

Gemeinde

Quarten



Kanton

St. Gallen

Massnahmenkonzept Naturgefahren

Technischer Bericht

Auftraggeber:

Gemeinde Quarten

Projektbearbeitung:

Ingenieure Bart AG
Waisenhausstrasse 15
9000 St.Gallen
Tel: 071 228 01 70
Fax: 071 228 01 71
info@bart.ch

Ingenieure
Bart AG

Datum:	Autoren:	Kontrolliert:	Eingesehen:
20. April 2015	rob, gim		

Inhalt

1.	Allgemeines.....	2
1.1.	Grundlagen und Auftrag	2
1.2.	Ziele des Massnahmenkonzeptes	2
1.3.	Massnahmenfächer.....	3
1.4.	Risiken	6
1.4.1.	Sachrisiken und Schutzdefizite	6
1.4.2.	Nutzen-Kosten.....	7
1.4.3.	Personenrisiken.....	9
2.	Gefährdungsbilder.....	13
2.1.	Überschwemmung	13
2.2.	Ufererosion	13
2.3.	Murgang.....	14
2.4.	Spontanrutschungen	14
2.5.	Hangmuren	15
2.6.	Permanente Rutschungen.....	15
2.7.	Absenkung und Einsturz	15
2.8.	Stein- und Blockschlag.....	16
2.9.	Lawinen.....	16
2.10.	Schneegleiten	17
2.11.	Zusätzliche Gefährdungen	17
3.	Massnahmenvorschläge	19
3.1.	Raumplanung.....	19
3.2.	Objektschutz	21
3.2.1.	Hinweise zur Konzeption, Dimensionierung und Ausführung	21
3.2.2.	Erläuterung des Codes der vorgesehenen Objektschutzflächen.....	22
3.2.3.	Angaben zu den einzelne Flächen.....	24
3.2.4.	Objektschutzflächen	25
3.3.	Flächenschutz.....	27
3.3.1.	Massnahme A; Murgbach (GQ 3142)	28
3.3.2.	Massnahme B; Chammenbach (GQ 3154)	29
3.3.3.	Massnahme C; Glittenbach (GQ 3163), Sägebach (GQ 3164)	29
3.3.4.	Massnahme D; Moosbach (GQ 3155)	30
3.3.5.	Massnahme E; Talbach (GQ 3158)	31
3.3.6.	Massnahme F; Rütibach (GQ 3150)	32
3.3.7.	Massnahme G, Gebiet Mühlehalden.....	32
3.3.8.	Massnahme H; Gandbach (GQ 3141)	33
3.3.9.	Massnahme I; Ofenlochbach (GQ 4535 und GQ 3125)	33
3.3.10.	Ziel und Priorisierung Massnahmen.....	35
3.3.11.	Hinweise der Ortsgemeinden.....	36
3.4.	Störfallbetriebe / sensible Objekte	36
3.5.	Notfallplanung	37
3.6.	Zusätzliche Infos	37
4.	Weiteres Vorgehen / Ausblick	38
5.	Literatur / Unterlagen.....	39

1. Allgemeines

1.1. Grundlagen und Auftrag

Als Hauptgrundlage zur Erarbeitung des Massnahmenkonzeptes dient die Naturgefahrenanalyse Teilgebiet 4 +7 (Sargans und Obertoggenburg) [4]. Der Auftrag dazu wurde durch den Kanton an die Ingenieurgemeinschaft Bart - Louis - Philipona & Brügger - Beffa Tognacca erteilt und von der Naturgefahrenkommission begleitet. Als weitere Grundlage wurde die Publikation „Naturgefahren im Kanton St. Gallen, Leitfaden für Vorsorge und Schutz“ [3] verwendet.

Die Erstellung eines Massnahmenkonzeptes durch die Gemeinde ist eine Forderung des Kantons gegenüber allen Gemeinden, für welche Gefahrenkarten erarbeitet wurden. Der Kanton St. Gallen hat bewusst darauf verzichtet, bei der Gefahrenbeurteilung gerade auch Massnahmen vorschlagen zu lassen. Da die Gemeinden für die Umsetzung der Gefahrengrundlagen zuständig sind, sollen sie die Gelegenheit erhalten, sich mit den Konflikten zwischen Gefährdungen und Nutzungen auseinander zu setzen und daraus die notwendigen Schlüsse zu ziehen. Die Gemeinde Quarten hat die Ingenieure Bart AG beauftragt, das Massnahmenkonzept zu erstellen. Gemäss Offerte sollen dabei die Kenntnisse des bei der Grundlagenerstellung federführenden Büros genutzt werden. Zusätzlich sollen die Gemeinde und die kantonalen Stellen früh in die Festlegung der Leitlinien des Konzeptes eingebunden werden. Auch wenn die Bearbeitung zu grossen Teilen durch den Auftragnehmer erfolgt, handelt es sich um ein Konzept der Gemeinde Quarten. Sie muss es für sich als taugliches Hilfsmittel betrachten. Alle Elemente, welche der Gemeinde zu diesem Zeitpunkt nötig oder hilfreich sind, sollen zumindest in den Grundzügen in diesem Massnahmenkonzept enthalten sein.

1.2. Ziele des Massnahmenkonzeptes

Das Massnahmenkonzept bezieht sich auf die gegenwärtige Raumnutzung und die Gefährdungen durch Naturgefahrenprozesse. Für alle gefährdeten Flächen im Baugebiet werden Lösungen zur Reduktion von Schäden aufgezeigt. Es wird die gesamte Massnahmenpalette, gemäss der gesetzlichen Reihenfolge berücksichtigt. Massnahmen werden teils kombiniert und können Alternativen darstellen oder sich ergänzen.

Das Konzept zeigt im Sinne einer rollenden Planung auf, wie die Gemeinde mit den Konflikten zwischen Nutzung und Gefährdung umgehen will. Es muss mit anderen Vorhaben abgeglichen und periodisch aktualisiert werden. Die Grundlagen zu den Objektschutzmassnahmen werden gegenüber den Gefahrengrundlagen detaillierter aufgeschlüsselt und in Flächen mit gleichen Lastfällen umgesetzt. Dieser Teil des Konzeptes kann im täglichen Arbeitsprozess direkt verwendet werden und benötigt nur fallweise vertiefte Abklärungen, deren Notwendigkeit jeweils auch genannt wird. Bauliche Massnahmen und Interventionen benötigen Folgeabklärungen (Machbarkeitsstudien, Vor- und Bauprojekte, Einsatzpläne u.a.)

Wegen der Standortsgebundenheit der Gefahrenprozesse besteht ein enger Bezug zur Raumplanung resp. generell zu raumwirksamen Tätigkeiten. Nicht zu den Naturgefahren im hier verwendeten Sinne zählen tektonische Gefahren (Erdbeben), klimatische Gefahren (Sturm) oder biotische Gefahren (Schädlingskalamitäten).

Das Massnahmenkonzept zeigt auf:

- welche Massnahmenarten geeignet sind.
- welche ungefähren Ziele diese Massnahmen erreichen sollen.
- für welche Orte oder Objekte die Massnahmen geplant sind.
- wie Massnahmen kombiniert werden können.
- welche Massnahmen zu priorisieren sind.
- welches weitere Vorgehen zur Umsetzung des Konzeptes geeignet ist.

Gemäss dem gesetzlichen Auftrag des Bundes an die Kantone sind namentlich Menschenleben und erhebliche Sachwerte zu schützen. Der Fokus gilt also den Folgen der Gefährdungen und nicht den Gefährdungen selbst. Das Konzept bezweckt, die möglichen Schäden gravitativer Naturgefahren auf ein tragbares Mass zu senken. Es sei ausdrücklich hervorgehoben, dass die Beseitigung von Gefährdungen nicht Ziel des Massnahmenkonzeptes ist.

Die Objektschutzflächen werden für folgende Gebiete ausgedehnt:

- Bauzone
- Übriges Gemeindegebiet
- Einzelobjekte ausserhalb der Bauzone

Konflikte der Naturgefahren mit Landwirtschafts-, Grünzone usw. werden nicht weiter untersucht. Bei Bauten ausserhalb der Bauzone ist die Gemeinde unter Mitwirkung des Kantons für die Bewilligung zuständig. Ausserhalb wie innerhalb der Bauzone muss bei mittlerer Gefährdung ein Objektschutznachweis erbracht werden.

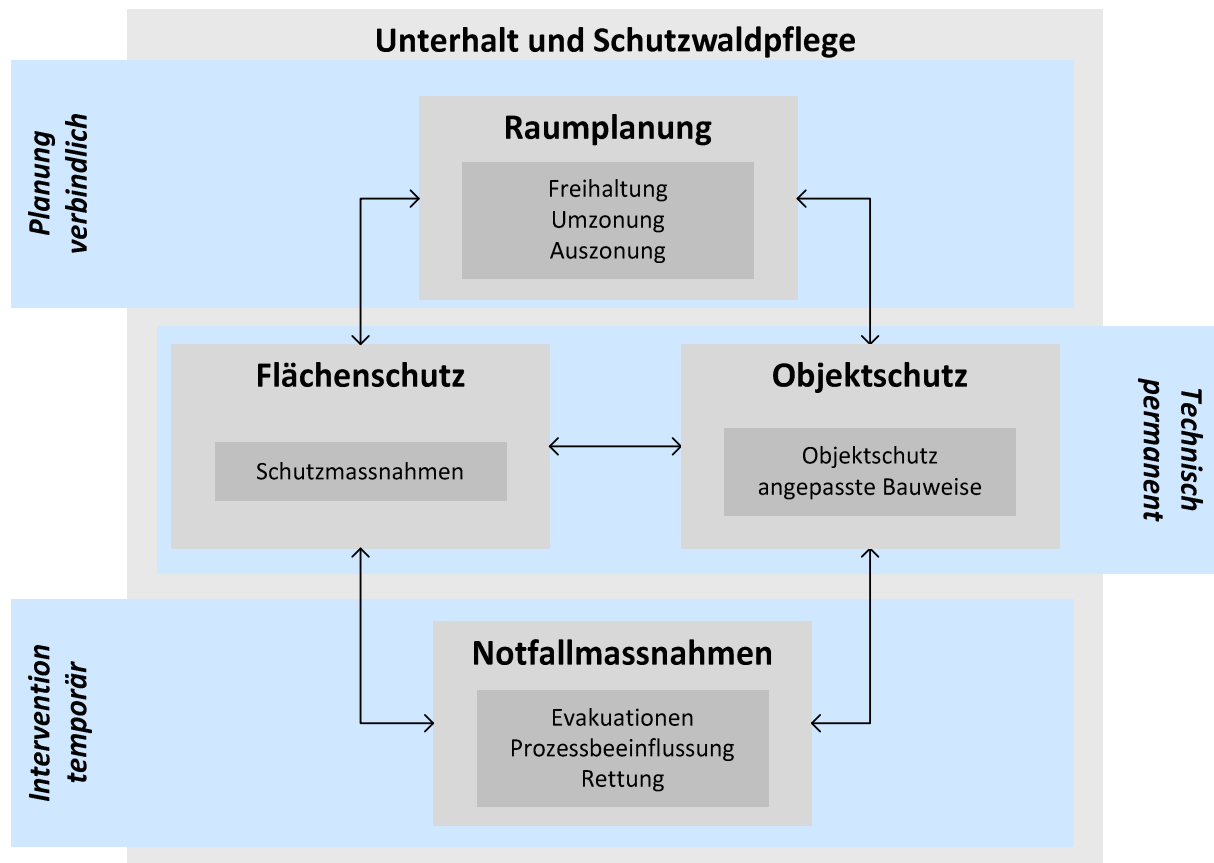
1.3. Massnahmenfächer

Die Gefahrenkarte ist vorrangig ein raumplanerisches Instrument. Als oberste Massnahmen gelten daher die planerischen Massnahmen, die sicherstellen sollen, dass nur Land bebaut wird, welches sich im Hinblick auf Naturgefahren dazu eignet.

Das Untersuchungsgebiet für Naturgefahrenprozesse deckt Siedlungsgebiet und angrenzende Flächen ab. Konflikte zwischen bestehenden Siedlungsteilen und einwirkenden Naturgefahren werden in diesem Perimeter aufgezeigt. Gemäss gesetzlicher Forderung sind prioritär Unterhaltsmassnahmen zu ergreifen, um gefährliche Einwirkungen zu mildern oder zu verhindern. Unterhalt ist ebenso notwendig, um die Wirkung bestehender Massnahmen langfristig zu sichern.

In der Regel genügen weder raumplanerische Massnahmen noch Unterhalt, um Gefährdungen auf ein tragbares Mass zu reduzieren. Abbildung 1 zeigt schematisch auf, wie die verschiedenen Massnahmentypen grundsätzlich zusammenhängen. Es ist wichtig, immer die kohärenten Gesamtlösungen im Auge zu behalten und robuste Kombinationen zu wählen.

Abbildung 1 Massnahmenfächer



Unterhalt

Unterhalt stellt sicher, dass ergriffene Massnahmen ihre Funktion im Falle von Ereignissen tatsächlich erfüllen können. Interpretiert man den Unterhaltsbegriff etwas offener, kann er auch auf die übrigen Massnahmentypen ausgedehnt werden:

- Freihaltegebiet oder um- resp. ausgezonte Flächen sollen nicht plötzlich in Baugebiete umgewandelt werden, ohne dass die Situation effektiv günstiger beurteilt werden kann. Festlegungen raumplanerischer Art müssen daher bei Revisionen wieder übernommen werden.
- Bei Objektschutzmassnahmen kann die langfristige Wirkung in verschiedenen Hinsichten gefährdet sein. Umgestaltungen in der Umgebung können die ursprünglich massgebenden Lastfälle so stark verändern, dass die Schutzmassnahmen nicht mehr genügen. Dichtungen aller Art können in ihrer Wirkung nachlassen, sofern diese nicht korrekt gewartet werden. Nachträgliche bauliche Veränderungen (insbesondere bodennahe oder unterirdische Durchbrüche der Gebäudehülle) können in ein ansonsten funktionierendes Schutzsystem unerkannt Lücken schlagen.
- Bei den Notfallmassnahmen bestehen die Unterhaltsmassnahmen aus der regelmässigen Überprüfung und dem Ersatz des technischen Materials, Überprüfung und Anpassung der Einsatzpläne und der regelmässigen Übung.

Schutzwaldpflege

Der Schutzwald gewährleistet mit der notwendigen Pflege einen nachhaltigen Schutz gegen gravitative Naturgefahrenprozesse. Eine weitgehende Vermeidung der Prozessauslösung wird bei Lawinenanrissen erreicht. Bei Sturzprozessen wird die Häufigkeit von Sturzereignissen un-

terhalb einer Waldfläche reduziert. Bei flachgründigen Rutschprozessen wird dank der festigenden Wirkung des Wurzelwerkes der Anrisswinkel gegenüber Freilandbedingungen erhöht. Bei Hochwassern reduziert der Wald in vielen Fällen die Spitzenabflüsse. Generell kann dem Wald eine dämpfende Wirkung zugewiesen werden, solange die Prozesse nicht sehr grosse Masse, Energie oder Gründigkeit aufweisen. Er wirkt nachhaltig, auf grosser Fläche und erbringt daneben weitere günstige Funktionen, ohne dass jene der Schutzleistung relevant eingeschränkt wird.

Raumplanung

Zu den raumplanerischen Massnahmen im engeren Sinne gehören Um-, Aus- und Nichteinzonungen sowie Nutzungsbeschränkungen oder Freihaltegebiete. Raumplanerische Massnahmen vermeiden, dass künftig das Schadenpotenzial in Gebieten vergrössert wird, die aus Sicht der Naturgefahren für eine Bebauung nicht geeignet sind.

Objektschutz

Es handelt sich dabei um Massnahmen direkt an Objekten, an welchen (kostenintensive) Schäden zu erwarten sind. Im weitesten Sinne sind es Massnahmen, welche die Schadensschwelle anheben (z.B. eine gewisse Wassertiefe muss zuerst erreicht werden, bis Wasser ins Gebäude eindringen kann) oder die Schadenempfindlichkeit reduzieren (z.B. indem besonders heikle Gebäudeeinrichtungen (Stromanschluss, Heizung) innerhalb des Gebäudes geschützt oder aus dem Gefahrenbereich hinaus verlegt werden). Zusätzlich sind Inneneinrichtungen wie Computerzentralen, Archive usw. mit Vorteil so anzulegen, dass im Versagensfall der Schutzmassnahmen keine schädlichen Einwirkungen zu erwarten sind.

Flächenschutz

Dabei handelt es sich um Massnahmen, die ganze Flächen schützen, indem:

- der Gefahrenprozess verhindert wird (z.B. Anrissverbau gegen Lawinen, Lawinaufforstungen).
- der Gefahrenprozess im Verlauf gedämpft wird (z.B. Hochwasserretentionen).
- Subprozesse verhindert werden (z.B. Schwemmholtzfang, Geschieberückhalt).
- dem Prozess genügend Raum zur Verfügung gestellt wird (z.B. Gerinneausbau).
- ein Prozess aufgefangen wird (z.B. Steinschlagschutznetze).
- etc.

