Grubenstrasse 12
CH-8045 Zürich

Tel. 043 960 80 20
Fax 043 960 80 29
zuerich@geotest.ch

GEOTEST
GEOLOGEN
INGENIEURE
GEOPHYSIKER
UMWELTFACHLEUTE

Kalkfabrik Netstal AG (KFN), Netstal

Erweiterungsprojekt Kalksteinbruch Netstal
Abbaustandorte Gründen / Elggis Süd

Gefahrenbeurteilung Sturzprozesse
Vorstudie Schutzmassnahmen

Bericht Nr. 2408045.10a

Zürich, 30. November 2015

Bearbeiter: A. Kretz

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Einleitung **4**
1.1 Auftrag 4
1.2 Grundlagen 5
1.3 Fragestellung 5
1.4 Ausgeführte Arbeiten 5
2. Untersuchungs- und Beurteilungsmethodik **6**
3. Befund **6**
3.1 Geologisch-Geomorphologische Verhältnisse 6
3.2 Gefahrenkarte 7
3.3 Ereigniskataster 8
4. Resultate Begehung **9**
4.1 Erweiterungsperimeter Gründen 9
4.2 Erweiterungsperimter Elggis Süd 14
5. Beurteilung **16**
5.1 Gefährdungsbeurteilung Gründen 16
5.2 Gefährdungsbeurteilung Elggis Süd 16
5.3 Szenarien Gründen 17
5.4 Szenarien Elggis Süd 18
6. Wirkungsanalyse **19**
6.1 2D Steinschlagsimulationen 19
6.1.1 Geländeparameter 19
6.1.2 Resultate 2D Steinschlagsimulationen Gründen 21
6.1.3 Resultate 2D Steinschlagsimulationen Elggis Süd 23
6.2 Intensitätskarten 23
6.2.1 Intensitäten Gründen 24
6.2.2 Intensitäten Elggis Süd 26
7. Nachweis des Handlungsbedarfs **28**
7.1 Bedarfsabklärung aufgrund von übergeordneten Schutzzielen 28
7.1.1 Gründen 29
7.1.2 Elggis Süd 32
7.2 Risikobeurteilung (Parametertabelle) 33
7.3 Risikoanalyse Gründen 34
7.3.1 Resultate Risikoberechnung Erweiterungsperimeter Gründen 34
7.3.2 Resultate Risikoberechnung Forststrasse Bränntenwald 34
7.3.3 Resultate Risikoberechnung Länggüetlistrasse 35

7.4 Risikoanalyse Elggis Süd 35
8. Variantenstudium 36
8.1.1 Gründen 36
8.1.2 Erweiterungsperimeter Gründen 36
8.1.3 Forststrasse Bränntenwald 37
8.1.4 Länggüetlistrasse 38
8.1.5 Risikominderung Massnahmen Erweiterungsperimeter Gründen 39
8.2 Erweiterungsperimeter Elggis Süd 40
9. Vorgeschlagene Massnahmen 41
9.1 Gründen 41
9.1.1 Erweiterungsperimeter Gründen 41
9.1.2 Forststrasse Bränntenwald 41
9.1.3 Länggüetlistrasse 42
9.2 Elggis Süd 44
9.3 Unterhalt 45
9.3.1 Gründen 45
9.3.2 Elggis Süd 45
9.4 Massnahmen zur Risikominderung 45
9.5 Restgefährdung nach Bauvollendung 45
10. Weiteres Vorgehen 46

Anhang **Nr.**
Karte der Phänomene 1
Profile 2D Steinschlagsimulationen 2

1. Einleitung

1.1 Auftrag

Projekt:	Netstal, KFN, Erweiterung Gründen und Elggis Süd
Auftraggeber:	Kalkfabrik Netstal AG
Objekt:	Der bestehende Steinbruch soll in den Perimetern Gründen und Elggis Süd erweitert werden. Das Erweiterungsprojekt sieht eine Betriebsdauer des Steinbruchs von 55 Jahren vor.
Gelände:	Hanglage
Koordinaten:	723‘650 / 212‘890, 500 - 780 m ü.M.

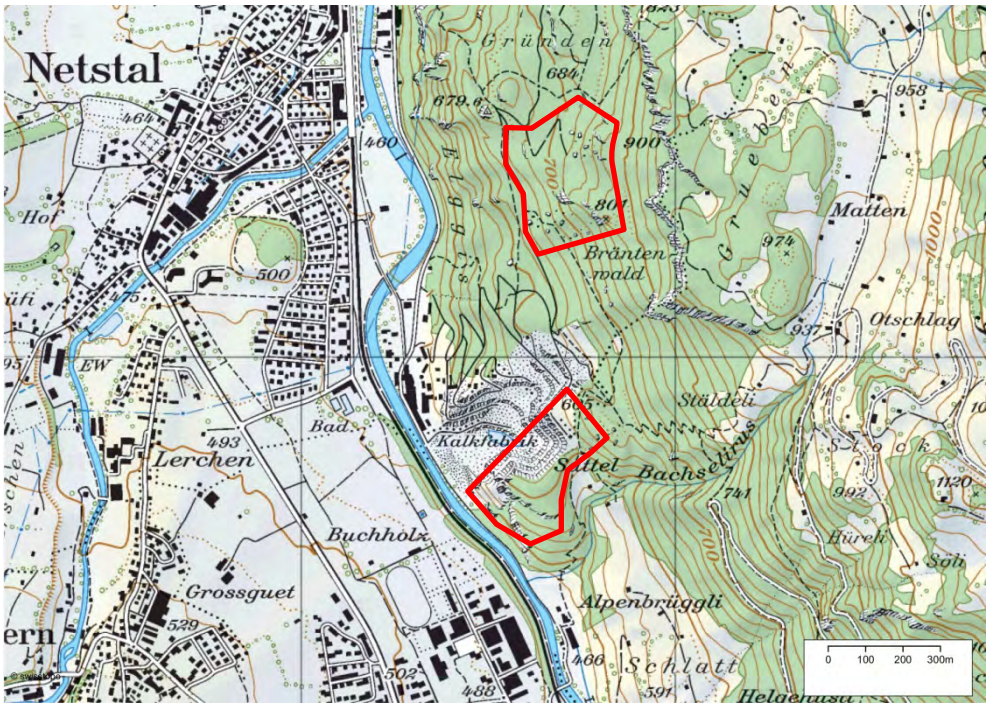


Abbildung 1: Ausschnitt aus der Landeskarte 1:25‘000. Der Projektperimeter ist rot markiert. Quelle: swisstopo.

1.2 Grundlagen

[1] Kanton Glarus (27.03.2001), Richtlinien zum Schutz vor Naturgefahren.

[2] StoreMe Naturgefahren Ereigniskataster Kanton Glarus

[3] Gefahrenkarte des Kantons Glarus

[4] Louis Ingenieurgeologie GmbH (04.07.2014), Gefahren und Risikoanalyse inkl. Massnahmenkonzept, Gemeinde Glarus, Länggüetlistrasse, Netstal.

[5] GEOTEST AG (30. April 2014), Bericht Nr. 2408045.7, Kalksteinbruch KFN - Abbauprojekt „Gründen“, Bericht zur Umweltverträglichkeit, Voruntersuchung und Pflichtenheft für die Hauptuntersuchung.

