erfahrungen und Bedürfnisse. Rückmeldungen aus den Kantonen. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern.

[11] BAFU, MeteoSchweiz, NCCS (Hrsg.) (2020): Klimawandel in der Schweiz. Indikatoren zu Ursache, Auswirkungen, Massnahmen. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Meteorologie, Klimatologie (MeteoSchweiz) und National Centre for Climate Services (NCCS), Bern. Umwelt-Zustand Nr. 2013.

[12] BAFU (Hrsg.) (2016): Umgang mit Naturgefahren in der Schweiz. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats 12.4271 Darbellay. Bundesamt für Umwelt, Bern.

[13] BAFU (Hrsg.) (2012): Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder. Erster Teil der Strategie des Bundesrates vom 2. März 2021. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern.

[14] BAFU und ARE (Hrsg.) (2005): Raumplanung und Naturgefahren. Vollzug Umwelt VU. Bundesamt für Raumentwicklung ARE, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.

[15] Bezzola G.R. und Hegg C. (Hrsg.) (2008): Ereignisanalyse Hochwasser 2005, Teil 2 – Analyse von Prozessen, Massnahmen und Gefahrengrundlagen. Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Umwelt-Wissen Nr. 0825.

[16] BUWAL (1999): Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren. Methode. In: Umwelt-Materialien Nr. 107/I, Naturgefahren. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.

[17] FAN (2019): FAN Praxiskurs "Gefahrenbeurteilung gravitative Naturgefahren". Modul BASIS: Grundsätze, Rahmenbedingungen und generelles Vorgehen. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.

[18] geo7 (2015): Klimasensitivität Naturgefahren. Teil 1: Methodenbericht. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern.

[19] geo7 (2020): Naturgefahren und Klimawandel in der Schweiz: Stand des Wissens. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern.

[20] GWP (2005): Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald (NaiS). Fachstelle für Gebirgswaldpflege (GWP), Maienfeld. Zugriff über: https://www.gebirgswald.ch/de/NaiS.html, Stand: 20.09.2023.

[21] Haeberli W. et al. (2012): Gletscherschwund und neue Seen in den Schweizer Alpen. Perspektiven und Optionen im Bereich Naturgefahren und Wasserkraft In: WEL Wasser, Energie, Luft 2/2012; Zugriff über: wel_2_Juni_2012.ind (snf.ch), Stand: 20.09.2023

[22] Heinimann H.R. et al. (1998): Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren. Umwelt-Materialien Nr. 85, Naturgefahren. Hrsg.: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (heutiges BAFU), Bern.

[23] Hydrologischer Atlas der Schweiz – Lernmedium (2022): WASSERverstehen, Modul 1 Hydrologische Extremereignisse. Geographisches Institut der Universität Bern im Auftrag des Bundesamts für Umwelt, BAFU. E-Book, Zugriff über: https://hydrologischeratlas.ch/produkte/lernmedium, Stand: 20.09.2023.

[24] KOHS (2007): Auswirkungen der Klimaänderung auf den Hochwasserschutz in der Schweiz. KOHS Kommission Hochwasserschutz im Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband. In: Wasser, Energie, Luft, 99. Jahrgang, Heft 1, S. 55 – 57.

[25] Loat R. und Meier E. (2003). Wörterbuch Hochwasserschutz. Bundesamt für Wasser und Geologie BWG, heutiges Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.). Haupt Verlag, Bern.

[26] Marty C., Phillips M., Lehning M., Wilhelm C. und Bauder A. (2009): Klimaänderung und Naturgefahren in Graubünden. In: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. Volume 160, S. 201 – 209.

[27] NCCS (Hrsg.) (2021): CH2018 – Klimaszenarien für die Schweiz. National Centre for Climate Services, Zürich. Zugriff über: https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien.html, Stand: 20.09.2023.

[28] NCCS (Hrsg.) (2023): CH2018 – Webatlas. National Centre for Climate Services, Zürich. Zugriff über https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien/ch2018-webatlas.html, Stand: 20.09.2023.

[29] NCCS (Hrsg.) (2023): Was sind Emissionsszenarien? National Centre for Climate Services, Zürich. Zugriff über: https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/grundlagen-zum-klima/was-sind-emissionsszenarien-.html, Stand: 20.09.2023.

[30] PLANAT (2018): Umgang mit Risiken aus Naturgefahren. Strategie 2018. Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT, Bern.

[31] SIA 260 (2013): Grundlagen der Projektierung von Tragwerken. Schweizer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich.

[32] Schweizerische Eidgenossenschaft (2020): Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2020-2025. Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern.

[33] Staat Wallis (Hrsg.) (2016): Das Wallis angesichts des Klimawandels. Auswirkungen und Anpassungsmöglichkeiten in den Bereichen Wasserbewirtschaftung und Naturgefahren. Synthesepapier.

[34] Zimmermann M., Mani P., Gamma P., Gsteiger P., Heiniger O., Hunziker G. (1997): Murganggefahr und Klimaänderung - ein GIS-basierter Ansatz. NFP31 Schlussbericht. Vdf Verlag, Zürich.

6.2 Abkürzungen

Abkürzungen	Bedeutung
BAFU	Bundesamt für Umwelt Schweiz
IK (30, 100, 300, Extrem)	Intensitätskarte (für das 30-, 100-, 300-jährliche bzw. das extreme Szenario)
IRM	Integrales Risikomanagement
NGK	Naturgefahrenkonferenz des BAFU
PLANAT	Nationale Plattform für Naturgefahren Schweiz
RCP	Representative Concentration Pathways (Emissionsszenarien)
WBG	Wasserbaugesetz

6.3 Glossar

Bei den im Glossar aufgeführten Begriffen ohne Angabe der Quelle handelt es sich um Erläuterungen, die bei der Erarbeitung des vorliegenden Dokuments entwickelt wurden.

Begriffe	Erläuterungen
Auslösendes Ereignis	Das auslösende Ereignis setzt bei gegebener Disposition den gefährlichen Prozess in Gang. Beispiele sind Störungen wie Erdbeben, Wetterereignisse, anthropogene Eingriffe etc. [22]
Disposition	Gesamtheit der in einem Gebiet bestehenden Voraussetzungen für das Entstehen eines gefährlichen Prozesses [25]. Zweckmässigerweise wird unterschieden zwischen Grunddisposition und variabler Disposition: Die Grunddisposition ist die i.d.R. über längere Zeit gleichbleibende Anlage oder Bereitschaft zu gefährlichen Prozessen. Sie wird bestimmt durch Parameter wie Geologie, Relief, Klima, Pflanzenbestand, Permafrost usw. Die einzelnen Grössen können durchaus längerfristige Entwicklungstrends aufweisen. [22] Die variable Disposition ist bei gegebener Grunddisposition zeitlich variabel, in bestimmten Umfang schwankend oder sich entwickelnd. Es sind z.B. durch die Jahres- und Tageszeit gesteuerte Grössen wie meteorologische Situation, Wasserhaushalt, Vegetationszustand etc. [22]
Gefahrenbeurteilung	Die Gefahrenbeurteilung ist ein Verfahren zur Einstufung eines gefährlichen Prozesses auf Grund seiner Intensität und Eintretenswahrscheinlichkeit (angepasst nach [22] und [16]).
Klimainput	Unter Klimainput werden die von aussen kommenden Informationen zum Klima verstanden. Der Klimainput wird beschrieben durch die mess- und beobachtbaren Elemente des Wetters, die zur Beschreibung des Klimas herangezogen werden.
Klimasensitivität	Beschreibt ob und zu welchem Grad ein Prozess auf die Klimaänderung reagiert. Ein Prozess kann negativ oder positiv durch Klimavariabilität oder -wandel beeinflusst werden. Die Auswirkung kann unmittelbar sein (z.B. Zunahme des Abflusses durch erhöhten Niederschlag) oder indirekt (z.B. Gletscherseeausbrüche aufgrund verstärkter Gletscherschmelze). Aufgrund der vielfältigen Auswirkungen des Klimawandels auf verschiedene Faktoren sowie aufgrund der komplexen Beziehungen zwischen den Faktoren ist es noch nicht immer möglich, die Klimasensitivität der Prozesse eindeutig zu bestimmen.
Kulturraum	Unter Kulturraum wird die Inwertsetzung und Nutzung der physischen Gegebenheiten (Naturraum) durch den Menschen verstanden. Teilbereiche des Kulturraums sind Siedlung, Infrastruktur, Gesetze, Politik und Wirtschaft.
Naturraum	Der Naturraum umfasst alle physischen Gegebenheiten einer Landschaft wie Klima, Topographie, Vegetation und Boden, Hydrologie, Geologie und Tektonik sowie alle Naturgefahrenprozesse.
Prozesskette	Abfolge von Naturgefahrenprozessen in einem einzigen Ereignis, bei denen ein Prozess in einen oder mehrere räumlich verbundene Folgeprozesse umgewandelt wird und bei denen die Umwandlung entweder nahezu sofort erfolgt oder verzögert, indem die Disposition der nachfolgenden Prozesse geändert wird. Beispiel für eine Prozesskette ist eine Hangmure, welche in einen Bach gelangt und als Murgang weiterfliesst.
Risikoanalyse (Risikoabschätzung)	Verfahren, das dazu dient, das Risiko hinsichtlich der Eintretenswahrscheinlichkeit und des Schadenausmasses zu charakterisieren und zu quantifizieren [25].
Schwellenprozess	Prozess als Resultat eines nichtlinearen z.B. sprunghaften Systemverhaltens, bei dem die Ausgangsgrösse nicht durchwegs proportional zur Eingangsgrösse ist bzw. Prozess, der erst beim Erreichen gewisser Bedingungen auftritt. Beispiele: Oberflächenabfluss, der erst nach Erreichen einer bestimmten Regenintensität auftritt. Oder die überproportionale Zunahme des Abflusses als Folge zunehmender Wassersättigung des Untergrundes bei hohen Niederschlagsmengen. Oder das plötzliche Überlaufen eines Karstspeichers.
Szenario	"Hypothetische Ablauf eines Gefahrenprozesses." [25]
Szenarienbild	Die Gesamtheit aller für den betrachteten Zeitraum relevanten Szenarien (Teil des Szenarienschatzes), eingeordnet nach Ausmass und Wahrscheinlichkeit der Szenarien. Das Szenarienbild veranschaulicht den erwarteten Zustand. Der Vergleich der Szenarienbilder verschiedener Zeiträume verdeutlicht die im entsprechenden Zeitraum erwartete Entwicklung. (siehe Kapitel 3.3.2)
Szenarienschatz	Die Gesamtheit aller im betrachteten Zeitraum möglichen Szenarien (Grundlage für ein Szenarienbild).
Zustand heute / künftig	Die Begriffe "heute" und "künftig", die im vorliegenden Dokument im Rahmen der Gefahrenbeurteilung verwendet werden, beziehen sich auf die Berücksichtigung des Klimawandels. Zustand heute = Zustand mit heutigen Rahmenbedingungen Zustand künftig = Zustand mit Projektion des Klimawandels; wobei Zustand nicht für einen festgelegten Zeitpunkt gilt, sondern die massgebenden Entwicklungen innerhalb des betrachteten Zeithorizonts berücksichtigt.

