



# Richtlinie Gefahrenkarten im Kanton Luzern

## Teil A - Gefahrenbeurteilungen

Diese Publikation richtet sich an Fachleute, die im Kanton Luzern bestehende Gefahrenkarten überarbeiten oder neue erarbeiten.

## Änderungskontrolle

Ver.	Datum	Name/Stelle	Bemerkung
1.3	13.01.2006	Gächter/Graf/Städler	Erarbeitung
2.1	10.10.2008	wic/grr/sri	Entwurf Überarbeitung
2.2	05.07.2009	wic	Aktualisierung Kontakte
2.2	14.09.2009	wic	Integration in Fachordner
3.0	21.09.2015	wic / dus	Totalrevision
3.1	04.11.2015	FO Team	Anpassung Ausscheidung von Gewässerläufen im Bereich von Brücken und Durchlässen.
3.2	09.02.2017	lis / FO	Präzisierung zum Bruttoprinzip
3.3	30.5.2017	wic	S. 32: Abgrenzungskriterien Intensitäten, Eindeutigkeit der Klassen bereinigt (>/<≤).
3.4	05.03.2018	wic	Beurteilung Gleitschnee - Ergänzung Bewertungspunkte -> 2. Exposition - < 1000m.ü.M
3.5	20.02.2019	wic	Schutzzielmatrix aktualisiert
3.6	02.03.2020	Wic	Anpassung Intensitätskriterien Hangmurenbeurteilung im Anhang C1
3.7	10.09.2020	Wic	Anpassen Tabelle im Anhang C1 sponate Rutschungen: d in M geändert, d in () beibehalten / Ufererosion: d in h <sub>UE</sub> geändert / pR: starke Differenzialbewegungen als Kriterium bei Int 3 gelöscht, Auf- und Abstufung gemäss AGN im Kap 8.2 und im Anhang D ergänzt.

# Teil A: Gefahrenbeurteilung

---

<b>GLOSSAR</b> .....	<b>4</b>
<b>1 INHALT</b> .....	<b>5</b>
<b>2 ALLGEMEINE ANGABEN</b> .....	<b>5</b>
<b>3 PROJEKTORGANISATION</b> .....	<b>5</b>
<b>4 PROJEKTABLAUF / INFORMATIONSAUSTAUSCH</b> .....	<b>6</b>
<b>5 GRUNDLAGEN (NICHT ABSCHLIESSEND)</b> .....	<b>6</b>
5.1 GEFAHRENGRUNDLAGEN .....	6
5.2 SCHUTZBAUTEN .....	6
<b>6 ALLGEMEINE VORGABEN</b> .....	<b>7</b>
6.1 RICHTLINIEN, ARBEITSHILFEN, EMPFEHLUNGEN.....	7
6.2 ÜBERGEORDNETER AUFTRAG .....	9
6.3 PERIMETER .....	9
6.4 GELÄNDEMDELLE UND TERRAINREFERENZ.....	10
<b>7 METHODISCHE VORGABEN</b> .....	<b>10</b>
7.1 WIEDERKEHRPERIODEN .....	10
7.2 PROZESSQUELLEN .....	11
7.3 WIRKUNGSRÄUME .....	11
7.4 BEARBEITUNGSUMFANG.....	13
7.5 BEURTEILUNG DER SCHUTZBAUTEN.....	14
7.6 UMGANG MIT KLIMAÄNDERUNG.....	14
7.7 PRODUKTE.....	15
7.8 ARBEITSSCHRITTE .....	16
<b>8 PROZESSSPEZIFISCHE VORGABEN</b> .....	<b>19</b>
8.1 SCHNEEPROZESSE.....	19
8.2 RUTSCHPROZESSE .....	19
8.3 STURZPROZESSE.....	19
8.4 WASSERPROZESSE.....	20
<b>9 GEODATEN / DATENAUSTAUSCH</b> .....	<b>22</b>
<b>ANHANG A: LEISTUNGSBESCHRIEB GEFAHRENBEURTEILUNG</b> .....	<b>23</b>
<b>ANHANG B: PROZESSARTEN</b> .....	<b>31</b>
<b>ANHANG C: ABGRENZUNGSKRITERIEN INTENSITÄTEN / ÜBERFLUTUNGSHÖHEN</b> .....	<b>32</b>
<b>ANHANG D: GEFAHRENSTUFEN</b> .....	<b>33</b>
<b>ANHANG E: KANTONALE SCHUTZZIELE</b> .....	<b>34</b>
<b>ANHANG F: FAKTENBLÄTTER</b> .....	<b>35</b>

## **Glossar**

<b>Schlüsselstelle</b>	Stelle mit Bezug zu einer Prozessquelle, wo vermutet wird, dass ein Gefahrenprozess eine Flächenwirkung entfaltet. Für jede Schlüsselstelle werden Szenarien definiert (Szenariendefinition). Aus der Szenariendefinition ergibt sich, welche Schlüsselstellen effektiv Schwachstellen sind.
<b>Schwachstelle</b>	Wird nur bei der Beurteilung von Fliessgewässern verwendet. Gemeint ist eine Schlüsselstelle, an der der Gefahrenprozess effektiv eine Flächenwirkung entfaltet (Engstelle, Eindolung, Brücke, etc.). -> Wird im Alltag teilweise synonym mit Schlüsselstelle verwendet.
<b>Situationsanalyse</b>	Aufarbeiten der Grundlagen (Ereignisse, Schutzbauten, etc.) und Plausibilisierung bestehender Gefahrenbeurteilungen.
<b>Szenariendefinition</b>	Prognosen zukünftiger Ereignisabläufe. Umfasst einerseits die Gefahrenprozesse und andererseits das Verhalten der Schlüsselstellen.
<b>Wirkungsanalyse</b>	Beurteilung der Flächenwirkung der Gefahrenprozesse, immer ausgehend von den definierten Szenarien (Szenariendefinition). Beurteilt werden Prozessarten (Überschwemmung, Übersarung, Übermuring, etc.) und deren Wechselwirkung, flächige Ausdehnung sowie auftretende Intensitäten.

## 1 Inhalt

Die vorliegende Richtlinie beinhaltet die allgemein gültigen Grundsätze für Gefahrenbeurteilungen (Ersterhebungen und Plausibilisierungen / Überarbeitungen) und ergänzt die projektspezifischen Pflichtenhefte. Sie definiert die inhaltlichen, methodischen und fachlichen Anforderungen und Vorgaben an Gefahrenbeurteilungen im Kanton Luzern.

## 2 Allgemeine Angaben

Bei den Gefahrenbeurteilungen wird im Kanton Luzern zwischen Ersterhebungen und Plausibilisierung / Überarbeitungen unterschieden. Wobei für beide die gleichen methodischen und fachlichen Anforderungen und Vorgaben gelten. Unterschiede bestehen beim Leistungsumfang (siehe Kap. 7.4) sowie beim Ablauf .

Gefahrenkarten haben bedeutende Auswirkungen auf die Nutzungsmöglichkeiten von Grundstücken. Grundstückbesitzer haben daher ein hohes Interesse an Rechtssicherheit und an der Beständigkeit der Karten. Weiter werden Gefahrenkarten mittlerweile von verschiedenen Akteuren (Raumplanung, Gebäudeversicherung, Interventionskräfte, Bauherren/Planer, etc.) als wichtige Grundlage für ihre Aktivitäten verwendet. Anpassungen in den Gefahrenkarten lösen unter Umständen auch bei diesen nachgelagerte Anpassungen aus.

Deshalb gilt im Kanton Luzern für Überarbeitungen von Gefahrenkarten der Grundsatz:

**so selten wie möglich, so oft wie nötig**

Mehr zu diesem Thema finden sich im Merkblatt - Überarbeitung von Gefahrenkarten [6].

## 3 Projektorganisation

<b>AuftraggeberIn</b>	Im Normalfall eine Gemeinde.  Kann aber auch ein Infrastrukturbetreiber sein (KSI, SBB, etc.) oder bei überkommunalen Vorhaben in koordinierender Funktion die Abteilung Naturgefahren.
<b>AuftragnehmerIn</b>	Privates Büro, das mit der Projektleitung und der Gefahrenbeurteilung mandatiert wurde.
<b>Fachliche Begleitung / Controlling</b>	Abteilung Naturgefahren, Dienststelle Verkehr und Infrastruktur

Die VertreterInnen der obgenannten Stellen bilden den Projektstab. Dieser tauscht sich regelmässig aus und trifft sich zu periodischen Besprechungen (siehe Kapitel 4).

## 4 Projektablauf / Informationsaustausch

Der Ablauf von Gefahrenbeurteilungen umfasst immer die drei Hauptphasen, Situationsanalyse, Szenariendefinition und Wirkungsanalyse (siehe dazu Kap. 7.8). Diese Phasen und deren Übergänge bestimmen den Rhythmus und die Form des Informationsaustausches.

Einen Überblick über die Projektphasen und den Informationsaustausch gibt die nachfolgende Zusammenstellung:

Projektphase	Informationsaustausch
Projektstart	<b>Startsitzung</b> mit dem Projektstab
Situationsanalyse	Besprechung der Plausibilisierungsergebnisse <b>(Plausibilisierungssitzung)</b> <b>ist nur bei Überarbeitungen notwendig!!</b>
Szenariendefinition	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vorinformation der Abteilung Naturgefahren über die Szenarien.</li><li>• Vorstellung und Diskussion Szenarien im Projektstab (<b>Szenariensitzung</b>).</li></ul>
Wirkungsanalyse	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vorinformation der Abteilung Naturgefahren über den Entwurf der Intensitätskarten.</li><li>• Präsentation Entwurf Intensitäts- und Gefahrenkarten im Projektstab (<b>Entwurfsitzung</b>).</li></ul>
Projektabschluss	Informationsveranstaltung Gemeinderat und/oder Bevölkerung <b>optional: entsprechend den Wünschen des Auftraggebers/In</b>

Eine detaillierte Zusammenstellung der einzuplanenden Besprechungen und Informationsaustauschgefässe erfolgt jeweils im projektspezifischen Pflichtenheft. Kleinere Überarbeitungen können fallweise auch auf dem Korrespondenzweg abgewickelt werden. Wie der Informationsaustausch im Einzelfall erfolgt, entscheidet die Abteilung Naturgefahren nach Rücksprache mit dem Auftraggeber und den Gefahrenspezialisten/Innen.

## 5 Grundlagen (nicht abschliessend)

Für weitere Informationen zu den aufgeführten Grundlagen steht die Abteilung Naturgefahren zur Verfügung. Die Grundlagen sind grundsätzlich über den Autor resp. Datenherr zu beschaffen.