[6] GEOTEST AG (30. April 2014), Bericht Nr. 2402047.25, Kalksteinbruch KFN - Abbauprojekt „Elggis Süd“, Bericht zur Umweltverträglichkeit, Voruntersuchung und Pflichtenheft für die Hauptuntersuchung.

[7] GEOTEST AG (26.03.2014), Bericht Nr. 2408045.6, Kalkabbau im Gebiet „Gründen“, Technischer Bericht, Vorprojekt.

[8] GEOTEST AG, Marty Ingenieure AG (18.12.2014), Integrale Gefahrenkarte Glarus - Ennenda - Riedern, Technischer Bericht.

1.3 Fragestellung

Folgende Fragestellung soll abgeklärt werden:

- Beurteilung der Gefährdung der beiden geplanten Erweiterungsperimeter Gründen und Elggis Süd durch Sturzprozesse.
- Ermittlung der Intensitäten der betroffenen Gebiete durch 2D Steinschlagsimulationen
- Abklärung des Handlungsbedarfes aufgrund der kantonalen Schutzziele und Risikobeurteilung
- Variantenstudium, Risikominderung und Wirtschaftlichkeitsbeurteilung möglicher Schutzmassnahmen
- Evaluation Schutzmassnahmen und Massnahmenvorschlag

1.4 Ausgeführte Arbeiten

Folgende Arbeiten wurden ausgeführt:

- Grundlagenbeschaffung und -auswertung, Aufbereitung Geländedaten
- Begehung und Kartierung der Erweiterungsperimeter Gründen und Elggis Süd am 12. März 2015
- Auswertung der erhobenen Daten und Definition der Szenarien anlässlich einer gemeinsamen Sitzung mit dem Auftraggeber am 15.03.2015
- Wirkungsanalyse mittels 2D Steinschlagsimulationen entlang 7 charakteristischer Profile
- Erstellen der Intensitätskarten
- Abklärung des Handlungsbedarfes und Risikobeurteilung

- Variantenstudium Schutzmassnahmen, Ermittlung Risikominderung und Kostenschätzung
- Dokumentation der Ergebnisse in einem Bericht

2. Untersuchungs- und Beurteilungsmethodik

Die Untersuchungen gliedern sich in verschiedene Arbeitsschritte. In einem ersten Schritt wurden die Ereignisaufzeichnungen (Ereigniskataster) und bereits bestehende Gefahrengutachten [4], [8] analysiert und ausgewertet. In einem zweiten Schritt wurde das Gelände begangen und die für Sturzprozesse relevanten Phänomene und für die Steinschlagsimulation notwendigen Geländeparameter (Dämpfung, Rauigkeit, Wald) aufgenommen.

Basierend auf dieser Grundlage wurden die Szenarien definiert und deren Intensitäten durch 2D Steinschlagsimulationen mit der Software GEOTEST ROFMOD 4.2 auf insgesamt 7 Profilen ermittelt. Anhand der Intensitätskarten wurde der Handlungsbedarf aufgrund der übergeordneten Schutzziele abgeklärt und risikobasiert beurteilt.

3. Befund

3.1 Geologisch-Geomorphologische Verhältnisse

Festgesteine: Der Untersuchungsperimeter liegt in der Elggis-Schuppe im Helvetikum der Glanerdecke. Der Fels steht im Untersuchungsperimeter in der markanten bis zu ca. 50 m hohen Felswand oberhalb des Erweiterungsperimeters Gründen, im Zentrum des Erweiterungsperimeters sowie im Bereich Elggis an (s. Anhang 1).

Die markante Felswand oberhalb des Erweiterungsperimeters Gründen wird vorwiegend durch Quintnerkalk aufgebaut. Darunter folgt der Troskalk, der im Zentrum des Erweiterungsperimeters markante Felstürme bildet. Im Bereich der Erweiterung Elggis Süd werden die Felsbänder wiederum durch den Quintnerkalk aufgebaut.

Die Schichtung fällt mit 25 - 30° gegen SSE ein. Aufgrund der teilweise grossen Schichtmächtigkeit und des demzufolge massigen Gefüges ist die Schichtung teilweise nur sehr undeutlich zu erkennen. In den aufgelockerten Zonen wirkt die Schichtung jedoch als massgebende Trennfläche. Neben der Schichtung wird der Fels von zwei Kluftsystemen durchtrennt. Die Kluftschar K1 fällt steil mit 70 - 85° nach SSE ein und die Kluftschar K2 fällt talparallel mit 60 - 70° nach SW bis W ein.

Lockergesteine: Die Festgesteine werden in Terrassen- und Hangfusslagen von Lockergestein überdeckt. An Hanglagen und am Hangfuss steht der Hangschutt an. Dieser ist durch gravitative Prozesse aus den darüber liegenden Felswänden entstanden. Im Erweiterungsperimeter Gründen besteht das Lockergestein aus grobem Blockschutt, der als Bergsturzablagerung interpretiert wird. Auf den flachen Terrassen wird der Fels von Moräne bedeckt. Im Talboden wird das Lockergestein durch die Schotter der Linth aufgebaut.

Geomorphologie:

Das Gelände im Bereich der geplanten Erweiterung Gründen wird durch versetzte, flache Terrassen und steilen Hangschutthalden mit Neigungen von 30 – 40° charakterisiert. Die Terrassen weisen teilweise Gegensteigungen auf. Im südwestlichen Bereich der Erweiterung wird das Gelände von einer gut sichtbaren, sichelförmigen Bruchkante durchzogen. Diese wird als Abrisskante einer Sackung interpretiert (s. Anhang 1).

Der Erweiterungsperimeter Elggis Süd wird morphologisch durch die fast senkrechten Felswände und den dazwischen liegenden 30 - 45° steilen Hangschutthalden charakterisiert.

3.2 Gefahrenkarte

Die beiden Erweiterungsperimeter Gründen und Elggis Süd liegen gemäss der Gefahrenkarte ausserhalb einer Gefahrenzone bez. ausserhalb des Erfassungsbereichs. Weite Teile der Länggüetlistrasse sowie des Wanderweges unterer Elggis liegen in der roten bzw. blauen Gefahrenzone (s. Abbildung 2).

