

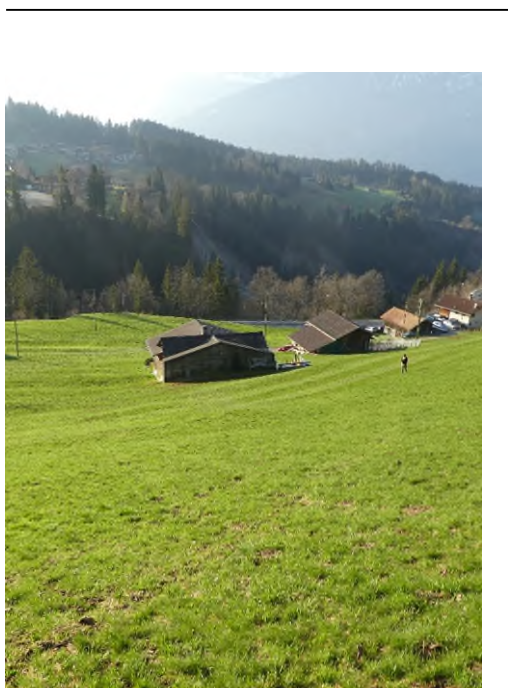
Kanton Bern
Waldabteilung Alpen
Gemeinde Beatenberg

Schutzbauten und Anlagen

Steinschlagschutzmassnahmen Schoren / Kumizaun 493 -Beatenberg - Bauprojekt

Technischer Bericht

Thun, 27. April 2023



Trägerschaft/Auftraggeber

Einwohnergemeinde Beatenberg
Bauverwaltung
Spirenwaldstrasse 251
3803 Beatenberg

Auftragnehmer

IMPULS AG Wald Landschaft Naturgefahren
Seestrasse 2
3600 Thun

Projektverfasser/in

S. Fehr, D. Schmocker

Auftragsnummer

4-16-013
BP_Beatenberg_Schore_TB_2023-03-22_sf.docx

Visum

Inhalt

1. Einleitung	4
2. Projektgrundlagen	5
3. Zusammenfassung der Vorakten	6
3.1 Perimeter	6
3.2 Naturgefahrenkarte (NGK)	6
3.2.1 Sturzprozesse	6
3.2.2 Hangmuren	9
3.2.3 Lawinen / Schneegleiten	9
3.3 Vorstudie / Risikoanalyse und Massnahmenplanung Sturz.....	10
4. Überprüfung der Gefährdung, Risikoanalyse und Risikobewertung	10
4.1 Gefährdung	10
4.1.1 Sturz: Ergebnisse Modellierung / Unterschiede zur Naturgefahrenkarte	10
4.1.2 Lawinen / Gleitschnee: Wirkungsbeurteilung vorhandener Objektschutz	12
4.1.3 Hangmuren: Wirkungsbeurteilung vorhandener Objektschutz.....	13
4.2 Risiko, Schutzdefizit und Handlungsbedarf	13
5. Massnahmen	14
5.1 Allgemeines.....	14
5.2 Variantenwahl	14
5.3 Beschrieb der gewählten Massnahmenvariante.....	14
5.4 Auswirkungen auf die Gefährdung	16
6. Natur und Landschaft	17
6.1 Ist-Zustand	17
6.1.1 Inventare	17
6.1.2 Lebensräume	17
6.1.3 Geschützte Arten.....	18
6.2 Projektauswirkungen und Massnahmen	19
6.2.1 Bauphase	19
6.2.2 Betriebsphase	19
7. Unterhaltsorganisation / Instandhaltungskonzept	19
8. Terminplan	19
9. Trägerschaft / Nutzniesser	20

Anhänge

Anhang 1	Kostenvoranschlag
Anhang 2	Grundeigentümereinverständnisse (folgen)

Beilagen

Beilage 1	Übersicht Projektgebiet 1:25'000
Beilage 2	Situation 1:200
Beilage 3	Querprofile 1:200
Beilage 4	Normalprofil 1:100
Beilage 5	Gefahrenkarte Sturz nach Massnahmen 1:1'000
Beilage 6	Gefahrenkarte Hangmure nach Massnahmen 1:1'000

1. Einleitung

Die Gemeinde Beatenberg verfügt seit dem Jahre 2008 über eine Naturgefahrenkarte für die Prozesse Lawinen, Sturz, Rutschungen und Hochwasser/Murgang [9]. Darauf ist erkennbar, dass das Siedlungsgebiet an einigen Stellen durch diese Prozesse bedroht ist. Dieser Situation ist sich die Gemeinde bewusst. Deswegen hat sie Schutzdefizite und mögliche Massnahmen zur Reduktion der Gefährdung durch Sturzereignisse mit einer Risikoanalyse im Rahmen einer Vorstudie abklären lassen [7]. Die Ergebnisse daraus wurden mit der Gemeinde und der kantonalen Fachstelle besprochen [8].

Der Gemeinderat hat beschlossen, in einem nächsten Schritt die vorgeschlagenen Massnahmen zum Schutz vor Sturzgefahren in den betroffenen Gebieten weiter zu konkretisieren und ein baubewilligungsreifes Bauprojekt ausarbeiten zu lassen.

Anlässlich der Sitzung vom 01.11.2016 wurden die erwarteten Produkte zusammen mit der Gemeinde, der zuständigen kantonalen Fachstelle und Vertretern des Büros IMPULS AG Wald Landschaft Naturgefahren in Thun genauer definiert. Daraufhin wurde das Büro IMPULS AG mit dem Schreiben der Gemeinde vom 15.12.2016 mit der Ausarbeitung des Bauprojekts beauftragt.

Der Auftrag an das Büro IMPULS beinhaltete die Ausarbeitung der Bauprojekte für die Gebiete Hälteli und Kumizaun / Schore. Im Laufe der Bearbeitung hat sich gezeigt, dass im Gebiet Hälteli der Massnahmenstandort angepasst und die Massnahmenplanung neu ausgearbeitet werden muss. Die Standorte wurden ab da getrennt behandelt, weshalb sich der vorliegende Bericht auf das Bauprojekt für das Gebiet Schore / Kumizaun, insbesondere den Schutz des Wohngebäudes Kumizaun 493 konzentriert.

Das Bauprojekt wurde im Dezember 2017 fertig gestellt [6] und anfangs 2018 mit der Gemeinde und der Abteilung Naturgefahren besprochen. Auf Wunsch der Gemeinde wurden anschliessend verschiedene zusätzliche Massnahmenvarianten geprüft. Auch die Risikoberechnungen wurden neu gemacht, da die entsprechenden Grundlagenwerte in der Zwischenzeit angepasst wurden.

Ende 2020 wurden die Varianten vor Ort mit den Nutzniessern, Grundeigentümern, Gemeindevertretern, Vertretern des BAFU und des Kantons sowie der Planerin besprochen [5]. Auf Wunsch der Grundeigentümer wurden anschliessend noch weitere Massnahmenvarianten geprüft und im Frühling 2021 wieder vor Ort mit den Nutzniessern, Grundeigentümern, Gemeindevertretern und Vertretern des Kantons besprochen [1]. An dieser Besprechung wurde entschieden, die Steinschlagmodellierungen zu ergänzen und das Bauprojekt auf 2 Teilvarianten anzupassen (inkl. angepasster Risikoberechnungen).