### 5.1 Gefahregrundlagen

[1] bestehende Gefahrenkarten <http://www.geo.lu.ch/map/gefahrenkarte/>

[2] Ereigniskataster Lawinen-, Sturz-, Hang- und Wasserprozesse, vifNG

### 5.2 Schutzbauten

[3] Schutzbautenkataster Schutzbauten, vifNG (im Aufbau)

[4] technische Dokumentationen zu Wasserbauprojekten, vifNG

## 6 Allgemeine Vorgaben

### 6.1 Richtlinien, Arbeitshilfen, Empfehlungen

- [5] Abteilung Naturgefahren 2014: Richtlinie zu Gefahrenbeurteilungen im Kanton Luzern: Teil B - Geodaten / Darstellung, Luzern.
- [6] Abteilung Naturgefahren 2012: Merkblatt - Überarbeitung von Gefahrenkarten. Luzern (FO 913 202).
- [7] BAFU 2014: Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2014–2019. Zweiter Teil der Strategie des Bundesrates. Bern, 113 S.
- [8] BAFU 2012: Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz im Sektor Umgang mit Naturgefahren. Beitrag des Bundesamtes für Umwelt zur Anpassungsstrategie des Bundesrates. Bern, 18 S.
- [9] BFF, SLF 1984: Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten. Eidg. Inst. f. Schnee- und Lawinenforschung, Bundesamt für Forstwesen, EDMZ, Bern.
- [10] BUWAL, BWG 1995: Symbolbalken zur Kartierung der Phänomene. Empfehlungen, Ausgabe 1995. Mitt. des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Nr.6, Bern.
- [11] BUWAL, BWW 1998: Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW), Bern und Biel.
- [12] BUWAL 1998: Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Umwelt-Materialien Nr. 85
- [13] BUWAL, Eidg. Forstdirektion 1998: Begriffsdefinitionen zu den Themen: Geomorphologie, Naturgefahren, Forstwesen, Sicherheit, Risiko. Arbeitspapier. 66 S.
- [14] BWG 2004: Gefahreinstufung Rutschungen i.w.S. - Permanente Rutschungen, spontane Rutschungen und Hangmuren. Bundesamt für Wasser und Geologie, Biel und Bern.
- [15] BWW, BRP, BUWAL 1996: Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW), Bundesamt für Raumplanung, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Biel und Bern.
- [16] FAN, KOHS 2015: Empfehlung zur Beurteilung der Gefahr der Ufererosion an Fließgewässern. In Erarbeitung.
- [17] KOHS 2007: Auswirkungen der Klimaänderung auf den Hochwasserschutz in der Schweiz. Ein Standortpapier der Kommission Hochwasserschutz im Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband (KOHS). In: Wasser Energie Luft - 99. Jahrgang, 2007, Heft 1, Baden.
- [18] KOHS 2013: Freibord bei Hochwasserschutzprojekten und Gefahrenbeurteilungen. Empfehlungen der Kommission Hochwasserschutz (KOHS). In: Wasser Energie Luft - 105. Jahrgang, 2013, Heft 1, Baden.
- [19] Lange Daniela, Bezzola Gian Reto 2006: Schwemmholz - Probleme und Lösungsansätze. VAW-Mitteilungen 188, Zürich 135 S.
- [20] PLANAT 2013: Sicherheitsniveau für Naturgefahren. Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern. 15 S.
- [21] PLANAT 2009: Risikokonzept für Naturgefahren – Leitfaden. Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern. 420 S.

- [22] PLANAT 2008: Wirkung von Schutzmassnahmen. Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern. 289 S.
- [23] PLANAT 2000: Empfehlungen zur Qualitätssicherung bei der Beurteilung von Naturgefahren. PLANAT Reihe 1/2000.
- [24] SIA 2005: SIA-Norm 104, Anhang B: Naturgefahren - Hilfsmittel für Ausschreibungen und Offertstellungen, Zürich, S. 100 - 127.
- [25] VKF 2005: Wegleitung Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren, Vereinigung kantonaler Gebäudeversicherungen, Bern.
- [26] WSL/SLF 2016: SchneeAusscheidung von Schneegleiten und Schneedruck in Gefahrenkarten, WSL Bericht 47, 16 S..
- [27] vif NG 2014: Erläuterungen zu den Faktenblätter.

## 6.2 Übergeordneter Auftrag

Die nachgenannten Punkte werden jeweils im projektspezifischen Pflichtenheft konkretisiert. Ebenso sind dort die Beurteilungssperimeter festgelegt, für die die Aufträge auszuführen sind.

- Die Gefahrenbeurteilungen erfolgen methodisch nach den aktuellen einschlägigen Richtlinien und Empfehlungen des Bundes, nach dem neusten Stand der Fachkunde sowie den QS-Dokumenten von vifNG.
- Hauptauftrag: Erkennen, dokumentieren und beurteilen der aus Wasser, Rutsch, Sturz und Lawinenprozessen resultierenden Gefahren (Liste mit den zu beurteilenden Prozessen im Anhang B).
- Die Gefahrenbeurteilung folgt dem Projektablauf gemäss Kap. 4 und umfasst die in Kap. 7.8 definierten Arbeitsschritte.
- Die Szenarien und Wirkungsräume sind prozessquellenspezifisch zu erarbeiten und zu dokumentieren (vgl. Faktenblätter, Anhang F). Als Grundlage für die Beurteilung der Wirkungsräume dient der UP 10 im Massstab 1:5'000.
- Die Digitalisierung der Intensitäten und Fliesstiefen erfolgt prozessquellen- und wiederkehrrperiodenspezifisch (gemäss Richtlinie Teil B [5]).
- Verifizieren der Gefahrenhinweise im Gefahrenhinweisperimeter (zu beurteilende Prozesse gemäss Liste im Anhang B).
- Erarbeiten eines technischen Berichtes zur Gefahrenkarte gemäss Muster-Inhaltsverzeichnis (vgl. Kap. 7.8.5) und Muster Faktenblatt (vgl. Anhang F).
- Erstellung von kartographischen Produkten. Grundsätzlich sind diese im Beurteilungsmassstab von 1:5000 zu erstellen. Welche Produkte in welchen Formaten zu erstellen sind (pdf, Print, etc.) wird jeweils im projektspezifischen Pflichtenheft definiert.
- Die Ergebnisse und die einzelnen Schritte der Gefahrenbeurteilung sind nachvollziehbar zu dokumentieren. Fakten, Berechnungen/Modellierungen und Interpretationen sind klar voneinander zu trennen; Annahmen sind klar als solche zu bezeichnen und zu begründen.

## 6.3 Perimeter

In den Projekten wird zwischen dem Gefahrenkartenperimeter und dem Gefahrenhinweiskartenperimeter unterschieden.

Aus Nutzen/Kosten - Überlegungen beschränken sich die Gefahrenkartenperimeter hauptsächlich auf die Siedlungsgebiete und wichtige Infrastrukturanlagen (Strassen, Bahnen, etc.). Die Gefahrenbeurteilungen erfolgen in diesen Gebieten detailliert und in vertiefter Form. Die vorgesehenen Arbeitsschritte sind in Kapitel 7.8 ausführlich beschrieben. Kartographische Grundlage bildet der kantonale Übersichtsplan im Beurteilungsmassstab 1:5000.

Die Beurteilung innerhalb des Gefahrenhinweiskartenperimeters erfolgt weniger detailliert. Sie orientiert sich am Massstab 1:25'000 und hat hinweisenden Charakter.

Die für die Beurteilungen massgebenden Perimeter werden jeweils projektspezifisch festgelegt und im jeweiligen Projektpflichtenheft ausgewiesen.  
Gefahrenkarten- und Gefahrenhinweiskartenperimeter ergänzen sich über den gesamten Kanton Luzern zu einem flächendeckenden Ganzen (vgl. dazu [1]).

## 6.4 Geländemodelle und Terrainreferenz

Als Geländemodell ist das digitale Terrainmodell LDTM50CM des Kantons (Datenabgabe via Datenportal) zu verwenden.

Als Grundlage für die Ausscheidung der Wirkungsräume sowie als Hintergrund für die Kartographie, ist der kantonale Übersichtsplan (UP10) zu verwenden.

Wurden seit der Erstellung des Terrainmodells grössere Geländeänderungen vorgenommen (z.B. Deponie, neue Überbauung), ist zusammen mit dem Auftraggeber zu definieren, wie damit umgegangen werden soll.

## 7 Methodische Vorgaben

### 7.1 Wiederkehrperioden

Bei den Gefahrenbeurteilungen ist für alle Prozesse der Begriff der Wiederkehrperiode zu verwenden. Bei Rutschungen / Hangmuren lässt sich dies so begründen, dass grössere homogene Prozessgebiete zu einer Prozessquelle (siehe dazu Kapitel 7.2) zusammengefasst werden und sich die Wiederkehrperiode auf das ganze Gebiet und nicht auf die einzelne Rutschung / Hangmure bezieht. Eine Ausnahme bilden Ereignisse, die aufgrund ihrer Charakteristik (Dimension) einmalig sind (Bergsturz), hier kann ausnahmsweise auf die Eintretenswahrscheinlichkeit zurückgegriffen werden. Das gleiche gilt für topographische Situationen, wo die Rutschung / Hangmure in einem klar definierten engbegrenzten Raum einmalig auftritt (Runse, Mulde, etc.).

Die nachfolgende Skizze zeigt schematisch die den Gefahrenbeurteilungen zugrunde liegende Philosophie. Ausgehend vom IST Zustand (Beurteilungszeitpunkt) und einer retrospektiven Betrachtung (bekannte Ereignisse) ist durch die Fachpersonen eine Prognose hinsichtlich zu erwartender zukünftiger Ereignisse (Abläufe, Intensität, etc.) über einen Zeitraum von 300 Jahren abzugeben. Die Beurteilung der Extremszenarien erfolgt in analoger Weise.

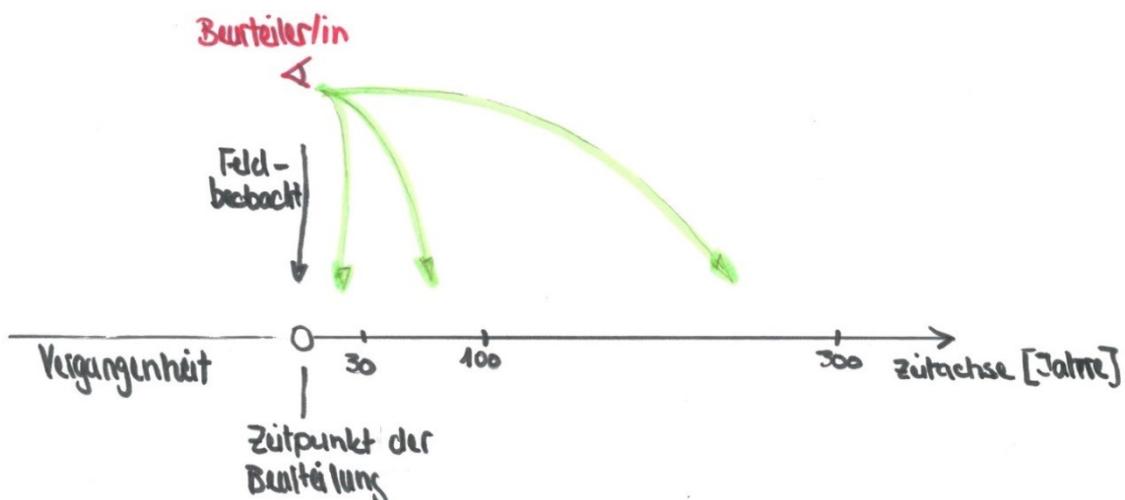


Abbildung 1: Schematische Darstellung der zu betrachtenden Wiederkehrperioden.