Notfallmassnahmen

Hauptziel ist die Schadensbegrenzung durch Massnahmen, die kurz vor oder während eines Ereignisses ergriffen werden. Dazu müssen oft folgende Voraussetzungen einzeln oder kombiniert gegeben sein:

- eine minimale Überwachung / Beobachtung ist notwendig.
- eine Alarmierung ist vorgesehen, die Organisation besteht.
- gewisse Vorrichtungen / Vorbereitungen zur Abriegelung von Öffnungen, Flisswegen etc. bestehen.
- das Ausmass notwendiger Interventionen ist im Voraus bekannt, Material und Zeit sind ausreichend vorhanden.
- konzeptionell vorgesehene Interventionen sind im Voraus geplant und werden ausreichend geübt.

Tabelle 1 Vor- und Nachteile verschiedener Massnahmentypen

Massnahmen- typ	Vorteile	Nachteile
Unterhalt	- Auswirkungen der Szenarien werden reduziert (v.a. Wahrscheinlichkeit) - Kontrolle Schutzbauten zum gleichen Zeitpunkt möglich	Nahezu keinen Einfluss auf die Gefahrenkarte
Schutzwald	- Verhinderung von Ereignissen (z.B. im Anrissgebiet von Lawinen). - Dämpfende Wirkung auf fast alle Naturgefahrenprozesse - Multifunktional günstige Wirkung, nachhaltig und ökologisch.	- Je nach Region lange Regenerationszeit nach Zerstörungen. - Keine Wirkung (Zerstörung) bei grossen Volumina, sehr hohen Intensitäten und tiefgründigen Prozessen.
Raumplanung	- Rechtlich gesichert und eigentümerverbindlich - Mittel- bis langfristig wirksam	Fast nur bei unbebauten und unerschlossenen Gebieten möglich
Objektschutz	- Bei Neubauten meist sehr einfach und kostengünstig realisierbar - Schutzgrad durch Eigentümer mitbestimmbar - Rasch und einfach umsetzbar - In Eigenverantwortung leicht realisierbar	- Bei bestehenden Bauten teils erschwerte und teurere Umsetzung - Gefahrenverlagerung oft unklar und nur erschwert bestimmbar - Fleckenmuster unterschiedlichster Schutzgrade wird die Norm sein
Flächenschutz	- Nachhaltiger Schutz von (sehr) grossen Flächen - Langfristiger Bestand sofern Unterhalt gewährleistet - In der Regel in ein Konzept eingebunden	- Oft (sehr) hohe Kosten - In Eigenverantwortung nur in Ausnahmen realisierbar
Notfall- massnahmen	- Begrenzt Schäden beim Ereignis (bes. Personenschäden) - Für die eingeschränkte Zielsetzung i.d.R. sehr effizient	Keine Auswirkungen auf die Gefahrenkarte

1.4. Risiken

1.4.1. Sachrisiken und Schutzdefizite

Der Begriff Risiko wird in der Naturgefahrenthematik als Eintretenswahrscheinlichkeit und Ausmass eines Schadens definiert. Das Risiko wird als jährlicher Schadenserwartungswert (JSEW) angegeben. Es wird zwischen Personenrisiken (Tote, Verletzte, Evakuierte) und Sachrisiken

(Gebäudeschäden, Inhaltsschäden, Betriebsausfälle, etc.) unterschieden. Die Todesfallrisiken wurden in der Gefahrenabklärung nicht und die Sachrisiken nach einem leicht vereinfachten Verfahren untersucht. Die Vereinfachung besteht darin, dass die möglichen Schäden an den einzelnen Objekten nicht fallweise geschätzt, sondern in Bezug zur Zonennutzung Mittelwerte verwendet wurden, die im ganzen Kanton angewandt werden.

Zur Ermittlung der Schutzdefizite wird die tatsächlich einwirkende Intensität eines Naturgefahrenprozesses mit einer als gerade noch tolerierbaren Intensität verglichen. Die Schutzdefizite werden nach kantonalen Vorgaben bestimmt. Das Schadenpotential wird in Kategorien eingeteilt. Für jede Kategorie ist kantonsweit festgelegt, welche Intensitäten in Abhängigkeit der Jährlichkeitsklasse gerade noch kein Schutzdefizit ergeben. Schutzdefizite gelten als generelle Richtschnur, um einen Handlungsbedarf einzuschätzen und nicht als zwingender Auftrag die Gefährdung zu reduzieren (vgl. dazu auch [3]).

1.4.2. Nutzen-Kosten

Nutzen-Kostenanalysen werden angewandt, wenn folgende Unterlagen vorliegen:

- Risikoanalyse vor Massnahmen
- Geplante Massnahmen mit Kostenschätzung
- Risikoanalyse mit Wirkung der geplanten Massnahmen

Sind sehr viele unterschiedliche Gefahrenquellen zu untersuchen, kann es von Interesse sein, mit einem einfachen Vorgehen rechnerisch zu schätzen, bei welchen Gefahrenquellen Aussicht besteht, über ausreichend finanzielle Mittel für kosteneffiziente Massnahmen zu verfügen. Bekannt sind lediglich die Risiken der Gefahrenquelle pro Jährlichkeit. Meist ist es bei Sachrisiken möglich zu schätzen, wie weit sich die Risiken mit denkbaren Massnahmen reduzieren lassen. Zur Schätzung von Investitionsbudgets ist zu empfehlen, hierzu sehr pragmatische Ansätze zu wählen. Im vorliegenden Fall wurde generell von folgenden Risikoreduktionen ausgegangen:

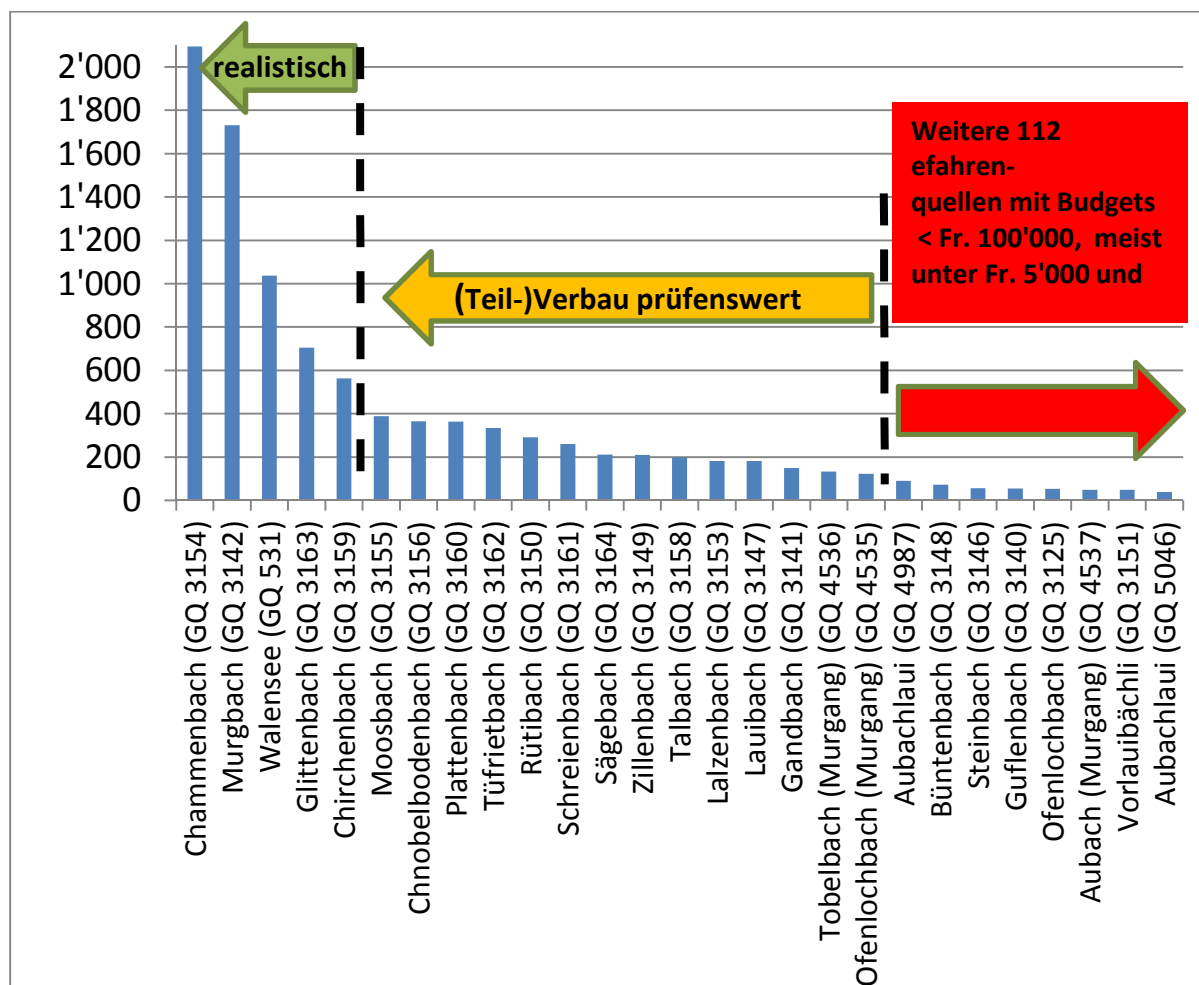
- Risiken häufiger Ereignisse (30-jährlich) vollständig behoben, jene seltener Ereignisse (100-jährlich) zu 80% und jene sehr seltener Ereignisse (300-jährlich) zu 20% (vgl. auch Tabelle 2).
- Da die Risiken pro Eintretenswahrscheinlichkeit bekannt sind, kann der jährliche Nutzen direkt bestimmt werden. Die jährlichen Kosten können somit aus den jährlichen Nutzen und dem Nutzen-Kostenverhältnis berechnet werden. Das Nutzen-Kostenverhältnis muss als Zielgrösse vorgegeben werden, da sonst die jährlichen Kosten nicht bestimmt werden können.
- Die gesamten Kosten setzen sich aus den Investitionskosten, Reparatur- und Unterhaltskosten, dem Restwert und Kapitalkosten zusammen. Die Kapitalkosten beinhalten Zins- und Amortisationskosten. Der Zinssatz und der Untersuchungszeitraum müssen wie in der üblichen Nutzen-Kostenanalyse vorgegeben werden. Um die gesamten Betriebskosten zu berechnen, werden die Reparatur- und Unterhaltskosten sowie der Restwert als geschätzte Prozentsätze der Investition in die Berechnung eingeführt. Die jährlichen Kosten können aus den bekannten jährlichen Nutzen und der Zielvorgabe für das Nutzen-Kostenverhältnis direkt gerechnet werden. Durch Iteration wird der Investitionsbetrag (welcher das Investitionsbudget darstellt), aus den jährlichen Kosten ermittelt.

- Oft fallen bei eher unbedeutenden Gefahrenquellen die geschätzten Investitionsbudgets so klein aus, dass es aus praktischen Gründen ausgeschlossen ist, Massnahmen kosten-effizient treffen zu können. Es kristallisieren sich somit jene Gefahrenquellen heraus, bei welchen Budgets resultieren, die für technische Massnahmen realistisch sind.

Tabelle 2 Vorgaben für die rechnerische Schätzung der Investitionsbudgets

Parameter		
Risikoreduktion pro Jährlichkeit	30 Jahre	100%
	100 Jahre	80%
	300 Jahre	20%
	EHQ	Nicht berücksichtigt
Kapitalzins		2%
Restwert in % der Investitionskosten		20%
Vorgegebenes Nutzen-Kostenverhältnis		2
Lebensdauer der geplanten Schutzbauten		50 Jahre
Reparatur- und Unterhaltskosten in % der Investition		2%

Abbildung 2 Grafische Darstellung der geschätzten Investitionsbudgets (in 1'000 Franken)



Die ebenfalls aufgeführten Risiken durch Ufererosionen (UE) müssen bei zu prüfenden Projekten mitberücksichtigt werden. Für sich alleine rechtfertigen sie normalerweise keine Massnahmen. Für die Rutsch-, Sturz- und Schneeprozesse sind zu kleine Budgets vorhanden, um Mas-

snahmen ökonomisch zu begründen. Die Angaben in Kapitel 3.2.2 zeigen, dass Objektschutzmassnahmen in aller Regel leicht realisierbar sind.

Die Nutzen-Kostenbetrachtung ist ein wichtiges, jedoch nicht das einzige Kriterium zur Realisierung eines Projektes.

1.4.3. Personenrisiken

Die Personenrisiken werden bei der Naturgefahrenanalyse nicht standardmässig untersucht. Innerhalb der Massnahmenkonzepte werden sie ebenfalls nur dort näher betrachtet, wo zu erwarten ist, dass sie eine kritische Grösse erreichen. In der Gemeinde Quarten sticht diesbezüglich der Ort Quinten hervor. Die ausgedehnten Felswände direkt über bewohnten Gebäuden und die Rinnen, welche aus den Churfirsten Fliess- und Staublawinen gegen den Walensee leiten, bergen grundsätzlich lebensgefährdende Einwirkungen. Die Personenrisiken werden mit der jährlichen Wahrscheinlichkeit ausgedrückt, als Folge von Sturzprozessen oder Lawinen ums Leben zu kommen.

1.4.3.1. Vorgehen

Die Gefahrengrundlagen wurden vollständig übernommen. Abgeklärt wurden die Risiken jedoch nur für die Lawinen und die Sturzprozesse. Berücksichtigt wurden auf der Seite der Gefährdung die Intensitäten nach Jährlichkeiten, die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit und die Anzahl der Einzelereignisse innerhalb einer Jährlichkeitsklasse. Die Gebäude wurden nicht nach bewohnt und nicht bewohnt unterschieden, da hierzu ein grösserer Aufwand nötig ist und vorerst Richtgrössen der Personenrisiken interessieren. Es wurden nur die Personenrisiken für den Aufenthalt in Gebäuden gerechnet. Dabei wurde ein durchschnittlich täglicher Aufenthalt von 10 Stunden angenommen. Weiter wurde die Schutzwirkung der Gebäude in einfacher Art berücksichtigt sowie die Exposition der Gebäude gegenüber der Prozesseinwirkung und die Letalität (Todesfallwahrscheinlichkeit im konkreten Ereignisfall) nach Prozessarten und Intensitäten unterschieden. Es wurden die Personenrisiken der einzelnen untersuchten Gefahrenquellen berechnet und diese Todesfallwahrscheinlichkeiten an den Gebäuden gemäss den einwirkenden Gefahrenquellen summiert.

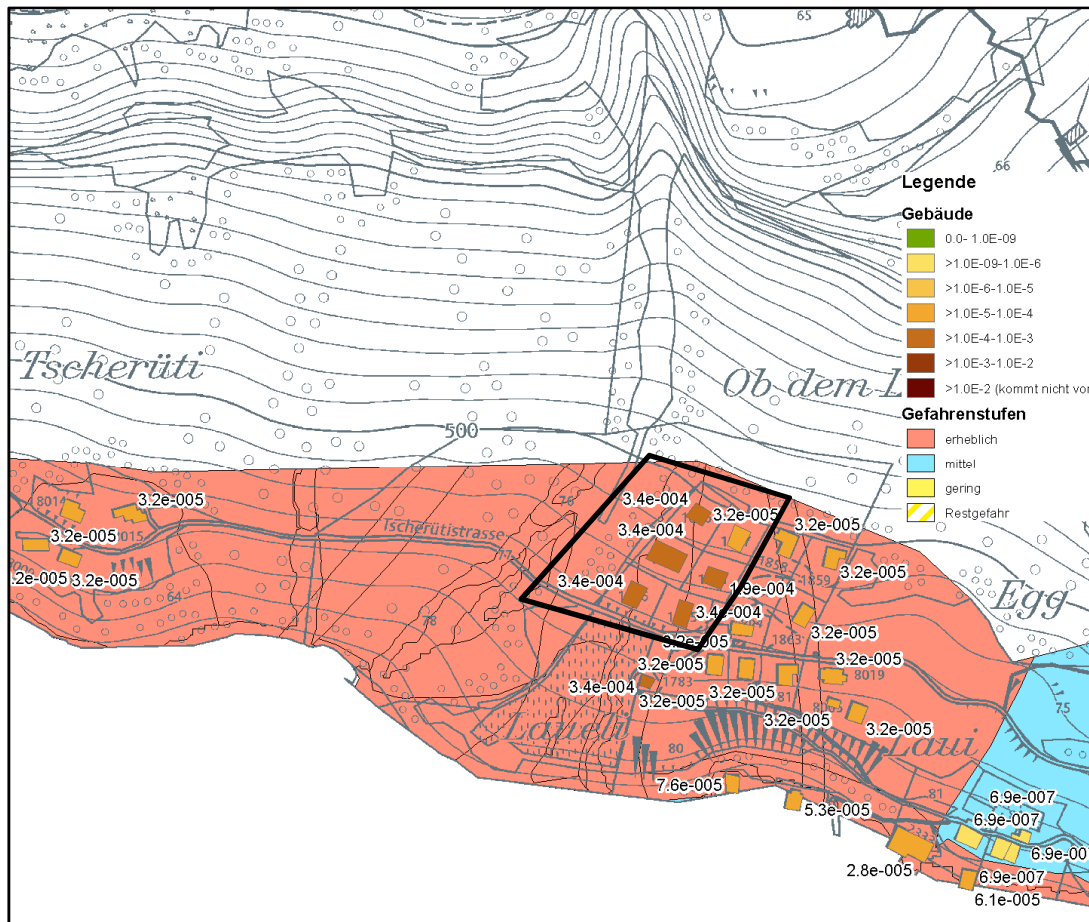
1.4.3.2. Ergebnisse

Auf den folgenden drei Kartenausschnitten sind die Gebäude nach der Todesfallwahrscheinlichkeit unterschieden und beschriftet, welche für eine bestimmte Person mit durchschnittlich 10 Stunden täglichem Aufenthalt gilt. Bei veränderter Nutzung kann die Todesfallwahrscheinlichkeit in einfacher Art linear umgerechnet werden. Zurzeit ist davon ausgegangen worden, dass die Gebäude ganzjährig bewohnt sein könnten. Sind die Gebäude namentlich im Winter reduziert genutzt, müsste die saisonale Koinzidenz noch berücksichtigt werden.