Anhang

A.1 Vollzugspublikationen

Das Bundesgesetz über den Wasserbau (WBG) wird aktuell überarbeitet und soll 2025 Inkrafttreten. Im Zuge der Gesetzesanpassung werden aktuell auch die mit dem Gesetz in Zusammenhang stehenden Vollzugspublikationen überarbeitet. Abbildung 24 gibt eine Übersicht zum Stand der Arbeiten zum Zeitpunkt Mai 2023.

Thema	Arbeitstitel	Begleitgruppe	Bearbeitungsstand	Vernehmlassung	Reihe
Übergeordnetes	Integrales Risikomanagement	BAFU intern	Entwurf d, f	**2023 Vorstellung an NGK**	Wissen
	Klima	AG, BE, VS (Spurgruppe) und Vernehmlassung 2022 bei allen Kantonen	Entwurf d, f	**2023 Diskussion an NGK**	Wissen
Gefahrenbeurteilung	Gefahrenbeurteilung prozessübergreifend	LU, TI, VS Private Büros	Eckwerte, erste Inhalte	2024	**Vollzug**
	Gefahrenbeurteilung Wasser	NW, TI WSL, Private Büros	Eckwerte, erste Inhalte	2024	Wissen
	Gefahrenbeurteilung Lawine	BE, GR, TI, VS SLF, Private Büros	Entwurf d	**2023**	Wissen
	Gefahrenbeurteilung Massenbewegung	Aufnahme der Arbeiten ab 2025			Wissen
	PROTECT Praxis	BE, GR, LU, SG, VD SLF, FAN, Private Büros	Entwurf d	2024	Wissen
Risikobeurteilung	Standards kantonale Risikoübersichten	BE, GL, SG (Spurgruppe) und Vernehmlassung 2020 bei allen Kantonen	Umformulierung zu Vollzugshilfe	noch nicht terminiert	**Vollzug**
Massnahmen	Gesamtplanung	AG, FR, NW	Entwurf	**2023 Vorstellung an NGK**	**Vollzug**
	Risikobasierte Raumplanung	ARE (Mitherausgeber) Begleitgruppe noch nicht konstituiert	Eckwerte	2024	**Vollzug**
	Wasserbauprojekte	geplant	Eckwerte	2024	**Vollzug**
	Massenbewegungsprojekte	Aufnahme der Arbeiten ab 2025			**Vollzug**
	Schutzbautenmanagement	Aufnahme der Arbeiten ab 2025			**Vollzug**
	Nachhaltigkeit im Schutzwald NaiS (Vollzugsteil)	Arbeitsgruppe NaiS aus der Gebirgswaldgruppe GWG	Entwurf d	**2023**	**Vollzug**
	Nachhaltigkeit im Schutzwald NaiS (weitere Teile)	Arbeitsgruppe NaiS aus der Gebirgswaldgruppe GWG	in Arbeit	ab 2024	Wissen
Finanzen	Handbuch Programmvereinbarungen	Workshop *Schutzbauten* mit Kantonen 2022 Workshop *Schutzwald* mit Kantonen 2020 (NGK)	Entwurf d, f, i	In Anhörung bei den Kantonen *	**Vollzug**
Datenmodelle	Datenmodell Gefahrenbeurteilung	Fachinformationsgemeinschaft (FIG) Datenmodell Gefahrenbeurteilung	Arbeiten noch nicht begonnen	noch nicht terminiert	**Datenmodelle**

* Zeitplan Programmvereinbarungen im Umweltbereich (Stand Februar 2023): 23. Newsletter Programmvereinbarungen im Umweltbereich Februar 2023 (admin.ch)

Abbildung 24: Stand der Arbeiten an den modularen Vollzugspublikationen Gefahrenprävention (Stand: 10.05.2023). Quelle: Mitteilungen zur 14. Naturgefahrenkonferenz, BAFU 2023.

A.2 Beispiele von sich verändernden Prozessen

Im Zuge des Klimawandels können sich die Naturgefahrenprozesse in einem Gebiet verändern. Es ist möglich, dass Szenarien in Zukunft

a) **entfallen** bzw. an Bedeutung verlieren

b) **dazukommen** (neu auftretende Prozesse)

c) sich **verändern** in ihrem Ausmass und/oder in der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens

d) **gleichbleiben** wie heute.

Folgende Beispiele illustrieren die mögliche Veränderung von Szenarien mit der Zeit:

a) **Entfallener Naturgefahrenprozess**
Sind gefährliche Hängegletscher, wie z.B. derjenige an der Westflanke des Eigers, einmal vollständig geschmolzen, besteht keine Gefahr mehr vor Eisabbrüchen (Abbildung 25).

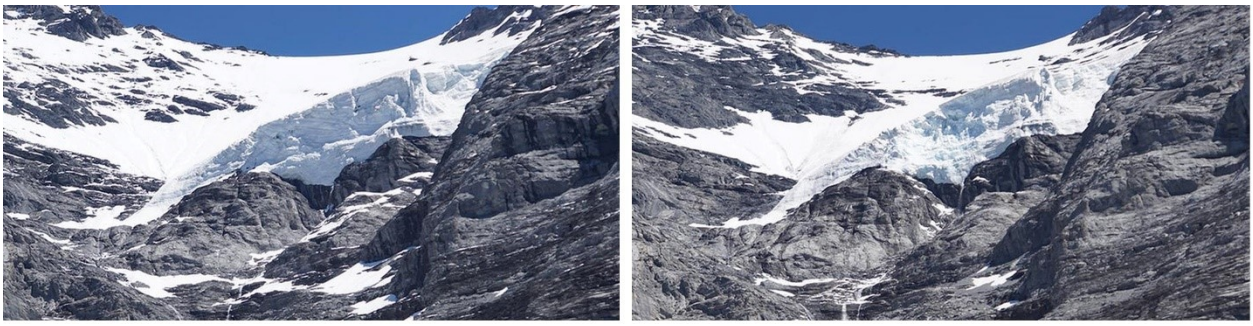


Abbildung 25: Hängegletscher an der Westflanke des Eigers vor (links) und nach (rechts) einem Eisabbruch von insgesamt ca. 20'000 m³ vom 25.08.2016 (Quelle: https://www.thunertagblatt.ch/region/thun/nun-ist-der-gletscher-abgebrochen/story/20907992, Stand: 21.09.2021)

b) **Neu auftretende Prozesse durch Naturgefahrenprozesse in bisher nicht betroffenen Gebieten**
"Mit fortschreitendem Temperaturanstieg und Gletscherschwund bilden sich in Hochgebirgen weltweit viele neue Seen. Modellrechnungen zeigen, dass sich die heute noch existierenden Gletscher-Landschaften der Schweizer Alpen bei realistischen Szenarien der Klimaentwicklung in den kommenden Jahrzehnten für wohl sehr lange Zeit zu Fels-Schutt-Seen-Landschaften mit stark erhöhter Abtragsdynamik verwandeln werden." [21] In den Alpen entstehen eine zunehmende Anzahl an Gletscherseen mit den damit verbundenen Gefahren von Flutwellen, Hochwasser und Murgängen (Abbildung 26).



Abbildung 26: Gauligletscher mit dem entstehenden See im Vorfeld 2009 [21].

Neu auftretende Prozesse aufgrund veränderter Ausgangslage
Schmelzen z.B. gefrorene Moränenbastionen, die als Damm eines Sees gewirkt haben, kann es zu bisher nicht bekannten Wasserausbrüchen kommen.

Allgemein können mit dem Rückzug von Gletschern zunächst neue Gefahren entstehen (siehe b) neu auftretende Prozesse). Mit fortschreitendem Gletscherschwund wird sich ein neues Gleichgewicht einpendeln (siehe a) entfallener Naturgefahrenprozess).

c) **Verändertes Ausmass aufgrund veränderter Ausgangslage**
Durch den Rückzug von Gletschern und Permafrost wird viel Lockermaterial freigesetzt, wie das z.B. bei Blockgletschern im Mattertal (VS) der Fall ist. Das kann zu Murgängen bisher ungekannten Ausmasses und an bisher von solchen Ereignissen nicht betroffenen Orten führen. Analysen des Blockgletschers Gugla zeigen, dass sich dessen Bewegungsgeschwindigkeit beschleunigt. Zudem stieg die Durchschnittstemperatur in den letzten Jahrzehnten. Gegenwärtig werden jedes Jahr rund 8‘500 m³ Schutt aus dem Blockgletscher freigesetzt, das sind 20-mal mehr als noch vor 40-50 Jahren. Aufgrund der grösseren Gesteinsmengen muss mit grösseren Murgängen gerechnet werden (Abbildung 27).



Abbildung 27: Mattertal (VS). Links: Instabile Front des Gugla Blockgletschers, der viel Schutt liefert. Rechts: Der neu verfügbare Schutt wird durch Geschiebetransport und Murgänge weitertransportiert [33].