Diese beiden Varianten [3] wurden im Sommer 2022 vor Ort mit dem Grundeigentümer Herr Bühlmann, Gemeindevertretern und Vertretern des Kantons und der Planerin besprochen [2]. Dabei wurde gemeinsam mit Herr Bühlmann die definitive Variante bestimmt und Herr Bühlmann hat noch einige kleinere Projektanpassungen vorgeschlagen. Ebenfalls hat er auf die Möglichkeiten zur Nutzung von Synergien mit dem Projekt der Sagigrabenbrücke hingewiesen. Die IMPULS AG hat die Änderungen abgeklärt und Kontakt mit den Planern des Projekts Sagigrabenbrücke aufgenommen, um die möglichen Synergien und Koordinationspunkte der Projekte zu besprechen [1]. Auf dieser Basis wird das Bauprojekt angepasst und fertig gestellt so dass mit einer Realisierung im Sommer / Herbst 2023 die Synergien der beiden Projekte am sinnvollsten genutzt werden können.

2. Projektgrundlagen

- [1] Telefon vom 07.02.2023 mit Herr Zenger, Mätzener und Wyss (Koordination Brückenprojekt)
- [2] Aktennotiz der Begehung vom 26.07.2022 mit dem Grundeigentümer Herr Bühlmann, der Gemeinde, dem AWN und IMPULS AG
- [3] Steinschlagschutzmassnahmen Schoren / Kumizaun 493 -Beatenberg - Bauprojekt inkl. Anhänge und Beilagen - Entwurf. IMPULS AG, 07.06.2022
- [4] Aktennotiz der Begehung vom 31.03.2021 mit den Grundeigentümern, der Gemeinde und dem AWN
- [5] Aktennotiz der Begehung vom 03.11.2020 mit den Grundeigentümern, der Gemeinde, dem AWN, dem BAFU und IMPULS AG
- [6] Steinschlagschutzmassnahmen Schoren / Kumizaun 493 -Beatenberg - Bauprojekt inkl. Anhänge und Beilagen - Entwurf. IMPULS AG, 05.12.2017
- [7] Risikoanalyse und Massnahmenplanung Sturz - Gemeinde Beatenberg. Bericht vom 19.06.2012. IMPULS AG.
- [8] Protokoll der Sitzung vom 09.05.2012 mit Vertretern der Gemeinde Beatenberg, dem Amt für Wald, Abteilung Naturgefahren und der Beatushöhlen-Genossenschaft und der IMPULS AG.
- [9] Naturgefahrenkarte der Gemeinde Beatenberg vom Juli 2008. ARGE geo7 - IMPULS AG.
- [10] EconoMe V5.1, Onlineversion
- [11] Anwendung Methode PROTECT im Kanton Bern. Merkblatt für die Verfassenden forstlicher Schutzbautenprojekte oder Gefahrenkarten. Abteilung Naturgefahren, Oktober 2014.
- [12] Abschlussdokumentation bei einem forstlichen Schutzbautenprojekt. Merkblatt für die Projektverfassenden. Abteilung Naturgefahren - Oktober 2014.
- [13] Merkblatt über forstlich subventionierte Naturgefahrenprojekte. Abteilung Naturgefahren, Januar 2012.
- [14] Protect - Beurteilung der Wirkung von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren als Grundlage für ihre Berücksichtigung in der Raumplanung. Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT, 2007.
- [15] Projektierung von Steinschlagschutzdämmen. Merkblatt der Abteilung Naturgefahren
- [16] sia 112:2014 - Modell Bauplanung. Verständigungsnorm
- [17] Geoportal des Kantons Bern, diverse Kartenlayer

3. Zusammenfassung der Vorakten

3.1 Perimeter

Der Projektperimeter ist in Beilage 1 dargestellt. Er ergibt sich aus den in der Vorstudie erkannten Schutzdefiziten bezüglich Sturzgefahren, den dort definierten Massnahmen sowie den darüberliegenden Einzugsgebieten.

3.2 Naturgefahrenkarte (NGK)

Die folgenden Ausführungen sind grösstenteils der Gefahrenkarte [9] entnommen.

3.2.1 Sturzprozesse

Liefergebiet

Liefergebiet für Sturzereignisse in diesem Teilgebiet sind die Bireflue und die Bire selbst. Die Bireflue bildet ein mehrstufiges Felsband, insgesamt rund 200 m hoch, wobei die einzelnen Felsbänder kaum höher als 50 m sind. Unterbrochen werden diese Felsbänder durch grasige und teils bestockte Terrassen.

Die Bire selbst ist ein der Bireflue vorgelagerter und von ihr durch eine Störungszone abgetrennter markanter Felsturm und Aussichtspunkt. Sie ist rund 120 m hoch, unterteilt in 2 Felsbänder von je rund 50 m mit einer dazwischenliegenden Terrasse.

Lithologie: Die Basis von Bire und Bireflue wird aus Kalk gebildet. Darüber stehen Felsbänder aus Hoggantsandstein an.

Trennflächen: Die Schichtung ist subhorizontal, leicht bergwärts einfallend. Insbesondere der Sandstein ist intensiv von Klüften und Störungszonen durchzogen. Diese Klüfte sind in der Regel über mehrere Meter bis Dekameter persistent. Im Sandstein sind grossvolumige Bruchkörper möglich, die allerdings im Verlaufe des Sturzes in kleinere zerfallen dürften. Die Bruchkörper im Kalk fallen generell eher kleiner aus, sind aber weitaus kompakter, so dass sie sich während des Sturzes weniger zerkleinern.

Transit- / Ablagerungsgebiet

Das Transitgebiet bis zur Forststrasse hin ist bewaldet und weist nur wenig ausgeprägte Steinschlagrinnen auf. Der Untergrund ist mittelgründiger Hang- und Blockschutt mit wenigen Hindernissen.

Die Forststrasse bildet eine natürliche Berme, auf der viele, vor allem kleinere Steine zum Stillstand kommen. Unterhalb der Forststrasse ist das Gebiet noch einmal bewaldet, daran schliesst mittelgründiges Wies- und Weideland an, das gegen unten flacher wird. Das Waldgebiet zwischen der Forststrasse und den Häusern im Schore weist in seinem zentralen Teil eine ausgeprägte Geländeverflachung und sogar Geländemulde auf, in welcher viele alte stumme Zeugen abgelagert wurden.