In den Abbildungen ist die synoptische Gefahrenkarte ohne Schraffuren für die Hauptprozessarten mit dargestellt. Dabei zeigt sich augenfällig, dass aus den Gefahrenstufen nicht direkt auf Personenrisiken (oder andere Risiken) geschlossen werden darf.

Die grün eingefärbten Gebäude weisen bei (angenommener oder effektiver Bewohnung) keine Personenrisiken auf resp. es bestehen nicht untersuchte Gefährdungen (Wasser, Rutsch) mit in der Regel äusserst geringen Personenrisiken.

Abbildung 3 Personenrisiken im Westteil von Quinten



Die Gebäude im schwarz umrandeten Teil sind (noch) nicht gebaut. Es sollte aufgezeigt werden, welche Personenrisiken in diesen Parzellen ca. resultieren würden.

Abbildung 4 Personenrisiken im Mittelteil von Quinten

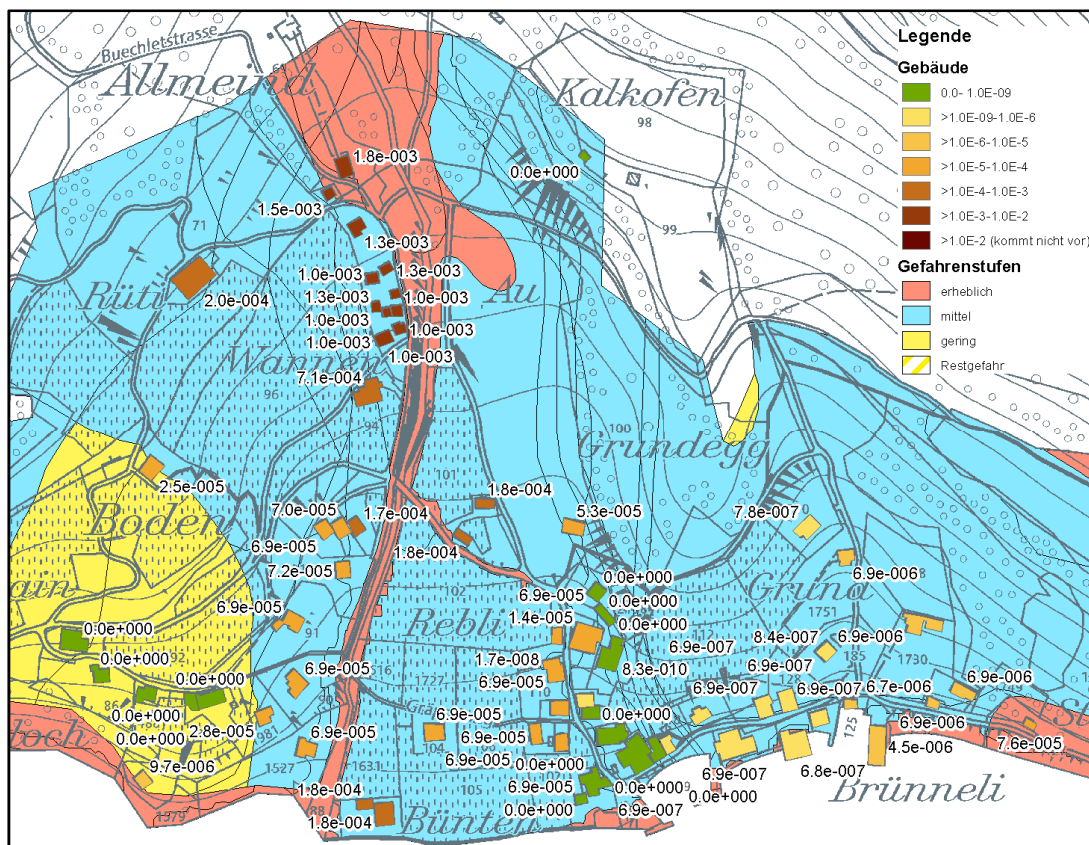
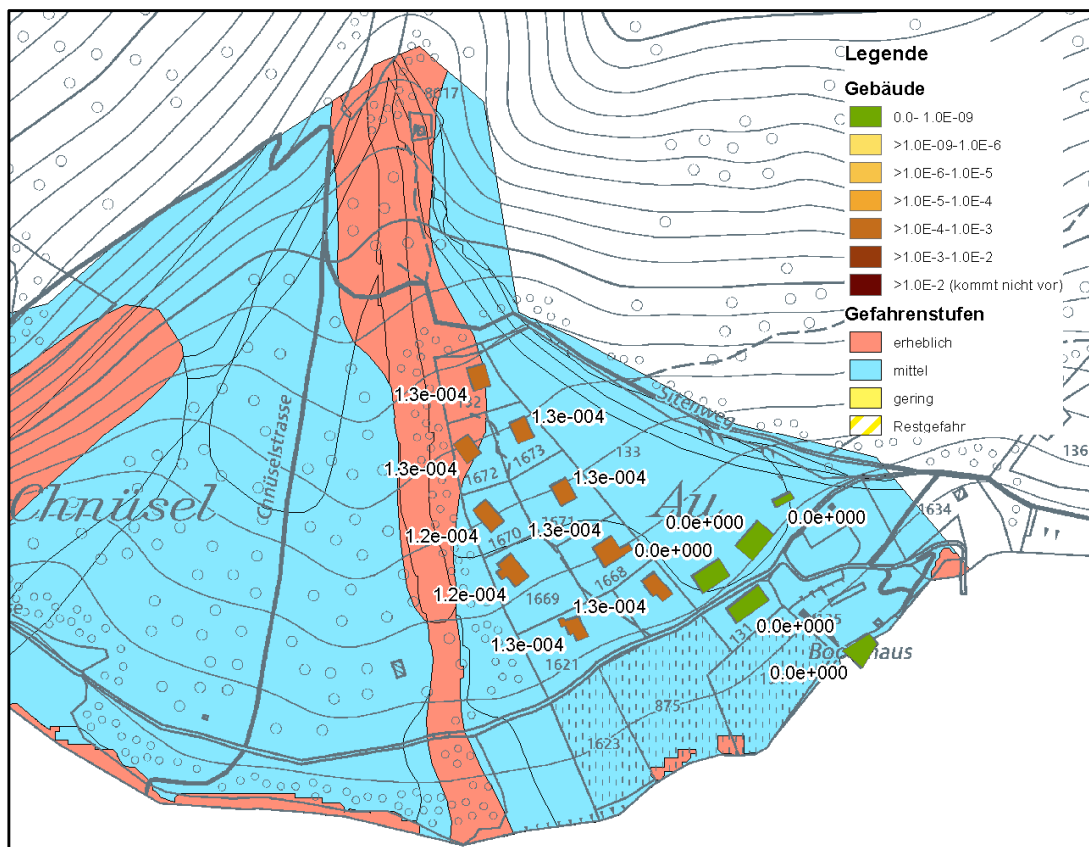


Abbildung 5 Personenrisiken im Ostteil von Quinten



1.4.3.3. Einordnung

Unter den getroffenen Annahmen und bei der vereinfachten Betrachtungsweise resultieren Risiken, welche höher sind, als bisher gemeinhin als problemlos tolerierbar gelten. Endgültige und schlüssige Aussagen sind erst möglich, wenn folgende Arbeitsschritte nachgeholt sind:

- Berücksichtigung der effektiven Bewohnung (inkl. Saison und Aufenthaltsdauer)
- Verfeinerte Betrachtung der einwirkenden Anzahl der Einzelereignisse und Vertiefung der Expositionsanalyse und Folgenwahrscheinlichkeit.

Insbesondere der zuerst genannte Schritt ist wichtig. Die Vertiefung der Betrachtung ist vor allem im Hinblick auf Warnungen und Evakuationen relevant.

2. Gefährdungsbilder

Die nachfolgenden Angaben zu Gefährdungsbildern soll es den Beteiligten erleichtern, die geeigneten Massnahmen zu wählen und zu kombinieren sowie wichtige Hinweise zur Bemessung der Massnahmen liefern. Rein quantitative Präzisierungen zu den Intensitäten oder der Lage im Gefahrenstrich finden sich im Kapitel 3.2. Als Gefahrenstrich bezeichnet man die Gesamtstrecke, die ein Gefahrenprozess von seiner Ausbruchsstelle über den Transitbereich bis zur Ablagerung durchläuft. Die folgenden Hinweise sind namentlich bei Objektschutzmassnahmen zu beachten.

2.1. Überschwemmung

Die Gefährdung durch Überschwemmung wird im Wesentlichen durch vier Grössen charakterisiert, die bei der Planung von Massnahmen zu berücksichtigen sind:

- Die Fliesstiefen sind in feiner Abstufung den skalierten Intensitätskarten zu entnehmen. In den Angaben zu den Objektschutzflächen ist zusätzlich eine Stufe der Fliesstiefen bis maximal 0.1 m angegeben.
- Die Fliessgeschwindigkeiten sind den Fliesstiefen in den skalierten Intensitätskarten überlagert. Die Angaben sind auf 1 m/s genau und als Richtwerte zu verstehen. Ab Fliessgeschwindigkeiten von 2 m/s sind die Geschwindigkeitshöhen in den Massnahmenplanungen unbedingt zu berücksichtigen.
- Hochwasserabflüsse beinhalten immer einen gewissen Anteil an Feststofftransport. Mit der Abnahme der Schleppspannung beginnt die Ablagerung, welche weder im Ausmass noch im Ort des Auftretens genau vorhersagbar ist. Auch wenn keine kiesigen Ablagerungen zu befürchten sind, können feinkörnige Ablagerungen (Schlamm) dennoch auftreten. Dafür besonders prädestiniert sind Orte, wo sich Abflüsse ausbreiten, das Gelände sich verflacht oder generell in Gerinnenähe.
- Kleinräumig können Abflüsse in Rinnen und Gräben oder an Gebäudeecken kanalisiert werden. Mit der plötzlichen Zunahme der Schleppspannung ist Erosion möglich. Diese erreicht dann ein beträchtliches Ausmass, wenn der Untergrund dafür empfindlich ist oder eine sehr starke Konzentration der Abflüssen festzustellen ist. Letzteres kann mit Hilfe der skalierten Intensitätskarten recht gut abgeschätzt werden, während die Empfindlichkeit des Untergrundes nur vor Ort beurteilt werden kann. Nicht bindige, feinkörnige Böden sind speziell erosionsanfällig hingegen sind Böden mit Vegetationsschutz deutlich weniger empfindlich.

2.2. Ufererosion

Die Ufererosion wird als eigene Gefährdung ausgeschieden. Aufgrund der engen räumlichen Ausdehnung sind die gefährdeten Bereiche aus den gedruckten Gefahrengrundlagen nicht ersichtlich. Dazu müssen die Gefahrengrundlagen im Geoportal (IG GIS) oder aus den Mappetizer-Daten der Ingenieure Bart AG konsultiert werden.

Im Zweifelsfalle ist in Ufernähe von Gerinnen mit Erosion zu rechnen. Bei Ufererosionen, die vom Gerinne ausgehen, ist damit zu rechnen, dass bis auf Sohlenniveau erodiert wird.

2.3. Murgang

Murgänge, im Volksmund auch Schlammlawinen genannt, zeichnen sich durch einen hohen Feststofftransport aus. Die im Kanton St. Gallen wesentliche Definition betrifft die Art des Geschiebetransportes. So gilt als Unterscheidungsmerkmal zu stark geschiebeführenden Wildbachabflüssen, dass der Geschiebetransport über die gesamte Abflusstiefe stattfindet. Das Transportmedium ist nicht mehr „Reinwasser“, sondern ein Gemisch aus Wasser und darin „schwebenden“ Feinanteilen. Diese Mischung hat eine wesentlich höhere Dichte als Reinwasser. Damit werden sowohl die Sohlschubspannungen (Kräfte des Abflusses entlang der Bachsohle) wie auch die Auftriebswirkung auf die Geschiebekörner deutlich erhöht. Beides begünstigt die hohe Feststofftransportrate. Man unterscheidet die vorwiegend körnigen Murgänge von den schlammigen. Erstere sind für die Alpen die typische Form. Gerade im Zusammenhang mit grossen permanenten Rutschungen, die extrem viel Feinmaterial enthalten, können aber auch im Alpenraum stark schlammhaltige Murgänge vorkommen. Ein weiteres typisches Merkmal der Murgänge ist die Murenfront, in welcher oft grosse Blöcke als Wall vorwärts getrieben werden. Dahinter fliesst deutlich flüssigeres Gemisch aus Wasser, Schlamm und Geschiebe nach. Oft ereignen sich Murgänge in Schüben, jeweils angeführt von einer mehr oder weniger deutlich ausgebildeten Front. Die grossen Materialverfrachtungen führen dazu, dass erste Murgangschübe Gerinne und andere Abflusswege verfüllen und nachfolgende Murgangschübe dadurch in neue Bahnen gelenkt werden. Die Murgangfronten weisen eine begrenzte Reichweite auf. Wenn die treibenden Kräfte nicht mehr ausreichen (Verflachung, seitliche Ausbreitung, Wasserverlust) kann die Front schlagartig still stehen. Das nachfliessende dünnflüssige Medium verhält sich vom Prozess her wie eine Überschwemmung. Das vom Murgang abgelagerte Material wird teils als normaler Geschiebetransport weiter abwärts verfrachtet. Für diese nachfliessenden Überschwemmungen gelten die Beurteilungskriterien der Überschwemmung.

2.4. Spontanrutschungen

Die Hauptgefährdung durch Spontanrutschungen besteht dort, wo diese anreissen. In der Regel als Folge einer Rotationsrutschung rutscht ein Bodenkörper bis zur Tiefe gemäss Szenario ab und bleibt nach kurzer Transportdistanz wieder liegen. Der Bodenkörper löst sich dabei nur wenig auf, kann jedoch in Schollen aufbrechen. Ausser im Hangfussbereich, wo die Ablagerung als Gefährdungsbild dominiert, ist in den Hanglagen immer mit allen Gefährdungsbildern (Anriss, Transit und Ablagerung) zu rechnen.

Im Anrissgebiet muss eine Baute dagegen gesichert werden, dass das Abrutschen des Bodenkörpers zu Strukturschäden führt. Steht ein Gebäude im kurzen Transitbereich einer Spontanrutschung, trifft eine Erdmasse mit geringer Geschwindigkeit auf das Gebäude. Der Unterschied zum Ablagerungsbereich ist gering. Für die Dimensionierung von Verstärkungen ist das am Gebäude angelagerte Material (Erddruck) massgebend.

Wenn im Zuge eines Bauprojekts vorgängig Baugrundabklärungen gemacht werden, sollte diese Gelegenheit genutzt werden um die Mächtigkeit der potentiellen Gleitschicht fest zu stellen. Eine Dimensionierung des Objektschutzes kann damit deutlich konkretisiert werden.