Verändertes Ausmass aufgrund von Schwellenprozessen

Einige Einzugsgebiete wiesen bei den Hochwasserereignissen im August 2005 nichtlineares Verhalten auf: "Sie reagieren zunächst gedämpft. Beim Erreichen einer bestimmten Niederschlagssumme nimmt der Abfluss aber relativ rasch und überproportional zu. Die resultierenden Abflüsse lassen sich statistisch kaum einordnen. Als Grundlage für alle gefahrenrelevanten Tätigkeiten ist es daher zentral, die Niederschlagsmengen zu kennen", bei welchen dieses Verhalten auftritt. [15]

Veränderte Wahrscheinlichkeit

Heftigere Starkregenfälle führen in Zukunft vermehrt zu lokalen Überschwemmungen und Oberflächenabfluss. Es kann sein, dass ein Ereignis mit einer Wahrscheinlichkeit von 50-100 Jahren in Zukunft einmal alle 30 Jahre erwartet werden muss. Nach der Ereignislücke zwischen 1940 bis 1970 ist seit dem Hochwasser von 1987 bereits heute deutlich zu sehen, dass sich Jährlichkeiten verschieben [8].

d) **Gleichbleibende bzw. vom Klimawandel weitgehend unabhängige Prozesse**

Naturgefahrenprozesse sind dynamisch und es muss immer mit Veränderungen gerechnet werden. Nach aktuellem Wissensstand ist davon auszugehen, dass zum Beispiel Dolinen und permanente, tiefgründige Rutschungen in tiefen Lagen in der Schweiz nicht wesentlich durch den Klimawandel beeinflusst werden.

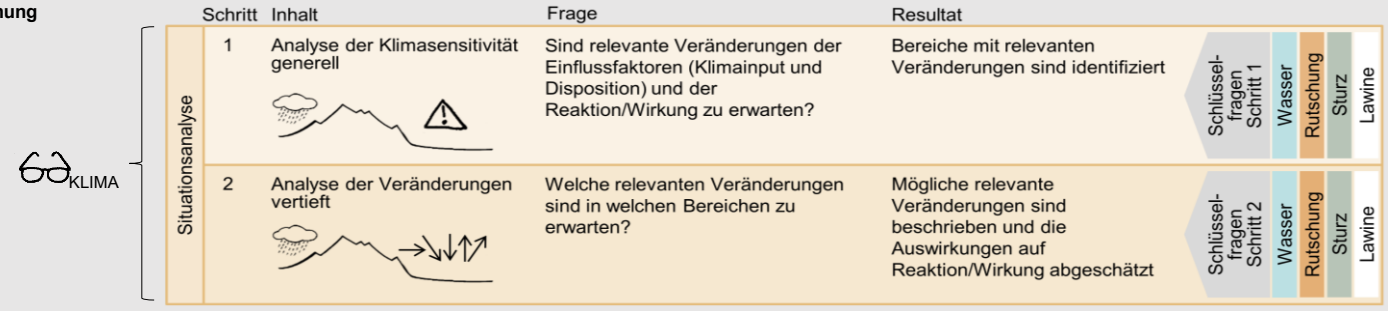
A.3 Schlüsselfragen

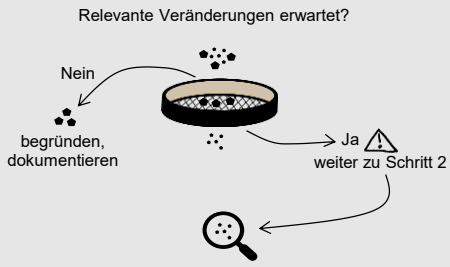
- Anleitung und Grundlagen
- Wasser Schritt 1
- Wasser Schritt 2
- Rutschung Schritt 1
- Rutschung Schritt 2
- Sturz Schritt 1
- Sturz Schritt 2
- Lawine Schritt 1
- Lawine Schritt 2

Schlüsselfragen – Anleitung und Grundlagen

Die prozessspezifischen Schlüsselfragen bieten Unterstützung bei der strukturierten Situationsanalyse und ersten Überlegungen zur Szenarienbildung mit "Klimabrille".
Die Fragen regen somit zum Nachdenken an, bieten aber keine inhaltlichen Antworten. Diese müssen fallspezifisch gefunden werden. Die unten aufgeführten Grundlagen, Fallbeispiele und Erfahrungen unterstützen dabei.
Es handelt sich bei den Schlüsselfragen um zwei Tabellenblätter "Schritt 1" und "Schritt 2 " für jeden Hauptprozess Wasser, Rutschung, Sturz und Lawine.
Das Bearbeiten erfolgt prozess- und gebietsspezifisch, sowie für einen bestimmten Untersuchungsszweck und damit auch für eine entsprechende Masstabsstufe.

Einordnung





Anwendung

Nutzen Sie die Schlüsselfragen als Gedankenstütze für die Situationsanalyse mit "Klimabrille".
gelb markierte Felder bieten Platz für Notizen und dienen der Dokumentation.
Der Fokus liegt auf den **Veränderungen** im Zuge des Klimawandels (Δ), **Ausgangslage und Referenz ist die Gefahrenbeurteilung unter heutigen Rahmenbedingungen**.
Die aufgeführten Schlüsselfragen und Grundlagen sind weder vollständig noch abschliessend. Bestimmen Sie die fallspezifisch relevanten Fragen, Einflussfaktoren und Quellen und passen Sie die Dokumente an.
Ziehen Sie bei Bedarf weitere Fachpersonen bei, um Antworten auf die Schlüsselfragen zu finden.

Schritt 1

Analyse der Klimasensitivität generell
Schlüsselfrage: Ist das betrachtet Gebiet klimasensitiv? D.h. verändern sich Klimainput und/oder Disposition aufgrund des Klimawandels so, dass es zu relevanten Veränderungen von Reaktion/Wirkung kommt?
Kann die Frage für einen Faktor mit "Ja" beantwortet werden, dann sind die entsprechenden Veränderungen im Schritt 2 genauer zu untersuchen. Ein "Nein" ist zu begründen.

Schritt 2

Analyse der Veränderungen vertieft
Beantworten Sie die **drei Schlüsselfragen** für die im betrachteten Gebiet relevanten Faktoren.
1) Veränderung Ausgangslage: Wie verändert sich die Ausgangslage (Klimainput und Disposition) im betrachteten Gebiet aufgrund des Klimawandels?
2) Veränderungen Naturgefahrenprozesse: Welchen Einfluss hat die Veränderung der Ausgangslage auf die Gefahrenprozesse (Reaktion/Wirkung)?
3) Güte: Welche Güte haben die unter 1) und 2) gemachten Aussagen?
Schritt 2 fokussiert auf die jeweils relevanten Faktoren (Auswahl aus Schritt 1) und muss nicht von oben nach unten bearbeitet werden. Wechselwirkungen der verschiedenen Faktoren sind zu berücksichtigen. Aus dem Gesamtbild der Antworten können Szenarien und Ereignisabläufe abgeleitet werden: "Szenarien, Schritte 3-5" des Vorgehenschemas.

Zeithorizont

Entwicklung ab heute bis Ende Jahrhundert, bis Zukunftsperiode 2070 - 2099 (2085) aus CH2018

Emissionsszenario

Mittel der Bandbreite von RCP 8.5 aus CH2018

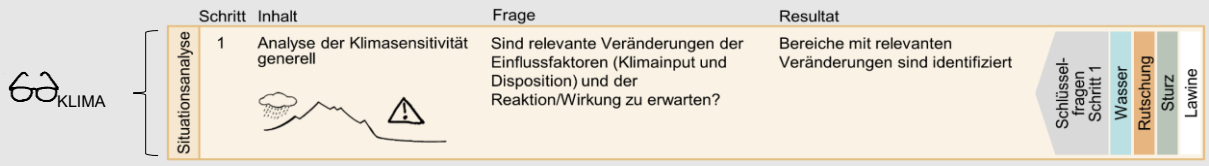
Grundlagen

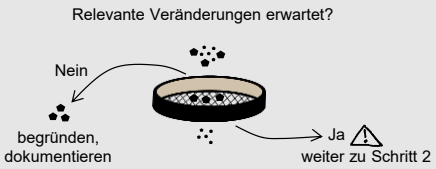
Die unten angegebenen Grundlagen können Sie bei der Beantwortung der Schlüsselfragen unterstützen. Gutachterliche Beurteilungen von Fachpersonen sind zentral.
Nutzen Sie ausserdem die Informationen, die Sie im Rahmen der Gefahrenbeurteilung unter heutigen Rahmenbedingungen erlangt haben (historische Daten, Ereignisse, Extremwertanalysen etc.; Klimatrends sind u.U. bereits sichtbar), Erfahrungen, Gebietskenntnisse und Analogien.

Allgemeine Grundlagen für die Projektion des Klimawandels		
BAFU (2021): Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer		https://www.bafu.admin.ch/hydrocc
BAFU, MeteoSchweiz, NCCS (2020): Klimawandel in der Schweiz		https://www.bafu.admin.ch/klimaaenderung-schweiz
NCCS		www.nccs.admin.ch
Klimaszenarien CH2018:		
> Kernaussagen		www.klimaszenarien.ch
> Broschüre		https://www.nccs.admin.chschweizer-klimaszenarien/broschuere
> Technischer Bericht		https://www.nccs.admin.ch/nccs/schweizer-klimaszenarien/technical-report
MeteoSchweiz: Informationen zum Klimawandel		https://www.meteoschweiz.admin.ch/klimawandel-schweiz
Niederschlag		
Niederschlagsmenge und -verteilung		
kantonale Projektion	CH2018, Kantone	https://www.nccs.admin.ch/ch2018-webatlas
Einzugs-, Bilanzierungs-, Flussgebiete	hydromapscc.ch	https://hydromapscc.ch
Höhenstufen / Indikatoren an Stationen / saisonale Veränderungen	CH2018-Webatlas	https://www.nccs.admin.ch/ch2018-webatlas
Starkniederschläge	CH2018, Kernaussagen	https://www.nccs.admin.ch/kernaussagen/
	CH2018, Klimaextreme	https://www.nccs.admin.ch/klimaextreme
		https://www.nccs.admin.ch/extremereignisse_tabelle
Temperatur		
kantonale Projektion	CH2018, Kantone	https://www.nccs.admin.ch/nccs/regionen/kantone
Einzugs-, Bilanzierungs-, Flussgebiete	hydromapscc.ch	https://hydromapscc.ch/
Höhenstufen / Indikatoren an Stationen / saisonale Veränderungen	CH2018-Webatlas	https://www.nccs.admin.ch/ch2018-webatlas
Weitere Klimaindikatoren und Klimaextreme	CH2018, Klimaindikatoren	https://www.nccs.admin.ch/klimaindikatoren
	CH2018, Klimaextreme	https://www.nccs.admin.ch/klimaextreme
		https://www.nccs.admin.ch/extremereignisse_tabelle
	Klimawandel in Städten	https://www.nccs.admin.ch/klimawandel-in-den-staedten
Gletscher		
Gletscherszenarien und Gletscherstände	hydromapscc.ch	https://hydromapscc.ch
	HydroCH2018	https://www.nccs.admin.ch/hydro-ch2018-forschungsprojekte
	glamos.ch	https://glamos.ch/
	HADES - Kryosphäre	https://hydrologischeratlas.ch/schnee-und-gletscher
Permafrost		
Permafrosthinweiskarten	SLF PGIM	https://www.slf.ch/de/permafrost
	PERMOS	https://www.permos.ch/
	PERMOS, BAFU	https://www.bafu.admin.ch/hinweiskarte-der-permafrostverbreitung-in-der-schweiz
	HADES - Kryosphäre	https://hydrologischeratlas.ch/schnee-und-gletscher/
	APIM	https://www.geo.uzh.ch/AlpinePermafrostIndexMap_APIM
Schnee	CH2018, Kernaussagen	https://www.nccs.admin.ch/kernaussagen
	CH2018, Klimaextreme	https://www.nccs.admin.ch/klimaextreme
		https://www.nccs.admin.ch/extremereignisse_tabelle
	HADES - Kryosphäre	https://hydrologischeratlas.ch/schnee-und-gletscher/
Wald	map.geo.admin.ch	https://map.geo.admin.ch/wald-vegetationshoehenstufen
	Waldgrenze, WSL	https://map.geo.admin.ch/wald-obere_waldgrenze
	FORTE Future	https://www.wsl.ch/forte-app
		https://www.nccs.admin.ch/zukuenftige-waldprojektionen
	Tree App WSL	https://www.tree-app.ch/
	WSL: Wald+Klima	https://www.wsl.ch/Forschungsprogramm_Wald_und_Klimawandel
Reaktion/Wirkung	Klimasensitivität Naturgefahren	https://www.bafu.admin.ch/KlimasensNG_Resultate