Die Gefahrenbeurteilungen umfassen grundsätzlich die Beurteilung von häufigen, seltenen und sehr seltenen Szenarien sowie von Extremszenarien (Jährlichkeiten: 30, 100, 300, >>300 (z. B. EHQ)). Abweichungen von diesem Grundsatz sind in der jeweiligen Ausschreibung im Pflichtenheft beschrieben.

## 7.2 Prozessquellen

Die Gefahrenbeurteilungen erfolgen prozessquellenbezogen. Das heisst sowohl die Definition der Szenarien wie auch die Abgrenzung der Wirkungsräume und der darin auftretenden Intensitäten erfolgt pro Prozessquelle. Dementsprechend erfolgt auch die Dokumentation der Beurteilung prozessquellenweise in einem eigenständigen Faktenblatt (siehe Anhang F). Selbstredend sind Interaktionen zwischen den verschiedenen Prozessquellen (z.B. Gewässer und Rutschungen) bei der Beurteilung zu berücksichtigen und ausführlich zu beschreiben.

Die Prozessquellennamen sind durch die Auftragnehmer zu vergeben und anlässlich der Szenariensitzung zusammen mit dem Auftraggeber (Gemeinde) und der Abteilung Naturgefahren zu bereinigen. Sie haben sich an den gängigen, bereits etablierten Bezeichnungen zu orientieren (Bachnamen, Lokalbezeichnungen).

Die Prozessquellen selber werden nicht als eigenständige Geometrien erfasst (siehe dazu [5]) und verwaltet.

Die Ausscheidung und Abgrenzung der Prozessquellen hat sich an folgenden Grundsätzen zu orientieren:

- Die Prozessquellen sind getrennt nach auszuschneiden.
- Wasser-Prozessquellen (Gewässer) werden aus dem Gewässernetz, aus dem Übersichtsplan UP10, aus den AV-Daten oder anlässlich von Begehungen vor Ort identifiziert.
- Bei Lawinen bestehen in den allermeisten Fällen bereits etablierte Namen, welche sich häufig auf den Lawinenzug beziehen. Diese werden als Prozessquellen verwendet und codiert.
- Bei Rutsch-, Sturz- und Einsturzprozessen ist das Gelände in geeignete Kammern gleicher oder ähnlicher Disposition zu unterteilen. Die Unterteilung ergibt sich aufgrund markanter Stellen im Gelände (z.B. Gewässerläufe, Kreten, Felswände) und Lücken zwischen Prozessräumen (z.B. Talhang orographisch links und Talhang orographisch rechts).
- Bei Prozessquellen, die mehrere Gemeinden tangieren, erfolgt die Vergabe der Bezeichnung im Rahmen des ersten Auftrags. Nachfolgende Beurteilungen übernehmen die erstmalig vergebene Bezeichnung. Für die Bereinigung und Vereinheitlichung der Prozessquellennummern und -namen sorgt die Abteilung Naturgefahren.

## 7.3 Wirkungsräume

Mit Wirkungsräumen sind die räumliche Ausdehnung und die darin auftretenden Intensitäten der Gefahrenprozesse gemeint. Wirkungsräume sind immer einer Prozessquelle zugeordnet.

Bei Gewässern gehört der Gewässerlauf selber ebenfalls zum Wirkungsraum, demzufolge ist er auch Bestandteil der Geodatenabgabe (siehe Abbildung 2). Als Hilfsmittel für dessen Digitalisierung können die AV Daten (Bodenbedeckung Klasse Fliessgewässer) verwendet werden. Allenfalls sind diese auf eine für den Betrachtungsmaßstab von 1:5'000 sinnvolle Breite zu verbreitern.



Abbildung 2: Beispiel eines digitalisierten Gewässerlaufes.

Die Intensitätsflächen der Gewässerläufe sind im Bereich von Brücken und Durchlässe zu unterbrechen, wenn deren Kapazität für das Handling des entsprechenden Szenarios ausreichend ist (siehe Abbildung 3). Selbstredend gilt dies auch für längere, eingedolte Abschnitte. Bei ungenügender Kapazität sind auf den Brücken und Durchlässen die effektiv an der OK Terrain auftretenden Intensitäten auszuweisen.



Abbildung 3: Links, im Bereich von Brücken unterbrochene Gewässerläufe -> Wasser fliesst nicht über die Strasse. Rechts, im Bereich der Durchlässe unterbrochener Gewässerlauf -> Wasser fliesst mit schwacher Intensität über die Strasse.

Bei sehr schmalen Objekten kann eine Unterbrechung des Gewässerlaufes keinen Sinn ergeben. Als Grundsatz gilt, sämtlich Objekte aus dem UP die im Maßstab 1:5000 flächig erkennbar sind, sind zu berücksichtigen. Im Zweifelsfall ist die Handhabung mit der Abteilung Naturgefahren abzusprechen.

Zur Unterstützung der Abgrenzung der Wirkungsräume und der Intensitäten werden immer häufiger GIS basierte Simulationsmodelle eingesetzt. Trotz laufender Verfeinerung und Weiterentwicklung der Modelle, wird im Kanton Luzern grossen Wert auf die Verifizierung und Bereinigung der Modellresultate im Feld gelegt. Die Modelloutputs sind sinnvoll zu einem stimmigen Ganzen zu arrondieren und zu generalisieren. Die Anforderungen an die Geodaten hinsichtlich zulässiger minimaler Flächengrössen sind in [5] festgelegt.

Grundsätzlich werden die Wirkungsräume und Intensitäten pro Prozessquelle abgegrenzt und digitalisiert [5]. In komplexen Systemen, beispielsweise im Bereich des Zusammenflusses mehrerer Gewässer, können sich die Prozessquellen gegenseitig beeinflussen und deren Wirkungsräume verstärkend überlagern. In einem solchen Fall kann das prozessquellenweise Vorgehen nicht zielführend sein und es ist in Absprache mit der Abteilung Naturgefahren individuell festzulegen.

## **7.4 Bearbeitungsumfang**

### **7.4.1 Ersterhebungen**

Bei einer Ersterhebung wird ein Gebiet, das bisher noch nicht in der entsprechenden Beurteilungstiefe beurteilt wurde, beurteilt. Da für den Kanton Luzern ausserhalb der bestehenden Gefahrenkartenperimeter flächendeckend eine Gefahrenhinweiskarte vorliegt, betreffen neue Ersterhebungen ausschliesslich Beurteilungen auf Stufe Gefahrenkarte.

Die vom Auftragnehmer zu erbringenden Leistungen sind im Kapitel 7.8 und im Leistungsbeschrieb im Anhang A beschrieben.

### **7.4.2 Plausibilisierung / Überarbeitung**

Überarbeitungen betreffen bereits auf gleicher Beurteilungstiefe beurteilte Gebiete. Sie gehen immer vom Bestehenden aus. Jede Überarbeitung beginnt mit einer Plausibilisierung des Bestehenden (Situationsanalyse). Dabei wird geprüft, ob die in der bestehenden Gefahrenbeurteilung getroffenen Annahmen und eingesetzten Methoden noch dem heutigen Stand des Wissens entsprechen und aus heutiger Sicht plausible und nachvollziehbare Ergebnisse liefern (die Kriterien nach denen sich die Plausibilitätsprüfung richtet sind in [6] definiert).

Der Plausibilisierung folgt dann punktuell die eigentliche Überarbeitung, der nicht mehr als plausibel beurteilten, Szenarien und Wirkungsräume.

In den Offerten sind die Plausibilisierung und die Überarbeitung getrennt und separat pro Prozessquelle zu offerieren. Die Angebote sind so aufzubauen, dass nach erfolgter Plausibilisierung, dort wo angezeigt, die Überarbeitung der Szenarien und Wirkungsräume einzeln ausgelöst werden kann.

### 7.4.3 Zu bearbeitende Gefahrenquellen

Im Rahmen einer Ersterhebung sind immer alle Prozessquellen zu beurteilen. Wobei die Identifikation der relevanten Prozessquellen und auftretenden Gefahrenprozesse bereits Teil des Auftrages ist (Situationsanalyse).

Bei Plausibilisierungen / Überarbeitungen werden die zu bearbeitenden Prozessquellen im projektspezifischen Pflichtenheft definiert.

### 7.5 Beurteilung der Schutzbauten

Die relevanten Schutzbauten sind für alle Prozessarten nach Methode PLANAT Protect zu beurteilen, d.h., dass bei positiver Grobbeurteilung eine Massnahmen- und Wirkungsbeurteilung durchzuführen ist. Wurde im Rahmen der Abschlussdokumentation von Schutzbauten bereits eine Beurteilung nach Protect durchgeführt, ist diese zu plausibilisieren und wenn nichts dagegenspricht zu übernehmen.

### 7.6 Umgang mit Klimaänderung

Wegen des Klimawandels kann die Häufigkeit und Intensität von Extremereignissen zunehmen. Zudem sind Naturgefahren mit dem Klimawandel vermehrt auch in Gebieten und Jahreszeiten ein Thema, die bisher von Schadenereignissen verschont geblieben sind (BAFU 2014). Generell ist von folgenden Trends auszugehen:

- ❑ Lawinen: Die Gefahr von Lawinnenniedergängen wird weniger von den absehbaren klimatischen Veränderungen beeinflusst als vielmehr von einzelnen witterungsbedingten Extremsituationen, die künftig häufiger als bisher zu erwarten sind. Es ist derzeit aber nicht von einer markanten Veränderung gegenüber heute auszugehen.
- ❑ Massenbewegungen: Da Wasser bei Hang- und Felsinstabilitäten häufig ein entscheidender Faktor ist, wirken sich vor allem die zu erwartenden wärmeren und niederschlagsreicheren Winter aus. Besonders betroffen sind geologisch ungünstig disponierte Gebiete, in denen Flysch, Molasse, Schiefer oder feinkörniger Gehängeschutt dominieren. Im Hochgebirge werden der Schwund der Gletscher und das Auftauen des Permafrostes zu vermehrten Massenbewegungen führen.
- ❑ Wasser: Es muss mit einer Zunahme von extremen Niederschlägen und damit auch von Hochwassern und Murgängen speziell im Winter, aber möglicherweise trotz geringeren Gesamtniederschlägen auch im Sommer gerechnet werden. In Einzugsgebieten mit einem geringen Einfluss der Gletscherschmelze wird die Abflussmenge im Sommer ab- und im Winter zunehmen. Permafrostdegradation und Gletscherrückzug erhöhen die Verfügbarkeit von Material, das durch Wasserprozesse in die Täler transportiert werden kann.

Der derzeitige Wissensstand erlaubt es aufgrund der grossen Unsicherheiten auf lokaler Stufe nicht, quantitative Angaben zu den erwarteten Veränderungen bezüglich Gefahrenprozessen zu machen. Sind bei einzelnen Prozessquellen jedoch Entwicklungen sichtbar, welche auf ein verändertes Verhalten aktuell oder in naher Zukunft hindeuten, sind diese in der Gefahrenbeurtei-

lung in Absprache mit der kantonalen Fachstelle zu berücksichtigen und im technischen Bericht auszuweisen.

Unsicherheitsbereiche von Parametern, welche durch die Klimaänderung beeinflusst werden können, sind tendenziell eher auf der pessimistischen Seite, d.h. mit gewissen Reserven, festzulegen. Solche Festlegungen sind dem Auftraggeber transparent darzulegen und mit den kantonalen Fachstellen abzusprechen.