2.5. Hangmuren

Die Hauptgefährdung der Hangmuren liegt im Transitbereich, nachdem das als Spontanrutschung mobilisierte Material im Hang eine unter Umständen erhebliche Geschwindigkeit aufgebaut hat (in steilen Hängen bis über 10 m/s) werden die Intensitäten maximal. Für den Ausbruch gelten dieselben Anmerkungen wie im Kapitel 2.3. Im Unterschied zu den Spontanrutschungen sind bei den Hangmuren Translationsrutschungen als Auslöser häufiger. Im Ablagebereich prägt neben der mobilisierten Materialmenge auch die Verflüssigung des Erdmaterials das Gefährdungsbild. Als Hinweis zur Bemessung des Lastfalles kann empfohlen werden:

Fliessgeschwindigkeit:

Bestimmung nach Strickler mit folgenden Annahmen:

$$v_m = k_{St} \cdot h^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

k_{St} Stricklerbeiwert (8 bis 10)

J : mittlere Hangneigung im massgebenden Hangabschnitt als Tangens

h : Fliesstiefe zwischen der halben und der ganzen Ausbruchmächtigkeit

v_m : mittlere Geschwindigkeit unter der Annahme, dass „Normalabfluss“ erreicht wird

Werden längere Hänge bebaut, die von Hangmuren betroffen sein können, sind folgende Schritte zu empfehlen:

- Genauere Abklärungen zu den möglichen Anrissmächtigkeiten (Sondierungen durchführen, die im Rahmen der Gefahrenabklärung aus Kostengründen nicht gemacht werden konnten).
- Sondernutzungsplan mit dem Ziel, die Bebauung von oben nach unten auszuführen. Die Bebauungen in den höheren Lagen so anlegen, dass Hangmurenabgänge ausgeschlossen werden können.

2.6. Permanente Rutschungen

Die Risiken durch permanente Rutschungen werden eher überschätzt und die Möglichkeiten zur Sanierung mittels technischer Massnahmen sind sehr beschränkt. Weiter ist zu beachten, dass permanente Rutschungen aus Sicht der GVA nicht als Naturgefahr betrachtet werden, sondern als ungeeigneter Baugrund. Daher können solche Schäden nicht versichert werden. Objektschutz und angepasste Bauweise sind unbedingt zu beachten. Die Bautätigkeit wird in permanenten Rutschungen mit Vorteil auf das absolute Minimum beschränkt.

2.7. Absenkung und Einsturz

Diese Prozesse sind in Quarten für das Baugebiet nicht relevant und werden nicht kommentiert.

2.8. Stein- und Blockschlag

In einem Hang niedergehende Steine erfahren zuerst eine Beschleunigung und bremsen gegen den Hangfuss hin wieder ab. Bremsende Effekte wie Bestockungen, hohe Rauigkeiten der Geländeoberfläche oder weicher, dämpfender Untergrund werden berücksichtigt. Entlang dem Gefahrenstrich (Ausbruch bis Ablagerung) können die auftretenden Energien einen weiten Bereich umfassen. Auch die in den Intensitätsklassen zusammengefassten Bereiche von 0 bis 30 kJ, 30 bis 300 kJ fassen je Energieunterschieden zusammen, welche für Gebäude konstruktiv sehr erheblich sind. In den Beschreibungen der einzelnen Flächen, für welche Objektschutzmassnahmen vorgeschlagen werden, wurden die Energien innerhalb dieser Flächen genauer eingegrenzt. Das Vorgehen soll Werte auf der sicheren Seite liefern und umfasst folgende Arbeitsschritte:

- Wahl der maximalen Blockgrösse gemäss Szenariobeschreibung.
- Bestimmung der Pauschalgefällshöhe an der ungünstigsten Stelle der betroffenen Fläche, ausgehend vom höchstgelegenen Ausbruchort und Annahme eines Pauschalgefälles von 32°.
- Bestimmung der Translations- und der Rotationsenergie nach WSL [6]. Angabe der Summe aus Translations- plus Rotationsenergie als empfohlener a priori Lastfall.

Das gewählte Vorgehen ergibt für die Blockgrössen gemäss Szenarien eher pessimistische Werte, liefert aber zur Dimensionierung ausreichend gute Startvorgaben. Die Situation kann lokal auch mit einer vertieften Betrachtung genauer eingegrenzt werden. Der Informationsgewinn dürfte nur dann erheblich sein, wenn die massgebenden Blockgrössen in Bezug zur Ausbruchsstelle genauer bestimmt werden.

2.9. Lawinen

Die Lawine ist eine bewegte Schneemasse, die infolge ihrer kinetischen Energie oder durch ihre Ablagerung Gefahren oder Schäden verursachen kann. Beginnend mit dem Anbruch des abgelagerten Schnees bewegt sich der Schnee in der Sturzbahn zu Tal, in der im Allgemeinen kein Lawinenschnee zur Ablagerung kommt. Erst wenn sich die Sturzbahn auf längerer Streck ausreichend verflacht, spricht man von der Auslaufstrecke der Lawine. In diesem Abschnitt verringert sich die Bewegung bis zum Stillstand und der Lawinenschnee lagert sich ab [7]. In der Gefahrenkartierung werden zwei unterschiedliche Lawinenprozessarten untersucht:

- **Fliesslawinen**

Auf einer Schneedecke oder dem Boden abfliessender Schnee. Ausgelöst durch einen punktförmigen Anriss oder einer scharf begrenzten Anrisskante fliesst der Schnee gleichförmig, schichtartig ab. Schneerutsche, welche nur kleine Volumen und entsprechend geringere Reichweiten aufweisen, werden ebenfalls den Fliesslawinen zugeordnet. Im Auslaufgebiet verlangsamen sich die Fliesslawinen durch das flachere Terrain und die Ausbreitung. Die Fliessgeschwindigkeit reduziert sich unter 10 m/s und Fliesshöhen liegen in einem typischen Bereich von 2 bis 10 m. zur Bemessung von Objektschutzmassnahmen bedarf es den Angaben zur Fliesshöhe, -geschwindigkeit und Dich-

te der Lawine. Als Alternative kann der Druck auf ein senkrecht zur Lawinenrichtung stehendes, ebenes und grosses Hindernis zur Bemessung verwendet werden.

- **Staublawinen**

Schnee-Luftgemisch hoher Dynamik, welches sich auch weitgehend unabhängig von der Fliesslawine ausbreiten kann, aber immer aus einer Fliesslawine entsteht. Anders als bei den Fliesslawinen erreicht die Fliesshöhe im auslaufgebiet oft mehr als 50 m. In den untersten 1 bis 5 m (Saltationsschicht) führt eine Staublawine grössere Schneebrocken mit. Dadurch treten dort ähnliche Kräfte auf wie bei einer Fliesslawine. Ansonsten ist für die Bemessung von Massnahmen der Staudruck das massgebende Kriterium.

2.10. Schneegleiten

Im Gegensatz zu den Lawinen bezeichnet das Schneegleiten oder -kriechen eine langsame hangparallele Verschiebung der Gesamtschneedecke auf dem Untergrund (Geschwindigkeit einige mm bis m pro Tag). Zur Bemessung von Objektschutzmassnahmen wird der statische Druck infolge Schneegleitens und -kriechens verwendet.

2.11. Zusätzliche Gefährdungen

Wie in Kapitel 1.2 ausgeführt, geben die Gefahregrundlagen zu ausgewählten Prozessen der gravitativen Naturgefahren Auskunft. Etliche der Gefährdungen sind eng mit Niederschlagsereignissen verknüpft (Hochwasser, Hangmuren, Spontanrutschungen, Lawinen u.a.). Gerade die Niederschläge, welche zu Hochwassern führen können, schaffen auch weitere, eng mit Hochwassern verbundene Gefahren, die in den Gefahregrundlagen nicht explizit behandelt werden.

Hangwasser, Oberflächenabflüsse

Die Überschwemmungen durch Kleingewässer (insbesondere wo diese unterirdisch verlaufen) und reine Oberflächenabflüsse sind einander ähnlich und oft kaum streng voneinander abzugrenzen. Wenn in den Gefahregrundlagen ein Gewässer ausgeschieden wurde, handelt es sich definitionsgemäss um den Prozess Überschwemmung (auch bei eingedolten Gewässern). Andernfalls müsste man von Oberflächenabflüssen sprechen. Die Intensitäten der Überschwemmungen aus Oberflächenabfluss und Ausuferungen von Kleingewässern sind ähnlich. Abgesehen von Konzentrationen in Rinnen oder Senken, liegen die Fliesstiefen in aller Regel unter 0.1 m. Nicht zu unterschätzen sind Sedimenttransporte aus Oberflächenabflüssen. Gerade wenn diese in Äckern entstehen oder solche durchströmen, können erhebliche Mengen Feinanteile verfrachtet und in Verflachungen abgelagert werden.

Grundwasseraufstösse

In flachen Gebieten können Grundwasseraufstösse zu Überflutungen führen, ohne dass Abflüsse aus Gerinnen austreten. Dies ist insbesondere entlang grösserer Fliessgewässer oder Seen zu erwarten. In Quarten ist dieses Phänomen aber vernachlässigbar.

Kanalisationsrückstauungen

In Hochwassersituationen ist oft auch die Siedlungsentwässerung (Kanalisation) überlastet. Dadurch können Rückflüsse in die Gebäude hinein entstehen und zu inneren Überschwemmungen führen. Diese Gefährdung tritt besonders in sehr flachen Gebieten auf.

Alle drei erwähnten Gefährdungen, die in den Gefahrengrundlagen nicht erfasst wurden, sollen bei den Massnahmen mitberücksichtigt werden. Ortsansässige Fachleute des Siedlungswasserbaus, der Technischen Betriebe der Gemeinde, der Feuerwehr und andere können dazu normalerweise gute Hinweise liefern.

3. Massnahmenvorschläge

Nachfolgend werden die Massnahmen, gegliedert in die verschiedenen Gruppen, beschrieben. Obwohl die Gesamtheit aller Massnahmenvorschläge als Konzept verstanden sein will, entsprechen die Vorschläge in den einzelnen Massnahmengruppen stark unterschiedlichen Abklärungstiefen.

- Bei der Gruppe der raumplanerischen Massnahmen handelt es sich um Vorschläge zu Um-, Aus- und Nichteinzonungen sowie Nutzungsbeschränkungen oder Freihaltegebieten. Werden solche Massnahmen in der vorgeschlagenen Art umgesetzt, so ist die Massnahme bereits abgeschlossen und vollzogen.
- Bei den Objektschutzmassnahmen gehen die Vorschläge weit über das Konzeptionelle hinaus. Die Idee, zu den einzelnen Flächen Dimensionierungshilfe zu liefern, zielt darauf ab, Bauwilligen rasch und unkompliziert die relevanten Angaben zur Bemessung zu liefern.
- Beim Flächenschutz (technische Massnahmen zur Verminderung der gefährdeten Fläche) ist effektiv nur die rein konzeptionelle Stufe anvisiert worden. Es werden Varianten aufgezeigt, Flächen zu schützen, wenn dies aufgrund der Schutzdefizite angebracht scheint oder die Massnahme gegenüber Objektschutz an vielen Einzelobjekten vorteilhafter, kostengünstiger oder generell ein günstiges Nutzen-Kostenverhältnis zu erwarten ist. Diese Massnahmenplanungen sind oft so komplex, dass auf dieser Bearbeitungsstufe noch keine detaillierten und verlässlichen Aussagen möglich sind.
- Bei den Objekt- und Flächenschutzmassnahmen sind weitergehende Grundlagen wie Sondernutzungspläne, Ortsbildschutz, Gewässerabstand / Gewässerraum usw. ebenfalls zu beachten

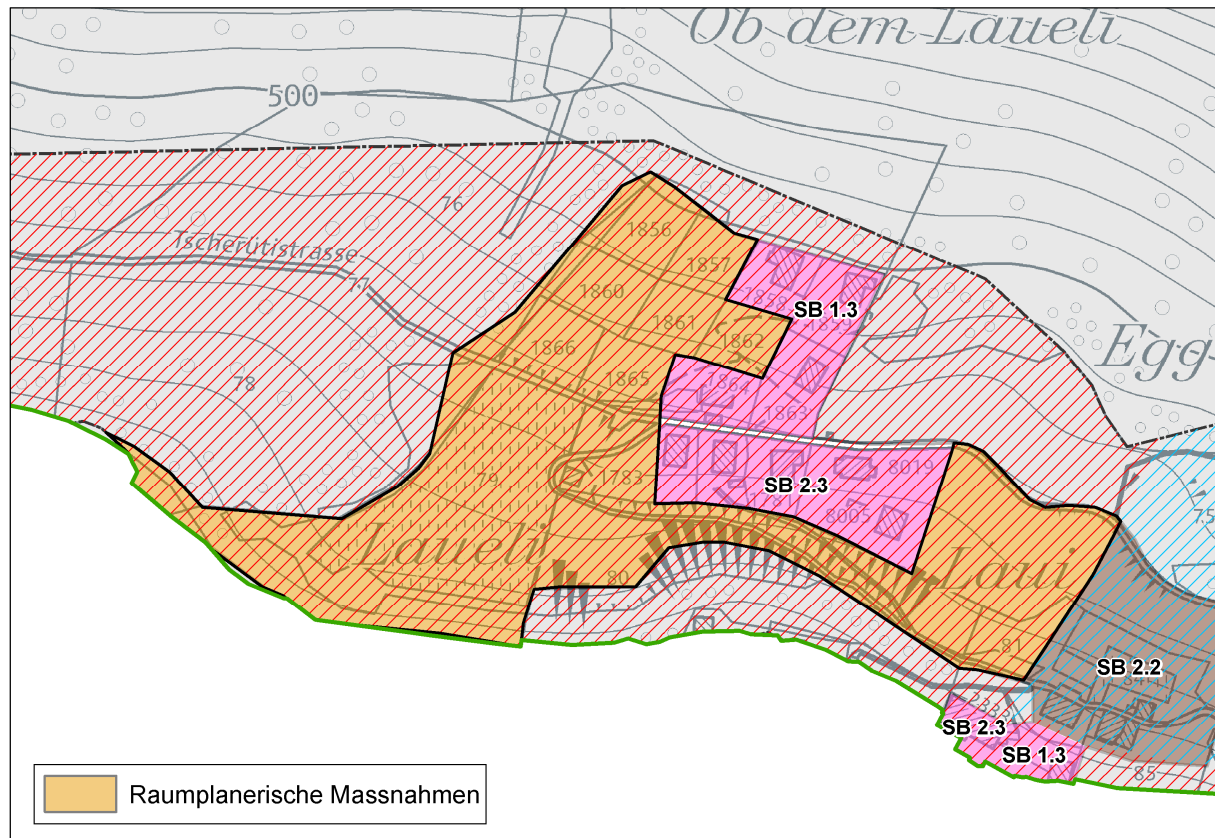
3.1. Raumplanung

In der Gemeinde Quarten werden zwei raumplanerische Massnahmen vorgeschlagen:

- Im Gebiet Laui (Ortsteil Quinten) handelt es sich dabei hauptsächlich um „Landwirtschaftsgebiet“, welches als Freihaltegebiet ausgeschieden werden soll. Die Parzellen 1857, 1861 und 1862 gehören aber dem Baugebiet an. Sie werden ausgezont und dem Freihaltegebiet hinzugefügt.
- Im Ortsteil Oberterzen wird der Teil der Parzelle 1825, welcher im Baugebiet liegt, ausgezont.