Schritt 1

Analyse der Klimasensitivität generell





WASSER

Allgemeine Angaben

Gebiet	
Untersuchungszweck	
Teilprozess(e)	Zutreffendes ankreuzen, Mehrfachnennungen möglich
Überschwemmung	☐
Übermurung	☐
Ufererosion	☐
Oberflächenabfluss	☐
Bearbeitet durch	
Datum der Bearbeitung	

Informationen zur Anwendung

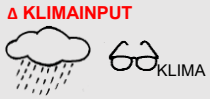
Prüfen Sie ob sich Faktoren aus Klimainput, Disposition und Reaktion/Wirkung aufgrund des Klimawandels verändern. Eine Veränderung ist relevant, wenn sie zu massgebender Veränderung der Naturgefahrenprozesse führt.

Kann eine Frage für einen Faktor mit "Ja" beantwortet werden, dann sind die entsprechenden Veränderungen im Schritt 2 genauer zu untersuchen. Ein "Nein" ist mit Angabe der Grundlagen (Quellen, Erfahrungen etc.) zu begründen.

Fassen Sie die Erkenntnisse aus Schritt 1 unter "Fazit" zusammen.

Weitere Informationen finden Sie im Tabellenblatt "Anleitung und Grundlagen".

Δ KLIMAINPUT



Ausgangslage Klimainput		Grobbeurteilung Klimasensitivität
Niederschlag	Sind relevante Veränderungen zu erwarten in Bezug auf Niederschlagsszenarien oder Niederschlagsextreme?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
Temperatur	Sind relevante Veränderungen zu erwarten in Bezug auf Temperaturszenarien?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
Weitere Klimaindikatoren/ Klimaextreme	Sind relevante Veränderungen zu erwarten in Bezug auf weitere Klimaindikatoren und Klimaextreme (z.B. Anzahl Frosttage, Neuschneetage, Trockenheit, Winterhochwasser)?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:

Δ DISPOSITION



Ausgangslage Disposition		Grobbeurteilung Klimasensitivität
Gletscher	Ist das Einzugsgebiet vergletschert und werden relevante Veränderungen erwartet?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
Permafrost	Liegt das Einzugsgebiet im Bereich vom Permafrost und werden relevante Veränderungen erwartet?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
Schnee	Sind innerhalb des Einzugsgebiets relevante Veränderungen in Bezug auf die Schneegrenze und/oder die Schneefallgrenze zu erwarten?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
Schnee, Klimainput	Sind relevante Veränderungen bei Ereignissen mit Regen auf Schnee und/oder mit Regen auf gefrorenen Boden zu erwarten?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
Bodeneigenschaften, Permafrost	Sind relevante Veränderungen in Bezug auf den Geschiebe- und Schwebstoffhaushalt (Eintrag und Transport) zu erwarten?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
Bodendebedeckung	Sind relevante Veränderungen in Bezug auf Schwemmholz zu erwarten?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
Bodeneigenschaften	Sind relevante Veränderungen in Bezug auf den Bodenspeicher und die Vorbedingungen (Vorfeuchte, Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens) zu erwarten?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:

Δ REAKTION/WIRKUNG



Ausgangslage Reaktion/Wirkung		Grobbeurteilung Klimasensitivität
Prozesse / Einzelszenarien	Verändert sich der Abfluss (Spitze, Volumen) und/oder das Abflussregime massgeblich?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
	Können neue Prozesse oder Schwellenprozesse auftreten?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
	Können infolge des Klimawandels bestehende Prozesse wegfallen?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
	Sind infolge des Klimawandels Prozessketten möglich? Bzw. ist es möglich, dass sich veränderte Naturgefahrenprozesse (Wasser, Lawine, Rutschung, Sturz) gegenseitig beeinflussen?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:

BESONDERHEITEN	Ausgangslage weitere Veränderungen	Grobbeurteilung weitere Veränderungen
		Gibt es weitere relevante klimabedingte Veränderungen, dann sind diese in Schritt 2 genauer zu untersuchen.
Weiteres	Welche weiteren erwarteten oder bereits eingetretenen Veränderungen könnten relevant sein?	Beschreibung und Begründung:

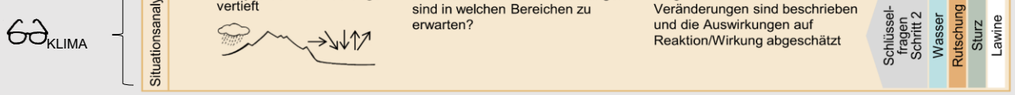
FAZIT 1



Zusammenfassung der Erkenntnisse aus Schritt 1

Fazit 1

Schritt 2 **Analyse der Veränderungen vertieft**





WASSER

Allgemeine Angaben

Gebiet	
Untersuchungszweck	
Teilprozess(e)	Zutreffendes ankreuzen, Mehrfachnennungen möglich
Überschwemmung	☐
Übermurung	☐
Ufererosion	☐
Oberflächenabfluss	☐
Bearbeitet durch	
Datum der Bearbeitung	

Informationen zur Anwendung

Beantworten Sie für die relevanten Faktoren die drei Schlüsselfragen:
1) Veränderung Ausgangslage: Wie verändert sich die Ausgangslage (Klimainput und Disposition) im betrachteten Gebiet aufgrund des Klimawandels?
2) Veränderungen Naturgefahrenprozesse: Welchen Einfluss hat die Veränderung der Ausgangslage auf die Naturgefahrenprozesse?
3) Güte: Welche Güte haben die unter 1) und 2) gemachten Aussagen?

1) und 2) Beschreiben Sie die erwarteten Veränderungen inkl. deren erwarteter Dynamik (graduell oder sprunghaft). Begründen Sie Ihre Annahmen.
Dokumentieren Sie Ihre Annahmen und Rückschlüsse nachvollziehbar (quantitativ wo möglich, ansonsten qualitativ) und machen Sie Angaben zu den verwendeten Grundlagen.

3) Machen Sie Angaben zur Güte (z.B. belegt mit Literaturangabe, eigene Beobachtung/Messung, Schätzung). Dokumentieren Sie die bestehenden Unsicherheiten quantitativ wo möglich, ansonsten qualitativ (z.B. durch Angaben von Unsicherheitsbereichen, Bandbreiten bei der Parameterwahl, grafische Visualisierung, klare Beschreibung der getroffenen Annahmen und Rückschlüsse).

Fassen Sie die Erkenntnisse aus Schritt 2 unter "Fazit" zusammen.

Weitere Informationen zur Anwendung finden Sie im Tabellenblatt "Anleitung und Grundlagen".

Δ KLIMAINPUT



Faktoren Klimainput	**Veränderungen Ausgangslage und Naturgefahrenprozesse / Antwort auf Schlüsselfragen 1 und 2** 1) Wie verändert sich die Ausgangslage im betrachteten Gebiet aufgrund des Klimawandels? 2) Hat die untersuchte Veränderung der Ausgangslage relevanten Einfluss auf die Naturgefahrenprozesse? Berücksichtigen Sie Wechselwirkungen: Veränderungen im Klimainput können sowohl die Disposition als auch das auslösende Ereignis beeinflussen.	**Güte** 3) Welche Güte haben die Antworten auf 1) und 2)?
Niederschlag > Mögliche relevante Veränderung bei Niederschlagsmenge / -verteilung > Mögliche relevante Veränderung der Starkniederschläge		
Temperatur > Mögliche relevante Veränderung der Temperatur		
Weitere Klimaindikatoren/ Klimaextreme > Mögliche relevante Veränderungen z.B. bei Anzahl Frosttagen, Neuschneetagen, Trockenheit > Weiteres…		

Δ DISPOSITION



Faktoren Disposition	**Veränderungen Ausgangslage und Naturgefahrenprozesse / Antwort auf Schlüsselfragen 1 und 2** 1) Wie verändert sich die Ausgangslage im betrachteten Gebiet aufgrund des Klimawandels? 2) Hat die untersuchte Veränderung der Ausgangslage relevanten Einfluss auf die Naturgefahrenprozesse? Berücksichtigen Sie Wechselwirkungen: Die einzelnen Faktoren können sich gegenseitig und das auslösende Ereignis beeinflussen.	**Güte** 3) Welche Güte haben die Antworten auf 1) und 2)?
Gletscher > Veränderung der Gletscher gemäss Gletscherszenarien > Mögliche relevante Veränderungen u.a. bei Gletscherphänomenen (z.B. Gletscherabbruch, Wassertasche, Gletschersee) > Weiteres…		
Permafrost > Vorhandensein Permafrost gemäss Permafrosthinweiskarten > Mögliche relevante Veränderungen u.a. bei Permafrostphänomenen (z.B. Blockgletscher), Fels- und Hanginstabilitäten, Sedimentaufkommen > Weiteres…		
Schnee > Veränderung Schneebedeckung/Schneehöhe > Mögliche Veränderungen u.a. bei Schneegrenze, Schnefallgrenze, Schneespeicher, Abfluss aus der Schneedecke, Abflussregime, Vorfeuchte und Vorkommen von Ereignissen mit Regen auf Schnee und auf gefrorenen Boden > Weiteres…		
Bodenbedeckung > Veränderungen und Auswirkungen allgemein und in Bezug auf Vegetation > Mögliche relevante Veränderungen u.a. bei Anteil Wald, Gletscher, versiegelte Fläche > Mögliche Veränderungen Wald-/Bodenzustand z.B. aufgrund von Störungen wie Sturm, Brand, Insekten, Pilzen > Weiteres…		