## **7.7 Produkte**

### **7.7.1 Ereignisdokumentation**

Die Aufarbeitung vergangener Ereignisse ist ein wesentlicher Aspekt bei der Grundlagenerarbeitung. Als Quelle hierzu dient zum einen der bestehende Ereigniskataster (Kantonale Datenbank), der eine Sammlung bekannter Ereignisse aus den Gefahrenbeurteilungen und laufenden Meldungen darstellt. Erfasst sind verschiedene Attribute zu den Prozessen sowie, wenn möglich, Kartierungen der Prozessräume und beobachteten Phänomene. Weiter sind im Rahmen der Situationsanalyse Gespräche mit lokalen Informationsträgern zu führen (Gemeindebehörde, Feuerwehrvertreter, Wuhraufsicht, Werkdienst, Forstdienst, etc.)

Neue Ereignisse, die noch nicht in der StorMe Datenbank erfasst sind, sind in StorMe Formularen zu erfassen. Die anschliessende Nachführung der StorMe Datenbank erfolgt durch vifNG anhand der StorMe Formularinhalte.

### **7.7.2 Karte der Phänomene**

Die Karte der Phänomene stellt stumme Zeugen früherer Naturereignisse und wichtige geomorphologische, geologische und hydrologische Erscheinungen im Gelände dar. Die Karte der Phänomene ist eine Zusammenstellung von Fakten (ohne Interpretation!) und trägt wesentlich dazu bei, das Verständnis für Abläufe und Zusammenhänge zu fördern, Schlussfolgerungen zu belegen und deren Nachvollziehbarkeit sicherzustellen. Plangrundlage bildet der UP10 im Massstab 1:5'000. Es reicht, wenn die Phänomene sauber von Hand auf eine Karte eingezeichnet werden und das Produkt in Papierform sowie als pdf-Datei abgegeben wird. Wenn möglich sind die Phänomene als Geodatensatz zu erfassen. Als Legende ist die Minimal-Legende gemäss BWG, BUWAL 1995 [10] zu verwenden.

Im Rahmen von Plausibilisierungen / Überarbeitungen ist die bestehende Karte der Phänomene mit den neusten Beobachtungen zu ergänzen. Die bestehende Karte der Phänomene kann bei der kantonalen Fachstelle bezogen werden. Die Formate sind uneinheitlich und reichen von pdf handkolorierter Karten bis zu Shapefiles.

### **7.7.3 Intensitätskarten / Fliesstiefenkarten (Kartographie)**

Intensitätskarten zeigen die Umhüllende aller möglichen Ereignisabläufe mit einer bestimmten Wiederkehrperiode und enthalten die Intensitätsstufen gemäss Anhang C. Bei den Intensitätskarten wird nicht berücksichtigt, dass ein einzelnes Ereignis oft nicht die gesamte Fläche eines

Grundszenarios betrifft (räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit). Intensitätskarten sind nach Hauptprozessart (vgl. Anhang B) und Wiederkehrperiode zu erstellen.

Bei der kartographischen Darstellung der Intensitäten ist der Untersuchungsperimeter einzublenden. Ausserhalb des Gefahrenkartenperimeters sind keine Gefahreninformationen (Gefahrenhinweise) abzubilden (vgl. dazu das Darstellungsmodell in [5]).

Für das Extremereignis ist der Wirkungsraum als Umhüllende darzustellen ohne Abgrenzung von Intensitäten.

Bei Wasserprozessen können in Gebieten mit modellierten Wirkungsräumen Fliesstiefenkarten detailliertere Informationen zu Überflutungshöhen liefern. Sie enthalten die Fliesstiefenstufen gemäss Anhang C. Auch die Flächen der Fliesstiefenkarten sind im Feld zu plausibilisieren und zu arrondieren.

Welche Produkte in welcher Form im Einzelfall erstellt werden müssen, wird jeweils im projektspezifischen Pflichtenheft definiert.

#### **7.7.4 Gefahrenkarte pro Hauptprozessart und Synoptische Gefahrenkarte**

Die Berechnung und der Verschnitt der Prozessgefahrenkarten und der synoptischen Gefahrenkarte erfolgt automatisiert durch die Abteilung Naturgefahren (vgl. [5]).

Bei der kartographischen Darstellung ist der Untersuchungsperimeter einzublenden. Ausserhalb des Gefahrenkartenperimeters sind die passenden Gefahrenhinweise darzustellen. Das heisst bei den Prozessgefahrenkarten beschränkt sich die Darstellung der Gefahrenhinweise auf die dem Hauptprozess zugeordneten Prozesse (vgl. dazu das Darstellungsmodell in [5]).

Welche Produkte in welcher Form im Einzelfall erstellt werden müssen, wird jeweils im projektspezifischen Pflichtenheft definiert.

### **7.8 Arbeitsschritte**

In der Offerte sind die vorgesehenen Verfahren und Methoden (auch Benennung der Berechnungsmodelle) im Einzelnen auszuweisen. Sie haben sich nach den einschlägigen Richtlinien und Normen sowie den kantonalen Vorgaben zu richten. Nachfolgend sind die erwarteten Arbeitsschritte aufgelistet. Eine detaillierte Übersicht über die zu erbringenden Leistungen gibt Anhang A.

#### **7.8.1 Situationsanalyse / Plausibilisierung: Gefahrenerkennung und Dokumentation**

- Auswertung des Ereigniskatasters, allenfalls Ergänzungen und Erfassung neuer Ereignisse -> StorMe Formulare.
- Konsultation von historischen Karten und alten Luftbildern.
- Geologisch-geomorphologische und hydrologische Zustandsanalyse der Einzugs- resp. Anrissgebiete, Erstellung oder Ergänzung der Karte der Phänomene in ausgewählten Gebieten.

- ❑ Sammlung und Analyse bestehender Fachgutachten sowie lokaler Gefahrenbeurteilungen / Teilrevisionen.
- ❑ Erhebung oder Beschaffung allfällig weiterer notwendiger Grundlagen, beispielsweise Vermessungskampagne durch den Geometer. Die Art der Grundlagen und die Kosten dafür sind in der Offerte aufzuführen.
- ❑ Erfassung sowie Zustands- und Wirkungsanalyse der Schutzbauten gemäss Methode PLANAT Protect.
- ❑ Plausibilisierung der Szenarien und Wirkungsräume der bestehenden Gefahrenbeurteilung (gilt für Überarbeitungen von bestehenden Gefahrenkarten).

### 7.8.2 Szenariendefinition

- ❑ Erarbeiten der Szenarien für die Wiederkehrperioden 30, 100, 300 Jahre und Extremereignis (Restgefährdung). Bei Rutsch- und Sturzprozessen sind die Extremereignisse sehr zurückhaltend auszuscheiden (Bergstürze, prähistorische Rutschereignisse).
- ❑ Die der Gefahrenbeurteilung zugrunde liegenden Szenarien sind in den Faktenblätter (siehe Anhang) ausführlich verbal und quantitativ zu dokumentieren, zu kommentieren und zu begründen. Ebenso sind nicht berücksichtigte, als Restgefährdung beurteilte Szenarien kurz zu kommentieren und deren Zuordnung zu begründen.
- ❑ Bei den Wassergefahren sind die Schwachstellen strukturiert zu analysieren und einzeln zu dokumentieren und zu beschreiben (siehe auch Faktenblätter Anhang F).

### 7.8.3 Wirkungsanalyse

- ❑ Definition und Beurteilung der Gefahren in den Wirkungsgebieten anhand verschiedener Gefährdungsbilder. Die Gefährdungsbilder sind ausführlich zu beschreiben und zu begründen.
- ❑ Abgrenzung der Wirkungsräume und der darin auftretenden Intensitäten und Fliesstiefen (vgl. Anhang C) basierend auf den in der Szenariendefinition festgelegten Szenarien. Die Wirkungsflächen (Intensitäten/Fliesstiefen) sind für jede Prozessquelle getrennt nach Wiederkehrperiode auszuscheiden und zu digitalisieren [5].
- ❑ Die Intensitäten/Fliesstiefen pro Prozessquelle werden zu "synoptischen" Intensitätskarten pro Hauptprozess und "synoptischen" Fliesstiefenkarten verrechnet (läuft automatisiert beim Kanton, vgl. [5]).
- ❑ Aus den Intensitätskarten pro Hauptprozess werden die Prozessgefahrenkarten und die Synoptische Gefahrenkarte berechnet (läuft automatisiert beim Kanton, vgl. [5]). Massgebend für die Zuordnung/Berechnung der Gefahrenstufen sind die Häufigkeits-Intensitäts-Diagramme im Anhang D.

#### **7.8.4 Verifizierte Gefahrenhinweise im Gefahrenhinweiskartenperimeter**

Die Verifizierung der Gefahrenhinweise im Gefahrenhinweiskartenperimeter umfasst die Plausibilisierung und Ergänzung der bestehenden Beurteilungen anhand des Ereigniskatasters, der Analyse der Topographie sowie weiterer im Verlaufe der Gefahrenbeurteilung gewonnener Erkenntnisse. Eine systematische flächige Feldbeurteilung ist grundsätzlich nicht vorgesehen. Die Anpassungen erfolgen im Allgemeinen punktuell.

Je nach Ausgangslage kann für wichtige Objekte eine vertiefte punktuelle Abklärung vor Ort verlangt werden. Massgebendes Szenario ist in einem solchen Fall das 300jährige Ereignis.

Der Umfang der Beurteilung auf Stufe Gefahrenhinweiskarte, bzw. ob und welche Objekte spezifisch zu beurteilen sind, wird jeweils im projektspezifischen Pflichtenheft definiert.

#### **7.8.5 Technischer Bericht**

Der Technische Bericht zur Gefahrenkarte ist gemäss Anhang A aufzubauen und ergänzt die bestehenden technischen Berichte früherer Beurteilungen. Er setzt sich aus einem allgemeinen Teil und den Faktenblättern zusammen.

Der allgemeine Teil soll eher kurz und kompakt gehalten werden.

Die Gefahrenbeurteilung selber mit den zugrunde liegenden Szenarien und Wirkungsräumen ist in den Faktenblättern ausführlich zu dokumentieren und zu begründen. Die Szenarien, die den Berechnungen und Modellierungen zugrunde gelegt werden, sind zu beschreiben und die verwendeten Parameter zu kommentieren.

## **8 Prozessspezifische Vorgaben**

Die nachfolgenden Vorgaben gelten für die Gefahrenbeurteilungen auf Beurteilungsstufe Gefahrenkarte (vgl. Kap. 6.3).

### **8.1 Schneeprozesse**

Als Grundlage für die Beurteilung der Lawinen sind Modellierungen mit gängiger Software (z.B. AVAL-1D, RAMMS) durchzuführen. Die Beurteilung der Lawinen richtet sich nach den einschlägigen Publikationen des SLF.

Die Angrenzung und Beurteilung von Gleitschneeprozessen richtet sich nach dem Inhalt der einschlägigen Publikationen des SLF [26].