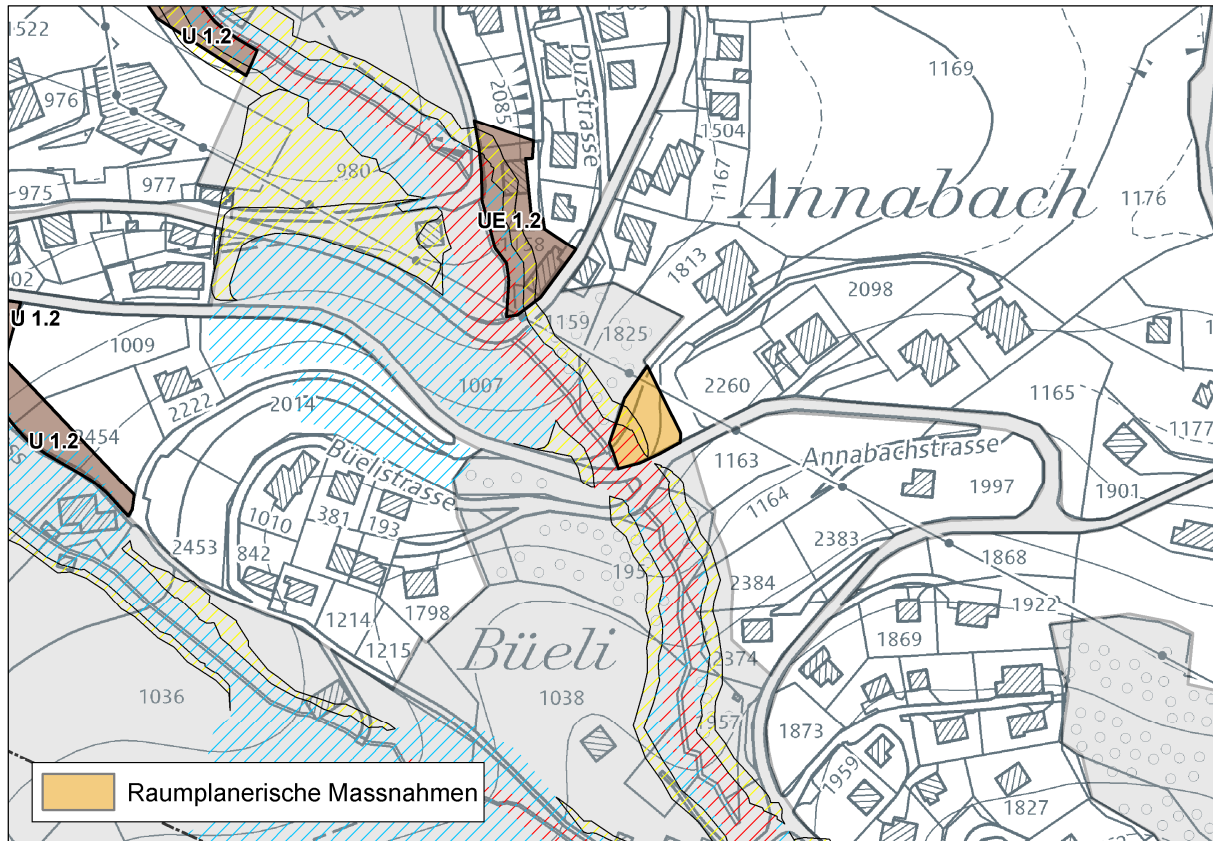
Ausscheidung Freihaltegebiet / Auszonung

Prozess / Code	Lastfall	Ortsteil	Gefahrenquelle
Stein- und Blockschlag	Aufprallenergie < 300 KJ	Quinten / Laui	Felswände Quinten (GQ 7584)



Objektschutz ist bei diesen Lastfällen nicht mehr realistisch. Zudem übersteigt das Personenrisiko den als tolerierbar angesehenen Grenzwert. Neben der Gefährdung durch Sturzereignisse sind ebenfalls Lastfälle durch Hochwasser, Rutschungen und Lawinen zu erwarten.

Auszonung			
Prozess / Code	Lastfall	Ortsteil	Gefahrenquelle
Ufererosion	starke Intensität	Oberterzen / Annabach	Moosbach (GQ 3155)



Die Parzelle liegt zur Hälfte im Gefahreng Gebiet mit erheblicher Gefährdung. Da neben dem Gewässer- auch der Waldabstand bei einer Bebauung eingehalten werden muss, schrumpft der bebaubare Teil so stark, dass hier eine Auszonung sinnvoll ist.

3.2. Objektschutz

3.2.1. Hinweise zur Konzeption, Dimensionierung und Ausführung

Da topographische Feinstrukturen die am Gebäude wirksamen Intensitäten erheblich beeinflussen können, muss die Situation immer auch vor Ort beurteilt werden. Bei Gefahrenabklärungen ist trotz aller Sorgfalt und Genauigkeit der Abklärungsmassstab ca. 1:5'000.

Es ist wichtiger alle möglichen Einflüsse auf ein Objekt zu berücksichtigen, als eine unvollständige Auswahl möglichst „genau“ zu dimensionieren. Geht ein relevanter Einfluss vergessen, können alle weiteren Massnahmen unwirksam werden. Bei vielen Lastfällen können geschätzte

und effektive Grössen voneinander abweichen. Mit entsprechenden Sicherheitszuschlägen werden diese Unsicherheiten abgefangen.

In Ufernähe ist zudem mit Ufererosion zu rechnen und je nach Nähe des Objektes auch dementsprechend zu dimensionieren. Separate Objektschutzflächen wurden für diesen Prozess nur in ausgeprägten Fällen ausgeschieden. Mit Einhaltung des Gewässerabstandes / Gewässer- raumes wird ein Teil dieser Gefährdung aufgefangen, zumindest für Neubauten.

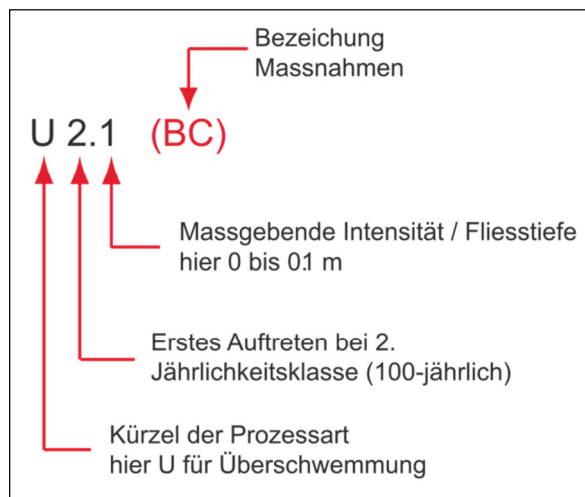
Bei grösseren Bebauungen wird grundsätzlich empfohlen, Überbauungspläne zu erstellen. Neben dem Schutz der Einzelobjekte muss auch die mögliche Verlagerung von Gefährdungen beachtet werden. Dies ist meist nur mit einer kohärenten Gesamtplanung möglich.

Zur Ausführung und Variantenwahl von einzelnen Massnahmen äussert sich dieses Konzept nicht. Dazu wird auf die „Wegleitung Objektschutz“ [2] und auf Unterstützung durch Fachleute verwiesen. Das vorliegende Konzept soll die Lücke zwischen der reinen Gefahrenbeurteilung mit Gefahrenstufen / Intensitäten und der Bemessung der Massnahmen schliessen. Mit leicht generalisierten Angaben zu Lastfällen auf den folgenden Seiten und ergänzenden Angaben zu den Gefährdungsbildern in Abhängigkeit der Prozessarten (vgl. Kapitel2) sollen Wahl und Bemessung der Massnahmen erleichtert werden.

3.2.2. Erläuterung des Codes der vorgesehenen Objektschutzflächen

Im Kapitel 3.2.4 ist beispielhaft ein Planausschnitt der Massnahmenkarte abgebildet, welcher eine Fläche zeigt, für welche Objektschutz vorgeschlagen wird. Die Codierungen werden nachfolgend kurz erklärt.

Abbildung 6 Lesebeispiel für die Codierung der Flächen mit Objektschutz



Der Buchstabe an vorderster Position beschreibt die Prozessart (Tabelle 3). Die erste Zahl bezieht sich auf die Jährlichkeit, ab der die Fläche betroffen ist (z.B. benetzt wird; Tabelle 4). Die zweite Zahl auf die grösste zu erwartende Intensität (Tabelle 5 - Tabelle 10). Diese Festlegung ist für alle Prozessarten identisch. Die roten Buchstaben verweisen auf bauliche Massnahmen. Objektschutzmassnahmen sind sicher zu treffen, bis eine oder beide bauliche Massnahmen realisiert sind. Danach ist die Situation neu zu beurteilen (Gefahrenkarte nach Massnahmen,

allenfalls Anpassung des Massnahmenkonzeptes). Genauere Angaben sind unter Kapitel 3.2.4 zu finden.

Tabelle 3 Liste der Prozessarten

Kürzel	Prozessart
U	Überflutung
UE	Ufererosion
M	Murgang
RS	Spontanrutschung
HM	Hangmure
RP	Permanentrutschung
SB	Stein- und Blockschlag
FL	Fliesslawine
SL	Staublawine
SG	Schneegleiten

Tabelle 4 Code für die Jährlichkeitsklassen

Code	Bedeutung
1	Ereignis in diesem Ausmass alle 30 Jahre zu erwarten
2	Ereignis in diesem Ausmass alle 100 Jahre zu erwarten
3	Ereignis in diesem Ausmass alle 300 Jahre zu erwarten

Die Überschwemmung durch ein extremes Hochwassers (EHQ; seltener als 300-jährlich) ist für die Planung von Massnahmen im Normalfall nicht von Bedeutung. Ausnahmen bilden die Störfallbetriebe und besonders empfindliche Objekte (siehe Arbeitshilfe [5]).

Tabelle 5 Code für die Fliesstiefen bei Überflutungen

Code	Bedeutung
1	Fliesstiefe bis maximal 0.1 m
2	Fliesstiefe 0.1 bis maximal 0.5 m
3	Fliesstiefe 0.5 bis maximal 1 m
4	Fliesstiefe 1 bis maximal 1.5 m
5	Fliesstiefe 1.5 bis maximal 2 m
6	Fliesstiefe grösser 2 m

In den Beschreibungen zu den einzelnen Flächen können präzisierende Hinweise erfolgen.

Tabelle 6 Code für Murgänge

Code	Bedeutung
1	Fliesstiefe bis 0.5 m und Fliessgeschwindigkeit kleiner 1 m/s sowie Kubatur kleiner 500 m ³
2	Fliesstiefe 0.5 m bis 1 m und Fliessgeschwindigkeit kleiner 1 m/s
3	Fliesstiefe grösser 1 m und Fliessgeschwindigkeit grösser 1 m/s

Tabelle 7 Code für die Spontanrutschungen und Hangmuren

Code	Bedeutung
1	Mächtigkeit der rutschenden Schicht bis 0.5 m
2	Mächtigkeit der rutschenden Schicht 0.5 m bis 1 m
3	Mächtigkeit der rutschenden Schicht 1 m bis 2 m
4	Mächtigkeit der rutschenden Schicht grösser 2 m

Tabelle 8 Code für permanente Rutschungen

Code	Bedeutung
1	Geschwindigkeit kleiner 2 cm pro Jahr und Mächtigkeit der rutschenden Schicht bis 2 m
2	Geschwindigkeit zwischen 2 cm und 10 cm pro Jahr und Mächtigkeit der rutschenden Schicht bis 2 m oder Geschwindigkeit kleiner 2 cm pro Jahr und Mächtigkeit der rutschenden Schicht grösser 2 m
3	Geschwindigkeit grösser 10 cm pro Jahr oder starke differentielle Bewegungen

In den Beschreibungen zu den betroffenen Flächen erfolgen in aller Regel präzisierende Hinweise zu den massgebenden Intensitäten.

Tabelle 9 Code für Sturzprozesse (Stein- und Blockschlag)

Code	Bedeutung
1	Aufprallenergie bis 30 kJ
2	Aufprallenergie 30 kJ bis 300 kJ
3	Aufprallenergie grösser 300 kJ

In den Beschreibungen zu den betroffenen Flächen erfolgen in aller Regel präzisierende Hinweise zu den massgebenden Intensitäten.

Tabelle 10 Code für Lawinen und Schneegleiten

Code	Bedeutung
1	Druck kleiner 3 kN/m ²
2	Druck zwischen 3 kN/m ² und 30 kN/m ²
3	Druck grösser 30 kN/m ²

In den Beschreibungen zu den betroffenen Flächen erfolgen in aller Regel präzisierende Hinweise zu den massgebenden Intensitäten.

3.2.3. Angaben zu den einzelnen Flächen

Der Objektschutz stellt besonders bei Einwirkungen durch schwache Intensitäten eine gut geeignete Massnahme dar. In der Gemeinde Quarten ist insbesondere bei den Wassergefahren meistens mit schwachen Intensitäten zu rechnen. Gegen diese ist der Objektschutz normalerweise ein probates Mittel. Bei den Rutsch-, Sturz- und Lawinengefahren kommen öfter auch mittlere und starke Intensitäten vor. Objektschutz bei mittleren bis starken Intensitäten ist je nach Objekt nur schwer oder sehr kostenintensiv realisierbar.

Für die Gemeinden sind Objektschutzmassnahmen ohne Hilfestellung oft relativ schwierig umzusetzen. Die wichtigsten Gründe hierfür sind:

- Die Grenzen der Einwirkungen halten sich nicht an Parzellierungen.
- Gebäude können nur teilweise oder durch unterschiedliche Intensitäten betroffen sein.
- Es können verschiedene Gefahrenprozesse auf dieselbe Fläche einwirken.
- Ausgeführte Bauten oder Objektschutzmassnahmen können die Ausbreitung der Gefährdung ihrerseits beeinflussen und zu Gefahrenverlagerungen führen

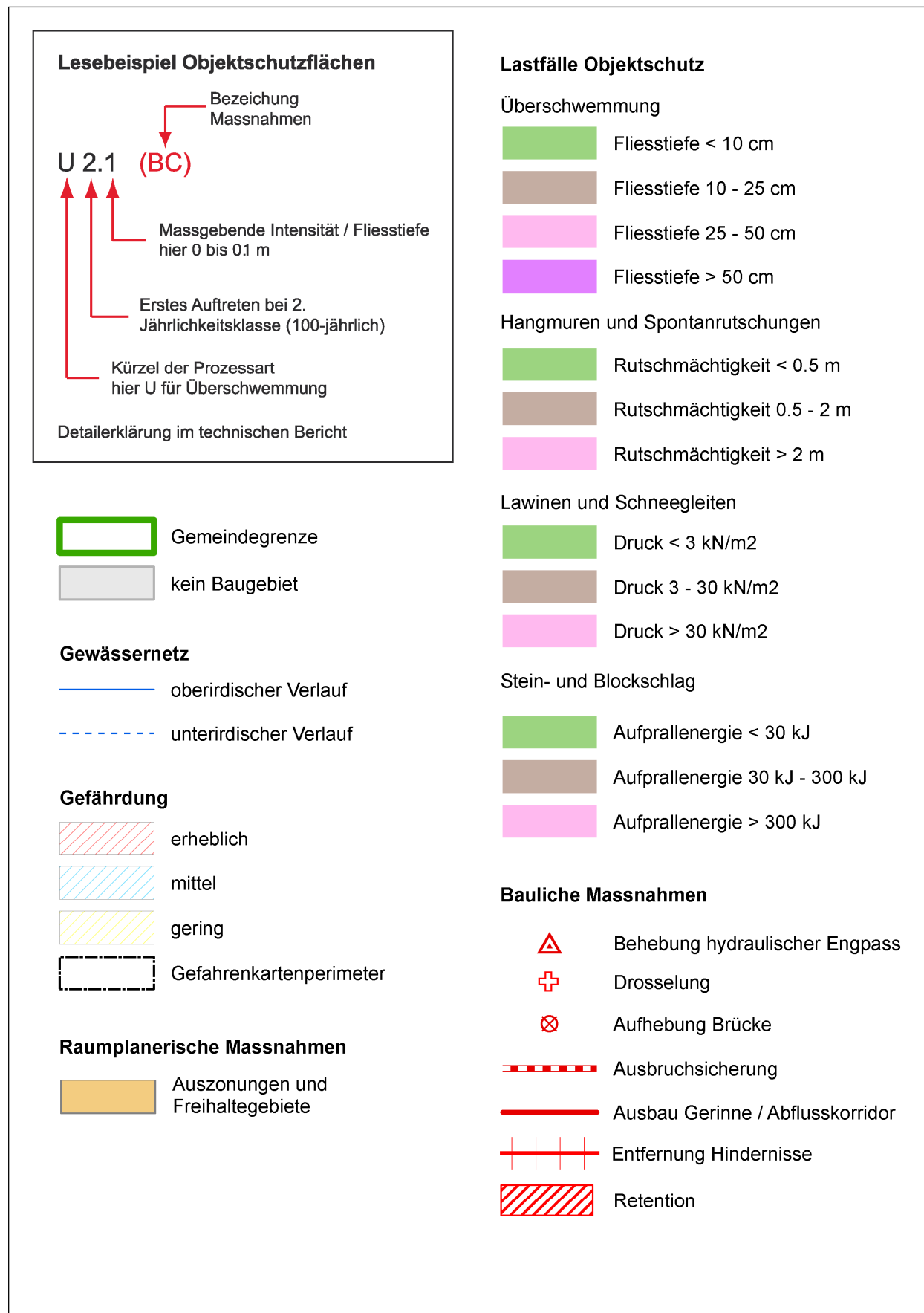
Insgesamt wird die Massnahmengruppe Objektschutz am häufigsten empfohlen. Um der Gemeinde Hilfestellung zu leisten, wurden Flächen definiert und zugehörige Bemessungshilfen formuliert. Die standardmässige Bemessungshilfe beschreibt der bereits erläuterte Code (Kapitel 3.2.2). Zusätzlich können Anmerkungen zu den einzelnen Flächen fallweise ergänzende Angaben liefern.

3.2.4. Objektschutzflächen

Im Anhang sind die einzelnen Flächen mit weiterführenden Informationen, nach Ortsteil und Lokalität gegliedert, beschrieben und dargestellt. Die Objektschutzflächen wurden nach aktuellem Zonenplan festgelegt und beinhalten alle Gebiete aus der Bauzone und dem „übrigen Gemeindegebiet, welche innerhalb des Gefahrenkartenperimeters im Konflikt mit mindestens einer Naturgefahr stehen. Die Grundsätze und Überlegungen für die Abgrenzung der Flächen sind in Kapiteln 3.2.1 - 3.2.3 allgemein beschrieben.

Zum Verständnis dieser Karteikarten ist nachfolgend ein Lesebeispiel inkl. Legende aufgeführt.