Bodeneigenschaften	> Mögliche relevante Veränderungen u.a. bei Infiltrationsfähigkeit (Schnee, gefrorene Böden, trockene Böden), Speicherfähigkeit und Vorfeuchte > Weiteres…		
Grundwasser und Quellen	> Mögliche relevante Veränderungen u.a. bei Grundwassermenge/(-spiegel) in Locker- und Festgestein, sowie beim Vorkommen von Quellen > Weiteres…		
Weiteres…			
Δ REAKTION/WIRKUNG 	**Faktoren Reaktion/Wirkung**	**Veränderungen Ausgangslage und Naturgefahrenprozesse / Antwort auf Schlüsselfragen 1 und 2** 1) Wie verändert sich die Ausgangslage im betrachteten Gebiet aufgrund des Klimawandels? 2) Hat die untersuchte Veränderung der Ausgangslage relevanten Einfluss auf die Naturgefahrenprozesse? Berücksichtigen Sie Wechselwirkungen: Veränderungen bei Wasserprozesse können Auswirkungen auf andere Prozesse (z.B. Rutschung) haben und umgekehrt.	**Güte** 3) Welche Güte haben die Antworten auf 1) und 2)?
Prozesse / Einzelszenarien	> Veränderungen Abfluss > Veränderungen bei Überschwemmung (inkl. Übersarung) > Veränderungen bei Übermurung und Ufereorion > Veränderungen bei Oberflächenabfluss > Veränderungen bei Grundwasser und Windwellen > neu auftretende Prozesse, Veränderung Schwellenprozesse > wegfallende Prozesse > Veränderung/Auftreten von Prozessketten bzw. gegenseitige Beeinflussung durch andere gravitativen Naturgefahrenprozesse (Wasser, Rutschung, Sturz, Lawine) > Weiteres…		

FAZIT 2 KLIMA **Zusammenfassung der Erkenntnisse aus Schritt 2**

Fazit 2

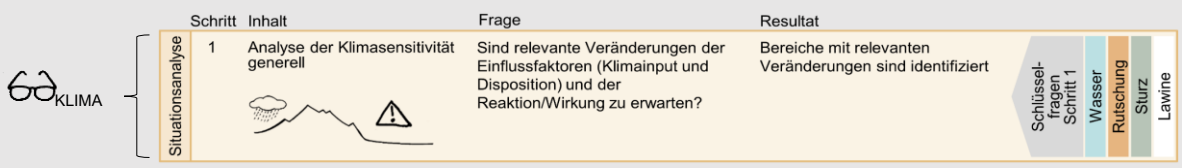
Basis für Szenarienbildung (Vorgehensschema Schritt 3 und Folgende)
bzw. Grundlage für Monitoring, falls Unsicherheiten besonders gross und Veränderungen hoch dynamisch

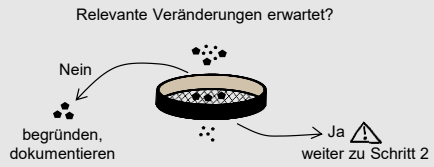
Δ **REAKTION/WIRKUNG**
Szenarien ⓐ-ⓓ



KLIMA

Schritt 1 **Analyse der Klimasensitivität generell**





RUTSCHUNG

Allgemeine Angaben

Gebiet	
Untersuchungszweck	
Teilprozess(e)	Zutreffendes ankreuzen, Mehrfachnennungen möglich
permanente Rutschung	☐
plötzlicher Rutschprozess	☐
Bearbeitet durch	
Datum der Bearbeitung	

Informationen zur Anwendung

Prüfen Sie ob sich Faktoren aus Klimainput, Disposition und Reaktion/Wirkung aufgrund des Klimawandels verändern. Eine Veränderung ist relevant, wenn sie zu massgebender Veränderung der Naturgefahrenprozesse führt.

Kann eine Frage für einen Faktor mit "Ja" beantwortet werden, dann sind die entsprechenden Veränderungen im Schritt 2 genauer zu untersuchen. Ein "Nein" ist mit Angabe der Grundlagen (Quellen, Erfahrungen etc.) zu begründen.

Fassen Sie die Erkenntnisse aus Schritt 1 unter "Fazit" zusammen.

Weitere Informationen finden Sie im Tabellenblatt "Anleitung und Grundlagen".

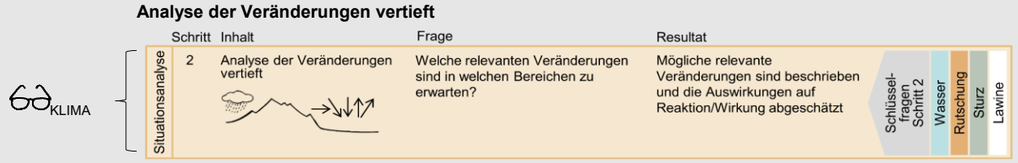
Δ KLIMAINPUT	Ausgangslage Klimainput	Grobbeurteilung Klimasensitivität
Niederschlag	Sind relevante Veränderungen zu erwarten in Bezug auf Niederschlagsszenarien oder Niederschlagsextreme?	Ja ☐ Nein ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 / Begründung:
Temperatur	Sind relevante Veränderungen zu erwarten in Bezug auf Temperaturszenarien?	Ja ☐ Nein ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 / Begründung:
Weitere Klimaindikatoren/ Klimaextreme	Sind relevante Veränderungen zu erwarten in Bezug auf weitere Klimaindikatoren und Klimaextreme (z.B. Anzahl Frosttage, Neuschneetage, Trockenheit)?	Ja ☐ Nein ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 / Begründung:
Δ DISPOSITION	**Ausgangslage Disposition**	**Grobbeurteilung Klimasensitivität**
Gletscher	Sind Teile des betrachteten Gebiets aktuell vergletschert und werden Veränderungen erwartet?	Ja ☐ Nein ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 / Begründung:
Topograhie / Morphologie	Sind relevante topographische und/oder morphologische Veränderungen möglich (z.B. fehlende Gletscher)?	Ja ☐ Nein ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 / Begründung:
Permafrost	Liegt die Prozessquelle im Bereich vom Permafrost und werden relevante Veränderungen erwartet?	Ja ☐ Nein ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 / Begründung:
Schnee	Sind relevante Veränderungen in Bezug auf die Schneegrenze und/oder Schneefallgrenze zu erwarten?	Ja ☐ Nein ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 / Begründung:
Wasserhaushalt	Sind relevante Veränderungen im Wasserangebot (z.B. aufgrund von ausgeprägten Trocken- oder Feuchtphasen, Oberflächenabfluss, Schmelzwasser, Schicht- und Kluftwasser) zu erwarten?	Ja ☐ Nein ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 / Begründung:
Bodenbedeckung und Bodeneigenschaften	Ist mit relevanten Veränderungen der Bodenverhältnisse und der Durchlässigkeit des Bodens zu rechnen?	Ja ☐ Nein ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 / Begründung:
Wald	Sind relevante Veränderungen in Bezug auf die Vegetation (z.B. Waldbedeckung) zu erwarten?	Ja ☐ Nein ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 / Begründung:
Δ REAKTION/WIRKUNG	**Ausgangslage Reaktion/Wirkung**	**Grobbeurteilung Klimasensitivität**
Prozesse / Einzelszenarien	Verändert sich die Rutschaktivität infolge des Klimawandels?	Ja ☐ Nein ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 / Begründung:
	Können neue Prozesse oder Schwellenprozesse auftreten?	Ja ☐ Nein ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 / Begründung:
	Können infolge des Klimawandels bestehende Prozesse/Prozessquellen wegfallen?	Ja ☐ Nein ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 / Begründung:
	Sind infolge des Klimawandels Prozessketten möglich? Bzw. ist es möglich, dass sich veränderte Naturgefahrenprozesse (Wasser, Lawine, Rutschung, Sturz) gegenseitig beeinflussen?	Ja ☐ Nein ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 / Begründung:
BESONDERHEITEN	**Ausgangslage weitere Veränderungen**	**Grobbeurteilung weitere Veränderungen** Gibt es weitere relevante klimabedingte Veränderungen, dann sind diese in Schritt 2 genauer zu untersuchen.
Weiteres	Welche weiteren erwarteten oder bereits eingetretenen Veränderungen könnten relevant sein?	Beschreibung und Begründung:

FAZIT 1 **Zusammenfassung der Erkenntnisse aus Schritt 1**

Fazit 1

Schritt 2

Analyse der Veränderungen vertieft





RUTSCHUNG

Allgemeine Angaben

Gebiet

Untersuchungszweck

Teilprozess(e) Zutreffendes ankreuzen, Mehrfachnennungen möglich

- permanente Rutschung ☐
- plötzlicher Rutschprozess ☐

Bearbeitet durch

Datum der Bearbeitung

Informationen zur Anwendung

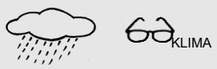
Beantworten Sie für die relevanten Faktoren die drei Schlüsselfragen:
1) Veränderung Ausgangslage: Wie verändert sich die Ausgangslage (Klimainput und Disposition) im betrachteten Gebiet aufgrund des Klimawandels?
2) Veränderungen Naturgefahrenprozesse: Welchen Einfluss hat die Veränderung der Ausgangslage auf die Gefahrenprozesse?
3) Güte: Welche Güte haben die unter 1) und 2) gemachten Aussagen?

1) und 2) Beschreiben Sie die erwarteten Veränderungen inkl. deren erwarteter Dynamik (graduell oder sprunghaft). Begründen Sie Ihre Annahmen
Dokumentieren Sie Ihre Annahmen und Rückschlüsse nachvollziehbar (quantitativ wo möglich, ansonsten qualitativ) und machen Sie Angaben zu den verwendeten Grundlagen.

