

Murgang- und Hochwasserschutz für den Altdorfbach in Vitznau

Timo Heinisch, Sandro Ritler und Roland Hollenstein

Zusammenfassung

Die Gefahrenkarte von Vitznau (Kt. Luzern, CH) zeigt im Siedlungsgebiet erhebliche Gefahrenbereiche (rote Zonen). Daher hat der Kanton Luzern ein integrales Schutzkonzept (ISK) für alle 8 Bäche der Gemeinde Vitznau erarbeiten lassen. Die grössten Risiken weisen der Altdorfbach, der Kalibach, der Widibach und der Plattenbach auf. Für alle Bäche wurden mögliche Massnahmenkonzepte erarbeitet und das jeweilige Bestkonzept aus fachlicher Sicht bestimmt. Der Kanton Luzern hat für die Bäche Kalibach, Widibach, Altdorfbach und Plattenbach die prioritären Massnahmenkonzepte auf Stufe Vorprojekt ausarbeiten lassen. Vorliegender Bericht umfasst das Vorprojekt zum Altdorfbach.

Am Altdorfbach stellt der Prozess Murgang die grösste Gefährdung dar. Die potentiellen Murgangkubaturen ($G_{300} = 80'000 \text{ m}^3$) würden im Ereignisfall zu enormen Schäden in Vitznau führen. Das Schadenpotential liegt bei rund 870'000 CHF/a. Basierend auf den vorhandenen Varianten aus dem integralen Schutzkonzept wurde ein vertieftes Variantenstudium durchgeführt. Es wurden alle denkbaren Lösungen geprüft und die Vor- und Nachteile unter Berücksichtigung der verschiedenen Inventare und Randbedingungen aufgezeigt.

Für die baulichen Massnahmen wurden die Konzepte Durchleiten, Umleiten, Rückhalten und auch Objektschutzmassnahmen geprüft, wobei sich herausstellte, dass das Rückhalten die einzig zweckmässige Lösung darstellt. Bei den Rückhaltmassnahmen wurden Massnahmen im Einzugsgebiet, im Transitgebiet und im Siedlungsgebiet geprüft. Es zeigte sich, dass weder Massnahmen im Einzugsgebiet noch im Siedlungsgebiet effektiv und robust umgesetzt werden können. Folgende Kriterien wurden dabei bewertet: Erfüllung Schutzgrad, Robuste Lösung, Überlastfall, Inventare und Landschaft, Bestehende Verbauungsstrukturen und Nutzen/Kosten-Verhältnis. Letztendlich stellte sich als Bestvariante der Bau eines neuen, massiven Rückhaltebaus im Transitgebiet heraus. Der Ausbau erfolgt dabei auf ein G_{300} Ereignis mit einer Feststofffracht von $80'000 \text{ m}^3$. Als Bauwerkstyp wird eine Plattensperre aus Beton mit Grunddole und vertikalem Entwässerungsschlitz vorgeschlagen. Der Standort des neuen Rückhaltebauwerks wurde so gewählt, dass im Überlastfall durch die Ausbildung einer horizontalen Überfallkante ein Grossteil des Überlastfalls nicht weiter in den Altdorfbach geführt wird, sondern aufgrund der Fliessdynamik über die linke Hangschulter in weniger überbautes Gebiet entlastet. Zur Bestätigung dieses Lösungsvorschlages wurden aufwendige numerische Simulationen mit dem Programm RAMMS durchgeführt.

Nach Realisierung des Projektes ist die Gemeinde Vitznau somit vor einem 300-jährlichen Murgangereignis vollständig geschützt und der Überlastfall ($> G_{300}$) würde geringere Schäden verursachen, als es im heutigen Zustand der Fall wäre. Für den Prozess Reinwasser ($HQ_{100} = 57.0 \text{ m}^3/\text{s}$) sind lediglich kleinere Geländeanpassungen an lokal begrenzten Stellen erforderlich. Zur ökologischen Verbesserung wird der im heutigen Zustand stark verbaute und kanalisierte Mündungsbereich aufgeweitet, die Sohle angepasst und der Bachlauf naturnah gestaltet. Dadurch ist zukünftig die Anbindung des Altdorfbachs an den Vierwaldstättersee sichergestellt. Die Kosten für die Realisierung der Bestvariante (exklusive Landerwerb) belaufen sich auf rund 22 Mio. CHF bei einer Genauigkeit von +/- 20%. Das Nutzen/Kosten-

Verhältnis beträgt 1.5 womit das Projekt als wirtschaftlich einzustufen ist. Das Vorprojekt wurde im Oktober 2015 dem Kanton Luzern zur Vernehmlassung vorgelegt.

1 Ausgangslage

Die Gefahrenkarte von Vitznau zeigt, dass am Altdorfbach ein grosses Schutzdefizit vorliegt. Der Prozess Murgang stellt dabei die grösste Gefährdung dar ($G_{100} = 45'000 \text{ m}^3$). Das Schadenpotential liegt bei rund 800'000 CHF/a. Daher wurde vom Kanton Luzern ein Vorprojekt in Auftrag gegeben, in dem eine Variantenuntersuchung durchgeführt und eine Bestvariante ermittelt werden sollte. Vorliegender Bericht stellt die wesentlichen Untersuchungsergebnisse dar.