Abbildung 7 Legende



Bauliche Massnahmen

△

Behebung hydraulischer Engpass

+

Drosselung

⊗

Aufhebung Brücke

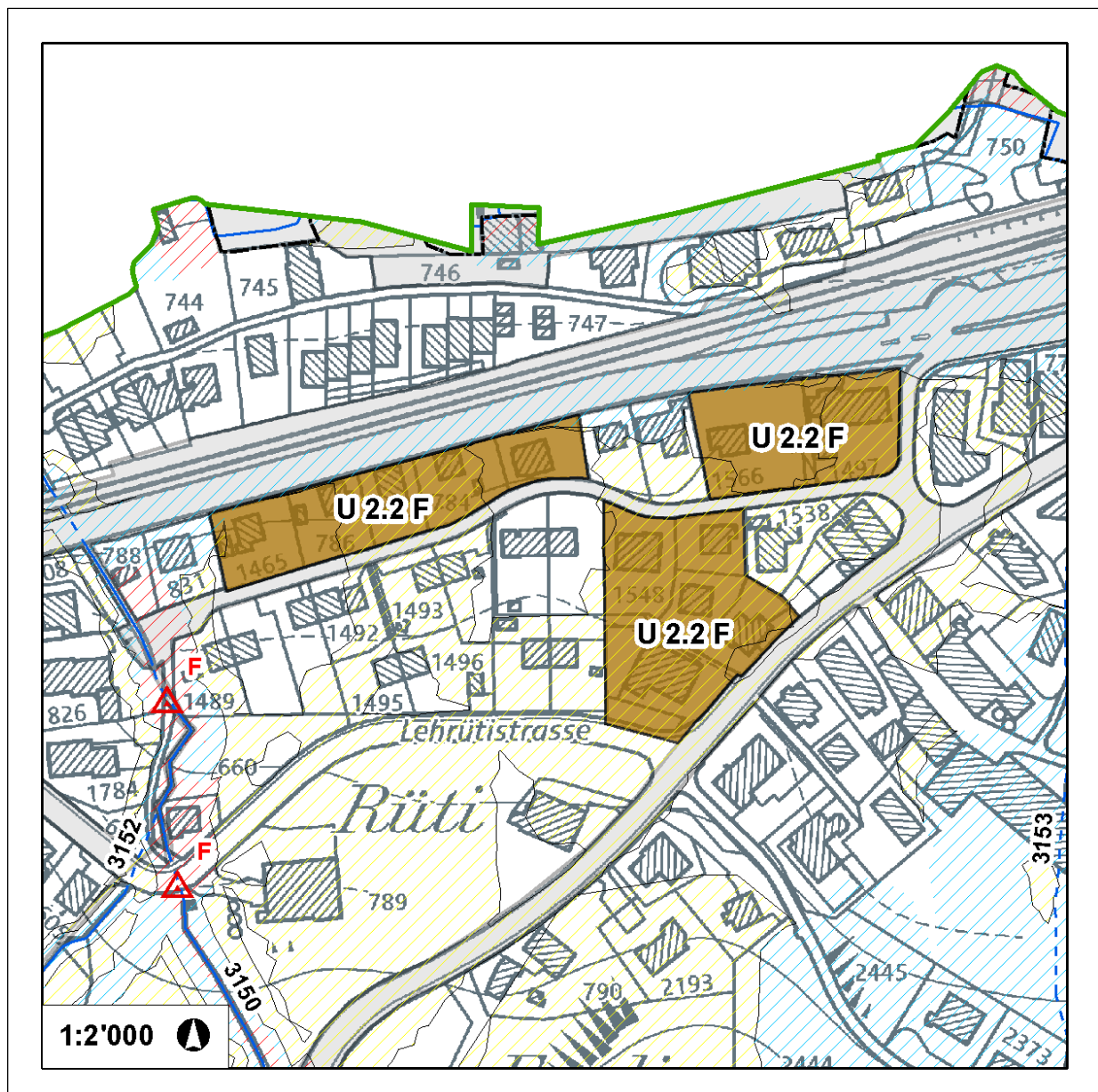
Ausbruchsicherung

Ausbau Gerinne / Abflusskorridor

Entfernung Hindernisse

Retention

Abbildung 8 Lesebeispiel



Zur einfacheren Handhabung der einzelnen Objektschutzflächen sei hier auf das abgegebene Mappetizerprojekt hingewiesen, welches bezüglich Übersicht deutliche Vorteile aufweist.

3.3. Flächenschutz

Bauliche Massnahmen werden nur dort weiter verfolgt, wo sich auch ein entsprechender Nutzen zeigt. Bis zur Realisierung wird in vielen Fällen eine längere Zeit vergehen und in der Planungsphase kann noch nicht sicher vorausgesagt werden, dass eine Realisierung auch tatsächlich gelingt. Daher müssen in gefährdeten Gebiete Objektschutzmassnahmen vorgesehen werden. Falls die Massnahmen zum Flächenschutz umgesetzt werden, dienen die Objektschutzmassnahmen zum Schutz des Objektes bei einem allfälligen Überlastfall.

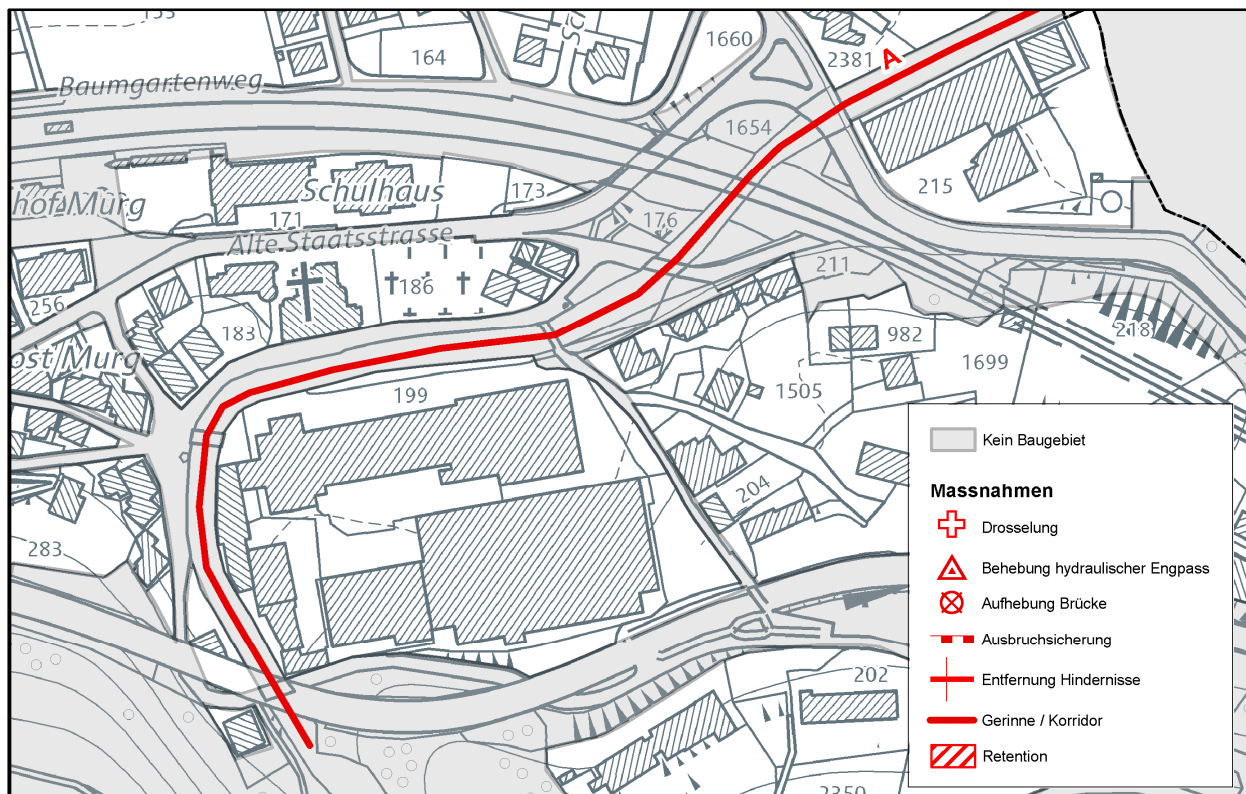
Je nach Situation reicht das berechnete Investitionsbudget (auch wenn dieses grösser ist als 100'000 CHF) bei weitem nicht aus um sinnvolle Massnahmen zu treffen. Insbesondere gilt das für folgende Gefahrenquellen:

- Walensee (GQ 531)
- Chnobelbodenbach (GQ 3156)
- Chirchenbach (GQ 3159)
- Plattenbach (GQ 3160)
- Schreienbach (GQ 3161)
- Tüfrietbach (GQ 3162)
- Sägebach (GQ 3164)
- Zillenbach (GQ 3149)
- Lalzenbach (GQ 3153)
- Lauibach (GQ 3147)
- Tobelbach (Murgang, GQ 4536)

3.3.1. Massnahme A; Murgbach (GQ 3142)

Ausbau des Gerinnes nach der Schluchtstrecke. Insbesondere müssen die Brücken hydraulisch gut konzipiert und deren Kapazität erhöht werden. Zudem ist es sehr wichtig ein Gefälle oder eine Auskleidung anzustreben, welches Auflandungen möglichst verhindert. Die Gemeinde ist momentan daran (unabhängig vom Massnahmenkonzept) ein Projekt zur Entschärfung der Hochwassergefahr durch den Murgbach auszuarbeiten.

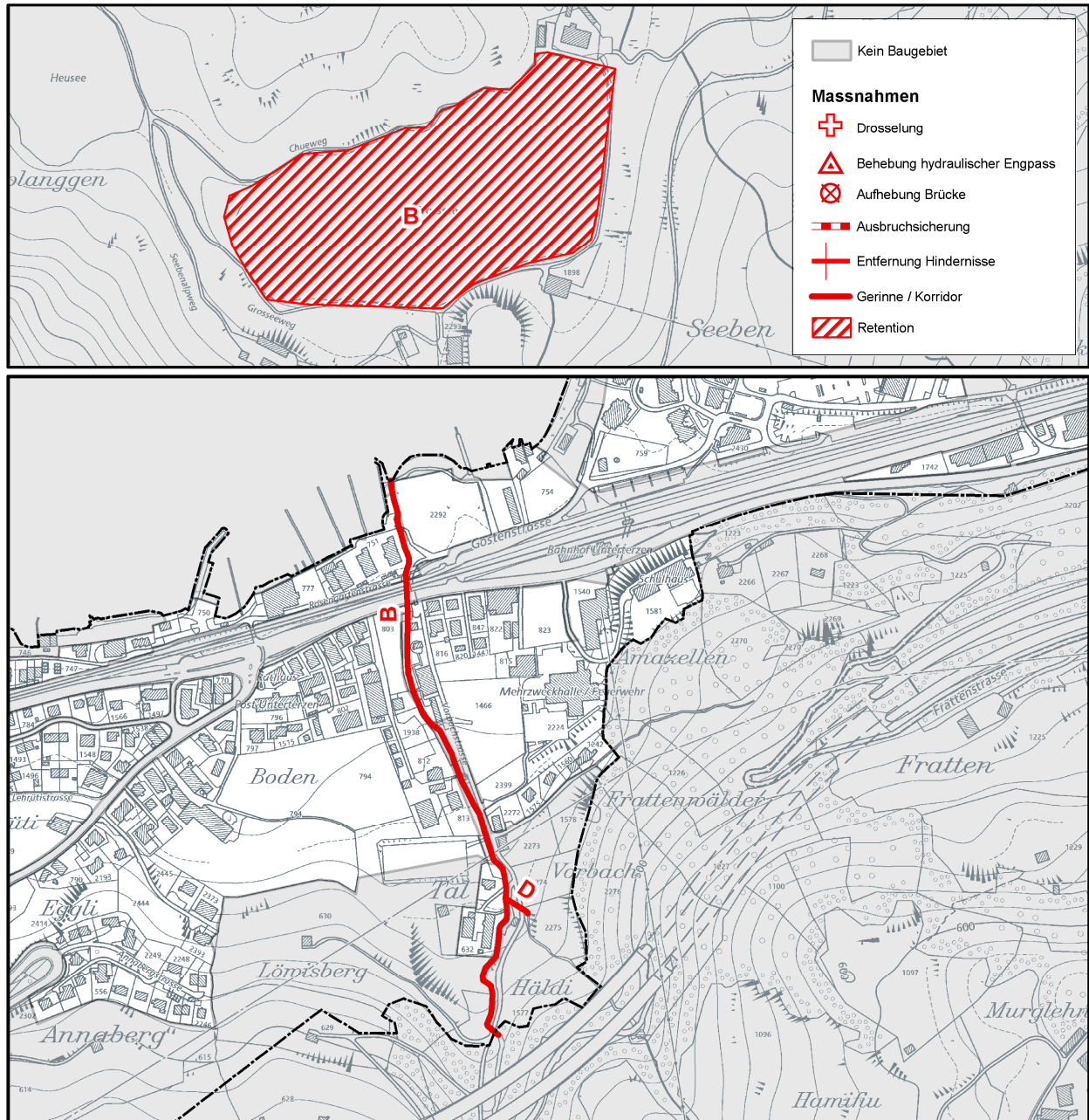
Abbildung 9 Massnahme A



3.3.2. Massnahme B; Chammenbach (GQ 3154)

Mit einer Drosselung des Auslaufs des Seebenalpsees und einer möglichen Erhöhung des Seespiegels um 1m im Hochwasserfall, kann gut ein Drittel des Einzugsgebiets des Chammenbachs retentiert werden. Unterhalb der Autobahn soll die Gerinnekapazität vergrössert werden und besonders die hydraulischen Engpässe behoben werden.

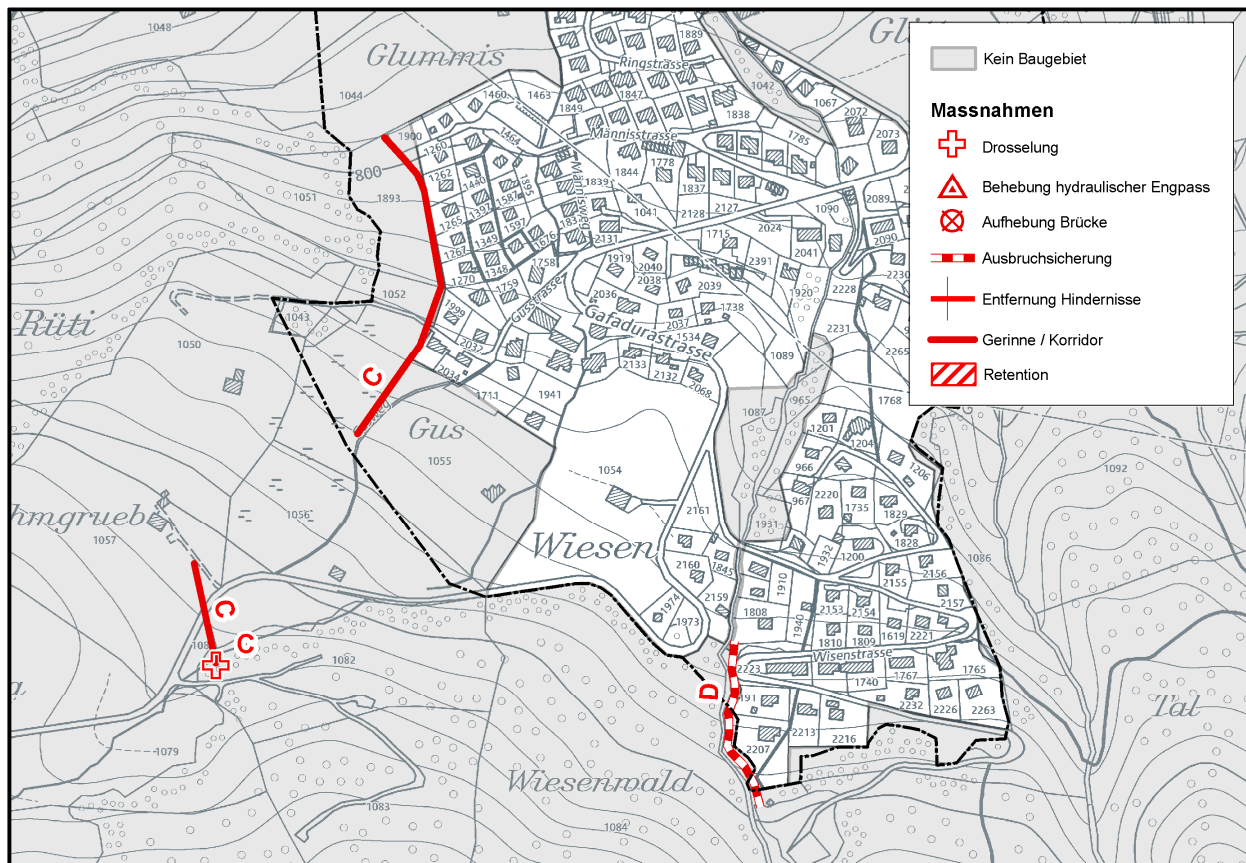
Abbildung 10 Massnahme B



3.3.3. Massnahme C; Glittenbach (GQ 3163), Sägebach (GQ 3164)

Die Entnahmestelle so ausbauen, dass im Hochwasserfall nur ein minimaler Teil in Richtung „Wiesen“ fliesst und der Hauptteil westlich der Siedlung vorbeizieht. Dies könnte mit einem sanft geformten und dadurch bewirtschaftbaren Erddamm entlang der Gebäude erzielt werden.