Der Wald unterhalb der Bire und der Bireflue hat eine sehr wichtige Schutzfunktion für die darunterliegenden Siedlungsgebiete. Er ist momentan in einem guten Zustand und weist nur wenige, wenig stark ausgeprägte Steinschlagrinnen auf. Bei grossen, seltenen Ereignissen vermag aber auch der Schutzwald keinen ausreichenden Schutz zu bieten.

historische Ereignisse / stumme Zeugen

Folgende Ereignisse sind dokumentiert:

- 1.5.1964: Total 35 m³ mit Blöcken bis ins Wohngebiet, Ferienhaus Bergheim (?) getroffen; Felssturz ging bis in den Sundgraben;
- 20.8.1971: 1 m³ Block in Wohnhaus, Wohnhaus stark beschädigt
- 2 Ereignisse im Schore mit wenig grossen Steinen, Datum nicht genau zu eruieren
- Ereignis Frühling 2016 (gemäss Info Anwohner), meiste Blöcke in Wald liegen geblieben, 1 grosser Block östlich von Wohnhaus bis zu Stall unter Strasse Kumizaun
- 30.10.2018: Scheibenförmiger Block (ca. 1.2 m², 30-35 cm Dicke) ca. 200m östlich der Bire abgebrochen, aufgeschlagen auf Forststrasse -> in grossen Sprüngen weiter, in Tenn-Einfahrt (Gebäude 34a) auf Ladewagen getroffen -> Ladewagen nach hinten geschoben -> Bretterwand durchschlagen, Balken angeschlagen

Bis zur Forststrasse sind zahlreiche stumme Zeugen im Gelände sichtbar. Unterhalb der Forststrasse sind viele, zum Teil auch frische stumme Zeugen vor allem Richtung Reservoir / Bödeli erkennbar. Diese sind kaum grösser als 2 m Durchmesser. Wenig unterhalb der Forststrasse befindet sich ein Steinschlagschutzzaun. Darin finden sich nur ganz vereinzelt kleinere Steine, deren Herkunft nicht ganz klar ist.

Im Liefergebiet sind zahlreiche, auch grosse Ausbruchnischen von frischen Abstürzen erkennbar.

Blockgrössen / Szenarien

Auf Grund der historischen Ereignisse und der stummen Zeugen wurden folgende Szenarien definiert:

30-jährliches Szenario: 0.7 m Ø; 0.2 m³

100-jährliches Szenario: 1.3 m Ø; 1.2 m³ (1 x 1 x 1.2 m)

300-jährliches Szenario: 2.0 m Ø; 4 m³

Restgefährdung: Felssturz

Für Felsstürze besteht eine mittlere Disposition. So ist an der Bire selber ein Felspfeiler von rund 400 m³ komplett vom anstehenden Fels abgetrennt. Aber auch im Felsband der Bireflue ist die Disposition gegeben.

bestehende Schutzbauten und deren Wirkung

Es gibt einen Steinschlagzaun unterhalb der Forststrasse aus den 1970-er Jahren, 2 m hoch, 50 m lang, das Energieaufnahmevermögen ist unklar (wahrscheinlich weniger als 100 kJ). Das im Jahre 1971 beschädigte Wohnhaus Kumizaun 493 weist eine betonverstärkte Rückwand auf. Gemäss den damaligen Bauunterlagen wird geschätzt, dass diese Schutzmassnahme Ereignisse mit einer Energie von ca. 100 kJ schadlos aufhalten kann. Der danebenliegende Stall hat rückseitig einen kleinen Erdwall.

Umsetzung in der Naturgefahrenkarte - Gefahrenbeurteilung

Gemäss der Naturgefahrenkarte [9] sind das Wohngebäude Kumizaun 493 und verschiedene Ökonomiegebäude durch 300-jährliche Ereignisse mit starker Intensität aus der Bire und Bireflue gefährdet (SS7). Ebenso besteht für das ganze Gebiet eine Gefährdung durch Felsstürze

mit sehr geringer Wiederkehrdauer (SF).

Die in der Gefahrenkarte angenommenen Intensitäten für das Wohngebäude Kumizaun 493 sind in Tabelle 1 dargestellt, die Gefahrengebiete in Abbildung 1.

Tabelle 1: Zusammenfassung der in der Gefahrenkarte aufgeführten Gefährdung durch Sturzprozesse

	Intensität Szenario 30-jährlich	Intensität Szenario 100-jährlich	Intensität Szenario 300-jährlich
Wohnhaus (Prz. 1159)	mittel ¹	mittel	stark ²
Stall (Prz. 257)	mittel	mittel	stark
Schuppen / Remise (Prz. 867)	-	schwach	schwach

Um den zu realisierenden Damm dimensionieren zu können, wurden im Rahmen des Bauprojekts 2017 flächige 3D-Simulationen mit dem Programm Rockyfor3D V5.1 auf der Basis der in der Naturgefahrenkarte definierten Szenarien (Blockgrößen, siehe oben) durchgeführt. Um auch das 100-jährliche Ereignis abzubilden und die Angaben für die Dimensionierung der Massnahme zu präzisieren, wurden 2021 mit den gleichen Szenarien zudem 2D-Modellierungen mit dem Programm ROFMOD 5.0 ausgeführt. Die Gefahrenbeurteilung Sturz wurde aufgrund der Erkenntnisse aus den Sturzmodellierungen für das Bauprojekt gegenüber der Vorstudie angepasst (Resultate siehe Kapitel 4.1.1).

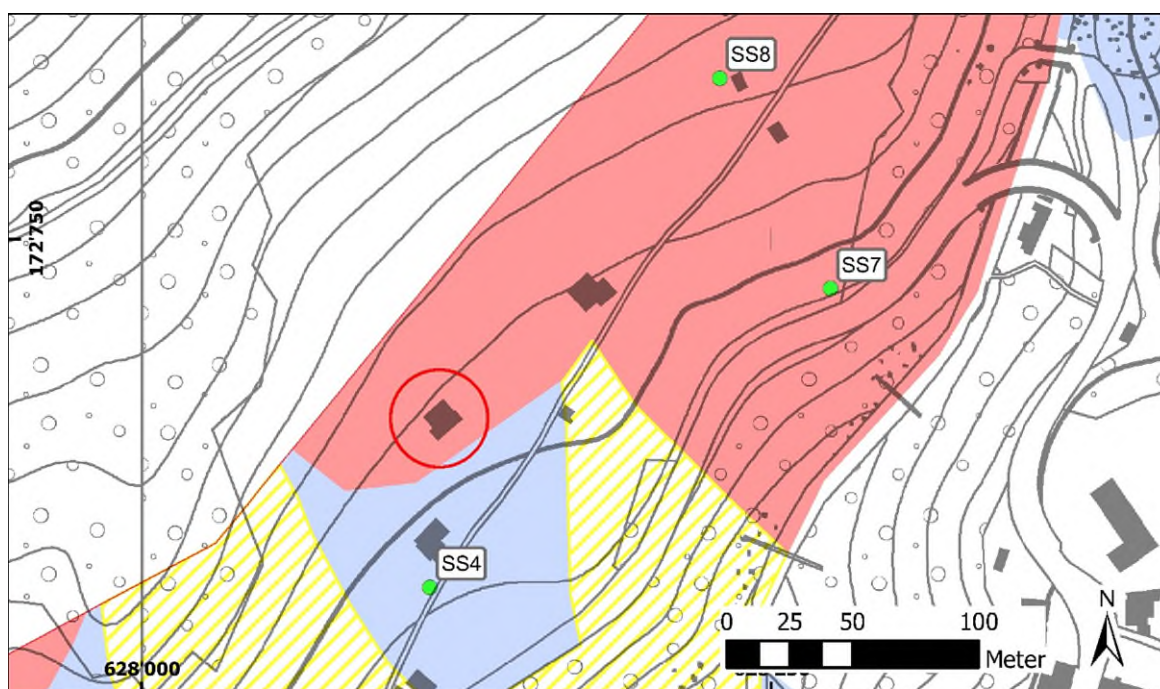


Abbildung 1: Auszug aus der Sturzgefahrenkarte. Das Wohngebäude Kumizaun 493 ist rot umkreist.