2 Grundlagen

2.1 Gewässerzustand

Der Altdorfbach weist im Mündungsbereich ein künstliches Erscheinungsbild auf. Das Gerinne besteht im Wesentlichen aus einer harten Sohlenpflasterung und massiv verbauten Böschungen (**Abb. 1**). Aufgrund des harten Verbaus und einer Vielzahl an Abstürzen wird die Ökomorphologie als stark beeinträchtigt bis künstlich beschrieben (**Abb. 2**).



Abb. 1 Gerinne mit Bachsohlenschwellen aus Blöcken und Mauern an den Bachböschungen.

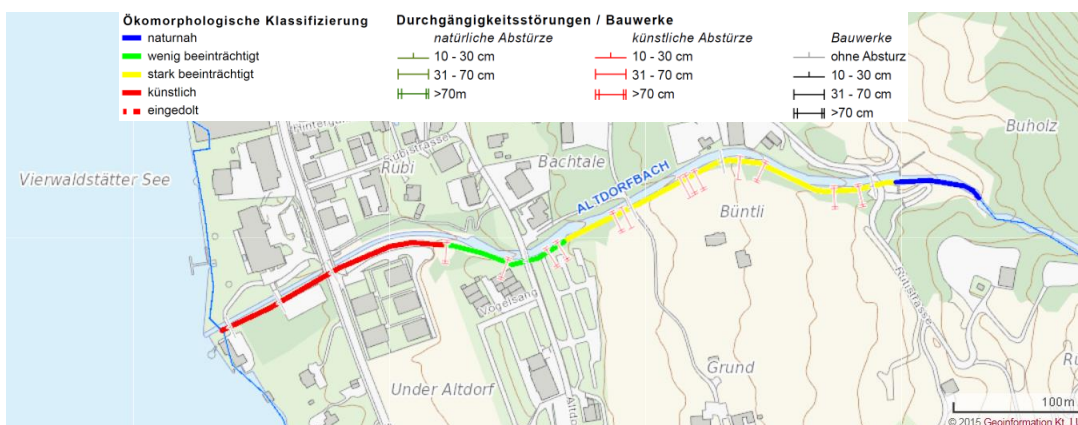


Abb. 2 Gewässernetz und Ökomorphologie, Geoportal Kt. Luzern (Zugriff: 23.02.2015)

2.2 Bestehende Bauwerke

Am Kegelhals des Altdorfbachs wurde 2006 ein Geschieberückhaltebecken realisiert. Dieses hat eine Rückhaltekapazität von rund 10'000 m³ und besteht aus einem Abschlussbauwerk (Stahlbetonsperre, Höhe ca. 12 m, Breite ca. 50 m) mit einem Auslaufbauwerk (Dosieröffnung mit vertikalem Stahlrechen) und vorgeschaltetem Holzfangrechen aus Stahlträgern (**Abb. 3**). Nachträglich wurde ein Maschendraht-Netz an den Stahlträgern montiert, so dass mehr feinkörniges Geschiebe zurückgehalten werden kann.



Abb. 3 Geschieberückhaltebecken am Kegelhals des Altdorfbachs mit vorgeschalteter Stahlkonstruktion.

2.3 Historische Ereignisse

Nachfolgend sind bekannte historische Ereignisse im Bereich des Untersuchungsperimeters des Altdorfbachs, nach Prozess aufgeteilt aufgeführt, und in der **Abb. 4** dargestellt. Bereits in der Vergangenheit traten bereits mehrere Rutsch- und Sturz-Ereignisse auf.