### **8.2 Rutschprozesse**

Rutschgebiete sind bezüglich ihrer heutigen Aktivität und im Hinblick auf die künftige Entwicklung räumlich möglichst differenziert zu untersuchen und zu beschreiben. Grundlage bildet die Methodik AGN von 2004 [14]. Die Beurteilung der permanenten Rutschungen umfasst neben dem primären Intensitätskriterium "mittlere Rutschgeschwindigkeit" auch die für die Gefahrenstufenzuordnung relevanten Kriterien Reaktivierungspotential, Potential zu Differenzialbewegungen und Tiefe der Gleitfläche. Bei permanenten Rutschungen sind, wo vorhanden, die Verschiebungsvektoren aus der amtlichen Vermessung einzubeziehen. In besonders verletzlichen Siedlungsräumen sind allenfalls Vermessungsaufträge auszulösen, um die Rutschbewegungen zu beurteilen. Dieser Aufwand ist in der Offerte auszuweisen.

Die in der AGN-Methodik genannten spontanen Rutschungen beziehen sich nicht nur auf grossvolumige Massenbewegungen. Sie ist auch auf die kleineren Rutschzonen mit spontaner Rutschaktivität anzuwenden. Dort wo sich solche kleineren Rutschmassen verflüssigen, werden sie dem Prozess Hangmuren zuzuordnen. Pro Wiederkehrperiode können somit in Abhängigkeit der lokalen Disposition an derselben Stelle entweder spontane Rutschungen oder Hangmuren ausgeschieden werden, nie aber beide gleichzeitig.

Ergänzend zur Beurteilung nach AGN kann eine flächige Modellierung der Hangmurenprozesse als Option angeboten werden.

### **8.3 Sturzprozesse**

Als Grundlage für die Gefahrenbeurteilung von Sturzprozessen sind in der Regel 3D-Sturzmodellierungen vorzunehmen. Dies insbesondere dann, wenn der engere Siedlungsraum von Stein- und Blockschlag betroffen ist. In begründeten Fällen können aber auch 2D-Modellierungen, die Pauschalgefällemethode, der Schattenwinkel oder eine andere angemessenen Methodik verwendet werden. Für die Beurteilung von Massenstürzen (Fels- und Bergsturz) ist nicht zwingend eine 3D-Modellierung einzusetzen.

Für die Szenarienbildung sind die Prozessquellen (Liefergebiete) nach strukturgeologischen Eigenschaften (Stabilitäten, Trennflächen u.ä.) zu analysieren. Ergänzend dazu hilft eine Analyse

des Ereigniskatasters und der Sturzkomponenten im Transit- und Ablagerungsgebiet, um die Blockgrößen für die verschiedenen Szenarien festzulegen.

Im Transit- und Ablagerungsgebiet ist die Oberflächenbeschaffenheit (Vegetation, Dämpfungseigenschaften, Rauigkeiten) zu erfassen. Bezüglich der Waldbestockung sind folgende Eigenschaften aufzunehmen: Stammzahl, Durchmesser- und Höhenverteilung, Lage und Grösse von Lücken oder Schneisen.

Die Modellparameter (Vegetation/Bestockung, Dämpfungseigenschaften, Rauigkeiten) und die Ergebnisse der Sturzmodellierungen sind als Anhang der Faktenblätter Bestandteil des Technischen Berichts.

## **8.4 Wasserprozesse**

Für die Gewässer sind die massgeblichen Hochwasser-, Murgang- und Ufererosion-Szenarien einschliesslich kombinierter Szenarien (Wechselwirkungen von Seitenbächen mit dem Vorfluter sowie Wechselwirkungen mit Massenbewegungsprozessen) zu erarbeiten. Dabei sind insbesondere die Erkenntnisse vergangener Hochwasser zu berücksichtigen.

Speziell bei Eindolungen, Durchlässen und Brücken sind die relevanten Querschnitte zu erfassen und die Abflusskapazitäten unter Berücksichtigung von Schwemmholz und Geschiebe sowie eines Freibords zu bestimmen.

Die Szenarien beinhalten Annahmen zu Verklausungswahrscheinlichkeiten von Brücken, Freibordhöhen, Auflandungen und Erosionen im Gerinne, Ufererosionen, Dammbürchen und weiteren Einflussgrößen.

Für die Beurteilung der Schlüsselstellen gilt das Bruttoprinzip. Das heisst für jede Schlüsselstelle entlang einer Prozessquelle (Gewässer) wird grundsätzlich der Hochwasserabfluss gemäss hydrologischer Abschätzung angenommen. Allfällig austretende Wassermengen an einer oberliegenden Schwachstelle werden nicht in Abzug gebracht und es ist der volle Abfluss anzunehmen. Ausnahmen sind unterhalb von relevanten Austrittsstellen, bei welchen das Wasser nicht mehr ins Gerinne zurückfliessen kann, möglich. Ausnahmen sind mit der Abteilung Naturgefahren abzusprechen und im Faktenblatt zu dokumentieren.

### **8.4.1 Abgrenzung Wassergefahren / Oberflächenabfluss**

Gegenstand der Gefahrenbeurteilung im Rahmen einer Gefahrenkartenbearbeitung sind Wasserprozesse ausgehend von einem Gewässer (Fluss, Bach, See). Man spricht dabei von sogenannten Prozessquellen (siehe dazu Kapitel 7.2). Explizit nicht berücksichtigt wird in der Beurteilung der reine Oberflächenabfluss.

Das heisst in geneigtem Gelände abfliessendes oder sich in Mulden ansammelndes Wasser aus Oberflächenabfluss findet keine Berücksichtigung in der Gefahrenbeurteilung und wird somit in den Gefahrenkarten auch nicht als Wirkungsraum abgebildet.

#### **8.4.2 Hydrologie**

Grundlagen aus bestehenden Hydrologiestudien, Schutzprojekten oder Gefahrenbeurteilungen aus benachbarten Gemeinden sind zu berücksichtigen. Wo Messstationen mit langjährigen und zuverlässigen Messreihen vorliegen (auch Seen), sind statistische Analysen durchzuführen. Für Gewässer ohne Messstellen sind die Abflüsse über empirische Formeln festzulegen (z.B. HAKESCH für kleine Einzugsgebiete, HQx\_meso\_CH für Einzugsgebiete über 10 km<sup>2</sup>). Die berechneten Abflusswerte sind kritisch zu hinterfragen und mit Informationen aus dem Ereigniskataster, aus bestehenden Hydrologiestudien sowie anhand der Werte benachbarter Gefahrenkarten zu plausibilisieren.

#### **8.4.3 Geschiebe und Schwemmholz**

Für Gerinne mit relevantem Geschiebetrieb sind die Geschiebefrachten für alle Szenarien mit geeigneten Methoden (z.B. Sedex) zu bestimmen. Dabei ist der unterschiedlichen Transportkapazität der verschiedenen Abschnitte Rechnung zu tragen.

Hinsichtlich Schwemmholz sind die Einzugsgebiete mindestens danach zu beurteilen, ob bei den verschiedenen Szenarien Schwemmholz auftritt und welche Abmessungen (Stammlänge und -durchmesser sowie Abmessung Wurzelstöcke) dieses aufweist. Wenn möglich sind quantitative Angaben zum Schwemmholz zu machen. Die Verklauungswahrscheinlichkeit pro Szenario kann z.B. nach Lange, Bezzola 2006 [19] bestimmt werden.

#### **8.4.4 Gerinne- und Abflusskapazitäten, Freibord**

Die Abflusskapazität ist mit geeigneten, allgemein anerkannten Methoden zu bestimmen. Bei Normalabflussrechnungen sind allfällige Wechselwirkungen mit den Abflussverhältnissen ober- und unterhalb der Schlüsselstelle zu berücksichtigen.

Die Kapazitätsberechnungen haben unter Berücksichtigung des Geschiebe- und Schwemmholztransportes zu erfolgen.

Bei der Bestimmung der Gerinne- und Abflusskapazität ist ein Freibord gemäss Fachordner 911\_301 zu berücksichtigen.

#### **8.4.5 Ufererosion**

Grundlage für das Vorgehen ist die Empfehlung FAN/KOHS 2015 [16]. Analog zu den anderen Wasserprozessen sind für alle Wiederkehrperioden Wirkungsräume und Intensitäten festzulegen. Massgebendes Kriterium für die Abgrenzung der Intensitäten ist die Erosionshöhe, lotrecht gemessen von der Böschungsoberkante bis zur Sohle der Erosionsstelle (siehe Anhang C).

#### **8.4.6 Abgrenzung zur Hangrutschung**

Die Erosion am Böschungsfuss kann dazu führen, dass der darüber liegende Hang nachrutscht. Der Rutschprozess und die Ufererosion sind für die Gefahrenbeurteilung zu unterscheiden und

müssen getrennt evaluiert werden. Allerdings beeinflussen sich die Prozesse gegenseitig (siehe dazu auch die Ausführungen in der Empfehlung FAN/KOHS 2015 [16]).

Hangrutschungen gelten als Massenbewegungsprozess, welcher durch das geotechnische Versagen eines Hanges verursacht wird. Hangrutschungen sind als eigenständige Gefahrenquelle (mit dem Prozessquellennamen des Gewässers) unter der Prozessart Rutschung zu erfassen.

## **9 Geodaten / Datenaustausch**

Struktur, Form und Inhalte der abzugebenden Geodaten richten sich nach den Vorgaben zum neuen Datenmodell. Details dazu können [5] entnommen werden.

Die wichtigsten Neuerungen im Vergleich zum alten Datenmodell sind:

- Der Kanton stellt dem Auftragnehmer entweder eine mehrheitlich leere Datenbank bei Ersterhebungen oder bei Überarbeitungen eine mit den zu überarbeitenden Befunden abgefüllte Datenbank via Datenportal zum Download bereit. Alle Daten sind in der abgegebenen Struktur und in der vordefinierten Form zu erfassen und abzuliefern.
- Die Auftragnehmer erheben und liefern nur Basisdaten (Intensitäten und Fliesstiefen pro Prozessquelle, Gefahrenhinweise). Derivate (synoptische Intensitäts- und Gefahrenkarten) werden zentral bei der kantonalen Geofachstelle berechnet und müssen nicht mehr von den Auftragnehmer erzeugt werden.
- Die abgelieferten Daten werden einer automatisierten Qualitätsprüfung hinsichtlich Struktur, Inhalte und Topologie unterzogen. Fehlerhafte Operate werden ausnahmslos zurückgewiesen.

Der Austausch der Geodaten (bestehende Basisdaten sowie Gefahrenkartenprodukte sowie Grundlagendaten) erfolgt via Datenportal. Jeder Auftragnehmer hat sein persönliches Benutzerkonto, über das er die Daten herunter- sowie im Anschluss an die Bearbeitung - wieder hochladen kann (siehe dazu [5]).

Für die Gefahrenbeurteilung wird dem Auftragnehmer kostenlos ein vordefiniertes Set an Grundlagendaten im Datenportal zum Download bereitgestellt. Eine Liste der Grundlagendaten findet sich in [5]). Benötigt ein Auftragnehmer zusätzliche Daten muss er diese separat über den Geoshop der Dienststelle rawi bestellen. Pro zusätzliche Bestellung fällt eine Bearbeitungsgebühr an.