¹ mittlerer Sturz Intensität bedeutet Sturzenergien zwischen 30 kJ und 300 kJ

² starke Sturz Intensität bedeutet Sturzenergien > 300 kJ

3.2.2 Hangmuren

Gemäss der Gefahrenkarte [9] ist das Wohngebäude Kumizaun 493 durch Hangmuren schwacher Intensität gefährdet (gelbes Gefahrengebiet, HM2), ebenso wie der danebenliegende Stall. Die Gefährdung ist in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Zusammenfassung der in der Gefahrenkarte aufgeführten Gefährdung durch Hangmuren

	Intensität Szenario 30-jährliche	Intensität Szenario 100-jährlich	Intensität Szenario 300-jährlich
Wohnhaus (Prz. 1159)	keine	schwach ³	schwach
Stall (Prz. 257)	keine	schwach	schwach
Schuppen / Remise (Prz. 867)	keine	schwach	schwach

3.2.3 Lawinen / Schneegleiten

Gemäss der Lawinengefahrenkarte [9] liegt der bergseitige Teil des Gebäudes im blauen Gefahrengebiet (mittlere Gefährdung, G5, siehe Abbildung 2). Ab dem 30-100-jährlichen Szenario ist mit Gleitschnee zu rechnen, die den bergseitigen Teil des Gebäudes mit mittlerer Intensität (Gleitschneedruck ≤ 30 kN/m²) betreffen können.

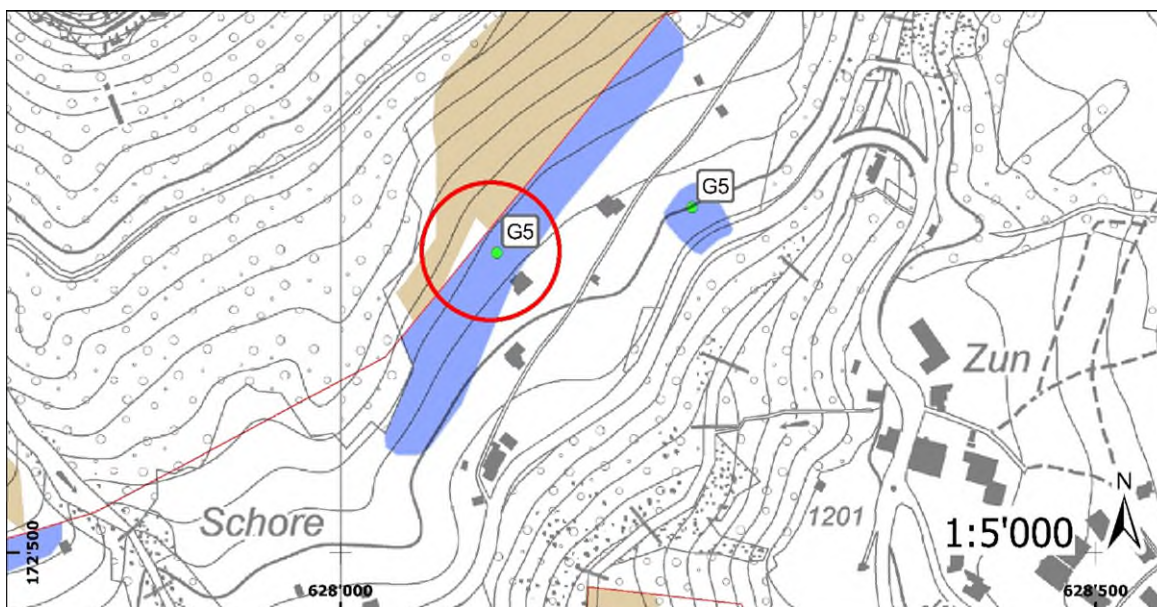


Abbildung 2: Auszug aus der Lawinengefahrenkarte. Das Wohngebäude Kumizaun 493 ist rot umkreist.

³ Schwache Hangmuren Intensität bedeutet eine Mächtigkeit der mobilisierten Schicht < 0.5 m und einer Übersarung im Dezimeterbereich.

Die Gefährdung ist in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Zusammenfassung der in der Gefahrenkarte aufgeführten Gefährdung durch Gleitschnee

	Intensität Szenario 30-jährliche	Intensität Szenario 100-jährlich	Intensität Szenario 300-jährlich
Wohnhaus	keine	mittel ⁴	mittel
Stall	keine	mittel	mittel

Um die Einwirkungen auf die Schutzmassnahme detailliert abschätzen zu können, haben wir die Stauhöhe sowie den Druck am Standort berechnet, die Resultate finden sich in Kapitel 4.1.2 .

3.3 Vorstudie / Risikoanalyse und Massnahmenplanung Sturz

In der Vorstudie [7] wurde auf der Grundlage der Naturgefahrenkarte der Gemeinde Beatenberg [9] mit dem Programm EconoMe (Version 2.2) das durch Sturz aus der Bire verursachte Risiko im Gebiet Schore ermittelt. Die Risikoberechnungen zeigten, dass für das Wohngebäude Kumizaun 493 das individuelle Todesfallrisiko $> 10^{-5}$ /Jahr ist und somit gemäss kantonaler Risikostrategie ein Schutzdefizit besteht. Für den Schutz des Gebäudes, der sich darin aufhaltenden Personen sowie der umliegenden Wirtschaftsgebäude wurden verschiedene Typen von Schutzmassnahmen und Standorte bezüglich ihrer Realisierbarkeit sowie den verursachenden Kosten und dem erzielbaren Nutzen geprüft.

Für die Massnahmenplanung der so eruierten Varianten wurden zwei Projektziele definiert. Durch die vorgeschlagenen Schutzmassnahmen sollte einerseits das individuelle Todesfallrisiko unter den Grenzwert von 10^{-5} /Jahr gesenkt werden, andererseits sollten die kollektiven Risiken mit kostenwirksamen (Nutzen/Kosten > 1) Massnahmen reduziert werden.

Aus Basis dieser Überlegungen wurde die Variante Steinschlagschutzdamm hinter dem Haus (Objektschutz) zur Realisierung empfohlen und im Mai 2012 mit der Gemeinde besprochen.

4. Überprüfung der Gefährdung, Risikoanalyse und Risikobewertung

4.1 Gefährdung

4.1.1 Sturz: Ergebnisse Modellierung / Unterschiede zur Naturgefahrenkarte

Um den zu realisierenden Damm dimensionieren zu können, wurden 2017 im Rahmen des Bauprojektes flächige 3D-Simulationen mit dem Programm Rockyfor3D V5.1 auf der Basis der in der Naturgefahrenkarte definierten Szenarien (Blockgrössen, siehe Kapitel 3.2.1) durchgeführt. Die Ergebnisse für das 300-jährliche Szenario sind in der Abbildung 3, diejenigen für das 30-jährliche Szenarien in Abbildung 4 dargestellt. Das 100-jährliche Szenario wurde nicht neu berechnet, sondern aufgrund der Modellierungsergebnisse des 30-jährlichen sowie des 300-jährlichen Ereignisses gutachterlich als Ereignis mit Energien von über 300kJ, also von starker Intensität abgeschätzt.

⁴ Mittlere Gleitschnee / Fließlawinen Intensität bedeutet einen Druck zwischen 3 und 30 kN/m².