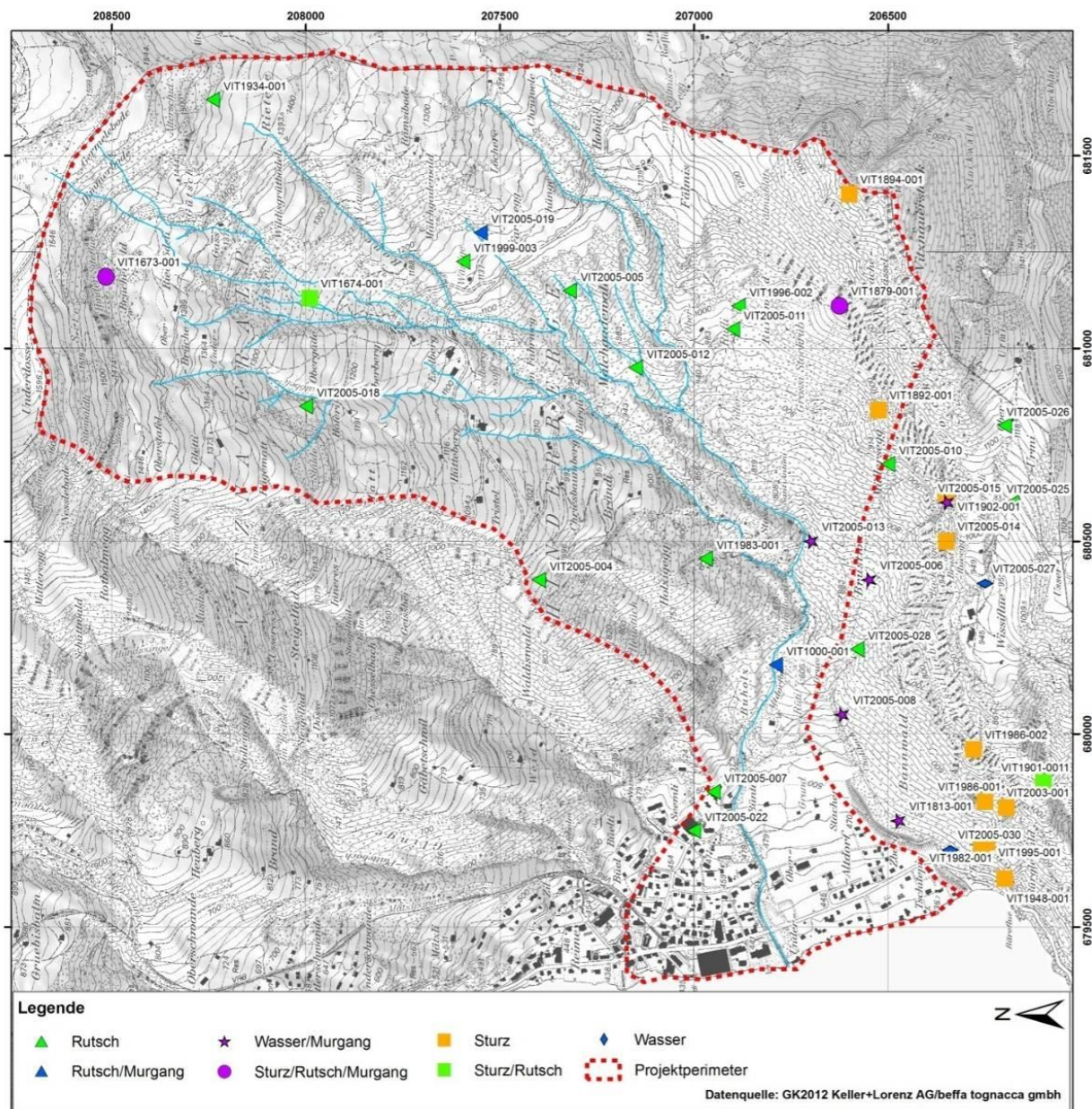


Abb. 4 Kartographische Darstellung des Ereigniskatasters (HOLINGER AG, 2015)

2.4 Murgang

Generell führt ein Murgang die Komponenten Wasser, Feinmaterial und grobe Steine mit. Dieses Gemisch zeigt je nach Menge, mit welcher die Bestandteile vorhanden sind, ein anderes physikalisches Verhalten. Typisch für Murgänge ist die grosse Variation des Verhältnisses zwischen fester und fluider Phase sowie der Materialzusammensetzung innerhalb eines Murganges. Neben den drei Komponenten Wasser, Feinmaterial und grobe Steine weisen Murgänge oft auch Äste oder gar ganze Baumstämme auf. Diese befinden sich entweder bereits vor dem Murgang im Gerinne und werden mit dem Murgang weitertransportiert oder durch den Murgang am Gerinnerand mitgerissen.

Die Murgänge im Altdorfbach werden vor allem durch Feststoffeinträge aus gerinnenahen Rutschungen gebildet. Wird der Feststoffanteil von grobem Material gebildet und erreicht die Konzentration der festen Phase einen dominierenden Anteil an der Gesamtmischung, spricht man von einem granularen Murgang. Granulare Murgänge weisen im Vergleich zu flüssigeren

Murgängen bedingt durch die tiefere Frontgeschwindigkeit höhere Abflussspitzen auf. Da im Altdorfbach granulare Murgänge möglich sind und diese für die Massnahmenplanung massgebend sind, wurde im Rahmen des Vorprojektes für Berechnungen von Q_{\max} und Verlandungsgefälle von granularen Murgängen ausgegangen.

In folgender **Tab. 1** sind die Geschiebefrachten am Altdorfbach in Abhängigkeit der unterschiedlichen Jährlichkeiten dargestellt. Beim Prozess handelt es sich um Murgänge.

Tab. 1 Geschiebefrachten pro Jährlichkeit gemäss ISK Vitznauer Bäche.

Murgang	G30	G100	G300	G_EHQ
Volumen [m ³]	18'000	45'000	80'000	350'000

2.5 Hydrologie

Am Altdorfbach existieren keine Abflussmessstationen. Im Rahmen der Überarbeitung der Gefahrenkarte wurden die Hochwasserabflüsse mit Zuordnung der unterschiedlichen Jährlichkeiten bestimmt. Typisch für Einzugsgebiete dieser Art ist das schnelle Ansteigen der Hochwasserganglinie bei kurzen, aber intensiven Niederschlagsdauern. Beim Altdorfbach ist daher auch für den HQ100-Abfluss ein 1.5-stündiges Regenereignis massgebend. In folgender **Tab. 2** sind die Hochwasserabflüsse am Altdorfbach in Abhängigkeit der unterschiedlichen Jährlichkeiten dargestellt.