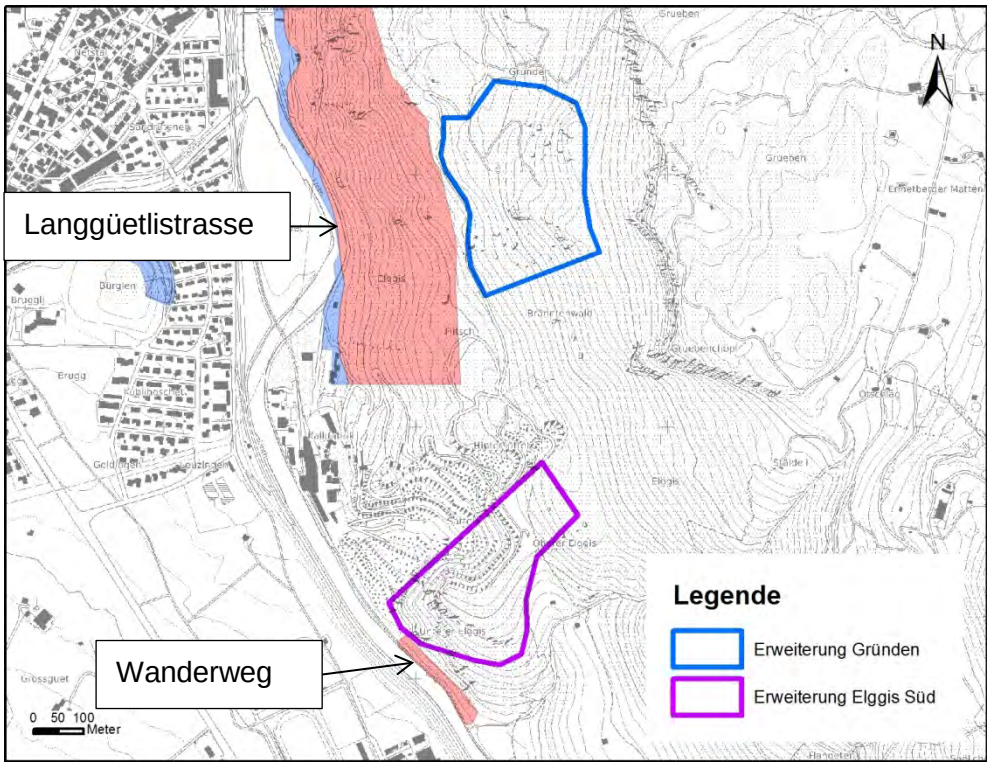


Abbildung 2: Ausschnitt aus der Gefahrenkarte Sturz Kanton Glarus.

3.3 Ereigniskataster

Gemäss dem Ereigniskataster des Kantons Glarus [2] sind im Bereich der Erweiterungsperimeter Gründen und Elggis Süd keine Ereignisse dokumentiert. Auch bei der Kalkfabrik Netstal AG sind keine Ereignisse im bestehenden Steinbruch Elggis bekannt.

In der Gefahren- und Risikoanalyse für die Länggüetlistrasse, welche durch die Louis Ingenieurgeologie GmbH durchgeführt wurde [4], sind diverse kleinere Sturzereignisse aus den Felsbändern oberhalb der Länggüetlistrasse dokumentiert.

4. Resultate Begehung

4.1 Erweiterungsperimeter Gründen

Prozessraum Ausbruchgebiet Nr. 1 und 2

Foto 1: Lose Felsblöcke an der Böschungskante (ca. 1 m^3). Blickrichtung S.

Foto 2: Markante Felswand des Ausbruchgebietes Nr. 1. Blickrichtung N.

Foto 3: Losgelöste Felsblöcke am Fuss der Felswand unterhalb der Gruebenchöpf.

Foto 4: Transitgebiet mit Baumtreffer auf ca. 1.2 m Höhe.

Foto 5: Abgelagerter Block (0.8 x 0.6 x 0.5 m)

Foto 6: Abgelagerter Block (1.0 x 0.8 x 0.6 m)

Geologie: Das Ausbruchgebiet Nr. 1 wird durch die markante bis zu 70 m hohe Felswand unterhalb von Grueben aufgebaut. Die steile Felswand wird vorwiegend durch den Quintnerkalk aufgebaut. Die Felsqualität ist stark variabel von kompakt bis splittrig.

Felsstruktur

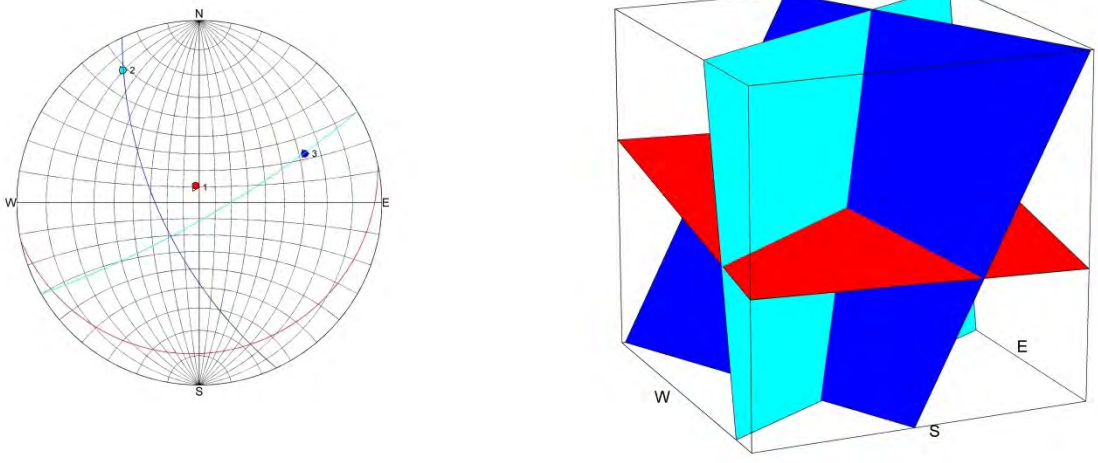


Abbildung 3: Stereografische Projektion und 3D Visualisierung mit Blickrichtung N der vermessenen Schichtung S (rot), K1 (hellblau) und K2 (dunkelblau).

Tabelle 1: Charakterisierung der Felstrennflächen und deren Eigenschaften.

Struktur	Azimuth	Fallen	Abstand	Persistenz
Schichtung S	160 ± 15	10 ± 10	0.1 - 2 m	∞
Kluftschar K1	150 ± 10	80 ± 5	0.1 - 10 m	0.1 - ∞
Kluftschar K2	245 ± 10	65 ± 5	0.4 – 2 m	1 - ∞

Transit- und Ablagerungsgebiet

Das Transitgebiet besteht aus einem 30 – 35° steilen Hang, welcher mit einem lichten Wald bestockt ist. Der Untergrund besteht aus Hangschutt und ist mit einer geringmächtigen Bodenschicht bedeckt. Zwischen den Bäumen sind weite hindernisfreie Strecken vorhanden. Die Sturzblöcke gelangen auf den Geländeterrassen zur Ablagerung.

Prozessraum Ausbruchgebiet Nr. 3 und 4

Foto 7: Markanter Felsturm im Ausbruchgebiet Nr. 3. Blickrichtung NE.

Foto 8: Ausbruchgebiet Nr. 4 mit Transit- und Ablagerungsgebiet. Blickrichtung E.

Foto 9: Unterhalb des Ausbruchgebietes Nr. 3 abgelagerter Block (1.0 x 1.0 x 0.8m)

Foto 10: Ablagerungsgebiet unterhalb des Ausbruchgebiets Nr. 3.

Geologie: Die Ausbruchgebiete Nr. 2 und 3 werden durch den Troskalk aufgebaut, welcher hier markante Felstürme und Rippen bildet. Das Ausbruchgebiet Nr. 3 bildet die bergseitige und seitliche Begrenzung einer Sackung.