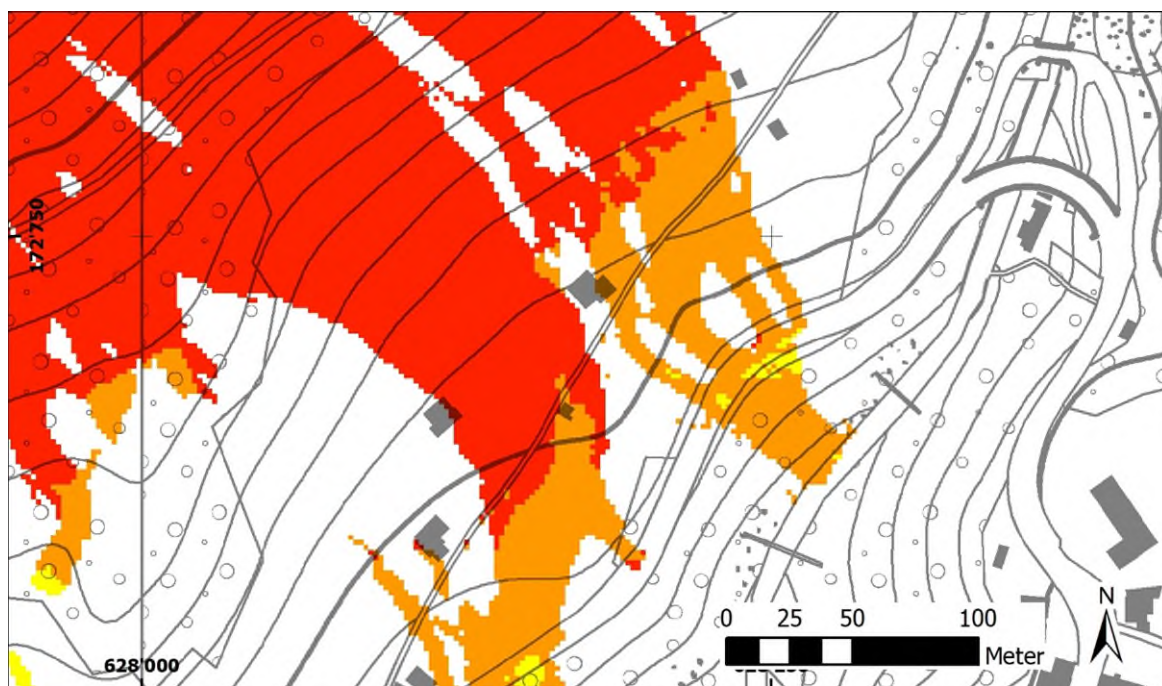


Abbildung 3: Sturzenergien der neuen Sturzmodellierungen aus der Bire / Birefluh für das 300-jährliche Szenario. Dargestellt ist das 95er-Perzentil der Sturzenergien der Modellierungsergebnisse. Rote Farben bedeuten Sturzenergien über 5'000 kJ, orange Farben Sturzenergien zwischen 3'000 und 5'000 kJ, gelbe Farben Sturzenergien zwischen 1'000 und 3'000 kJ.

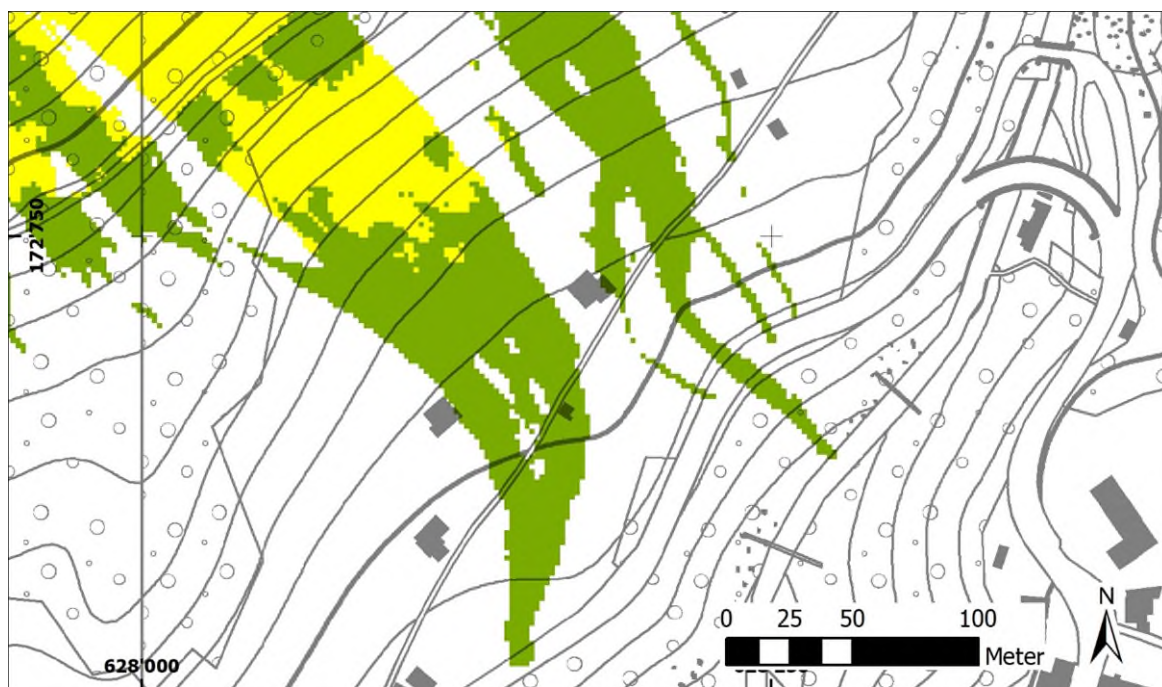


Abbildung 4: Sturzenergien der neuen Sturzmodellierungen aus der Bire / Birefluh für das 30-jährliche Szenario. Dargestellt ist das 95er-Perzentil der Sturzenergien der Modellierungsergebnisse. Gelbe Farben bedeuten Sturzenergien über 300 kJ, grüne Farben Sturzenergien zwischen 30 und 300 kJ.

Um auch das 100-jährliche Ereignis abzubilden und die Angaben für die Dimensionierung der Massnahme zu präzisieren, wurden 2021 auf Wunsch des Kantons (siehe [4]) mit den gleichen

Szenarien zudem 2D-Modellierungen mit dem Programm ROFMOD 5.0 ausgeführt. Beide Modellierungen zeigen bezüglich der Intensität der Ereignisse weder im 30-jährlichen noch im 300-jährlichen Szenario Änderungen. Im 100-jährlichen Ereignis sind gemäss den Modellierungen jedoch im Gegensatz zur Naturgefahrenkarte [9] starke Intensitäten zu erwarten, das Haus befindet sich daher neu im Gebiet SS8. Deutliche Änderungen im Vergleich zur Gefahrenkarte zeigen sich in der 3D-Modellierung in den betroffenen Flächen (vgl. dazu Abbildung 1 mit Abbildung 3 und Abbildung 4.).

Für die Dimensionierung der Massnahme sind die Einwirkungen am Massnahmenstandort zu bestimmen. Um die Einwirkungen herzuleiten, wurden die Modellierungsergebnisse konsultiert. Es zeigten sich grosse Unterschiede zwischen der 3D-Modellierung (Rockyfor 2017) und der 2D-Modellierung (ROFMOD 2021) bezüglich Energie und Sprunghöhe. Die Ergebnisse der Modellierungen wurden analysiert, gutachterlich beurteilt und mit der Fachstelle des Kantons besprochen (AWN, Abteilung Naturgefahren, Besprechung am 28.07.2021 bei IMPULS AG in Thun).