Tab. 2 Übersicht Hochwasserabflüsse Altdorfbach

	HQ30	HQ100	HQ300	EHQ
Altdorfbach [m ³ /s]	32.0	57.0	79.0	104.0

Historische Ereignisse am Altdorfbach ereigneten sich überwiegend aufgrund von Murgangereignissen, Rutschungen oder Sturzprozessen. Daher sind historische Ereignisse zum Prozess Reinwasser nicht bekannt bzw. nicht dokumentiert. Am Altdorfbach findet keine Wassernutzung statt, daher werden Fragestellungen zum Restwasser nicht thematisiert.

2.6 Risikobeurteilung

Murgang

Der bestehende Geschiebesammler auf dem Kegel des Altdorfbachs weist eine Rückhaltekapazität von rund 10'000 m³ auf. Diese Kapazität unterschreitet die bereits bei einem häufigen Murgangereignis (Wiederkehrperiode 0-30 Jahre) erwarteten Geschiebemengen. Bei dünnflüssigen Murgängen wird jedoch davon ausgegangen, dass diese im Gerinne abtransportiert werden können und erst auf Höhe Vitznauerhof (Mündungsbereich Vierwaldstättersee) mit Bachausbrüchen zu rechnen ist.

Bei seltenen Ereignissen (Wiederkehrperiode 30-100 Jahre) können die durch Murgänge transportierten Frachten nicht vollständig durch den Geschiebesammler zurückgehalten und durch das Gerinne auf dem Kegel abtransportiert werden. Bereits an der Brücke direkt unterhalb des Geschiebesammlers kann es zu Übermurungen kommen, welche ins Siedlungsgebiet abfliessen, wobei die rechte Kegelhälfte stärker betroffen ist. In Gerinnenähe können starke Intensitäten auftreten.

Bei sehr seltenen Ereignissen (Wiederkehrperiode 100-300 Jahre) ist auf dem Kegel mit grossflächigen Übermürungen beidseits des Altdorfbachs mit starken Intensitäten zu rechnen. Die Gefahrenkarte (Keller+Lorenz 2012) zeigt, dass Bereiche des Siedlungsgebietes Vitznau in der roten (erhebliche Gefährdung) und blauen (mittlere Gefährdung) Gefahrenstufe des Altdorfbachs liegen.