Felsstruktur

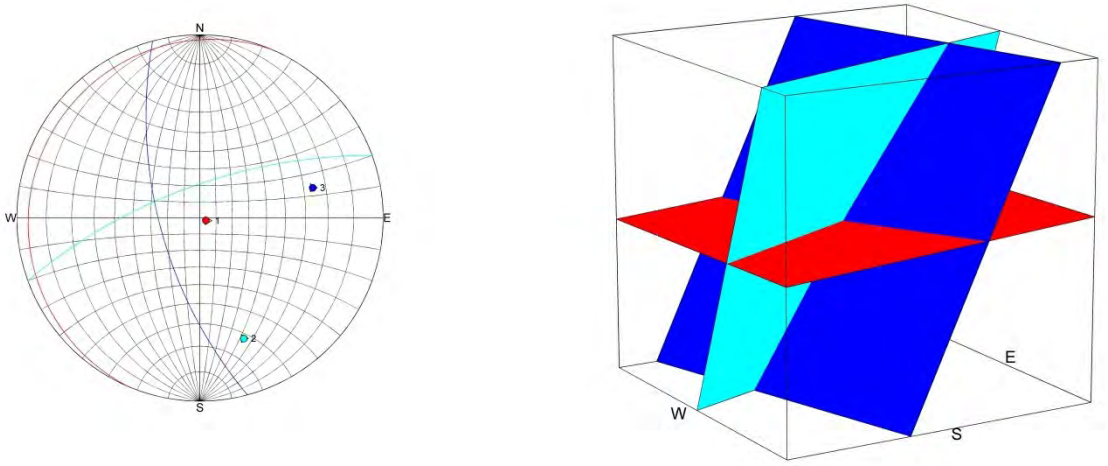


Abbildung 4: Stereografische Projektion und 3D Visualisierung mit Blickrichtung N der vermessenen Schichtung S (rot), K1 (hellblau) und K2 (dunkelblau).

Tabelle 2: Charakterisierung der Felstrennflächen und deren Eigenschaften.

Struktur	Azimuth	Fallen	Abstand	Persistenz
Schichtung S	295 ± 15	5 ± 15	0.1 - 2 m	∞
Kluftschar K1	340 ± 10	70 ± 10	0.1 - 10 m	0.1 - ∞
Kluftschar K2	255 ± 10	65 ± 5	0.4 - 2 m	1 - ∞

Transit- und Ablagerungsgebiet

Das Transitgebiet besteht aus einem 30 – 35° steilen Hang, welcher mit einem lichten Wald bestockt ist. Der Untergrund besteht aus Hangschutt und ist mit einer geringmächtigen Bodenschicht bedeckt. Zwischen den Bäumen sind weite hindernisfreie Strecken vorhanden. Die Sturzblöcke gelangen auf den Geländeterrassen zur Ablagerung.

4.2 Erweiterungsperimter Elggis Süd

Prozessraum Ausbruchgebiet Nr. 5

Foto 11: Markante Felstürme im Ausbruchgebiet Nr. 5. Blickrichtung NE.

Foto 12: Transitgebiet des Ausbruchgebietes Nr. 5. Im südlichen Bereich ist der Fels aufgelockert. Blickrichtung NE.

Foto 13: Transitgebiet und betroffener Forst- und Wanderweg. Hinter den Bäumen sind frische Sturzblöcke abgelagert (1.0 x 0.8 x 0.6 m).

Foto 14:Am Wegrand abgelagerte, kopfgrosse, frische Sturzblöcke.

Geologie: Direkt bergseitig anschliessend an den orografisch rechts der Linth verlaufenden Feldweg befindet sich eine aufgelockerte Felsböschung. Der aufgeschlossene Fels besteht aus hellgrauem anwitterndem Quintner Kalk. Dieses Felsband erstreckt sich von der Kote 480 bis ca. 600 m ü. M.

Felsstruktur

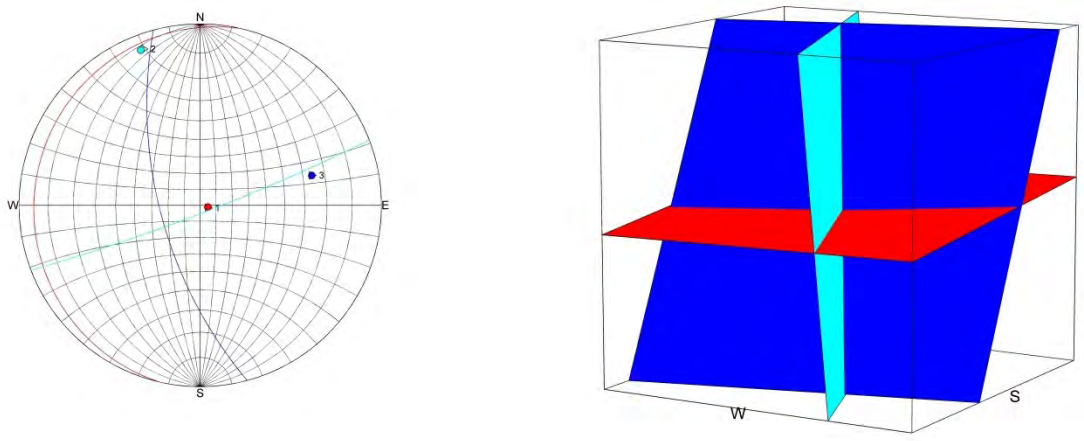


Abbildung 5: Stereografische Projektion und 3D Visualisierung mit Blickrichtung N der vermessenen Schichtung S (rot), K1 (hellblau) und K2 (dunkelblau).

Tabelle 3: Charakterisierung der Felstrennflächen und deren Eigenschaften.

Struktur	Azimuth	Fallen	Abstand	Persistenz
Schichtung S	290 ± 15	5 ± 15	0.1 - 6 m	∞
Kluftschar K1	160 ± 10	85 ± 10	0.1 - 3 m	0.1 - ∞
Kluftschar K2	255 ± 10	65 ± 5	0.4 - 2 m	1 - ∞

Transit- und Ablagerungsgebiet

Das Transitgebiet besteht aus einem 30 – 35° steilen Hang, welcher mit einem Mischwald (Buchen, Föhren, Haselstauden) bestockt ist. Der Untergrund besteht aus Hangschutt und ist mit einer geringmächtigen Bodenschicht bedeckt. Zwischen den Bäumen sind hindernisfreie Strecken vorhanden.

5. Beurteilung

5.1 Gefährdungsbeurteilung Gründen

Der Böschungskopf der geplanten Erweiterung des Steinbruchs Gründen liegt ca. 50 - 100 m unterhalb der ca. 50 - 70 m hohen Felswand (Ausbruchgebiet Nr. 1). Das Transitgebiet besteht aus einem 30 - 35° steilen Hang. Die abgelagerten frischen Steine und Blöcke (sog. stumme Zeugen) zeigen eine mittlere Stein- und Blockschlagaktivität an.

Im nördlichen und Südlichen Bereich des Erweiterungsperimeters wird eine Geländeterrasse angeschnitten und das Gelände ist relativ flach. Im nördlichen Bereich weist das Gelände eine Gegensteigung von wenigen Metern auf und bietet hier einen gewissen natürlichen Schutz. Die abgelagerten Blöcke in diesem Bereich bestätigen dies. Im zentralen Bereich des Erweiterungsperimeters fällt das Gelände mit 20 - 25° in den geplanten Steinbruch ein. Das Transitgebiet weist hier eine Länge von 100 m auf.