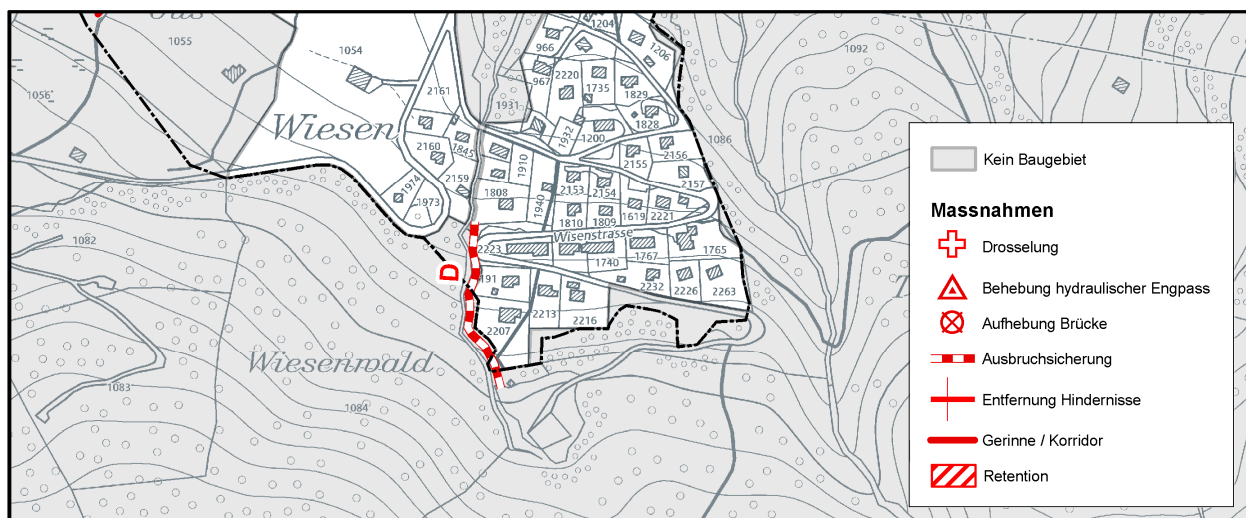
Abbildung 11 Massnahme C

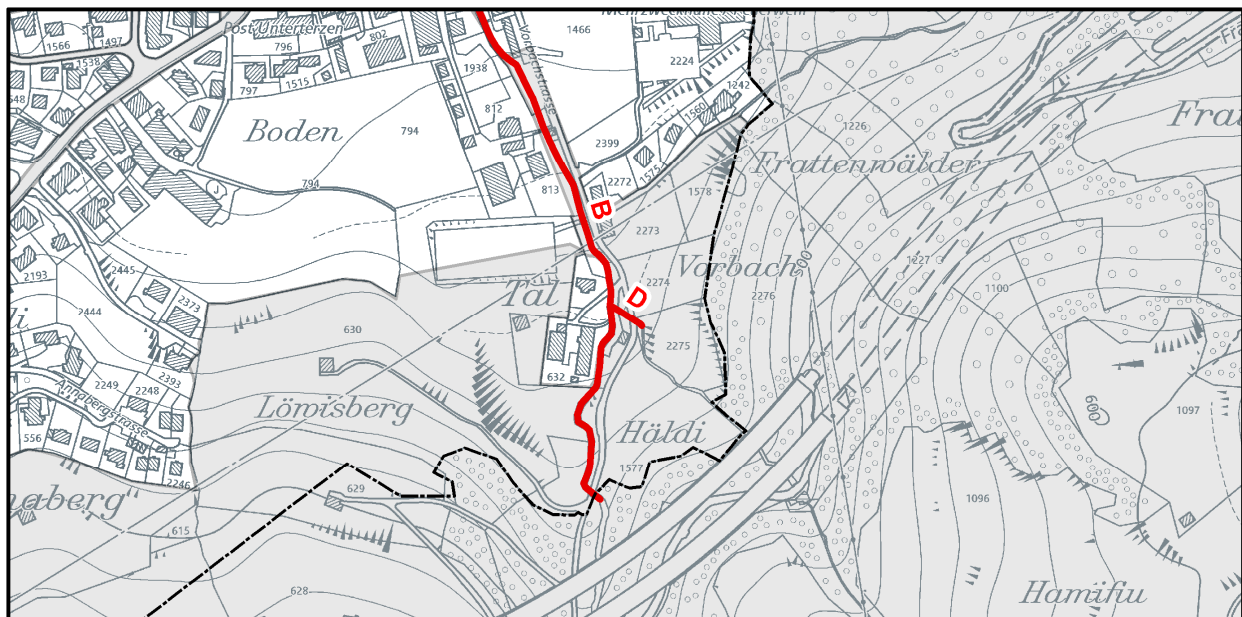


3.3.4. Massnahme D; Moosbach (GQ 3155)

Am südwestlichen Rand der Siedlung Wiesen kann mit einem Damm verhindert werden, dass das Wasser nach orographisch rechts in die Siedlung ausbricht. Vor der Einmündung in den Chammenbach in Unterterzen soll die Gerinnekapazität vergrössert und besonders die hydraulischen Engpässe behoben werden.

Abbildung 12 Massnahme D

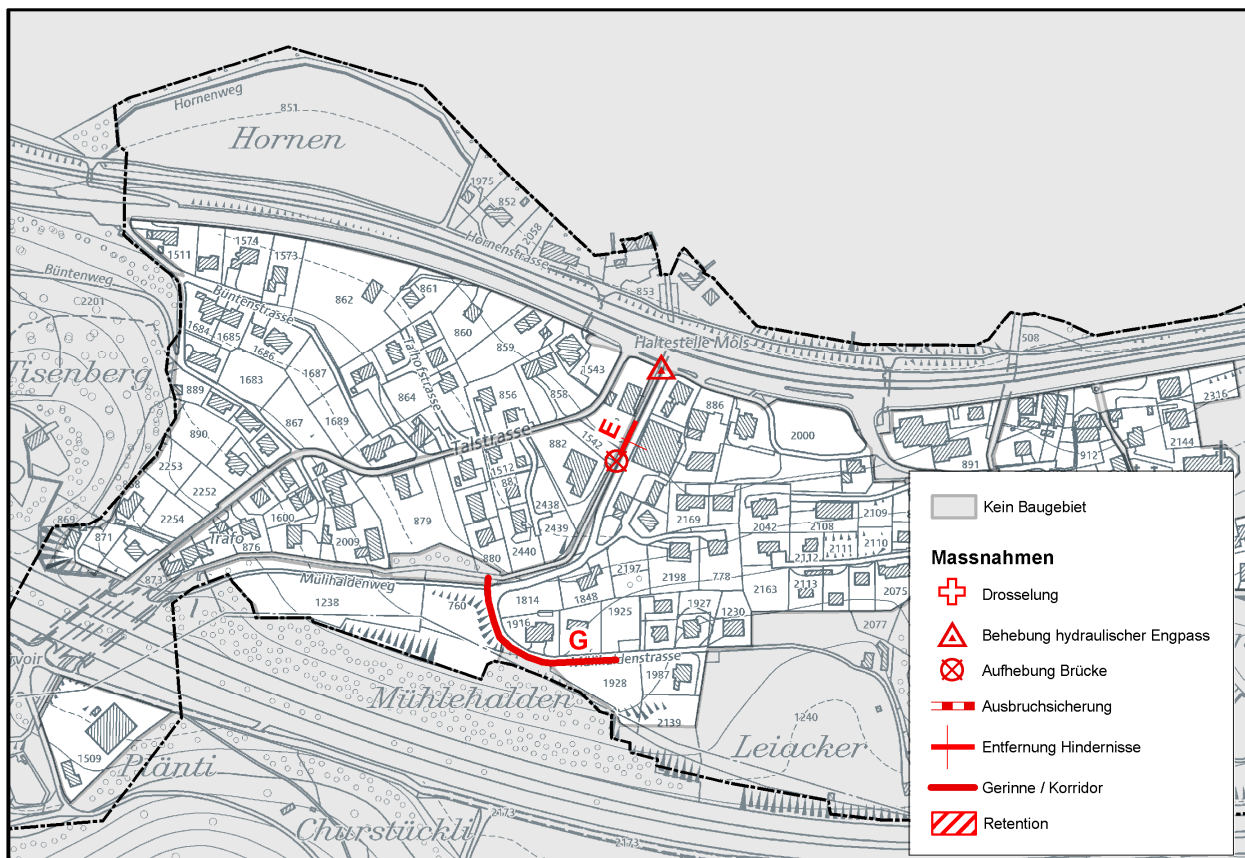




3.3.5. Massnahme E; Talbach (GQ 3158)

Entfernung der Fussgängerbrücke und der über dem Gerinne einbetonierten Eisenträger oberhalb der Kantonsstrassenbrücke. Die Brücke könnte allenfalls auch ersetzt werden (erhöht und Bogenkonstrukt), so dass sie über der Böschungsoberkante liegt. Durchlass unter der Kantonsstrasse und Bahnlinie ausbauen resp. Kapazität erhöhen (Abfluss unter Druck ermöglichen).

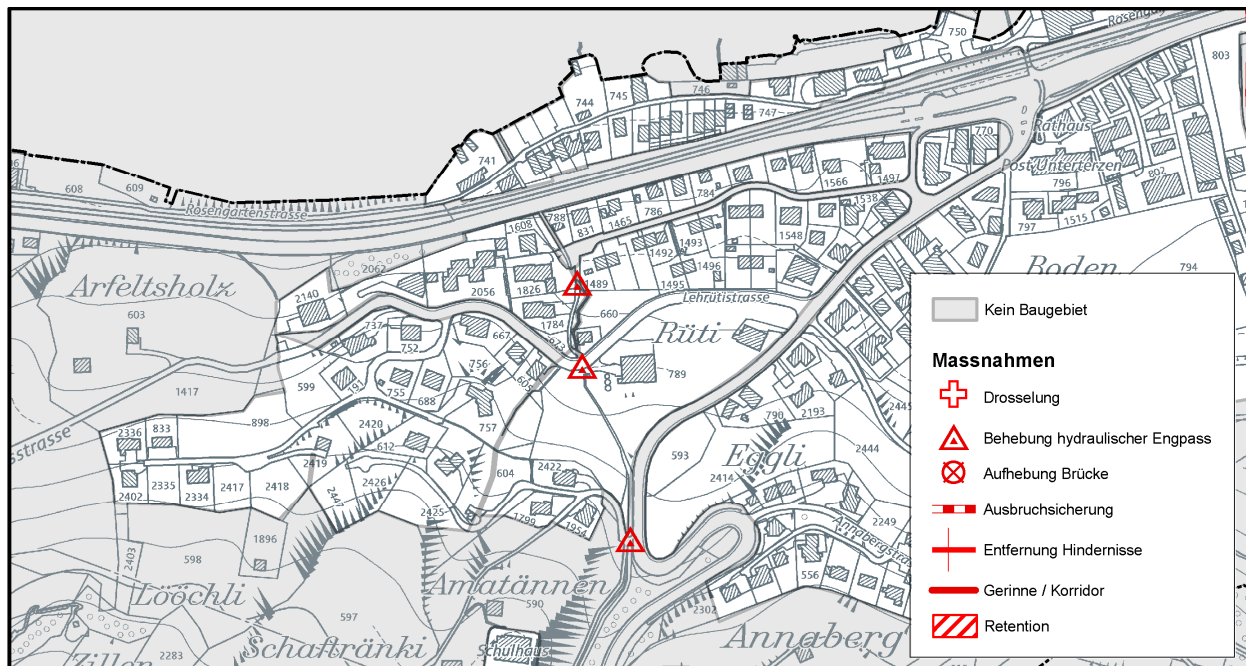
Abbildung 13 Massnahme E



3.3.6. Massnahme F; Rütibach (GQ 3150)

Problematisch sind vor allem die Durchlässe. Da das Budget eher gering ist, sind die Möglichkeiten zur Behebung der Engpässe limitiert. Von der Reihenfolge her ist die Verbesserung der Durchlässe so zu gestalten, dass mit dem untersten begonnen wird und mit dem obersten abgeschlossen wird. Allenfalls genügt das Investitionsbudget für keinen der Durchlässe. In dem Fall ist bei einer allfälligen Sanierung der Strassen der Ausbau der Eindolungen einzuplanen.

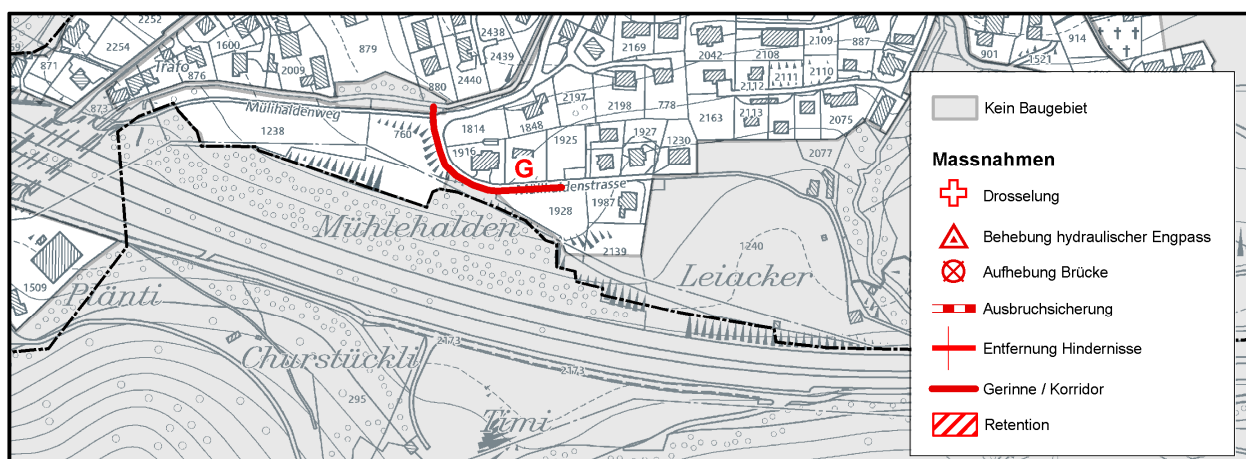
Abbildung 14 Massnahme F



3.3.7. Massnahme G, Gebiet Mühlehalde; Kirchenbach (GQ 3159), Plattenbach (GQ 3160) und Schreienbach (GQ 3161)

Die erwähnten Gerinne entwässern bei Hochwasser alle via Autobahn in das Gebiet Mühlehalde. Die Fliesstiefen sind jeweils gering. Mit einem sanft ausgeformten Graben oder einer Mauer entlang der Strasse, soll das Wasser zum Talbach (GQ 3158) gebracht werden.