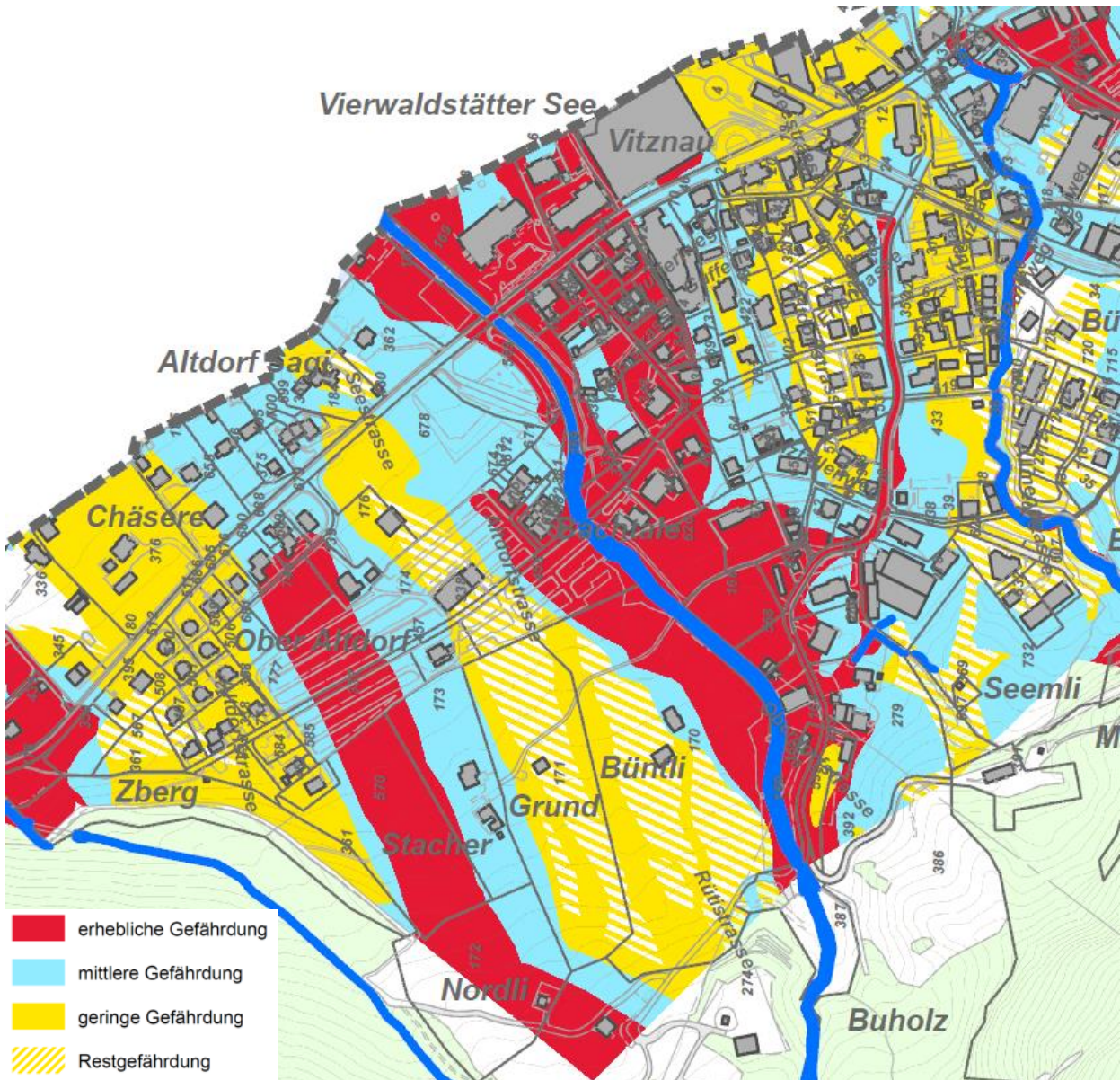


Abb. 5 Ausschnitt aus der bestehenden Gefahrenkarte Wasser, Vitznau, im Bereich Altdorfbach

Reinwasser

Der Altdorfbachabschnitt von der Mündung bis zum bestehenden Rückhaltebauwerk weist eine Reinwasserkapazität in Höhe des EQ Ereignisses auf (ohne Freibord). Lediglich lokal begrenzt reicht beim EQ Ereignis die Wasserspiegellage bis zur Böschungsoberkante. Ausuferungen finden jedoch nicht bzw. nur bei grösserem Wellenschlag oder durch lokale Einflüsse, wie Schwemmholz oder grössere Blöcke statt, welche im hydraulischen Modell nicht abgebildet werden konnten.

2.7 Schadenpotential

Das Schadenausmass bezeichnet das Ausmass eines Schadens im Ereignisfall [CHF]. Das Risiko gibt die Grösse und Wahrscheinlichkeit eines möglichen Schadens an [CHF/a].

Das gesamte Schadenausmass wurde für die 3 Szenarien häufige, seltene und sehr seltene Ereignisse berechnet. Das integrierte Risiko pro Jahr ist für alle Szenarien zusammen ausgewertet, wobei es auf Sachwerte und Personen aufgeteilt ist.

Bei einem 100-jährlichen Ereignis beläuft sich das Schadenausmass allein bei Sachwerten auf rund 35 Mio. CHF (exkl. Personenschaden). Das Gesamtrisiko von rund 870'000 CHF/a besteht hauptsächlich aus dem Personenrisiko. Im Vergleich zu ähnlichen Bächen dieser Grössenordnung ist das jährliche Risiko am Altdorfbach als hoch einzustufen. Vor allem beim 300-jährlichen Ereignis entstehen enorme Schäden was einem sehr hohen Risiko entspricht.

3 Massnahmen

Für die baulichen Massnahmen wurden die Konzepte Durchleiten, Umleiten, Rückhalten und auch Objektschutzmassnahmen geprüft, wobei sich herausstellte, dass das Rückhalten die einzig zweckmässige Lösung darstellt.

Bei den Rückhaltmassnahmen wurden Massnahmen im Einzugsgebiet, im Transitgebiet und im Siedlungsgebiet geprüft. Es zeigte sich, dass weder Massnahmen im Einzugsgebiet noch im Siedlungsgebiet effektiv und robust umgesetzt werden können. Folgende Kriterien wurden dabei bewertet: Erfüllung Schutzgrad, Robuste Lösung, Überlastfall, Inventare und Landschaft, bestehende Verbauungsstrukturen und Nutzen/Kosten-Verhältnis.

Letztendlich stellte sich als Bestvariante der Bau eines neuen, massiven Rückhalteraums im Transitgebiet heraus. Der Ausbau erfolgt dabei auf ein G300 Ereignis mit einer Feststofffracht von 80'000 m³. Als Bauwerkstyp wird eine Plattensperre aus Beton mit Grunddole und vertikalem Entwässerungsschlitz vorgeschlagen. Der Standort des neuen Rückhaltebauwerks wurde so gewählt, dass im Überlastfall durch die Ausbildung einer horizontalen Überfallkante ein Grossteil des Überlastfalls nicht weiter in den Altdorfbach geführt wird, sondern aufgrund der Fliessdynamik über die linke Hangschulter in weniger überbautes Gebiet entlastet. Zur Bestätigung dieses Lösungsvorschlages wurden aufwendige numerische Simulationen mit dem Programm RAMMS durchgeführt (WSL 2013).