Dieser Befund zeigt eine Gefährdung des geplanten Steinbruchs Gründen durch Stein- und Blockschlag aus dem Ausbruchgebiet Nr. 1.

Die Ausbruchgebiete Nr. 2 - 4 liegen innerhalb resp. am Rand des Erweiterungsperimeters. Da das Gestein (Troskalk) in Etappen abgebaut wird und die Erschliessung des Steinbruchs über die Forststrasse Bränntenwald erfolgen soll, sind auch diese Ausbruchgebiete relevant. Die abgelagerten Steine und Blöcke weisen auf eine Aktivität der Ausbruchgebiete Nr. 2 - 4 hin. Die gut sichtbaren Grossblöcke sind alle bewachsen und zeigen Auswaschungen durch Regenwasser (Wasserrinnen). Dies zeigt, dass diese Blöcke nicht rezent sind und sie stehen wahrscheinlich in Zusammenhang mit der Sackung, welche auf die postglaziale Entlastung der Talflanken zurückzuführen sein dürfte.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die talseitig des Erweiterungsperimeters verlaufende Forststrasse eine Gefährdung durch Stein- und Blockschlag aus den Ausbruchgebieten Nr. 1 - 4 aufweist. Die Ausbruchgebiete Nr. 3 und 4 werden durch den Abbau mit der Zeit vollständig abgetragen und die davon ausgehende Gefährdung wird eliminiert.

Weiterhin ist zu beachten, dass die Stein- und Blockschlagaktivität mit den Erschütterungen durch die Sprengungen beim Abbau verstärkt werden kann. Eine Prognose des Einflusses der Sprengungen ist aus heutiger Sicht jedoch schwierig.

5.2 Gefährdungsbeurteilung Elggis Süd

Die bergseitige Böschung der geplanten Erweiterung Elggis Süd liegt in rund 250 - 400 m unterhalb der Felswand des Ausbruchgebietes Nr. 1. Die abgelagerten frischen Steine und Blöcke zeigen, dass das Ausbruchgebiet Nr. 1 in diesem Bereich eine höhere Stein- und Blockschlagaktivität aufweist als beim Erweiterungsperimeter Gründen.

Das Transitgebiet weist eine Neigung zwischen 30 - 40° auf. Der bergseitige Anschnitt des Steinbruchs kommt in einer markanten Terrasse mit einer Gegensteigung von mehreren Metern zu liegen. Das Gelände weist daher einen guten Schutz auf. Die in dieser Senke abgelagerten Steine und Blöcke bestätigen dies.

Dieser Befund zeigt, dass der Erweiterungsperimeter vor Stein- und Blockschlag gut geschützt ist und keine relevante Gefährdung durch Stein- und Blockschlag aufweist.

Unterhalb des geplanten Steinbruches verläuft am rechten Ufer der Linth ein Wanderweg. Die im Gelände festgestellten frischen, teilweise unmittelbar neben dem Weg liegenden Sturzblöcke weisen auf eine Gefährdung durch Stein- und Blockschlag aus dem Ausbruchgebiet Nr. 5 hin. Dies wird durch die Untersuchungen bestätigt, welche im Rahmen der Bearbeitung der Gefahrenkarte Glarus Nord durchgeführt wurden [8].

Zu beachten ist, dass die Stein- und Blockschlagaktivität mit den Erschütterungen durch die Sprengungen beim Abbau verstärkt werden kann. Des Weiteren können Blöcke beim Abtrag am talseitigen Einschnitt zum Absturz gebracht werden. Mit zunehmendem Abbau wird die Gefährdung kontinuierlich verringert.

5.3 Szenarien Gründen

Aufgrund der zur Verfügung stehenden Grundlagen und Felddaten wurden für das Gebiet Gründen folgende Szenarien resp. Blockgrössen abgeschätzt:

Tabelle 4: Szenarien Erweiterungsperimeter Gründen.

Wiederkehrperiode	**Blockachsen [m]**	**Rundungsfaktor**	**Blockvolumen [m^3]**	**Blockmasse [kg]**
1 Jahr	0.5 x 0.4 x 0.3	0.81	0.048	131
10 Jahre	0.8 x 0.6 x 0.5		0.15	393
30 Jahre	1.0 x 0.8 x 0.6		0.38	1‘050
100 Jahre	1.2 x 1.0 x 0.8		0.78	2‘100
300 Jahre	2.0 x 1.5 x 1.0		2.43	6‘560

5.4 Szenarien Elggis Süd

Aufgrund der zur Verfügung stehenden Grundlagen [8] und Felddaten wurden für das Gebiet Elggis folgende Szenarien resp. Blockgrössen abgeschätzt:

Tabelle 5: Szenarien gemäss [8] Erweiterungsperimeter Elggis Süd (Ausbruchgebiet Nr. 5).

Wiederkehrperiode	**Blockachsen [m]**	**Rundungsfaktor**	**Blockvolumen [m^3]**	**Blockmasse [kg]**
1 Jahr	0.3 x 0.2 x 0.2	0.81	0.01	27
10 Jahre	0.5 x 0.3 x 0.2		0.025	65
30 Jahre	0.7 x 0.4 x 0.3		0.068	184
100 Jahre	2.0 x 1.0 x 0.6		0.97	2‘600
300 Jahre	6.0 x 3.0 x 2.0		30	78‘730

6. Wirkungsanalyse

Ausgehend von dem festgelegten Sturzprofil und den dazugehörenden Ausbruchgebieten werden mittels der Steinschlagsimulationssoftware ROFMOD 4.2 Reichweiten, Sprunghöhen und Energien berechnet. Die rollenden und springenden Sturzbewegungen werden dabei stark von der Topografie des Profils, den eingesetzten Blockgrössen und deren Achsenlängenverhältnis, den Kontaktreaktionen der Blöcke mit dem Untergrund sowie von allfällig vorhandenen Baumstämmen beeinflusst.

Der Simulation liegen Blockform (Erfassung der drei Hauptachsen), plastische Verformbarkeit des Untergrundes (Dämpfungswert), Bremswirkung (Rauhigkeitswert des Reliefs) sowie vorhandene Baumstämme (Stammzahl pro Fläche (ha) und Stammdurchmesser) zugrunde.

Da es sich um ein deterministisches und **nicht** um ein probabilistisches Modell handelt, d.h. es gibt während der Berechnung keine Varianz in den Parametern Dämpfung und Rauigkeit des Untergrundes, entsprechen die berechneten Maximalwerte dem tatsächlichen Maximum und nicht einer zufälligen Kombination von besonders pessimistischen Parametern.

Für die vorliegende Gefahrenbeurteilung wurden die 2D Profile basierend auf dem Höhenmodell der amtlichen Vermessung (DTM-AV) mit einer Zellengrösse von 2 m erstellt. Die Profile wurden so angeordnet, dass sie für den jeweiligen Abschnitt möglichst repräsentativ sind. Dabei wurden Geländeform und -neigung, der Befund im Feld sowie die Resultate der Silvaprotect Studien berücksichtigt.