## **Anhang A: Leistungsbeschreibung Gefahrenbeurteilung**

Die nachfolgende Auflistung von Grundleistungen und besonderes zu vereinbarenden Leistungen dient der Transparenz für die Offerterstellung und Abwicklung von Projekten der Gefahrenbeurteilung. Die Tabellen sind so zu verstehen, dass die Leistungen in der Spalte Grundleistungen in jedem Fall zu erbringen sind, auch wenn sie nicht explizit im Auftrag ausformuliert sind.

Die Leistungen in der Spalte besonders zu vereinbarende Leistungen sind mehr als Checkliste für mögliche Zusatzleistungen zu sehen. Diese sind nur zu offerieren und somit Bestandteil des Auftrags, sofern sie im Auftragsbeschreibung explizit erwähnt sind.

Es versteht sich von selbst, dass nicht immer für alle Prozessquellen sämtliche aufgeführten Leistungen notwendig und sinnvoll sind. Die Offertsteller sind aufgefordert in ihren Auftragsanalysen und Vorgehenskonzepten entsprechende Präzisierungen vorzunehmen.

### **A1 Gesamtleitung**

Die Gesamtleitung eines Auftrages umfasst in Anlehnung an SIA104 Ziff. 3.4.1:

#### **Projektorganisation**

- Erstellung der Aufbau- und Ablauforganisation für das Projekt
- Zuteilung von Aufgaben im Team des Auftragnehmers

#### **Projektleitung**

- Fachliche und administrative Leitung des Teams des Auftragnehmers
- Koordination der Leistungen aller Beteiligten
- Sicherstellung des Informationsflusses und der Dokumentation, einschliesslich der Organisation des technischen und administrativen Datenaustausches
- Kommunikation mit dem Auftraggeber und Dritten
- Vertretung des Auftraggebers gegenüber Dritten im vereinbarten Rahmen

#### **Beratung**

- Beratung des Auftraggebers
- Rechtzeitige Bereitstellung von Entscheidungsgrundlagen für den Auftraggeber
- Rechtzeitige Formulierung von Anträgen an den Auftraggeber
- Einholung von Entscheiden und Abmahnung von nachteiligem Verhalten des Auftraggebers

#### **Administration**

- Protokollierung der Sitzungen mit dem Auftraggeber
- Erstellung von periodischen Standberichten

#### **Qualitätssicherung**

- Erfüllung der Leistungs- und Sorgfaltspflichten in Bezug auf die Einhaltung der vom Auftraggeber formulierten Ziele hinsichtlich Qualität, Kosten und Terminen
- Organisation und Leitung einer koordinierten projektbezogenen Qualitätssicherung

## A2 Übergeordnete Arbeiten und Grundlagen

	<b>Grundleistungen</b>	<b>Besonders zu vereinbarende Leistungen</b>
Organisation	- Gesamtleitung gem. Kap. 3	- <i>Mithilfe bei der Öffentlichkeitsarbeit</i> - <i>Beizug von weiteren Spezialisten</i>
Ziele und Rahmenbedingungen	- Analyse der Aufgabe - Überprüfen Ziele und Randbedingungen - Aufzeigen möglicher Konfliktsituationen und Handlungsalternativen	- <i>Mithilfe bei Erarbeitung eines Anforderungskataloges und Projektpflichtenheftes</i>
Datenübernahme und Ergänzung	- Beschaffen und Aufarbeiten der notwendigen Daten und Arbeitsunterlagen - Überführung von Daten ins System des Auftragnehmers - Überprüfen/Hinterfragen der vorliegenden Unterlagen - Beschaffen und Zusammenstellen ergänzender Unterlagen - Bestandesaufnahmen und Zustandsanalysen - Bearbeitungs- und Nutzungsgebühren für Grundlagendaten	- <i>Durchführung von Winterbeobachtungen, Langfristbeobachtungen, langfristige Messungen</i>
DTM / Topographie	- Bestehendes LIDAR-DTM/-DOM - Überprüfung der Aktualität des DTM mit dem Gelände - Vermessung Längs- und Querprofile in Gewässern ohne die erforderlichen Aufnahmen - Übernahme bestehende Längen- und Querprofile Gewässer - Aufbereitung DTM/DOM für Modellierungen (z.B. Integration Gewässer-Querprofile in LIDAR-DTM) - DTM-Derivate wie z.B. Neigungskarten und Expositionen - Historische Karten und Luftbilder	- <i>Korrekturen und Ergänzungen im DTM</i>
Meteorologie	- statistische Auswertung Wetter- und Klimadaten (z.B. Temperatur, Schnee, Niederschlag) - Qualitative Analyse Auswirkungen Klimaänderung in Region	- <i>Digitalisierung von analog vorhandenen Messdaten</i> - <i>Quantitative Analyse Auswirkungen Klimaänderung in Region</i>
Geologie	- Geologische und geotechnische Karten	-
Vegetation	- Erfassung Zustand Vegetation (insb. Wald)	-

### Leistungen des Auftraggebers oder der kantonalen Fachstelle:

- Freigabe des Pflichtenheftes
- Entscheid betreffend Projektorganisation, Vorgehen und Beizug von Fachspezialisten
- Freigabe des Ablauf- und Terminplanes
- Aufzeigen der Schnittstellen zum Auftraggeber
- Genehmigen von Nachträgen und Zusatzleistungen
- Bestimmen der Sitzungsteilnehmer seitens Auftraggeber und lokale Spezialisten
- Abgabe vorhandener Daten und Unterlagen
- Freigabe der Projektorganisation sowie des PQM- und Informationskonzeptes

## A3 Situationsanalyse

	<b>Grundleistungen</b>	<b>Besonders zu vereinbarende Leistungen</b>
Ereigniskataster	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auswertung und Interpretation</li> <li>- Ausfüllen eines StorMe Formulars inkl. kartographischer Darstellung des Prozessraums für bisher noch nicht erfasste Ereignisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Umfangreiche Aufarbeitung vergangener Ereignisse</i></li> </ul>
Karte der Phänomene	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ergänzende Kartierungen im engeren Einzugsgebiet der bearbeiteten Prozessquellen</li> <li>- Beschreibung Phänomene in den Faktenblätter</li> <li>- Kartierung nach Minimallegende BU-WAL/BWG</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Flächendeckende Kartierung (über das Einzugsgebiet der bearbeiteten Prozessquellen hinaus)</i></li> <li>- <i>Kartierung nach erweiterter Legende BU-WAL/BWG</i></li> </ul>
Gefahrenhinweiskarte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyse Gefahrenhinweiskarte</li> <li>- Analyse Ereigniskataster Kt. Luzern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>flächige Feldbeurteilung</i></li> </ul>
Gefahrenkarte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plausibilisierung der bestehenden Szenarien und Wirkungsräume</li> <li>- Triage zwischen den plausiblen und den nicht mehr plausiblen Szenarien / Wirkungsräumen sowie Aufzeigen des Handlungsbedarfs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>
Schutzbautenkataster	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyse Schutzbautenkataster</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Erfassung von Schutzbauten</i></li> </ul>

### **Leistungen des Auftraggebers oder der kantonalen Fachstelle:**

- Abgabe des Ereigniskatasters
- Abgabe des Schutzbauten-Katasters durch die Kantonale Fachstelle
- Die definitive Triage der Szenarien erfolgt im Einverständnis mit dem Auftraggeber bzw. den Fachstellen anlässlich der Plausibilisierungssitzung.

## A4 Szenariendefinition

	<b>Grundleistungen</b>	<b>Besonders zu vereinbarende Leistungen</b>
Lawinen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auswertung Schneedaten</li> <li>- Ausscheidung potentielle Lawinenanrissgebiete mit Anrisshöhen</li> <li>- Analyse Sturzbahnen, Transit- und Ablageungsgebiete</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Betrieb eines eigenen Messfeldes für die Messungen von Referenzschneehöhen</i></li> </ul>
Rutschungen	<p><b>Permanente Rutschungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verschiebungsvektoren aus amtlicher Vermessung</li> <li>- Geologisches Modell der Rutschung</li> </ul> <p><b>Spontane Rutschungen/Hangmuren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- massgebende Parameter zur Beurteilung potentieller Rutschungen</li> <li>- Kritische Hangneigung zur Auslösung von Hangmuren nach Geländekammern</li> <li>- Schätzung der Anrissmächtigkeiten</li> <li>- Bestimmung der Förderfaktoren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Hydrogeologische Untersuchungen</i></li> <li>- <i>Sondierungen wie Baggerschlitzte, Rammung, Bohrungen oder Geophysik</i></li> <li>- <i>Laboruntersuchungen (Kornverteilungen, Wassergehalt, mineralogische Zusammensetzung, innerer Reibungswinkel etc.)</i></li> </ul>
Sturzprozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bestimmung Auslösezonen der Sturzprozesse</li> <li>- Erhebung der massgebende Parameter zur Beurteilung Sturzprozesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Detailabklärung Trennflächengefüge</i></li> <li>- <i>Überwachungsmessungen</i></li> </ul>

**Hydrologie**

- Analyse Einzugsgebiet (Fläche, Geologie, Geomorphologie, Hydrologie, Geotechnik, Höhenlagen)
- Berücksichtigung Abflusswerte aus Hydrologiestudien und Schutzprojekten
- statistische Analyse Abflussdaten
- Berechnung Abflüsse mit verschiedenen empirischen Formeln
- Analyse Gewässernetz
- Massgebende Niederschlags- resp. Abflussmengen
- Abfluss-Ganglinien für bezeichnete Gewässer

**Geschiebe**

- Repräsentative Linienzahlanalysen in nötiger Anzahl (falls notwendig)
- Geschiebeentstehung und -quellen
- Geschiebeberechnungen und -frachten (1d/2d-Modelle)
- Auflandungen/Erosionen
- Murgangfähigkeit einzelner Gerinne(abschnitte)

**Schwemmholz**

- Schwemmholzquellen
- Wahrscheinlichkeit des Schwemmholzaufkommens pro Wiederkehrperiode
- Abmessungen des Schwemmholzes pro Wiederkehrperiode

**Schwachstellenanalyse**

- Berechnung Freibord
- Berechnung der Abflusskapazitäten von Gerinneabschnitten, Brücken, Bauwerken und Engpässen inkl. allfälligen Auflandungen
- Festlegung Verklausungswahrscheinlichkeiten
- Gefährdungsbilder und Einwirkungen auf Schutzbauten

**Hydrologie**

- *Rückrechnung von Abflusswerten historischer Ereignisse*
- *Abflussbereitschaftskarten*
- *Einsatz von physikalischen Niederschlags-Abflussmodellen*
- *Digitalisierung von analog vorhandenen Messdaten*
- *Quantifizierung Einflüsse von Seeretentionen, Stauanlagen oder Seeausbrüche*

**Geschiebe**

- *Kornverteilungskurven aus Siebanalysen im Labor*

**Schwemmholz**

- *Quantifizierung der Schwemmholzmenge pro Wiederkehrperiode*

**Leistungen des Auftraggebers oder der kantonalen Fachstelle:**

- Plausibilisierung der Szenarien
- Die definitive Festlegung der Szenarien erfolgt im Einverständnis mit dem Auftraggeber bzw. den Fachstellen anlässlich der Szenariensitzung.