Folgende **Abb. 6** und **Abb. 7** zeigen die Bestvariante mit dem neuen Rückhaltebauwerk bei km 0+937. Hierfür ist eine neue Zufahrtsstrasse erforderlich. Mit blauen Pfeilen dargestellt ist zudem der Überlastfall bei einem Ereignis von grosser G300.

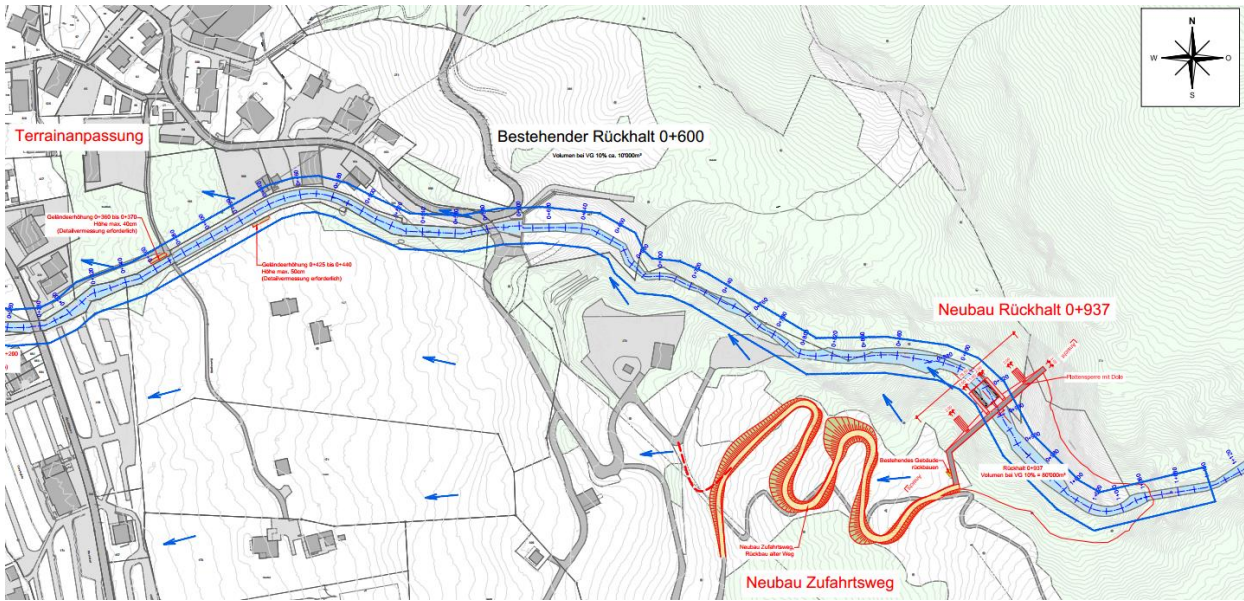


Abb. 6 Bestvariante mit Darstellung des Überlastfalls (blau Pfeile)