6.1 2D Steinschlagsimulationen

6.1.1 Geländeparameter

Die Werte für die Rauigkeit und Dämpfung sind dimensionslose Grössen, die im Untersuchungsgebiet entlang der Profilspuren zugeordnet werden. Die Abgrenzung der Ausbruchgebiete wurde aufgrund der Erhebungen im Feld definiert. Da die Waldstrecke oberhalb des Erweiterungsperimeters Gründen relativ kurz ist sowie teilweise weite hindernisfreie Strecken vorhanden sind, wurde die Schutzwirkung des Waldes in den Simulationen nicht berücksichtigt. Dies ist als vorsichtige Annahme zu verstehen.

Für die Simulationen wurden folgende Parameterkombinationen verwendet:

Tabelle 6: Geländeparameter welche für die 2D Steinschlagsimulationen verwendet wurden.

Untergrund	**Dämpfung**	**Rauigkeit**	**Wald**
Fels	10	1	0 (keine Berücksichtigung des Waldes)
Hangschutt, blockig	23	13	
Hangschutt , steinig	28	8	
Hangschutt, bewachsen	30	6	
Anschnitt/Eindeckung	35	3	

6.1.2 Resultate 2D Steinschlagsimulationen Gründen

Die numerischen Resultate der für den Bereich Gründen durchgeführten 2D Steinschlagsimulationen sind in Tabelle 7 und Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 7: Schadenpotenzial und Intensitäten Profil 1 - 3 Gründen. Schwache Intensität (gelb), mittlere Intensität (orange), starke Intensität (rot).

Profil	Szenario	Schadenpotenzial	Anteil Blöcke*	Energie	Sprunghöhe
1	1-jährlich	Erweiterungsperimeter	7 %	< 30 kJ	0.4 - 9 m
	10-jährlich		66 %	50 - 300 kJ	1 - 15 m
	30-jährlich		77 %	100 - 700 kJ	1 - 15 m
	100-jährlich		94 %	300 - 1‘500 kJ	1 - 15 m
	300-jährlich		93 %	1‘200 - 6‘000 kJ	1 - 15 m
2	1-jährlich	--	--	--	--
	10-jährlich	Erweiterungsperimeter	62 %	50 - 500 kJ	0.4 - 15 m
	30-jährlich		90 %	100 - 750 kJ	0.7 - 15 m
	100-jährlich		85 %	220 - 2‘500 kJ	10 - 15 m
	300-jährlich		85 %	720 - 5‘000 kJ	10 - 15 m
3	1-jährlich	--	--	--	--
	10-jährlich	Forststrasse	52 %	< 8 kJ	< 0.4 m
	30-jährlich	Forststrasse	79 %	< 37 kJ	< 0.3 m
	100-jährlich	Forststrasse	73 %	< 171 kJ	< 0.4 m
		Länggüetlistrasse	49 %	< 454 kJ	< 2.7 m
	300-jährlich	Forststrasse	92 %	< 489 kJ	< 0.4 m
		Länggüetlistrasse	67 %	< 850 kJ	< 2.9 m

* Prozentualer Anteil der Blöcke, welche das Schadenpotenzial erreichen

Tabelle 8: Schadenpotenzial und Intensitäten Profil 4 - 6 Gründen. Schwache Intensität (gelb), mittlere Intensität (orange), starke Intensität (rot).

Profil	Szenario	Schadenpotenzial	Anteil Blöcke*	Energie	Sprunghöhe
4	1- bis 100-jährlich	Forststrasse Brännten wald wird nicht erreicht			
	300-jährlich	Forststrasse	1 %	< 106 kJ	rollend
5	1-jährlich	--	--	--	--
	10-jährlich	Forststrasse / Wanderweg	44 %	< 80 kJ	< 1.4 m
	30-jährlich		65 %	< 184 kJ	< 2.8 m
	100-jährlich		98 %	< 447 kJ	< 4.2 m
	300-jährlich		95 %	< 1‘298 kJ	< 3.8 m
6	1- bis 300-jährlich	--	--	--	--

* Prozentualer Anteil der Blöcke, welche das Schadenpotenzial erreichen

6.1.3 Resultate 2D Steinschlagsimulationen Elggis Süd

Die numerischen Resultate der für den Bereich Elggis Süd durchgeführten 2D Steinschlagsimulationen sind in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Schadenpotenzial und Intensitäten Profil 7 Elggis Süd. Schwache Intensität (gelb), mittlere Intensität (orange), starke Intensität (rot).

Profil	Szenario	Schadenpotenzial	Anteil Blöcke*	Energie	Sprunghöhe
7	1-jährlich	Wanderweg wird nicht erreicht			
	10-jährlich	Wanderweg	69 %	< 3 kJ	< 0.7 m
	30-jährlich		88 %	< 28 kJ	< 1.0 m
	100-jährlich		96 %	< 200 kJ	< 0.9 m
	300-jährlich		100 %	< 16‘180 kJ	< 1.0 m

* Prozentualer Anteil der Blöcke, welche das Schadenpotenzial erreichen

6.2 Intensitätskarten

Die durch die Steinschlagsimulationen bestimmten Intensitäten werden in sog. Intensitätskarten räumlich dargestellt. Die Intensitäten wurden gemäss [1] in schwache Intensitäten (<30 kJ), mittlere Intensitäten (30-300 kJ) und starke Intensität en (>300 kJ) kategorisiert.

6.2.1 Intensitäten Gründen

Die Intensitäten für den Bereich Gründen sind in Abbildung 6, Abbildung 7 und

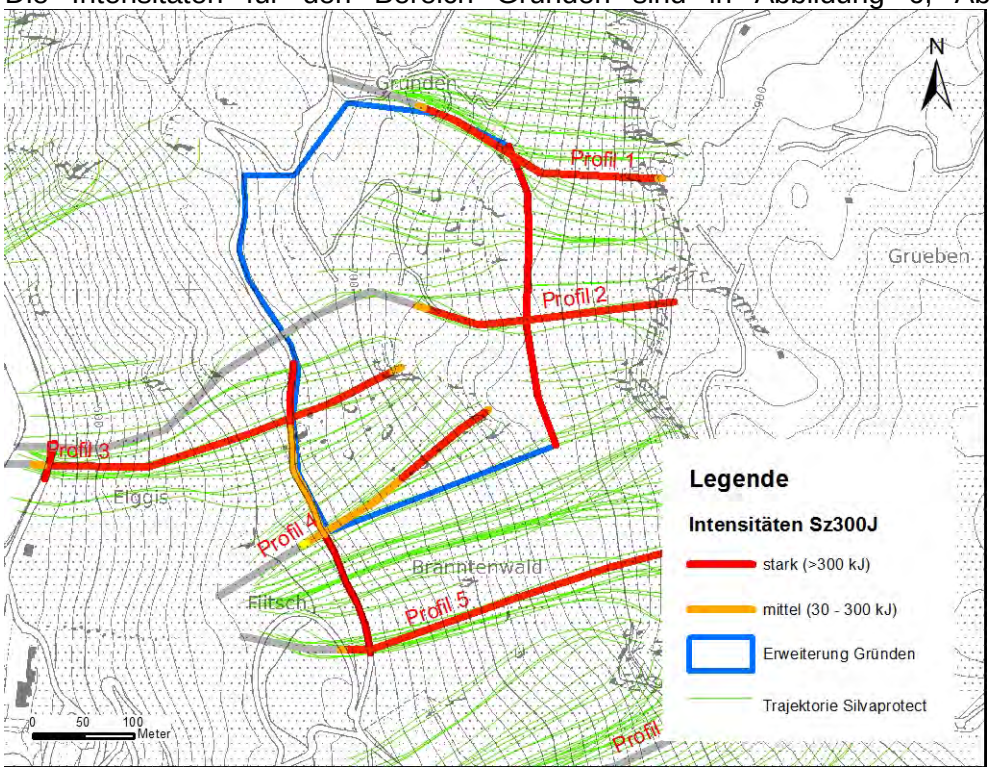


Abbildung 8 ersichtlich:

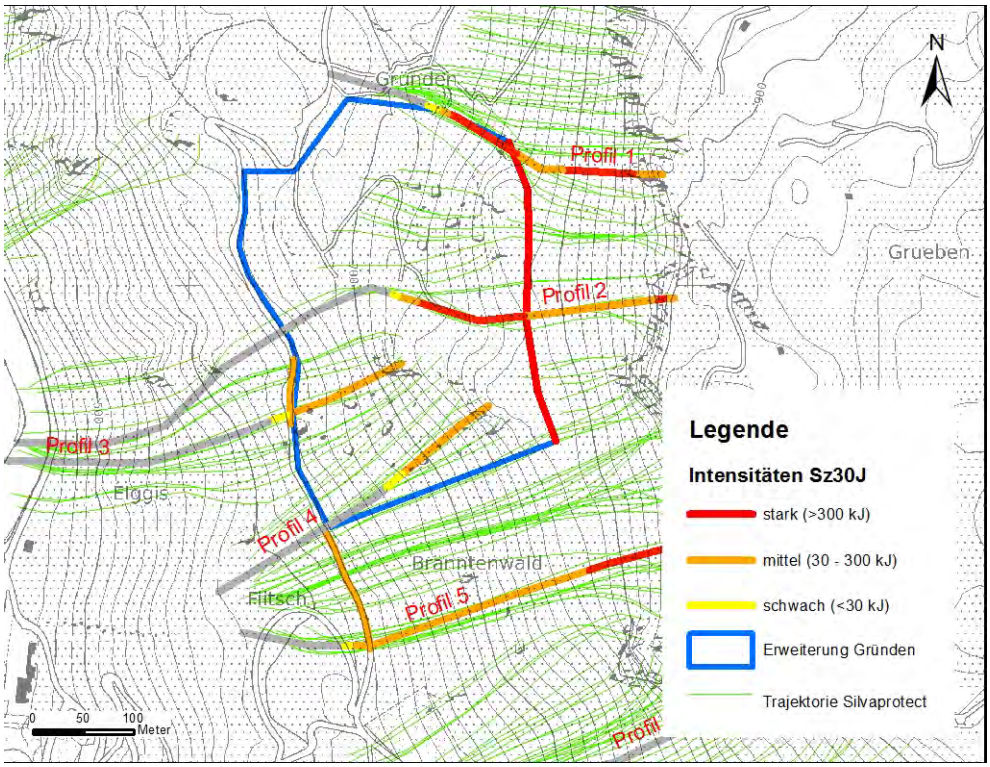


Abbildung 6: Intensitätskarte Gründen für die 1- bis 30-jährlichen Szenarien.

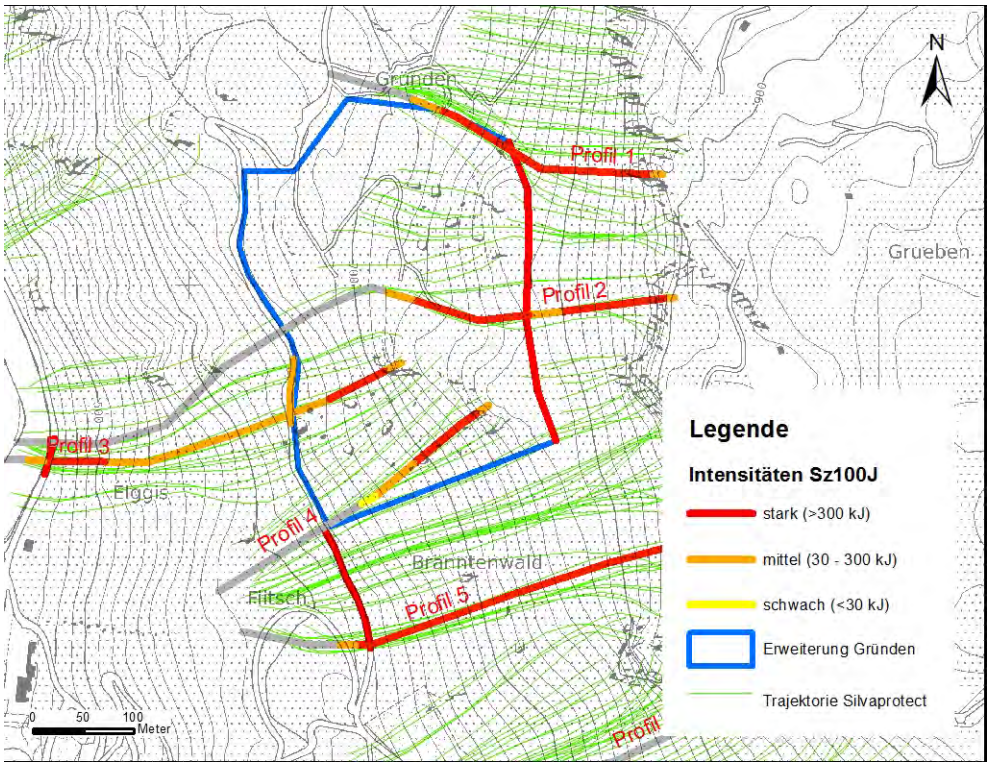


Abbildung 7: Intensitätskarte Gründen für die 30- bis 100-jährlichen Szenarien.