## A5 Wirkungsanalyse

	<b>Grundleistungen</b>	<b>Besonders zu vereinbarende Leistungen</b>
Generell	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grob-, Massnahmen- und Wirkungsbeurteilung sämtlicher relevanten Schutzbauten</li> <li>- Verhalten von Bauwerken und Schutzbauten bei Extremereignissen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erfassen der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeit</li> </ul>
Lawinen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intensitätskarten pro Prozessquelle pro Wiederkehrperiode</li> <li>- Extremereignis als Umhüllende ohne Abgrenzung der Intensitäten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intensitätskarte Extremereignis</li> </ul>
Rutschungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intensitätskarten pro Prozessquelle pro Wiederkehrperiode</li> <li>- Extremereignis als Umhüllende ohne Abgrenzung der Intensitäten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modellierung Hangmuren</li> <li>- Intensitätskarte Extremereignis</li> </ul>
Sturzprozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modellierung Sturzprozesse 3D, 2D, Pauschalgefälle, andere Methode</li> <li>- Intensitätskarten pro Prozessquelle pro Wiederkehrperiode</li> <li>- Extremereignis als Umhüllende ohne Abgrenzung der Intensitäten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intensitätskarte Extremereignis</li> </ul>
Wasserprozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- einfache hydraulische Berechnungen</li> <li>- Intensitätskarten pro Prozessquelle pro Wiederkehrperiode</li> <li>- Extremereignis als Umhüllende ohne Abgrenzung der Intensitäten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3D-Modellierungen</li> <li>- Fliesstiefenkarten (skalierte Überflutungskarten)</li> <li>- Intensitätskarte Extremereignis</li> </ul>

### Leistungen des Auftraggebers oder der kantonalen Fachstelle:

- Plausibilisierung Intensitäts- und Fliesstiefenkarten

## A6 Dossier Gefahrenkarte

Die nachfolgend aufgeführten Leistungen beziehen sich lediglich auf physische Produkte. Die Anforderungen bezüglich Geodaten sind in [5] geregelt.

	<b>Grundleistungen</b>	<b>Besonders zu vereinbarende Leistungen</b>
Anzahl	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bis 3 komplette Dossiers in Papierform</li> <li>- Zusätzlich 2 synoptische Gefahrenkarten in Papierform</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>ab dem 4. Dossier in Papierform</i></li> </ul>
Form	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sämtliche Dokumente Papier und als PDF</li> <li>- Technischer Bericht zusätzlich als *.docx</li> </ul>	-
Gefahrenkarte inkl. Gefahrenhinweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Synoptische Gefahrenkarte inkl. Gefahrenhinweise 1:5'000</li> <li>- Gefahrenkarte inkl. Gefahrenhinweise pro Hauptprozessart 1:5'000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Gefahrenkarte pro Prozessart</i></li> <li>- <i>Gefahrenkarte pro Prozessquelle</i></li> </ul>
Intensitätskarte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intensitätskarte pro Hauptprozessart und Wiederkehrperiode 1:5'000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Intensitätskarten pro Prozessquelle</i></li> </ul>
Karte der Phänomene	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Karte der Phänomene 1:5'000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Karte der Phänomene als GIS-Datensatz</i></li> </ul>
Technischer Bericht	<p><b>Einleitung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausgangslage</li> <li>- Auftrag, Projektorganisation</li> <li>- Problemstellung, Zielsetzung</li> <li>- Stellung zum bestehenden Gefahrenkartendossier</li> </ul> <p><b>Untersuchungsperimeter</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gefahrenkartenperimeter, Gefahrenhinweiskartenperimeter</li> </ul> <p><b>Bestehende Gefahrenbeurteilungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufzählung der bereits existierenden Gefahrenbeurteilungen</li> </ul> <p><b>Wasserprozesse (analoges Kapitel für jeden relevanten Hauptprozess)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plausibilisierung bestehende Gefahrenkarte / Gefahrenbeurteilungen</li> <li>- verwendete Erkenntnisse aus bestehenden Grundlagen (Gefahrenkarten / Bauprojekte)</li> <li>- ergänzende Arbeiten</li> <li>- kurze Zusammenfassung der Gefahrensituation (Gefahrenstufen) pro Prozessquelle</li> </ul> <p><i>Hinweis: Dokumentation der Szenarien und Wirkungsraumbeurteilung erfolgt mit den Faktenblättern</i></p> <p><b>Änderungen gegenüber der ursprünglichen Gefahrenkarte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kurzer Beschrieb der Änderungen gegenüber der bestehenden Gefahrenkarte</li> </ul> <p><b>Verifizierung Gefahrenhinweiskarte (Perimeter B)</b></p> <p><b>Risiken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schutzdefizite</li> <li>- Massnahmenvorschläge</li> </ul> <p><b>Schlussbemerkungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Umsetzung der Gefahrenkarte</li> <li>- Beständigkeit der Gefahrenkarte</li> </ul> <p><b>Anhang</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faktenblätter</li> <li>- Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramme für alle Prozessarten</li> <li>- Herleitung und Bedeutung der Gefahrenstufen</li> <li>- Dokumentation zur eingesetzten Modellierungssoftware</li> <li>- Grafische Darstellung Modellierungen Sturz</li> </ul>	

Ergänzende Unterlagen Sturzprozesse	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Ausgangsparameter Modellierung??</i></li> <li>- <i>Karte Sturztrajektorien</i></li> <li>- <i>Energiekarte Sturzprozesse</i></li> <li>- <i>Karte Sprunghöhen</i></li> </ul>
Ergänzende Unterlagen Wasserprozesse	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>skalierte Intensitätskarte Fliesstiefen</i></li> <li>- <i>skalierte Intensitätskarte Fliessgeschwindigkeiten</i></li> <li>- <i>skalierte Intensitätskarte Wasserkote [m ü. M.]</i></li> </ul>
Geodaten	- Basisdaten (gemäss [5])	- <i>Abgabe Rohdaten aus Prozessmodellierungen</i>

**Leistungen des Auftraggebers oder der kantonalen Fachstelle:**

- Prüfung der Produkte gem. Kap. 7.8 auf Plausibilität und Nachvollziehbarkeit

## Anhang B: Prozessarten

### B1 Haupt- und Nebenprozesse der Gefahrenkarte

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die zu untersuchenden Nebenprozesse. Sie definiert die Zuordnungen der betrachteten Nebenprozessarten zu den einzelnen Hauptprozessen:

Hauptprozessart	HPA_Kürzel	Code	Nebenprozessart	PA_Kürzel	Code
<b>Wasserprozesse</b>	<b>W</b>	<b>1</b>	Hochwasser fließend	Hf	11
			Hochwasser stehend	Hs	12
			Murgänge	M	13
			Ufererosion	Ue	14
<b>Sturzprozesse</b>	<b>S</b>	<b>2</b>	Steinschlag	Ss	21
			Blockschlag	Bs	22
			Felssturz	Fs	23
			Eisschlag	Ei	24
<b>Rutschungsprozesse</b>	<b>R</b>	<b>3</b>	Permanente Rutschungen	pR	31
			Spontane Rutschungen	sR	32
			Hangmuren	Hm	33
			Uferrutschungen <sup>1</sup>	Ur	34
			Sackungen	Sa	35
			Absenkungen	As	36
			Einsturz	Es	37
<b>Lawinen</b>	<b>L</b>	<b>4</b>	Fließlawinen	Fl	41
			Staublawinen	Sl	42
			Schneerutsche	Srl	43

Bergsturz wird im Kanton Luzern nicht systematisch abgeklärt. Sollten sich im Rahmen der Gefahrenkartenerarbeitung Hinweise auf entsprechende Szenarien ergeben, so ist das weitere Vorgehen mit der zuständigen kantonalen Fachstelle und der Auftraggeberin abzusprechen.

### B2 Gefahrenhinweisprozesse

Gefahrenhinweisprozessart	GHK_Kürzel	Code	Ursprüngliche Datenherkunft
Überflutung und Übersarung	Wh	15	Überflutung: GHK Luzern; EBP, 2005. Übersarung: GHK Luzern; ARGE Geotest/geo7/GIUB, 1998.
Murgänge	Wm	13	GHK Luzern: ARGE Geotest/geo7/GIUB, 1998.
Sturz	S	20	GHK Luzern: ARGE Geotest/geo7/GIUB, 1998.
Permanente Rutschungen	R	31	GHK Luzern: ARGE Geotest/geo7/GIUB, 1998.
Spontanrutschungen / Hangmuren	Rh	38	Silvaprotect, 2006.
Lawinen	L	40	GHK Luzern: ARGE Geotest/geo7/GIUB, 1998.

<sup>1</sup> Uferrutschungen sind vom Prozess und von ihrer Wirkung her mit Spontanrutschungen zu vergleichen und werden demnach in analoger Art beurteilt. Sie werden einem Gewässer als Prozessquelle zugewiesen.

## Anhang C: Abgrenzungskriterien Intensitäten / Überflutungshöhen

### C1 Intensitäten

Prozess	schwache Intensität	mittlere Intensität	starke Intensität
Lawinen, Schneerutschung	$P \leq 3 \text{ kN/m}^2$	$3 \text{ kN/m}^2 < P \leq 30 \text{ kN/m}^2$	$P > 30 \text{ kN/m}^2$
Stein- und Blockschlag	$E \leq 30 \text{ kJ}$	$30 \text{ kJ} < E \leq 300 \text{ kJ}$	$E > 300 \text{ kJ}$
Felssturz	kommt nicht vor	kommt nicht vor	$E > 300 \text{ kJ}$
Rutschung permanent, Absenkung	$v \leq 2 \text{ cm/Jahr}$	$2 \text{ cm/Jahr} < v \leq 10 \text{ cm/Jahr}$	$v > 10 \text{ cm/Jahr}$
Rutschung spontan, Uferrutschung	$M \leq 0.5 \text{ m}$ und $l \leq 1 \text{ m}$	$0.5 \text{ m} < M \leq 2 \text{ m}$ oder $d \leq 0.5 \text{ m}$ und $l > 1 \text{ m}$	$M > 2 \text{ m}$
Murgang und Hangmure	$h \leq 0.5 \text{ m}$ und $v \leq 1 \text{ m/s}$ und $V \leq 500 \text{ m}^3$	$h \leq 1 \text{ m}$ oder $v \leq 1 \text{ m/s}$	$h > 1 \text{ m}$ und $v > 1 \text{ m/s}$
Hochwasser inkl. Übersarung	$h \leq 0.5 \text{ m}$ oder $v \cdot h \leq 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$	$0.5 \text{ m} < h \leq 2 \text{ m}$ oder $0.5 < v \cdot h \leq 2 \text{ m}^2/\text{s}$	$h > 2 \text{ m}$ oder $v \cdot h > 2 \text{ m}^2/\text{s}$
Ufererosion	$h_{UE} \leq 0.5 \text{ m}$	$0.5 \text{ m} < h_{UE} \leq 2 \text{ m}$	$h_{UE} > 2 \text{ m}$
Einsturz	Sind Dolinen vorhanden, so sind nach Absprache mit dem Fachbereich Naturgefahren zusätzliche Abklärungen vorzunehmen.		