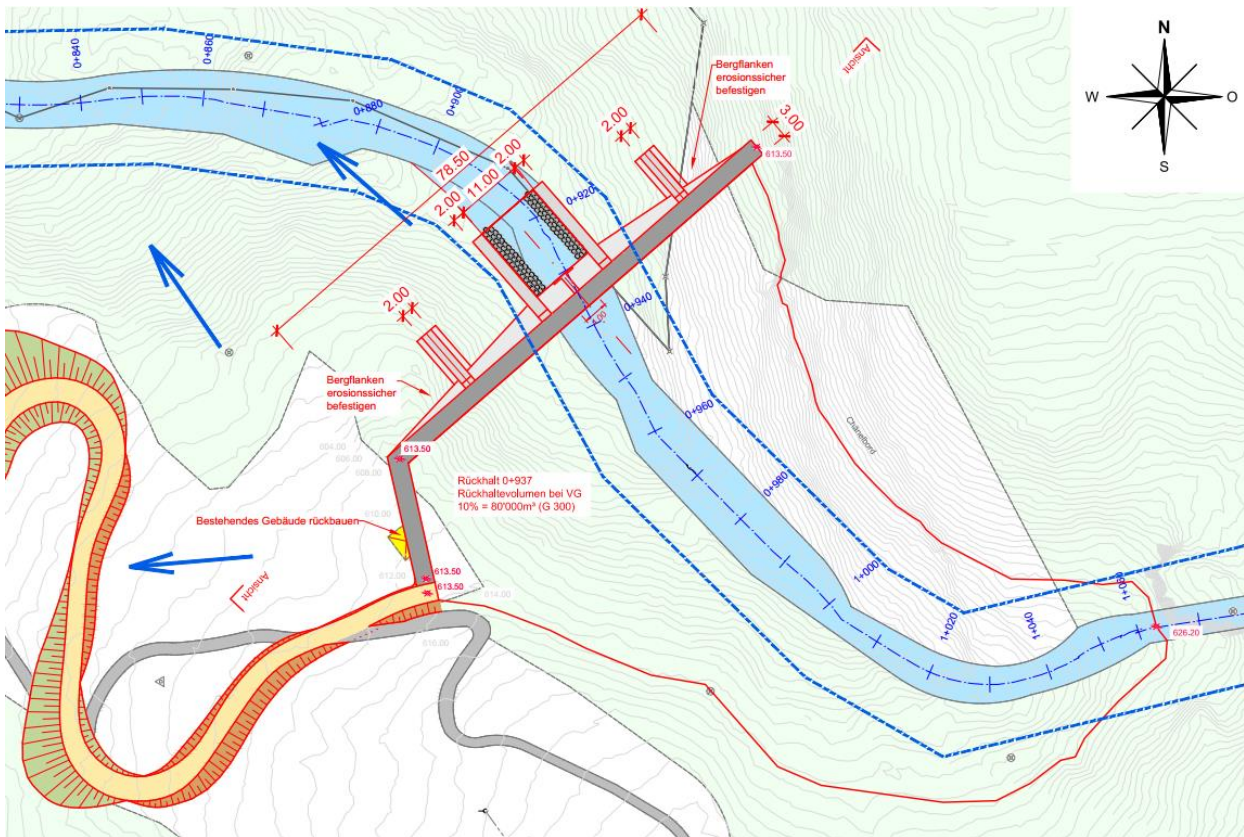


Abb. 7 Projektiertes Rückhaltebauwerk bei km 0+937

Abb. 8 zeigt das neue Rückhaltebauwerk im Längsprofil. Für die Berechnung des Rückhaltevolumens wurde ein Verlandungsgefälle von 10 % berücksichtigt.

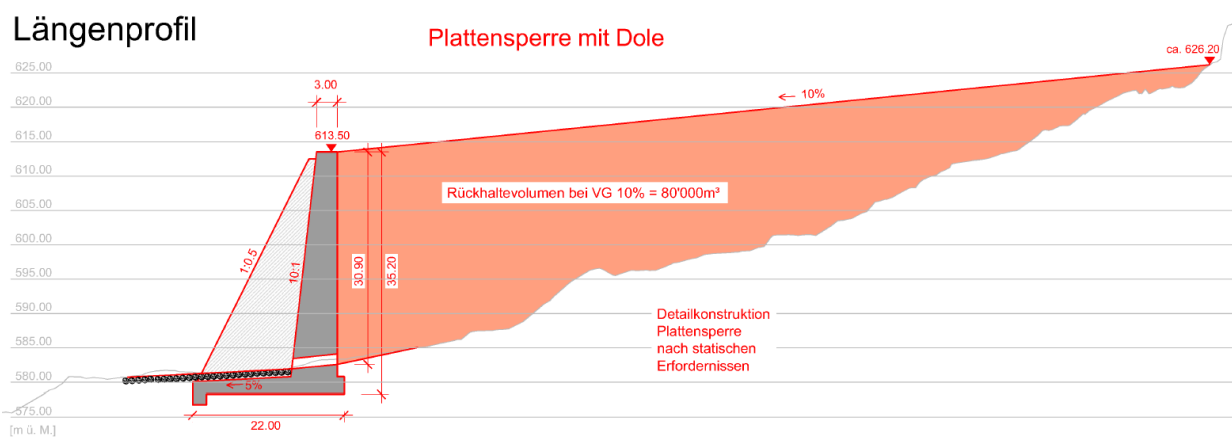


Abb. 8 Projektiertes Rückhaltebauwerk bei km 0+937, Längenprofil

4 Überlastfall

Der gewählte Standort bei km 0+937 liegt direkt unterhalb einer Rechtskurve im Altdorfbach. Der Murgangabfluss bricht daher tendenziell nach links aus. Durch den Bau einer horizontalen Überfallkante am neuen Rückhaltebauwerk wird das Ausbrechen des Murgangs im Überlastfall auf die linke Schulter ermöglicht. Ein Grossteil des Überlastfalls wird bei einer derartigen Positionierung und Konstruktion über die vom Altdorfbach aus gesehene linke Uferseite ausbrechen und in Richtung des weniger dicht besiedelten Siedlungsgebietes mit dem tendenziell geringeren Schadenpotential ablaufen (blaue Pfeile in **Abb. 6** und **Abb. 7**).

Zur Kontrolle wurde der Überlastfall numerisch mit dem Programm RAMMS simuliert (WSL 2013). Folgende **Abb. 9** zeigt das Überlastfallereignis. Es wurde ein Ausbrechen von 20'000 m³ über dem G300-Ereignisfall simuliert. Die Simulation zeigt, wie sich der Murgang auf der linken Hangschulter ausbreitet und in Richtung Campingplatz abfließt.