3) Machen Sie Angaben zur Güte (z.B. belegt mit Literaturangabe, eigene Beobachtung/Messung, Schätzung). Dokumentieren Sie die bestehenden Unsicherheiten quantitativ wo möglich, ansonsten qualitativ (z.B. durch Angaben von Unsicherheitsbereichen, Bandbreiten bei der Parameterwahl, grafische Visualisierung, klare Beschreibung der getroffenen Annahmen und Rückschlüsse).

Fassen Sie die Erkenntnisse aus Schritt 2 unter "Fazit" zusammen.

Weitere Informationen zur Anwendung finden Sie im Tabellenblatt "Anleitung und Grundlagen".

Δ KLIMAINPUT 	**Faktoren Klimainput**	**Veränderungen Ausgangslage und Naturgefahrenprozesse / Antwort auf Schlüsselfragen 1 und 2** 1) Wie verändert sich die Ausgangslage im betrachteten Gebiet aufgrund des Klimawandels? 2) Hat die untersuchte Veränderung der Ausgangslage relevanten Einfluss auf die Naturgefahrenprozesse? Berücksichtigen Sie Wechselwirkungen: Veränderungen im Klimainput können sowohl die Disposition als auch das auslösende Ereignis beeinflussen.	**Güte** 3) Welche Güte haben die Antworten auf 1) und 2)?
Niederschlag	> Mögliche relevante Veränderung bei Niederschlagsmenge / -verteilung > Mögliche relevante Veränderung der Starkniederschläge		
Temperatur	> Mögliche relevante Veränderung der Temperatur		
Weitere Klimaindikatoren/ Klimaextreme	> Mögliche relevante Veränderungen z.B. bei Anzahl Frosttagen, Neuschneetagen, Trockenheit > Weiteres…		
Δ DISPOSITION 	**Faktoren Disposition**	**Veränderungen Ausgangslage und Naturgefahrenprozesse / Antwort auf Schlüsselfragen 1 und 2** 1) Wie verändert sich die Ausgangslage im betrachteten Gebiet aufgrund des Klimawandels? 2) Hat die untersuchte Veränderung der Ausgangslage relevanten Einfluss auf die Naturgefahrenprozesse? Berücksichtigen Sie Wechselwirkungen: Die einzelnen Faktoren können sich gegenseitig und das auslösende Ereignis beeinflussen.	**Güte** 3) Welche Güte haben die Antworten auf 1) und 2)?
Gletscher	> Veränderung gemäss Gletscherszenarien > Mögliche relevante Veränderungen u.a. bei Gletscherphänomenen (z.B. Gletscherabbruch, Gletschersee), Lockermaterial, Druckverhältnissen und Topographie/Morphologie > Weiteres…		
Permafrost	> Vorhandensein Permafrost gemäss Permafrosthinweiskarten > Mögliche relevante Veränderungen u.a. bei Art des Permafrosts (Eisgehalt), Permafrostphänomenen (z.B. Blockgletscher, Solifluktionserscheinungen), Fels- und Hanginstabilitäten, Lockermaterial, Druckverhältnissen und Topographie/Morphologie > Weiteres…		
Schnee	> Veränderung Schneebedeckung/Schneehöhe > Mögliche Veränderungen u.a. bei Schneegrenze, Schneefallgrenze, Abfluss aus der Schneedecke, Vorfeuchte und Vorkommen von Regen-auf-Schnee-Ereignissen > Weiteres…		

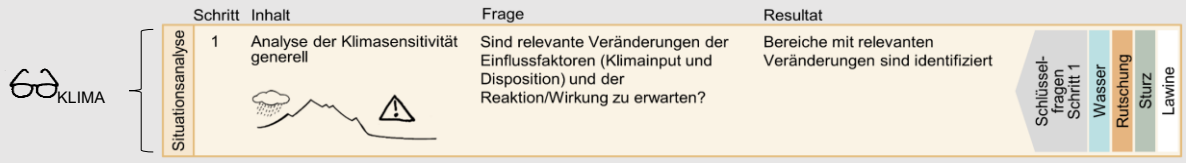
Bodenbedeckung und Bodeneigenschaften	> Veränderungen Bodenverhältnisse und Bodendurchlässigkeit > Veränderungen Wald, Bodenbedeckung und Landnutzung > Mögliche Veränderungen u.a. bei Vorfeuchte, Infiltrationsfähigkeit, Speicherfähigkeit, Bodenkennwerten (z.B. Saugspannung, Reibung, Kohäsion, Druckverhältnisse) > Mögliche relevante Veränderungen u.a. bei Struktur der Vegetation (z.B. Bedeckungsgrad, Alter), Waldstörungen (Windwurf, Feuer, Insekten, Pilze) > Weiteres…		
Wasserhaushalt	> Mögliche relevante Veränderungen u.a. bei Abfluss aus Gerinne/Schneedecke/Eis, Oberflächenabfluss, Schicht- und Kluftwasser, Grundwassermenge/(-spiegel) in Locker- und Festgestein, Vorkommen von Quellen und Vernässungen > Weiteres…		
Weiteres			
Δ REAKTION/WIRKUNG 	**Faktoren Reaktion/Wirkung**	**Veränderungen Ausgangslage und Naturgefahrenprozesse / Antwort auf Schlüsselfragen 1 und 2** 1) Wie verändert sich die Ausgangslage im betrachteten Gebiet aufgrund des Klimawandels? 2) Hat die untersuchte Veränderung der Ausgangslage relevanten Einfluss auf die Naturgefahrenprozesse? Berücksichtigen Sie Wechselwirkungen: Veränderungen bei Rutschprozesse können Auswirkungen auf andere Prozesse (z.B. Wasser) haben und umgekehrt.	**Güte** 3) Welche Güte haben die Antworten auf 1) und 2)?
Prozesse / Einzelszenarien	> Veränderungen bei plötzlichen Rutschprozessen (spontanen Rutschungen und/oder Hangmuren) > Veränderungen bei permanenten Rutschereignissen > neu auftretende Prozesse/Prozessquellen, Veränderung Schwellenprozesse > wegfallende Prozesse/Prozessquellen > Veränderung/Auftreten von Prozessketten bzw. gegenseitige Beeinflussung durch andere gravitativen Naturgefahrenprozesse (Wasser, Rutschung, Sturz, Lawine) > Weiteres…		

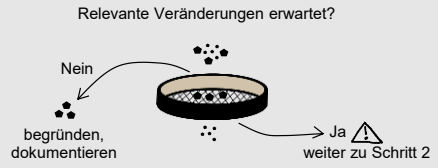
FAZIT 2 	**Zusammenfassung der Erkenntnisse aus Schritt 2**
Fazit 2	

Basis für Szenarienbildung (Vorgehensschema Schritt 3 und Folgende)
bzw. Grundlage für Monitoring, falls Unsicherheiten besonders gross und Veränderungen hoch dynamisch



Schritt 1 **Analyse der Klimasensitivität generell**





STURZ

Allgemeine Angaben

Gebiet	
Untersuchungszweck	
Teilprozess(e)	Zutreffendes ankreuzen, Mehrfachnennungen möglich
Stein-/Blockschlag	☐
Fels-/Bergsturz	☐
Eisschlag (inkl. Eissturz)	☐
Einsturz/Absenkung	☐
Bearbeitet durch	
Datum der Bearbeitung	

Informationen zur Anwendung

Prüfen Sie ob sich Faktoren aus Klimainput, Disposition und Reaktion/Wirkung aufgrund des Klimawandels verändern. Eine Veränderung ist relevant, wenn sie zu massgebender Veränderung der Naturgefahrenprozesse führt.

Kann eine Frage für einen Faktor mit "Ja" beantwortet werden, dann sind die entsprechenden Veränderungen im Schritt 2 genauer zu untersuchen. Ein "Nein" ist mit Angabe der Grundlagen (Quellen, Erfahrungen etc.) zu begründen.

Fassen Sie die Erkenntnisse aus Schritt 1 unter "Fazit" zusammen.

Weitere Informationen finden Sie im Tabellenblatt "Anleitung und Grundlagen".

Δ KLIMAINPUT	**Ausgangslage Klimainput**	**Grobbeurteilung Klimasensitivität**
Niederschlag	Sind relevante Veränderungen zu erwarten in Bezug auf Niederschlagsszenarien und Niederschlagsextreme?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
Temperatur	Sind relevante Veränderungen zu erwarten in Bezug auf Temperaturszenarien?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
Weitere Klimaindikatoren/ Klimaextreme	Sind relevante Veränderungen zu erwarten in Bezug auf weitere Klimaindikatoren und Klimaextreme (z.B. 0°-Grad-Grenze, tages- und jahreszeitliche Temperaturschwankungen inkl. Frost-/Tauwechsel)?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:

Δ DISPOSITION	**Ausgangslage Disposition**	**Grobbeurteilung Klimasensitivität**
Gletscher	Sind Teile des betrachteten Gebiets aktuell vergletschert und werden Veränderungen erwartet?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
Topographie / Morphologie	Sind relevante topographische und/oder morphologische Veränderungen möglich (z.B. fehlende Gletscher)?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
Permafrost	Liegt die Prozessquelle im Bereich vom Permafrost und werden relevante Veränderungen erwartet?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
Wasserhaushalt	Sind relevante Veränderungen in Bezug auf Kluft-, Porenwasser- und/oder Frostdrücke zu erwarten?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
Massenbewegungen	Sind relevante Veränderungen aufgrund gravitativer Hangbewegungen inkl. Sackungsbewegungen zu erwarten?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
Lithologie, Morphologie	Sind relevante Veränderungen in Bezug auf die Stabilitätsbedingungen des Gesteins oder Verwitterungsprozesse zu erwarten?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:

Δ REAKTION/WIRKUNG	**Ausgangslage Reaktion/Wirkung**	**Grobbeurteilung Klimasensitivität**
Prozesse / Einzelszenarien	Verändert sich die Sturzaktivität (Häufigkeit, Volumina, Anzahl Ausbruchstellen) infolge des Klimawandels?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
	Können neue Prozesse oder Schwellenprozesse auftreten?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
	Können infolge des Klimawandels bestehende Prozesse/Prozessquellen wegfallen?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
	Sind infolge des Klimawandels Prozessketten möglich? Bzw. ist es möglich, dass sich veränderte Naturgefahrenprozesse (Wasser, Lawine, Rutschung, Sturz) gegenseitig beeinflussen?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:

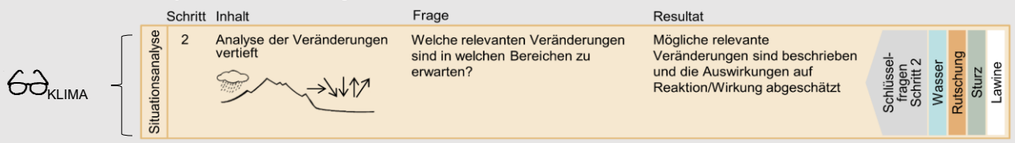
BESONDERHEITEN	**Ausgangslage weitere Veränderungen**	**Grobbeurteilung weitere Veränderungen** Gibt es weitere relevante klimabedingte Veränderungen, dann sind diese in Schritt 2 genauer zu untersuchen.
Weiteres	Welche weiteren erwarteten oder bereits eingetretenen Veränderungen könnten relevant sein?	Beschreibung und Begründung:

FAZIT 1 **Zusammenfassung der Erkenntnisse aus Schritt 1**

Fazit 1	

Schritt 2

Analyse der Veränderungen vertieft





STURZ

Allgemeine Angaben

Gebiet	
Untersuchungszweck	
Teilprozess(e)	Zutreffendes ankreuzen, Mehrfachnennungen möglich
Stein-/Blockschlag	
Fels-/Bergsturz	
Eisschlag (inkl. Eissturz)	
Einsturz/Absenkung	
Bearbeitet durch	
Datum der Bearbeitung	

Informationen zur Anwendung

Beantworten Sie für die relevanten Faktoren die drei Schlüsselfragen:
1) Veränderung Ausgangslage: Wie verändert sich die Ausgangslage (Klimainput und Disposition) im betrachteten Gebiet aufgrund des Klimawandels?
2) Veränderungen Naturgefahrenprozesse: Welchen Einfluss hat die Veränderung der Ausgangslage auf die Gefahrenprozesse?
3) Güte: Welche Güte haben die unter 1) und 2) gemachten Aussagen?

1) und 2) Beschreiben Sie die erwarteten Veränderungen inkl. deren erwarteter Dynamik (graduell oder sprunghaft). Begründen Sie Ihre Annahmen
Dokumentieren Sie Ihre Annahmen und Rückschlüsse nachvollziehbar (quantitativ wo möglich, ansonsten qualitativ) und machen Sie Angaben zu den verwendeten Grundlagen.

3) Machen Sie Angaben zur Güte (z.B. belegt mit Literaturangabe, eigene Beobachtung/Messung, Schätzung). Dokumentieren Sie die bestehenden Unsicherheiten quantitativ wo möglich, ansonsten qualitativ (z.B. durch Angaben von Unsicherheitsbereichen, Bandbreiten bei der Parameterwahl, grafische Visualisierung, klare Beschreibung der getroffenen Annahmen und Rückschlüsse).

Fassen Sie die Erkenntnisse aus Schritt 2 unter "Fazit" zusammen.

Weitere Informationen zur Anwendung finden Sie im Tabellenblatt "Anleitung und Grundlagen".

Δ KLIMAINPUT



Faktoren Klimainput

Veränderungen Ausgangslage und Naturgefahrenprozesse / Antwort auf Schlüsselfragen 1 und 2

1) Wie verändert sich die Ausgangslage im betrachteten Gebiet aufgrund des Klimawandels?
2) Hat die untersuchte Veränderung der Ausgangslage relevanten Einfluss auf die Naturgefahrenprozesse?

Berücksichtigen Sie Wechselwirkungen: Veränderungen im Klimainput können sowohl die Disposition als auch das auslösende Ereignis beeinflussen.

Güte

3) Welche Güte haben die Antworten auf 1) und 2)?

Niederschlag	> Mögliche relevante Veränderung bei Niederschlagsmenge / -verteilung > Mögliche relevante Veränderung der Starkniederschläge > Mögliche Veränderung des Wasserhaushalts (saisonale Niederschlagssumme, Niederschlagsform)		
Temperatur	> Mögliche relevante Veränderung der Temperatur > Mögliche relevante Veränderung der 0°C-Grenze, Frostdrücke		
Weitere Klimaindikatoren/ Klimaextreme	> Mögliche relevante Veränderungen z.B. bei tages- und jahreszeitlichen Temperaturschwankungen inkl. Frost-/Tauwechsel > Weiteres…		

Δ DISPOSITION



Faktoren Disposition

Veränderungen Ausgangslage und Naturgefahrenprozesse / Antwort auf Schlüsselfragen 1 und 2

1) Wie verändert sich die Ausgangslage im betrachteten Gebiet aufgrund des Klimawandels?
2) Hat die untersuchte Veränderung der Ausgangslage relevanten Einfluss auf die Naturgefahrenprozesse?

Berücksichtigen Sie Wechselwirkungen: Die einzelnen Faktoren können sich gegenseitig und das auslösende Ereignis beeinflussen.

Güte

3) Welche Güte haben die Antworten auf 1) und 2)?

Gletscher	> Gletscherrückzugsgebiete seit 1850 und Veränderung gemäss Gletscherszenarien > Mögliche relevante Veränderungen u.a. bei wechselnden Gletscherständen, Vorkommen von Gletscherphänomenen (z.B. Gletscherabbruch, Wassertasche, Gletschersee), Lockermaterial, Druckverhältnissen und Topographie/Morphologie > Mögliche relevante Veränderungen aufgrund veränderter Oberflächengeometrie (neue Gefahrenquellen >30°, z.B. freistehende Moräne / Felswand) > Mögliche relevante Veränderungen im Kontaktbereich Gletscher-Sturzquelle (z.B. glaziale Entlastungsvorgänge, Spannungsumlagerungen, Wegfall des stützenden Widerlagers) > Weiteres…		
Topographie und Morphologie	> Mögliche Veränderungen der Oberflächengeometrie (z.B. neue Gefahrenquellen steiler >30° in Gletscherrückzugsgebieten) > Weiteres…		
Permafrost	> Vorhandensein Permafrost gemäss Permafrosthinweiskarten > Mögliche relevante Veränderungen u.a. aufgrund Rückgang Permafrost oder Eissegregation, bei Art des Permafrosts (Eisgehalt), Permafrostphänomenen (z.B. Blockgletscher), Frost-/Tauwechsel, Fels- und Hanginstabilitäten, Sedimentaufkommen, Druckverhältnissen und Topographie/Morphologie > Weiteres…		

Wasserhaushalt	> Mögliche relevante Veränderung von Kluftwasser-, Porenwasser und/oder Frostdruck (z.B. aufgrund veränderter saisonaler Niederschlagssumme, Niederschlagsform, Niederschlagsintensität, zusätzlichem Wasseranfall durch Gletscher- und/oder Permafrostschmelze, veränderten Bodeneigenschaften, erhöhte Wasserwegigkeit in degradiertem Permafrost, veränderten Temperaturschwankungen inkl. Frost-Tau-Zyklen) > Weiteres…		
Massenbewegungen	> Mögliche relevante Veränderungen von gravitativen Hangbewegungen inkl. Sackungswegegungen (z.B. aufgrund verändertem Wasserhaushalt) > Weiteres…		
Lithologie, Morphologie	> Mögliche relevante Veränderungen von Verwitterungsprozessen und Spannungen im Felsverband (z.B. aufgrund gravitative Hangbewegungen, glaziale Entlastungsvorgänge, Sackungsbewegungen, Temperaturschwankungen, Rückgang Permafrost oder Eissegregation)		
Weiteres			

Δ REAKTION/WIRKUNG  KLIMA	**Faktoren Reaktion/Wirkung**	**Veränderungen Ausgangslage und Naturgefahrenprozesse / Antwort auf Schlüsselfragen 1 und 2** 1) Wie verändert sich die Ausgangslage im betrachteten Gebiet aufgrund des Klimawandels? 2) Hat die untersuchte Veränderung der Ausgangslage relevanten Einfluss auf die Naturgefahrenprozesse? Berücksichtigen Sie Wechselwirkungen: Veränderungen bei Sturzprozesse können Auswirkungen auf andere Prozesse (z.B. Wasser) haben und umgekehrt.	**Güte** 3) Welche Güte haben die Antworten auf 1) und 2)?
Prozesse / Einzelszenarien	> Veränderungen bei Steinschlag/Blockschlag > Veränderungen bei Felssturz/Bergsturz > Veränderungen bei Eisschlag > Veränderungen bei Einsturz/Absenkungen > neu auftretende Prozesse/Prozessquellen, Veränderung Schwellenprozesse > wegfallende Prozesse/Prozessquellen > Veränderung/Auftreten von Prozessketten bzw. gegenseitige Beeinflussung durch andere gravitativen Naturgefahrenprozesse (Wasser, Rutschung, Sturz, Lawine) > Weiteres…		

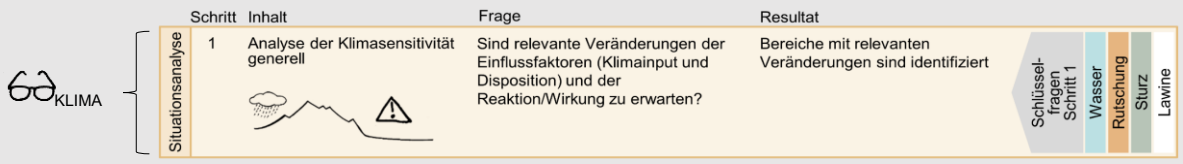
FAZIT 2 KLIMA **Zusammenfassung der Erkenntnisse aus Schritt 2**

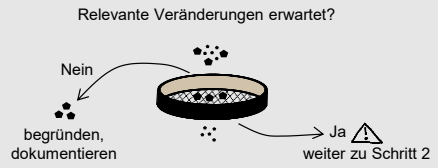
Fazit 2	

Basis für Szenarienbildung (Vorgehensschema Schritt 3 und Folgende)
bzw. Grundlage für Monitoring, falls Unsicherheiten besonders gross und Veränderungen hoch dynamisch



Schritt 1 **Analyse der Klimasensitivität generell**





LAWINEN

Allgemeine Angaben

Gebiet	
Untersuchungszweck	
Teilprozess(e)	Zutreffendes ankreuzen, Mehrfachnennungen möglich
Fliesslawine inkl. Schneerutsch	☐
Staublawine	☐
Schneegleiten	☐
Slush-Flows	☐
Bearbeitet durch	
Datum der Bearbeitung	

Informationen zur Anwendung

Prüfen Sie ob sich Faktoren aus Klimainput, Disposition und Reaktion/Wirkung aufgrund des Klimawandels verändern. Eine Veränderung ist relevant, wenn sie zu massgebender Veränderung der Naturgefahrenprozesse führt.