Zu beachten ist, dass die zu erwartenden Sprunghöhen und Energien am Massnahmenstandort im Vergleich zu den Annahmen in der Vorstudie höher sind. Für die Dimensionierung der Massnahme ist für das 300-jährliche Ereignis von folgenden Einwirkungen auszugehen:

Tabelle 4: Zu erwartende Einwirkungen am Standort des geplanten Dammes für ein 300-jährliches Ereignis

Volumen [m ³]	Kantenlängen [m]	längste Kantenlänge d [m]	Sturzenergie E [kJ] (95%-Vertrauensintervall)	Sprunghöhe h _A [m] (Höhe Massenmittelpunkt ab OKT)
4	2.0 x 2.0 x 1.0	2	5'200	2

4.1.2 Lawinen / Gleitschnee: Wirkungsbeurteilung vorhandener Objektschutz

Um die in der Gefahrenkarte ausgewiesene Gefährdung durch Gleitschnee (siehe Kapitel 4.) zu quantifizieren, wurden im Rahmen des Bauprojekts der Gleitschneedruck auf das Wohnhaus Kumizaun 493 mittels der Formel $\rho * g * H_A^2 * 0.5 * K * N/D_A$ berechnet. Die verwendeten Kennwerte sowie die Resultate sind in Tabelle 5 ersichtlich.

Tabelle 5: Gleitschneedruckberechnung

Hangneigung Ψ	20°	
Erdbeschleunigung g	10 m/s ²	
Meereshöhe z	1'210 müM	
Schneedichte ρ	0.3 t/m ³	
Schneehöhe H_A	2.10 m	Herleitung (Zone 2): $H_A = 1.3 * ((0.15 * z) - 20)$
Schneemächtigkeit D_A	1.97 m	Herleitung: $D_A = H_A * \cos \Psi$
Kriechfaktor K	0.49	Herleitung: $K = 0.76 * \sin (2\Psi)$
Gleitfaktor N	3.2	
Schneedruck qG	5.3 kN/m²	

Der bestehende Objektschutz (betonverstärkte Rückwand) hält dem berechneten Gleitschneedruck von 5.3 kN/m² über die Wirkungshöhe von 2.1 m stand. Es ist daher im Weiteren nicht mit einer direkten Gefährdung des Wohnhauses durch Gleitschnee zu rechnen. Darum wird der Prozess Lawinen / Gleitschnee nicht in die Risikobeurteilung miteinbezogen.

4.1.3 Hangmuren: Wirkungsbeurteilung vorhandener Objektschutz

Die verstärkte Rückmauer schützt zwar das Gebäude von hinten vor eindringenden Erd- und Wassermassen, das Haus kann aber von diesen umflossen werden, sodass Wasser und Schlamm durch Öffnungen in den Seitenwänden (Türen, Fenster) in das Haus eindringen kann. Der bestehende Objektschutz wird deswegen als nur teilweise wirksam hinsichtlich Hangmuren beurteilt.

4.2 Risiko, Schutzdefizit und Handlungsbedarf

Aufgrund der neu beurteilten Gefährdung wurden die Ausgangsrisiken im Projektperimeter gemäss dem Vorgehen in [6] mit EconoMe 5.1 nochmals neu berechnet. Da der Damm nur das Wohnhaus schützt, wurden die Risiken nur für das Wohnhaus berechnet, die anderen Gebäude wurden in der Risikoberechnung nicht berücksichtigt. Die Resultate der Risikoberechnung werden nachfolgend zusammengefasst.

Tabelle 6: Zusammenfassung der Risiken berechnet mit EconoMe 5.1 für das Wohnhaus Kumizaun 493

Gefahrenprozess	Sachrisiko [CHF/a]	Personenrisiko [CHF/a]	Total [CHF/a]	Individuelles Todesfallrisiko > 10 ⁻⁵ /Jahr [Ja/Nein]
Stein / Blockschlag	169	812	981	Ja (2.1*10 ⁻⁵)
Hangmuren	40	0	40	Nein
Total	209	812	1'021	Ja

Die Risikoberechnung zeigt, dass für das Wohnhaus Kumizaun 493 im Gebiet Schore das individuelle Todesfallrisiko durch Steinschlag > 10⁻⁵/Jahr ist. Somit besteht gemäss kantonaler Risikostrategie für das Wohnhaus ein Schutzdefizit und für die Gemeinde als sicherheitsverantwortliche Stelle Handlungsbedarf Massnahmen zum Schutz des Wohnhauses zu ergreifen.

Das Risiko verursacht durch Hangmuren wurde ebenfalls berechnet (siehe Tabelle 6), die resultierenden Risiken haben aber im Vergleich zu den aus Sturzprozessen resultierenden Risiken eine untergeordnete Bedeutung.

Da der bestehende Objektschutz dem angenommenen Gleitschneedruck standhält, besteht für Hausbewohner kein Risiko durch diesen Prozess.

5. Massnahmen

5.1 Allgemeines

Aus dem erweiterten Variantenstudium resultiert ein Steinschlagschutzdamm als Bestvariante. Der umzusetzende Steinschlagschutzdamm beseitigt die Risiken ausgelöst durch Stein- und Blockschlag und reduziert sie beim Prozess Felssturz. Das Schutzziel gemäss kantonaler Risikostrategie wird nach Massnahme sowohl beim Stein- und Blockschlag als auch beim Felssturz beim Wohngebäude Kumizaun 493 erreicht, indem der Damm auf das 300-jährliche Szenario dimensioniert wird. Nach der Umsetzung der Massnahme verbleiben Risiken durch Felssturz im sehr seltenen (> 300-jährlichen) Szenario.

5.2 Variantenwahl

In der Vorstudie [7] wurden zum Schutz der betroffenen Gebäude im Gebiet Schore verschiedene Massnahmen geprüft. Für das Bauprojekt 2017 wurde die empfohlene Massnahme Steinschlagschutzdamm hinter dem Haus weiterverfolgt.

Nach dem Bauprojekt wurden diverse Massnahmen oberflächlich und insgesamt 5 Massnahmen detaillierter geprüft [5].

Nach der detaillierten Besprechung der Varianten vor Ort mit den Betroffenen [5] wurde die Massnahmenvariante 3 (Schutzmauer) angepasst auf einen beidseitig erdbewehrten Damm direkt am Wohnhaus. Anschliessend wurden auf Wunsch der Betroffenen 2 Varianten des beidseitig erdbewehrten Dammes ausgearbeitet. Die Varianten umfassten einerseits einen beidseitig erdbewehrten Damm direkt am Wohnhaus mit einem 3 m breiten Durchfahrtsweg zwischen der Schutzmauer und der Einschnittböschung (Variante 3a) und andererseits einen beidseitig erdbewehrten Damm direkt am Wohnhaus ohne Durchfahrtsweg, mit einer Böschung, die direkt an den Damm grenzt (Variante 3b). Für diese beiden Varianten wurde ein Bauprojekt ausgearbeitet [3].