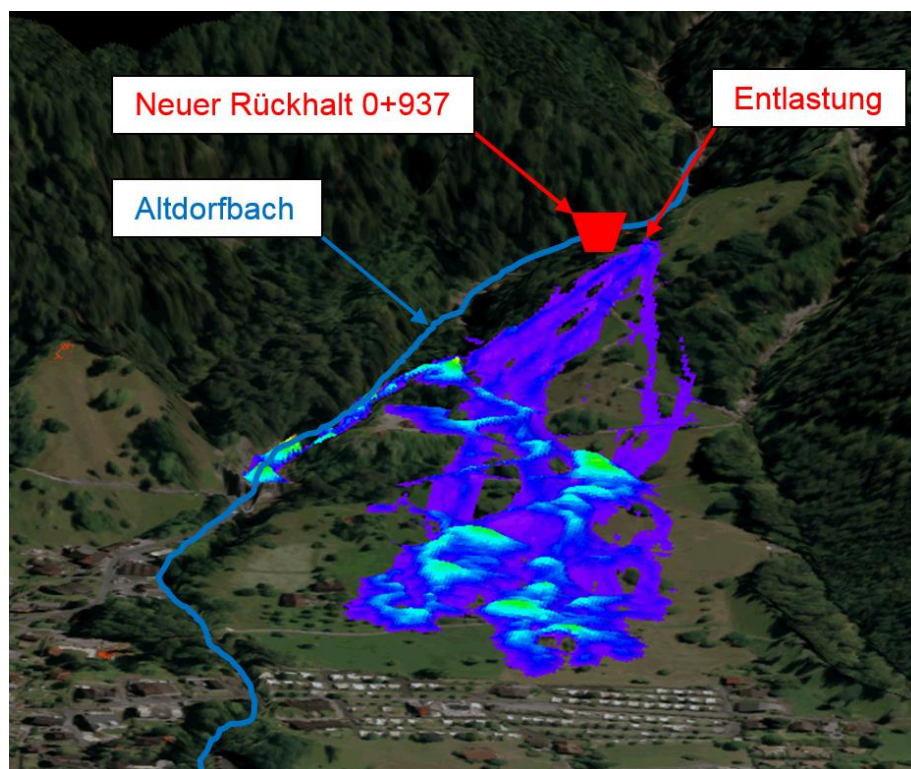


Abb. 9 Numerische Simulation des Überlastfalls. Dargestellt 20'000 m³ über G300.

5 Ergebnisse

Nach Realisierung des Projektes ist die Gemeinde Vitznau vor einem 300-jährlichen Murgangereignis vollständig geschützt und der Überlastfall ($> G300$) würde geringere Schäden verursachen, als es im heutigen Zustand der Fall wäre. Für den Prozess Reinwasser ($HQ100 = 57.0 \text{ m}^3/\text{s}$) sind lediglich kleinere Geländeanpassungen an lokal begrenzten Stellen erforderlich.

Zur ökologischen Verbesserung wird der im heutigen Zustand stark verbaute und kanalisierte Mündungsbereich aufgeweitet, die Sohle angepasst und der Bachlauf naturnah gestaltet. Dadurch ist zukünftig die Anbindung des Altdorfbachs an den Vierwaldstättersee sichergestellt. Bis zum ersten Absturz oberhalb der Seestrasse entsteht ein neuer Rückzug- und Laichplatz für Fische, welche auch bei geringeren Abflüssen durch die neue Niederwasserrinne nutzbar bleibt. Die Durchgängigkeit für Klein- und Kleinstlebewesen wird ebenfalls verbessert und eine neue, standortgerechte Bepflanzung wertet zudem die Erlebbarkeit und die Erholungsmöglichkeit auf.

6 Kosten

Die Kosten für die Realisierung der Bestvariante (exklusive Landerwerb) belaufen sich auf rund 22 Mio. CHF bei einer Genauigkeit von $\pm 20\%$. Das Nutzen/Kosten-Verhältnis beträgt 1.5 womit das Projekt als wirtschaftlich beurteilt werden kann.

Literatur

Haeberli, W., Naef, D. (1988): Murgänge im Hochgebirge, Ereignisse 1987 im Puschlav und Obergoms, Die Alpen, Zeitschrift des Schweizerischen Alpen-Clubs. 64, 331-343.

HOLINGER AG (2015): Integrales Schutzkonzept Altdorfbach Vitznau, Vorprojekt

HOLINGER AG (2015): EconoMe

IG Bäche Vitznau, HOLINGER AG/ NDR Consulting GmbH (2013): Integrales Schutzkonzept (ISK) Vitznauer Bäche.

Keller+Lorenz AG / Beffa Tognacca GmbH (2012): Gefahrenkarte Vitznau

WSL (2013): RAMMS, rapid mass movements simulation, User Manual v1.5, Debris Flow

Anschrift der Verfasser

Dr.-Ing. Timo Heinisch
HOLINGER AG, Im Hölderli 26, CH-8405 Winterthur
timo.heinisch@holinger.com

Sandro Ritler
Ehemals Verkehr und Infrastruktur (vif)
Arsenalstrasse 43, Postfach, CH-6010 Kriens 2 Sternmatt

Dr.-Ing. Roland Hollenstein
HOLINGER AG, Im Hölderli 26, CH-8405 Winterthur
roland.hollenstein@holinger.com