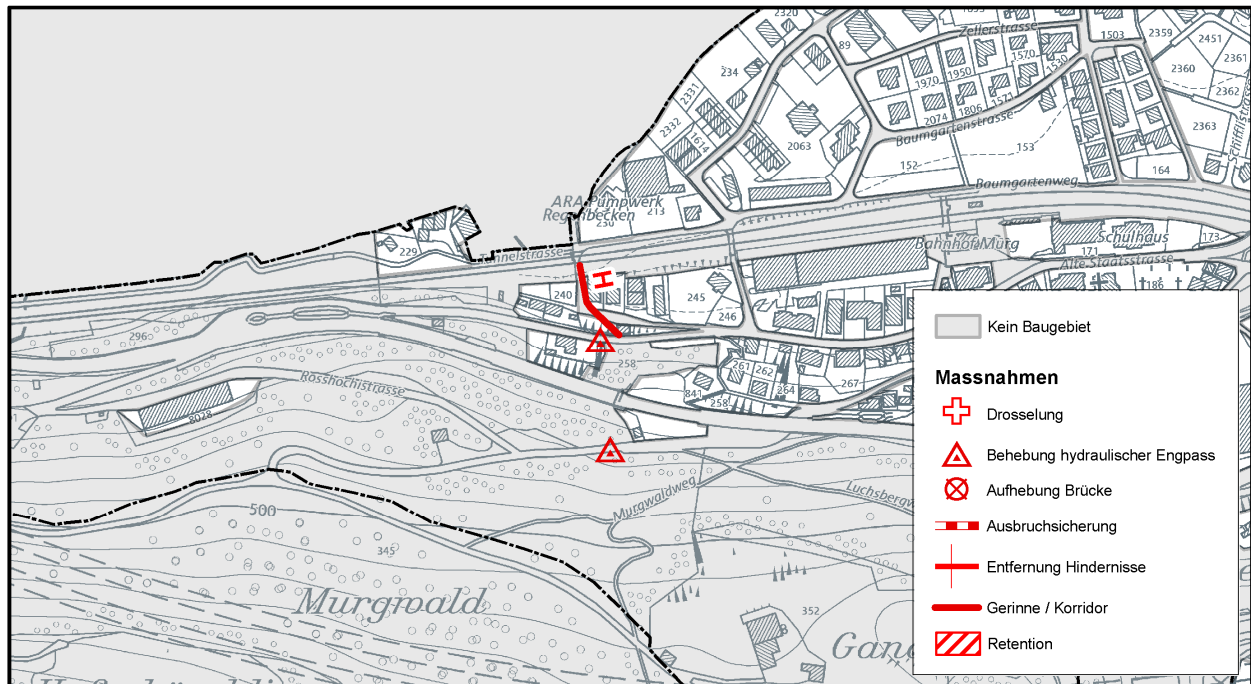
Abbildung 15 Massnahme G



3.3.8. Massnahme H; Gandbach (GQ 3141)

Vergrösserung und Verbesserung der Durchlässe insbesondere bei Kote 465. Verhinderung eines Ausbruchs orographisch rechts unterhalb Kote 430. Die Massnahme kann als Geländemodellierung und oder Mauer ausgeführt werden. Da das Budget eher gering ist, sind die Möglichkeiten zur Behebung der Engpässe limitiert. Allenfalls genügt das Investitionsbudget für keinen der Durchlässe. In dem Fall ist bei einer allfälligen Sanierung der Strassen der Ausbau der Eindolungen einzuplanen.

Abbildung 16 Massnahme H



3.3.9. Massnahme I; Ofenlochbach (GQ 4535 und GQ 3125), Tobelbach (GQ 4536 und GQ 3126)

Für die Massnahme I ist ein Investitionsbudget von ca. 310'000.- gegeben (Ofenlochbach: 120'000.- von der Prozessart Murgang und 50'000.- von der Prozessart Überschwemmung; Tobelbach: 130'000.- von der Prozessart Murgang und 10'000.- von der Prozessart Überschwemmung). Eine komplette Sanierung des Gerinnes kommt aus wirtschaftlicher Sicht nicht in Frage. Mit punktuellen Eingriffen könnte die Gefährdung aber stark eingeschränkt werden.

Bis anhin wurde das Gerinne nach Strakregenereignissen mit Geschiebetrieb ausgebaggert. Dies soll auch weiterhin so geschehen; das dabei gewonnene Material könnte dabei im Gebiet Au zu einem Damm aufgeschüttet werden (Abbildung 17), welcher Ausbrüche in Richtung Grundegg verhindert. Zusätzlich soll bei der expliziten Schwachstelle bei Kote 460 z.B. mit einem Schiebtor parallel zum Gerinne verhindert werden, dass Wasser und Geschiebe auf dem Strässchen in Richtung Grundegg abfliessen kann. Die orographisch rechte Seite bei dieser Brücke ist ebenfalls durch Geländemodellierungen so anzupassen, dass ausgeuferte Abflüsse wieder ins Gerinne zurückgeführt werden (Abbildung 18).

Abbildung 17 Massnahme I

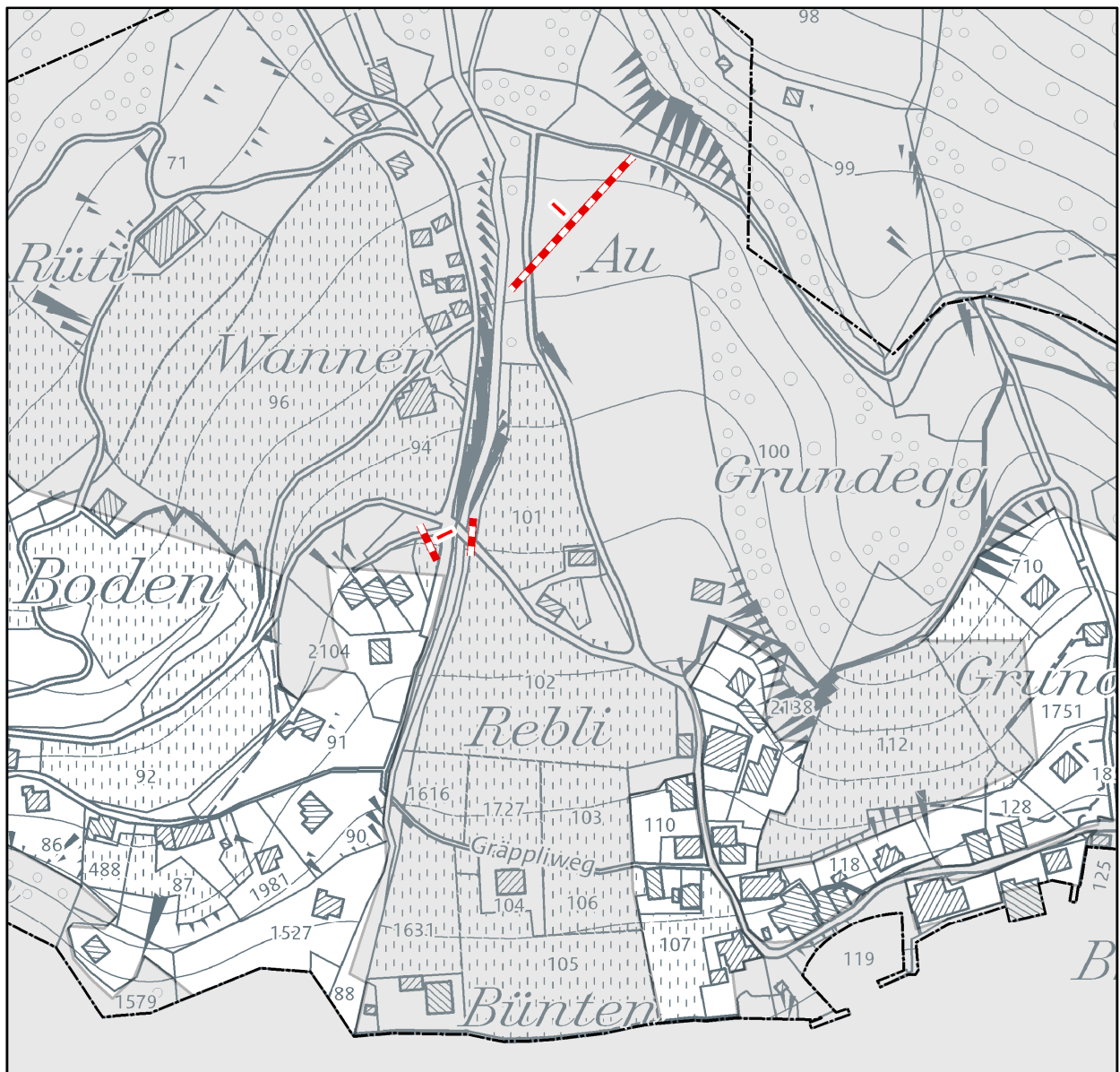


Abbildung 18 Fotos der Schwachstelle



3.3.10. Ziel und Priorisierung Massnahmen

Ziel der Massnahmen ist ein Schutz gegen ein 100-jährliches Hochwasser (innerhalb Siedlung) zu erreichen. Wenn mit geringem Zusatzaufwand auch ein Schutz vor einem 300-jährlichen Hochwasser gewährleistet ist, sollte dies geprüft werden. Die Priorisierung der Massnahmen erfolgt nach folgenden Kriterien:

- Schutz 30-jährliches Hochwasser komplett erfüllbar
- Schutz 100-jährliches Hochwasser komplett erfüllbar
- Schutz 300-jährliches Hochwasser komplett erfüllbar
- Werden Überschwemmungen von Seitzubringern oder anderen Gefahrenquellen mit dieser Massnahme verringert.
- Kosten-Nutzen (grobe Schätzung)
- Akzeptanz bei der Bevölkerung (grobe Einschätzung)
- Potenzial zur Kombination der Massnahmenerstellung mit anderen Bauarbeiten, z.B. Strassen/Werkleitungen (Bewertung durch die Gemeinde)
- Zustand Bauwerke insbesondere Rohrleitungen (Bewertung durch die Gemeinde)
- Gemeindespezifische Bevorzugung (Bewertung durch die Gemeinde)

Die Massnahmen werden wo nicht genau festlegbar, gutachterlich bewertet. Die Gemeinde ist ebenfalls für einen Teil der Bewertung zuständig (gelbe Felder).

Tabelle 11 Priorisierung Massnahmen

Massnahme	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Schutz vor HQ ₃₀	0	++	-	-	0	+	-	+	0
Schutz vor HQ ₁₀₀	++	++	-	-	++	+	-	-	+
Schutz vor HQ ₃₀₀	+	+	-	-	+	-	-	-	+
Positive Auswirkung auf andere Gefahrenquellen	0	+	0	0	0	0	+	0	+
Kosten-Nutzen	++	++	+	0	-	--	0	0	0
Akzeptanz bei der Bevölkerung	+	+	0	+	+	+	0	0	+
Kombination mit Bauarbeiten	-	++	--	--	-	-	--	--	-
Zustand Bauwerke und Leitungen*	-	+	+	0	-	+	-	-	0
Bevorzugung der Gemeinde	++	++	0	0	+	++	0	0	-
Priorität	2.	1.	6.	7.	3.	3.	9.	7.	3.

++	sehr gut / gesichert (Schutz)
+	gut / vermutlich gewährleistet (Schutz)
0	mittel / unverändert (Schutz)
-	schlecht / teilweise gewährleistet (Schutz)
--	sehr schlecht / nicht gewährleistet

* Bewertung invers (Bauwerke in schlechtem Zustand ++ / Leitungen neuwertig, oder gut unterhalten --)

Bei der Bewertung der einzelnen Massnahmen im Hinblick auf eine Priorisierung fällt auf, dass bei den Gewässern Murg- und Chammenbach (Massnahme A und B) mit Abstand der grösste Handlungsbedarf besteht. Die anderen Massnahmen sind schon rein von der Finanzierbarkeit her auf einer ganz anderen Ebene.

3.3.11. Hinweise der Ortsgemeinden

Aus den Rückmeldungen der Ortsgemeinden zum Entwurf des Massnahmenkonzepts ergaben sich zwei Punkte, welche bei den technischen Massnahmen anzusiedeln sind:

- **Rütimoos**

Aus der Sicht der Ortsgemeinde Oberterzen wurde die Gefahr, welche von der Rutschung Rütimoos ausgehen könnte nicht genügend berücksichtigt (insbesondere wird befürchtet, dass der Hang in das Wohnhaus „Erlen“ rutschen kann). Die Ortsgemeinde bat daher um eine weitere Besichtigung vor Ort. Diese Besichtigung wurde durchgeführt und es wurde folgender Schluss gezogen:

„Die schwache Gefährdung gemäss Gefahrenkarte trifft für das zu prüfende Gebäude zu. Die effektive Gefährdung liegt keinesfalls höher.“

- **Ofenlochbach**

Die Ortsgemeinde Quinten hat festgestellt, dass verschiedenen Starkregenereignisse in den letzten Jahren zu Abflüssen mit grossem Geschiebetrieb und Ablagerungen im Gerinne geführt haben. Bisher konnten Überschwemmungen nur verhindert werden, da das Bachbett jeweils ausgebaggert wurde. Aus der Sicht der Ortsgemeinde wäre zu prüfen ob das Bachbett saniert werden müsste, damit sich das Gerinne nicht aufstauen und es zu Überflutungen kommen kann.

Es wurde wiederum eine Besichtigung vor Ort durchgeführt und eine Massnahme vorgeschlagen (Massnahme I; Kapitel 3.3.9).

3.4. Störfallbetriebe / sensible Objekte

In der Gemeinde Quarten sind mehrere Betriebe heimisch, welche der Störfallverordnung unterliegen oder durch die Gemeinde als sensible Objekte ausgeschieden wurden. Gemäss dem Leitfaden für Vorsorge und Schutz [3] sind für solche sensible Objekte Auflagen / Objekt-

schutzmassnahmen bis zum Extremereignis (EHQ) zu prüfen. Es handelt sich dabei um folgende Objekte:

- Freileitungsanlage Gödis
- Zentrale Gödis
- Zentrale Plätz
- Wasserreservoir Luchsberg
- Wasserreservoir Gödis

Alle diese Objekte befinden sich ausserhalb des Gefahrenkartenperimeters. Um eine Aussage zur Gefährdung machen zu können, müssten punktuelle Gefahrenabklärungen vorgenommen werden.

3.5. Notfallplanung

Die Gemeinde Quarten ist unabhängig vom Massnahmenkonzept an der Ausarbeitung eines Notfallkonzepts. Die Abstimmung dieses mit dem hier vorgestellten Massnahmenkonzept ist vorgesehen.

3.6. Zusätzliche Infos

Beim Chammisswaldchopf werden durch die Impergeologie AG Felsbewegungen gemessen. Für das Siedlungsgebiet ist eine Gefährdung durch diese Sturzquelle jedoch nicht ersichtlich.

4. Weiteres Vorgehen / Ausblick

Bei der Bearbeitung von Baugesuchen stehen der Gemeinde ab sofort Angaben zur Bemessung von Objektschutzmassnahmen zur Verfügung. Der beiliegende Massnahmenplan liefert die Übersicht. Detailansichten mit ergänzenden Hinweisen finden sich im Anhang oder im Mapetizerprojekt.

Sofern terminlich vereinbar, wäre es wünschenswert, dass das Notfallkonzept diesem Dokument beigelegt und dann den kantonalen Instanzen unter Federführung des AREG vorgelegt wird. Mit der Unterbreitung des Massnahmenkonzepts beim AREG wird gewährleistet, dass die allfällig vorgesehene Mitfinanzierung von geplanten Massnahmen frühzeitig geregelt wird. Dies führt zu einer wesentlichen Erleichterung der Baubewilligungsverfahren zur Umsetzung der Massnahmen.

Wir empfehlen ausgewählte Massnahmen mittels Machbarkeitsstudien hydraulisch zu überprüfen. Mit einer Machbarkeitsstudie soll klar aufgezeigt werden, wie sich vorgeschlagene Massnahmen auf die Reduktion der Gefährdungen auswirken. Die wichtigsten Vorgehensschritte sind dabei:

- Einbau der relevanten Massnahmen (Geländegestaltungen) in das digitale Geländemodell (DTM)
- Prüfung der Funktionsfähigkeit der Massnahmen bei verschiedenen Abflüssen, inkl. Sensitivitätsanalyse am DTM.
- Nachprüfung von möglichen Gefahrenverlagerungen
- Quantitative Erfassung der hydraulischen Vorgänge (Ganglinienverformungen, Abflüsse an bestimmten Stellen als Folge von Massnahmen, Überflutungsflächen nach Massnahmen und ähnliche Fragestellungen).
- Empfehlungen für die vertiefte Planung formulieren und die wesentlichen Anforderungen, Randbedingungen für die Projektierung festlegen.

Generell gilt, dass das Massnahmenkonzept künftig mit der Realisierung von Schutzmassnahmen, der Nachführung von Gefahrengrundlagen und generell der Raumentwicklung periodisch zu aktualisieren ist. Es handelt sich beim Massnahmenkonzept um eine rollende Planung.

St. Gallen, April 2015

5. Literatur / Unterlagen

- [1] Bart, R., Borter, P., Egli, Th., Gächter, M. 1999: Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren. Umwelt-Materialien Nr. 107, Naturgefahren, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, Teil I 115 S., Teil II 129 S.
- [2] Egli, T., Wegleitung Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren, Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (Hrsg.), Bern, 2005.
- [3] Kanton St. Gallen, Naturgefahren im Kanton St. Gallen, Leitfaden für Vorsorge und Schutz, Naturgefahrenkommission des Kantons St. Gallen, 2007.
- [4] Ingenieure Bart AG, Integrale Gefahrenkarte SG, Teilgebiete 4 + 7 Sargans und Obertoggenburg, Naturgefahrenanalyse, Technischer Bericht, Methodik und Vorgehen für alle Gemeinden, St. Gallen, 2013.
- [5] Kanton St. Gallen, Massnahmenkonzept Naturgefahren, Arbeitshilfe für die Erarbeitung, Naturgefahrenkommission des Kantons St. Gallen, 2012, Version 1.1.
- [6] FAN Kursordner Poschiavo, 1984, Beurteilung der Steinschlaggefahren nach W. Gerber, WSL.
- [7] Rudolf-Miklau, F., Sauermoser, S. 2011: Handbuch Technischer Lawinenverbau. Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. Berlin.