Kann eine Frage für einen Faktor mit "Ja" beantwortet werden, dann sind die entsprechenden Veränderungen im Schritt 2 genauer zu untersuchen. Ein "Nein" ist mit Angabe der Grundlagen (Quellen, Erfahrungen etc.) zu begründen.

Fassen Sie die Erkenntnisse aus Schritt 1 unter "Fazit" zusammen.

Weitere Informationen finden Sie im Tabellenblatt "Anleitung und Grundlagen".

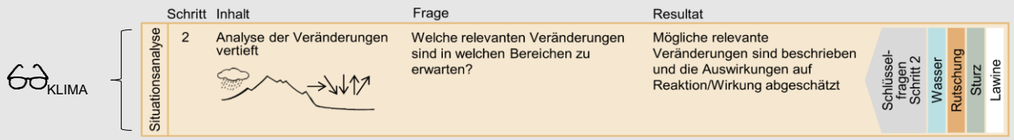
Δ KLIMAINPUT	**Ausgangslage Klimainput**	**Grobbeurteilung Klimasensitivität**
Klimainput, Schnee	Sind relevante Veränderungen in Bezug auf die Schneefallgrenze, Schneeverteilung, Schneehöhe oder Schneedeckenaufbau zu erwarten?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
Δ DISPOSITION	**Ausgangslage Disposition**	**Grobbeurteilung Klimasensitivität**
Gletscher	Ist die Prozessquelle vergletschert und werden relevante Veränderungen erwartet, z.B. topographische, welche einen Einfluss auf Anriss-, Transit- oder Ablagerungsgebiete von Lawinen haben?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
Bodenbedeckung	Sind relevante Veränderungen in Bezug auf den Wald und die übrige Vegetation zu erwarten?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
Prozesse / Einzelszenarien	Verändert sich die Disposition für Nassschneelawinen oder Slushflows?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
Δ REAKTION/WIRKUNG	**Ausgangslage Reaktion/Wirkung**	**Grobbeurteilung Klimasensitivität**
Prozesse / Einzelszenarien	Verändert sich die Lawinenaktivität infolge des Klimawandels?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
	Können neue Prozesse oder Schwellenprozesse auftreten?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
	Können infolge des Klimawandels bestehende Prozesse/Prozessquellen wegfallen?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
	Sind infolge des Klimawandels Prozessketten möglich? Bzw. ist es möglich, dass sich veränderte Naturgefahrenprozesse (Wasser, Lawine, Rutschung, Sturz) gegenseitig beeinflussen?	Ja ☐ > Veränderungen infolge Klimawandel prüfen → Schritt 2 Nein ☐ Begründung:
BESONDERHEITEN	**Ausgangslage weitere Veränderungen**	**Grobbeurteilung weitere Veränderungen** Gibt es weitere relevante klimabedingte Veränderungen, dann sind diese in Schritt 2 genauer zu untersuchen.
Weiteres	Welche weiteren erwarteten oder bereits eingetretenen Veränderungen könnten relevant sein?	Beschreibung und Begründung:

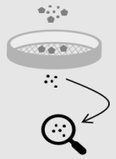
FAZIT 1 **Zusammenfassung der Erkenntnisse aus Schritt 1**

Fazit 1	

Schritt 2

Analyse der Veränderungen vertieft





LAWINE

Allgemeine Angaben

Gebiet

Untersuchungszweck

Teilprozess(e) Zutreffendes ankreuzen, Mehrfachnennungen möglich

- Fliesslawine inkl. Schneerutsch ☐
- Staublawine ☐
- Schneegleiten ☐
- Slush-Flows ☐

Bearbeitet durch

Datum der Bearbeitung

Informationen zur Anwendung

Beantworten Sie für die relevanten Faktoren die drei Schlüsselfragen:
1) Veränderung Ausgangslage: Wie verändert sich die Ausgangslage (Klimainput und Disposition) im betrachteten Gebiet aufgrund des Klimawandels?
2) Veränderungen Naturgefahrenprozesse: Welchen Einfluss hat die Veränderung der Ausgangslage auf die Naturgefahrenprozesse?
3) Güte: Welche Güte haben die unter 1) und 2) gemachten Aussagen?

1) und 2) Beschreiben Sie die erwarteten Veränderungen inkl. deren erwarteter Dynamik (graduell oder sprunghaft). Begründen Sie Ihre Annahmen
Dokumentieren Sie Ihre Annahmen und Rückschlüsse nachvollziehbar (quantitativ wo möglich, ansonsten qualitativ) und machen Sie Angaben zu den verwendeten Grundlagen.

3) Machen Sie Angaben zur Güte (z.B. belegt mit Literaturangabe, eigene Beobachtung/Messung, Schätzung). Dokumentieren Sie die bestehenden Unsicherheiten quantitativ wo möglich, ansonsten qualitativ (z.B. durch Angaben von Unsicherheitsbereichen, Bandbreiten bei der Parameterwahl, grafische Visualisierung, klare Beschreibung der getroffenen Annahmen und Rückschlüsse).

Fassen Sie die Erkenntnisse aus Schritt 2 unter "Fazit" zusammen.

Weitere Informationen zur Anwendung finden Sie im Tabellenblatt "Anleitung und Grundlagen".

Δ KLIMAINPUT



Faktoren Klimainput		Veränderungen Ausgangslage und Naturgefahrenprozesse / Antwort auf Schlüsselfragen 1 und 2 1) Wie verändert sich die Ausgangslage im betrachteten Gebiet aufgrund des Klimawandels? 2) Hat die untersuchte Veränderung der Ausgangslage relevanten Einfluss auf die Naturgefahrenprozesse? Berücksichtigen Sie Wechselwirkungen: Veränderungen im Klimainput können sowohl die Disposition als auch das auslösende Ereignis beeinflussen.	Güte 3) Welche Güte haben die Antworten auf 1) und 2)?
Niederschlag	> Mögliche relevante Veränderung bei Niederschlagsmenge / -verteilung räumlich und saisonal > Mögliche relevante Veränderung der Starkniederschläge > Mögliche relevante Veränderung von Starkschneefall und Neuschneezuwachs > Mögliche relevante Veränderung bei Regen-auf-Schnee-Ereignissen		
Temperatur	> Mögliche relevante Veränderung der Schneegrenze, Scheefallgrenze und Schneedeckenaufbau 0°C-~~Grenze~~ > Mögliche relevante Veränderung der Bodentemperatur beim Einschneien > Mögliche relevante Veränderung bei Wärmeeinbrüchen im Winter		
Weitere Klimaindikatoren/ Klimaextreme	> Mögliche relevante Veränderungen z.B. bei Anzahl Neuschneetagen, Wind > Weiteres…		

Δ DISPOSITION



Faktoren Disposition		Veränderungen Ausgangslage und Naturgefahrenprozesse / Antwort auf Schlüsselfragen 1 und 2 1) Wie verändert sich die Ausgangslage im betrachteten Gebiet aufgrund des Klimawandels? 2) Hat die untersuchte Veränderung der Ausgangslage relevanten Einfluss auf die Naturgefahrenprozesse? Berücksichtigen Sie Wechselwirkungen: Die einzelnen Faktoren können sich gegenseitig und das auslösende Ereignis beeinflussen.	Güte 3) Welche Güte haben die Antworten auf 1) und 2)?
Schnee	> Veränderung Schneebedeckung, expositions- und höhenabhängige Schneeverteilung, Schneehöhe, Schneedeckenaufbau, Starkschneefall und Neuschneezuwachs, Regen-auf-Schnee-Ereignisse > Mögliche relevante Veränderungen bei Eigenschaften der Schneedecke u.a. Mächtigkeit, Metamorphose, Schneedeckenaufbau, Verschmutzung Schneeoberfläche z.B. durch Saharastaub etc. > Weiteres…		
Gletscher	> Veränderung gemäss Gletscherszenarien > Mögliche relevante Veränderungen u.a. bei Gletscherphänomenen (z.B. Gletscherabbruch, Wassertasche, Gletschersee) > Mögliche relevante Veränderungen der Geländerauigkeit, Hangneigung und Geländeform > Weiteres…		
Bodenbedeckung	> Veränderungen Wald, Bodenbedeckung und Landnutzung > Mögliche relevante Veränderungen u.a. bei Waldanteil, Waldstruktur und Wachstumsgeschwindigkeit > Mögliche Veränderungen Waldstruktur und -zustand z.B. aufgrund von Störungen wie Sturm, Brand, Insekten, Pilzen > Weiteres…		

Weiteres			

Δ REAKTION/WIRKUNG 	**Faktoren Reaktion/Wirkung**	**Veränderungen Ausgangslage und Naturgefahrenprozesse / Antwort auf Schlüsselfragen 1 und 2** 1) Wie verändert sich die Ausgangslage im betrachteten Gebiet aufgrund des Klimawandels? 2) Hat die untersuchte Veränderung der Ausgangslage relevanten Einfluss auf die Naturgefahrenprozesse? Berücksichtigen Sie Wechselwirkungen: Veränderungen bei Lawinen können Auswirkungen auf andere Prozesse (z.B. Wasser) haben und umgekehrt.	**Güte** 3) Welche Güte haben die Antworten auf 1) und 2)?
Prozesse / Einzelszenarien	> Veränderungen bei Fliesslawinen > Veränderungen bei Staublawinen > Veränderungen bei Schneegleiten > neu auftretende Prozesse, Veränderung Schwellenprozesse > wegfallende Prozesse > Veränderung/Auftreten von Prozessketten bzw. gegenseitige Beeinflussung durch andere gravitativen Naturgefahrenprozesse (Wasser, Rutschung, Sturz, Lawine) > Weiteres…		

FAZIT 2 KLIMA	**Zusammenfassung der Erkenntnisse aus Schritt 2**
Fazit 2	

Basis für Szenarienbildung (Vorgehensschema Schritt 3 und Folgende)
bzw. Grundlage für Monitoring, falls Unsicherheiten besonders gross und Veränderungen hoch dynamisch