Die beiden Varianten wurden im Sommer 2022 vor Ort besprochen [2]. Dabei wurde gemeinsam die definitive Variante bestimmt. Auf dieser Basis wurde in Absprache mit dem Projekt Sagigrabenbrücke die definitive Massnahmenvariante ausgearbeitet.

5.3 Beschrieb der gewählten Massnahmenvariante

System

Um den Anforderungen an einen möglichst geringen Platzbedarf zu begegnen, wird der Damm komplett als erdbewehrtes Stützsystem mit rundherum 80° Böschungswinkel ausgeführt. Der Damm wird möglichst nahe an das bestehende Gebäude platziert, um den Raum optimal auszunutzen. Abgesehen vom Aushub für das Planum finden keine Aushubarbeiten vor Ort statt. Es wird kein Auffangraum oder Durchfahrtsweg hinter dem Damm erstellt.

Auch bei einem Treffer sind im Damm bis zum 300-jährlichen Ereignis keine massgeblichen Verformungen zu erwarten, die die Gebäudefassade beeinträchtigen würden.

Bemessung / Dimensionierung

Länge	18.5 m
Wirkungshöhe	4.5 m (über Terrain, totale Höhe 4.8 m)
Damböschungen	80° erdbewehrt
Dammkronenbreite	2.0 m
Fussbreite Damm	3.5 m
bergseitige Böschung (Hang)	wie Ausgangszustand
Distanz zu bestehendem Mauerfuss	ca. 4.0 m

Materialbilanz: Es ist keine ausgeglichene Materialbilanz zwischen bergseitigem Abtrag und talseitigem Auftrag möglich. Da vor Ort nur für das Planum Aushub anfällt, muss Schüttmaterial zugeführt werden. Insgesamt sind für die Dammschüttung ca. 290 m³ Material nötig, davon können ca. 45 m³ vor Ort abgebaut und verwendet werden, ca. 245 m³ müssen zugeführt werden.

Da 2023 auch das Projekt "Ersatz Sundgrabenbrücke beim Sagigraben, Beatenberg" (Sagigrabenbrücke) an der Kantonsstrasse realisiert wird und dort grosse Mengen Aushubmaterial anfallen, kann das Material von diesem Projekt bezogen werden. Beim Material handelt es sich um bindiges Aushubmaterial, dass mit Kalk stabilisiert werden muss. Im Sagigrabenbrücke-Projekt wurden mit diesem Material bereits bewehrte Erde Elemente erstellt (Böschungen).

Erschliessung

Die Erschliessung der Baustelle ist über die Zufahrtsstrasse bis Kumizaun und von dort westlich des Stalles über eine temporäre Baupiste geplant (vgl. Beilage 2).

Für das Sagigrabenbrücke-Projekt wurde bereits eine 3 m breite, lastwagenbefahrbare Baupiste ab der Kantonsstrasse bis zum Bodendepot erstellt. Diese kann nach Absprache/Koordination mit den Projektverantwortlichen des Sagigrabenbrücke-Projekts für die Erstellung des Dammes genutzt werden.

Entwässerung

Aufgrund der geringen Länge des Dammes und des vorhandenen Längsgefälles kann auf eine spezielle Entwässerung verzichtet werden. Zwischen Damm und Haus wird eine Drainageleitung eingebaut, um das (Schmelz-)Wasser der talseitigen Böschung abzuführen. Das Wasser aus der Drainageleitung wird vor Ort versickert.

Das Gelände hinter dem Damm wird leicht bombiert modelliert, damit der Wasserabfluss auf beide Seiten möglich ist.

Erschwernisse

Die Baustelle ist natürlicherweise dem Steinschlag ausgesetzt.

Eine enge Koordination / Absprache mit dem Sagigrabenbrücke-Projekt ist zwingend notwendig.

Begrünung

Um die Dauerhaftigkeit der erdbewehrten Böschungen zu gewährleisten, müssen sie dauerhaft begrünt sein. Die Begrünung der 80° steilen Fronten ist aber schwierig. Es ist eine Bepflanzung durch einen Gärtner oder Gartenbauer in enger Absprache mit dem Grundeigentümer /

Bewirtschafter vorzusehen (mit Kletterpflanzen, Büschen o.Ä.). Dabei ist zu beachten, dass bei einer beidseitig 80° steilen Böschung des Dammes nur wenig Wasser gespeichert werden kann und der Damm damit deutlich trockener ist als die Umgebung.

Die bergseitige Böschung sowie die rückgebaute Baupiste werden nach Fertigstellung des Dammes mit einer standortgerechten Nasssaat begrünt.

Eigentumsverhältnisse

Es liegen folgende Eigentumsverhältnisse vor:

Tabelle 7: Eigentumsverhältnisse

Werkstandort	
Parzellennummer	Name des Eigentümers
257	Mario Gafner
867	Christian Bühlmann
1159	Simon Rubin
Werkstandort und Erschliessung	
Parzellennummer	Name des Eigentümers
867	Christian Bühlmann

Die Verhandlungen mit den Grundeigentümern erfolgen durch die Gemeinde Beatenberg. Das Grundeigentümergeinverständnis liegt noch nicht vor.

Kosten, Risikoreduktion, Schutzziel/Projektziel Erreichung

Investitionskosten:	260'000 CHF
jährliche Kosten:	6'300 CHF/Jahr
Risikoreduktion:	609 CHF /Jahr
Nutzen/Kosten Verhältnis:	0.1
Individuelles Todesfallrisiko nach Massnahme:	$8.9 \cdot 10^{-6}$ /Jahr

Zu beachten ist, dass die gesamten Investitionskosten durch das ausführliche (auf Wunsch der Bauherrschaft) Variantenstudium im Verhältnis zu den eigentlichen Baukosten relativ hoch sind. Zur Herleitung der jährlichen Kosten (0.5% der Investitionskosten) wurden die Investitionskosten daher um 40'000 reduziert, was ungefähr den zusätzlichen Planungskosten entspricht.

Das Schutzdefizit im Wohngebäude kann durch die Massnahme beseitigt werden. Nach der Umsetzung der Massnahme besteht im Wohngebäude gemäss den Berechnungen durch EcoNoMe 5.1 noch ein individuelles Todesfallrisiko, verursacht durch Felssturz, von $8.9 \cdot 10^{-6}$ /Jahr, was kein Schutzdefizit mehr darstellt.

5.4 Auswirkungen auf die Gefährdung

Die umzusetzende Massnahme beseitigt die Gefährdung des Wohngebäudes Kumizaun 493 im roten Gefahrenbereich für den Prozess Stein- und Blocks Schlag vollständig. Aufgrund des sehr seltenen Szenarios Felssturz bleibt eine Restgefährdung bestehen. Auf die Gefährdung des Stalles auf der Parzelle 257 und des Schuppens / Remise auf der Parzelle Prz. 867 hat die Massnahme keine Wirkung, die Gefährdung bleibt dieselbe. Die Gefahrenkarte nach

Massnahme Sturz ist in Beilage 5 ersichtlich. Diese kann nach erfolgreicher Bauausführung anhand der Abschlussdokumentation inkl. PROTECT Nachweis bestätigt werden. Diese lokale Anpassung der Gefahrenkarte kann bei einer nächsten Revision der Gefahrenkarte aufgenommen werden.