- P* Druck  
*M (d)* mittlere Anrissmächtigkeit (senkrecht zur Böschungsoberfläche)  
*h* Fliess- respektive Ablagerungshöhe  
*h<sub>UE</sub>* Erosionshöhe Ufererosion (lotrecht von der Böschungsoberkante bis zur Sohle der Erosionsstelle)  
*l* Distanz der Rutschbewegung  
*v* Fließgeschwindigkeit  
*V* Volumen  
*E* Energie

### C2 Überflutungshöhen

Beim Prozess Überschwemmung sind wenn zusätzlich verlangt die Überflutungshöhen wie folgt zu differenzieren und darzustellen:

Intensitätsäquivalent	Code	Überflutungshöhe
starke Intensität	7	>200 cm
mittlere Intensität	6	151 – 200 cm
mittlere Intensität	5	101 – 150 cm
mittlere Intensität	4	76 – 100 cm
mittlere Intensität	3	51 – 75 cm
schwache Intensität	2	26 – 50 cm
schwache Intensität	1	0 – 25 cm

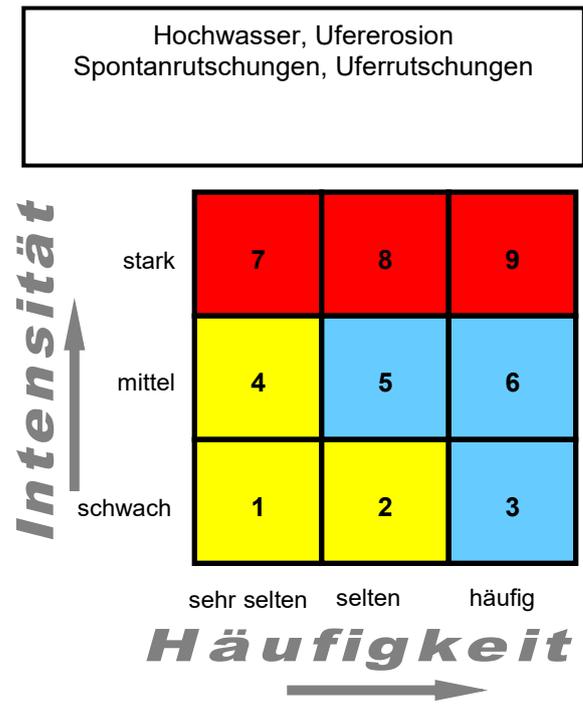
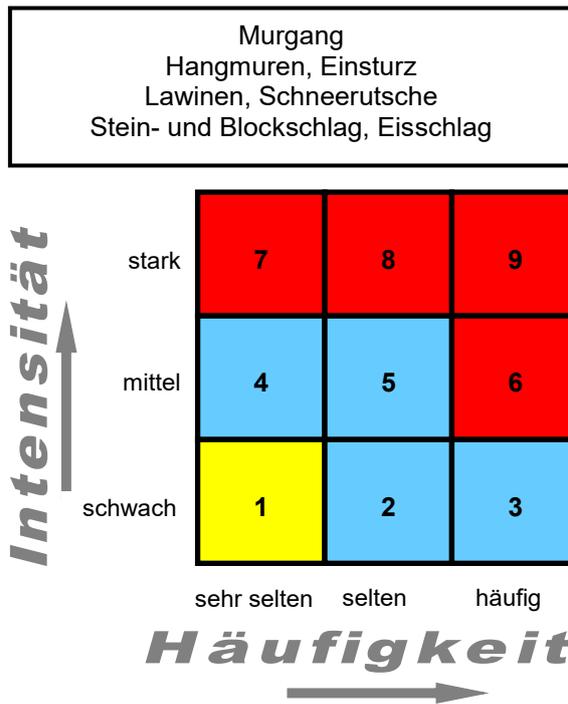
## Anhang D: Gefahrenstufen

Zu beachten: Im 9-Felder-Diagramm ist die Häufigkeit auf der x-Achse ansteigend angeordnet. In der Darstellungsweise ergibt sich dadurch eine Differenz zu den Empfehlungen des Bundes, in denen die Werte gegen rechts abnehmen. Inhaltlich bestehen jedoch keine Unterschiede:

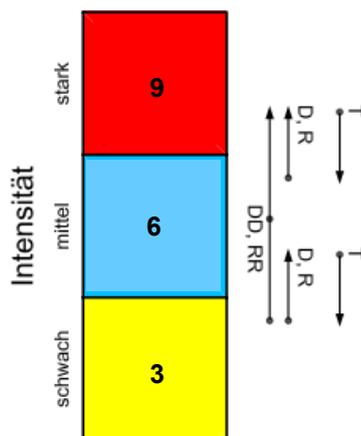
sehr selten:  $1/300 - 1/100$  Jahre

selten:  $1/100 - 1/30$  Jahre

häufig:  $1/30 - 0$  Jahre\* (mathematisch korrekt:  $1/30^{-365/1}$  Jahre, d.h.  $1/30y$  - täglich)



permanente Rutschungen, Absenkungen,  
Sackung

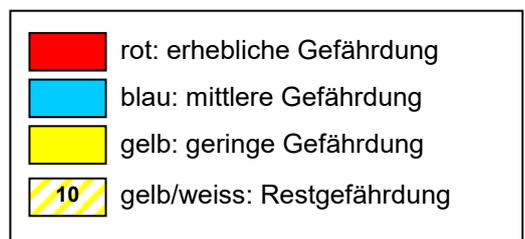
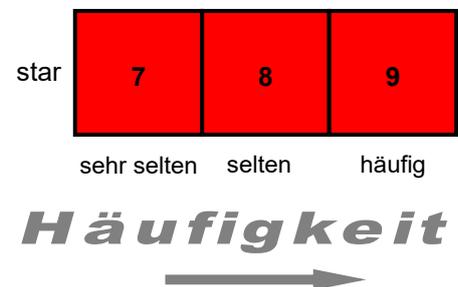


### Ver- / Entschärfungen

$\uparrow$  DD, RR Potential zur Reaktivierung (R) und/oder Differenzialbewegungen (D)  
 $\uparrow$  D, R stark (DD, RR), mittel (D, R)

$\downarrow$  T mögliche Entschärfung bei grossem Tiefgang der Rutschung, gem. Flussdiagramm

Felssturz



## Anhang E: kantonale Schutzziele

Objektkategorie				Schutzziele										
Nr.	Sachwerte	Infrastruktur	Naturwerte	<div style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black;"></div> nicht tolerierte Einwirkung <div style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black;"></div> akzeptierte Einwirkung										
1	Standortgebundene Bauten, exkl. Sonderrisiken	Wanderwege* und Loipen* von kantonaler Bedeutung, Flurwege, Leitungen von kommunaler Bedeutung, Ski- und Bergtourenrouten (gemäss SAC-Karten usw.)*	Alpweiden, Ödland, Naturlandschaften	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold; margin-right: 5px;">Intensität</div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; margin-right: 5px;"> <div style="margin-bottom: 5px;">↑</div> <div style="margin-bottom: 5px;">stark</div> <div style="margin-bottom: 5px;">mittel</div> <div style="margin-bottom: 5px;">↓</div> <div>schwach</div> </div> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td style="width: 20px;">7</td><td style="width: 20px;">8</td><td style="width: 20px;">9</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div>sehr selten</div> <div>selten</div> <div>häufig</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="width: 50px; border-bottom: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <div style="font-weight: bold;">Häufigkeit</div> </div> </div>	7	8	9	4	5	6	1	2	3	
7	8	9												
4	5	6												
1	2	3												
2	Unbewohnte Gebäude (Remisen, Weidscheunen usw.)	Verkehrswege von kommunaler Bedeutung, Leitungen von kantonaler Bedeutung	Wald mit erheblicher oder besonderer Schutzfunktion, landwirtschaftlich genutztes Land	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold; margin-right: 5px;">Intensität</div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; margin-right: 5px;"> <div style="margin-bottom: 5px;">↑</div> <div style="margin-bottom: 5px;">stark</div> <div style="margin-bottom: 5px;">mittel</div> <div style="margin-bottom: 5px;">↓</div> <div>schwach</div> </div> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td style="width: 20px;">7</td><td style="width: 20px;">8</td><td style="width: 20px;">9</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div>sehr selten</div> <div>selten</div> <div>häufig</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="width: 50px; border-bottom: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <div style="font-weight: bold;">Häufigkeit</div> </div> </div>	7	8	9	4	5	6	1	2	3	
7	8	9												
4	5	6												
1	2	3												
3	Zeitweise oder dauernd bewohnte Einzelgebäude und Weiler, Ställe	Verkehrswege von nationaler, kantonaler oder grosser kommunaler Bedeutung, Leitungen von nationaler Bedeutung, Bergbahnen*, Zonen für Skiabfahrten*, Skiübungsgelände*		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold; margin-right: 5px;">Intensität</div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; margin-right: 5px;"> <div style="margin-bottom: 5px;">↑</div> <div style="margin-bottom: 5px;">stark</div> <div style="margin-bottom: 5px;">mittel</div> <div style="margin-bottom: 5px;">↓</div> <div>schwach</div> </div> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td style="width: 20px;">7</td><td style="width: 20px;">8</td><td style="width: 20px;">9</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div>sehr selten</div> <div>selten</div> <div>häufig</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="width: 50px; border-bottom: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <div style="font-weight: bold;">Häufigkeit</div> </div> </div>	7	8	9	4	5	6	1	2	3	
7	8	9												
4	5	6												
1	2	3												
4	Geschlossene Siedlungen, Gewerbe, Industrie, Bauzonen	Stationen diverser Beförderungsmittel*, Campingplätze*, Freizeit- und Sportanlagen, andere grosse Menschenansammlungen mit geringem Schutz gegen Gefahrenereignisse		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold; margin-right: 5px;">Intensität</div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; margin-right: 5px;"> <div style="margin-bottom: 5px;">↑</div> <div style="margin-bottom: 5px;">stark</div> <div style="margin-bottom: 5px;">mittel</div> <div style="margin-bottom: 5px;">↓</div> <div>schwach</div> </div> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td style="width: 20px;">7</td><td style="width: 20px;">8</td><td style="width: 20px;">9</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div>sehr selten</div> <div>selten</div> <div>häufig</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="width: 50px; border-bottom: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <div style="font-weight: bold;">Häufigkeit</div> </div> </div>	7	8	9	4	5	6	1	2	3	
7	8	9												
4	5	6												
1	2	3												
5	Sonderrisiken bezüglich besonderer Schadenanfälligkeit oder Sekundärschäden			<b>wird fallweise festgelegt.</b>										

\* Gemäss Art. 42 der Verordnung zum Bundesgesetz über den Wald werden keine Beiträge geleistet an Massnahmen zum Schutz von touristischen Anlagen wie Bahnen, Skilifte, Skipisten und Loipen. Die Schutzziele sehen vor, dass im Kanton Luzern bei solchen Anlagen nicht alle Risiken akzeptiert werden. Daraus kann aber nicht abgeleitet werden, dass an Massnahmen zum Schutz touristischer Anlagen Beiträge gewährt werden. Wo die gesetzliche Basis für finanzielle Beiträge fehlt beschränken sich die Möglichkeiten des Kantons auf Massnahmen wie z.B. Nutzungsplanung, Baubewilligungen ausserhalb der Bauzonen, baulicher Objektschutz, Krisenbewältigung.

## **Anhang F: Faktenblätter**