Im Schutzbereich des Dammes (nur Wohnhaus) wird zudem die bestehende Gefährdung durch Hangmuren beseitigt (siehe Kapitel 3.2.2). Der Schutz gegen Gleitschnee wird durch den neuen Damm nicht beeinflusst, da die alte Schutzmauer am Haus stehen bleibt (siehe Kapitel 3.2.3 sowie 4.1.2). Auf die Gefährdung des Stalles auf der Parzelle 257 und des Schuppens / Remise auf der Parzelle Prz. 867 durch Hangmuren hat die Massnahme keine Wirkung, die Gefährdung bleibt dieselbe. Die Projektgefahrenkarte nach Massnahmen für den Prozess Rutschungen / Hangmuren ist der Beilage 6 zu entnehmen. Da die Gefährdung durch Lawinen / Gleitschnee nicht ändert, wird die Gefahrenkarte nicht angepasst.

6. Natur und Landschaft

6.1 Ist-Zustand

6.1.1 Inventare

Es sind weder nationale noch kantonale Inventare oder Schutzgebiete betroffen (stand Geoportal April 2023). Der regionale Trockenstandort Nr. 520073 und die nationale TWW Schore Nr. 12255 sind nicht betroffen.

Der Standort liegt in der Bergzone III und ist als Dauerwiese angemeldet.

6.1.2 Lebensräume

Der Standort des geplanten Dammes, sowie die geplante Führung der temporären Baupiste befinden sich auf einer Talfettwiese (Fromentalwiese). Es wurden keine seltenen oder geschützten Arten gefunden.



Abbildung 5: Links: Auf dieser Fromentalwiese unmittelbar über dem Wohnhaus kommt der geplante Damm zu stehen
Rechts: Verlauf der geplanten Baupiste (Fotos, beide IMPULS AG, 29.03.2017)

6.1.3 Geschützte Arten

Gemäss Datenbankabfrage Infospecies vom März 2017 kommen folgende geschützte und gefährdete Arten im gleichen Kilometerquadrant vor:

Flora:

Gemäss Datenbankabfrage bei Infoflora (vom März 2017) sind im betroffenen Kilometerquadrant mehrere geschützte Orchideen vorhanden, diese kommen jedoch nicht auf dem Projektperimeter vor. Während den Felderhebungen konnten keine geschützten, seltenen oder prioritären Pflanzen gefunden werden.

Es liegen keine Fundmeldungen von geschützten Pilzen, Flechten und Moosen vor (Datenbankabfrage vom 27.03.2017).

Fauna:

Art	Schutzstatus	Gefährdung nach IUCN	nationale Priorität
Eurasiatischer Luchs	?	nicht gefährdet (LC)	
Gartenrotschwanz		potenziell gefährdet (NT)	sehr hoch (1)

Gemäss Datenbankabfrage bei CSCF vom 27.03.2017 sind neben den beiden oben aufgeführten Arten im benachbarten Kilometerquadrant vom Standort Schoren (in der Rischere) weitere geschützte oder gefährdete Tiere vermerkt:

Art	Schutzstatus	Gefährdung nach IUCN	nationale Priorität
Hermelin	national		
Mauswiesel			
Alpenspitzmaus	kantonal		
Zwergspitzmaus	kantonal		
Waldspitzmaus	kantonal		
Rötelmaus			
Siebenschläfer	kantonal	nicht gefährdet (LC)	
Waldmaus			
Kalkfelsen-Schliessmundschnecke			
Gemeine Heideschnecke			
Buntbäuchiger Grashüpfer			
Gemeine Warzenbeisser			
Blindschleiche			
Waldeidechse			

Gemäss Aussage H. Schmid von der Vogelwarte (Mail vom 29.03.2017) sollte es keine Probleme seitens Vogelvorkommen geben.

Laut telefonischer Auskunft vom Wildhüter Matthias Zimmermann vom 05.04.2023 dient der Projektstandort als Wintereinstandsgebiet des Rotwildes. Ein Steinschlagschutzdamm soll gemäss M. Zimmermann keine negativen Auswirkungen auf die Wildtiere haben.

6.2 Projektauswirkungen und Massnahmen

6.2.1 Bauphase

Der Steinschlagschutzdamm wird mit regional vorhandenem Material geschüttet.

Die Bauphase stellt eine unvermeidliche Störung der wildlebenden Säugetiere und Vögel dar. Diese muss bestmöglich minimiert werden. Entsprechend sollte die Bauphase ausserhalb der Setz- und Brutzeit wildlebender Säugetiere und Vögel stattfinden.

Um den Eingriff in die Natur möglichst gering zu halten, empfehlen wir minimale Flächenbeanspruchung, einen kurzzeitigen und schonenden Bodenab- und -auftrag, Trennung von Ober- und Unterboden, sowie eine sorgfältige Rekultivierung.

Nach derzeitigem Kenntnisstand wird kein Bodenschutzkonzept benötigt.

6.2.2 Betriebsphase

Wir gehen davon aus, dass der Lebensraum mit einer angepassten Begrünung der Böschungen wiederhergestellt werden kann.

7. Unterhaltsorganisation / Instandhaltungskonzept

Der projektierte Damm wird nach der Realisierung im Schutzbauteninformationssystem der Abteilung Naturgefahren erfasst. Mit der Dokumentation des ausgeführten Bauwerks ist nach Realisierung für die Bauherrschaft ein Überwachungs- und Unterhaltsplan zu erstellen, in welchem die periodisch auszuführenden Arbeiten bezeichnet sind und Hilfsmittel zu deren Dokumentation bereitgestellt werden. Die Bauherrschaft ist für deren Umsetzung verantwortlich.

8. Terminplan

Es ist vorgesehen den Damm im Sommer / Herbst 2023 zu realisieren.

Tabelle 8: Terminplan (Vorschlag)

Bauprojekt bei Bauherrschaft und Subventionsbehörden	April 2023
Einholen Grundeigentümergeeinverständnis durch Gemeinde	Frühling 2023
Ausarbeiten Baugesuch und Einreichen	April 2023
Baubewilligung vorliegend	Ende Juli 2023
Submission / Vergabe	Juni 2023
Vergabe Baumeisterarbeiten	Mitte Juli 2023
Hauptarbeiten Damm (Bauzeit ca. 4 Wochen)	Herbst 2023 Ende August - Okt
Erfolgskontrolle Wiederbegrünung und Bepflanzung	Frühling 2024
Projektabschluss (abhängig von Begrünung)	Ende 2024

9. Trägerschaft / Nutzniesser

Trägerschaft des Projekts ist die Einwohnergemeinde Beatenberg. Nutzniesser sind die Bewohner des Gebäudes Kumizaun 493.

Die Finanzierung des Projektes ist über forstliche Subventionen vorgesehen. Die Restkosten werden von der Einwohnergemeinde Beatenberg getragen. Eine Beteiligung der Nutzniesser an den entstehenden Restkosten ist nicht vorgesehen.

Vorgängig zum Baubewilligungsverfahren ist die Einwilligung der betroffenen Grundeigentümer einzuholen. Im Zuge dieser Verhandlungen ist auch die Entschädigung mit dem Grundeigentümer zu regeln. Die Rechte für die Schutzbaute sind als Dienstbarkeit im Grundbuch einzutragen.

Es ist ein ordentliches Baubewilligungsverfahren für Bauten ausserhalb der Bauzone vorzusehen, da sich das Gebäude in der Landwirtschaftszone befindet.