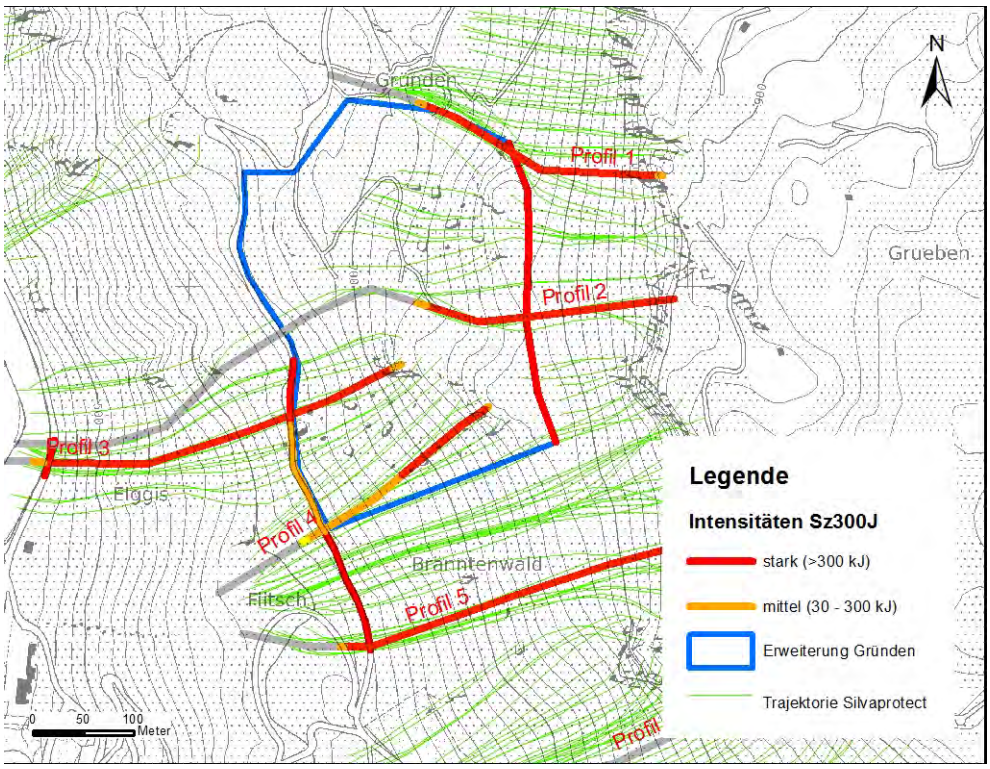


Abbildung 8: Intensitätskarte Gründen für die 100- bis 300-jährlichen Szenarien.

6.2.2 Intensitäten Elggis Süd

Die Intensitäten für den Bereich Elggis Süd sind in Abbildung 9, Abbildung 10 und Abbildung 11 ersichtlich:

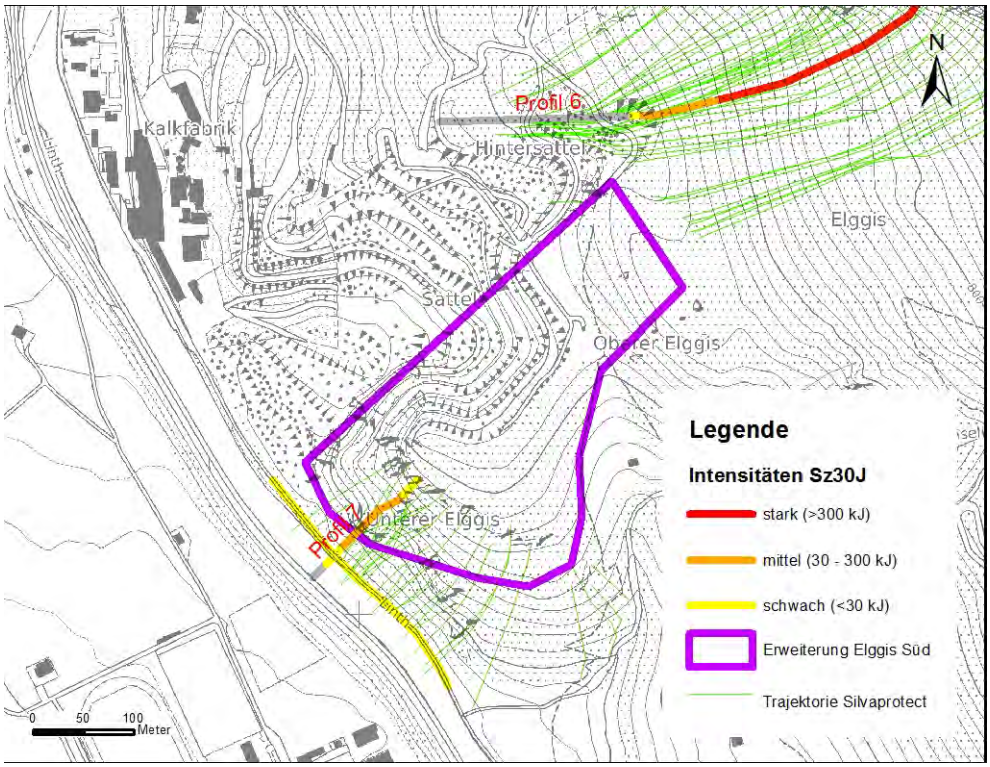


Abbildung 9: Intensitätskarte Elggis Süd für die 1- bis 30-jährlichen Szenarien.

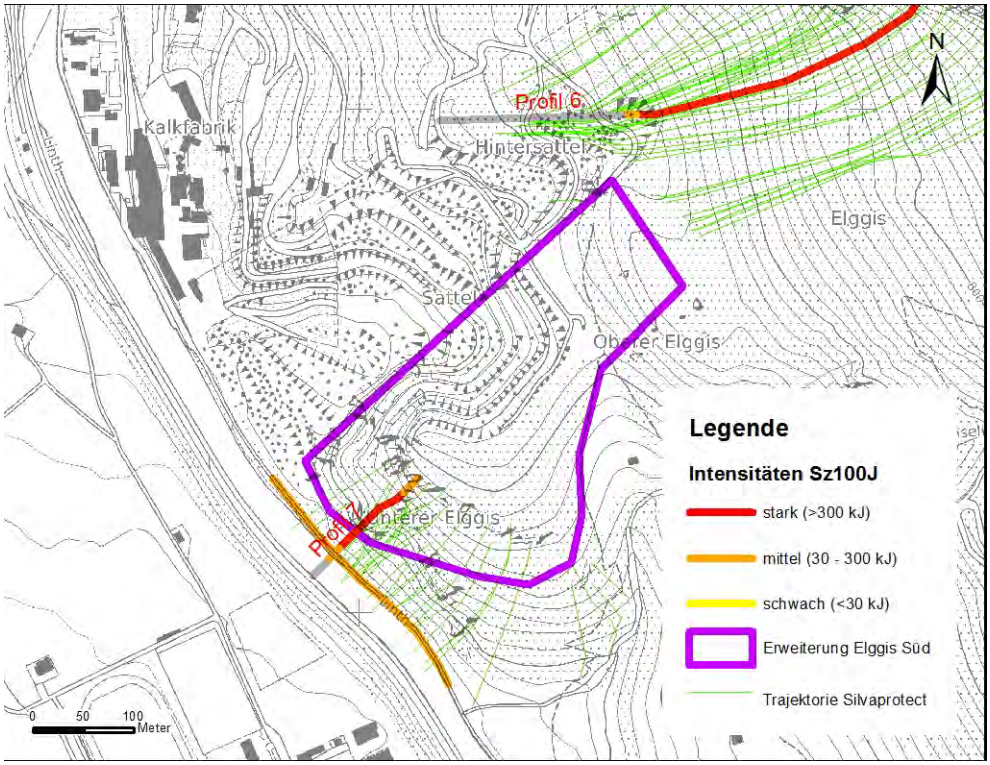


Abbildung 10: Intensitätskarte Elggis Süd für die 30- bis 100-jährlichen Szenarien.

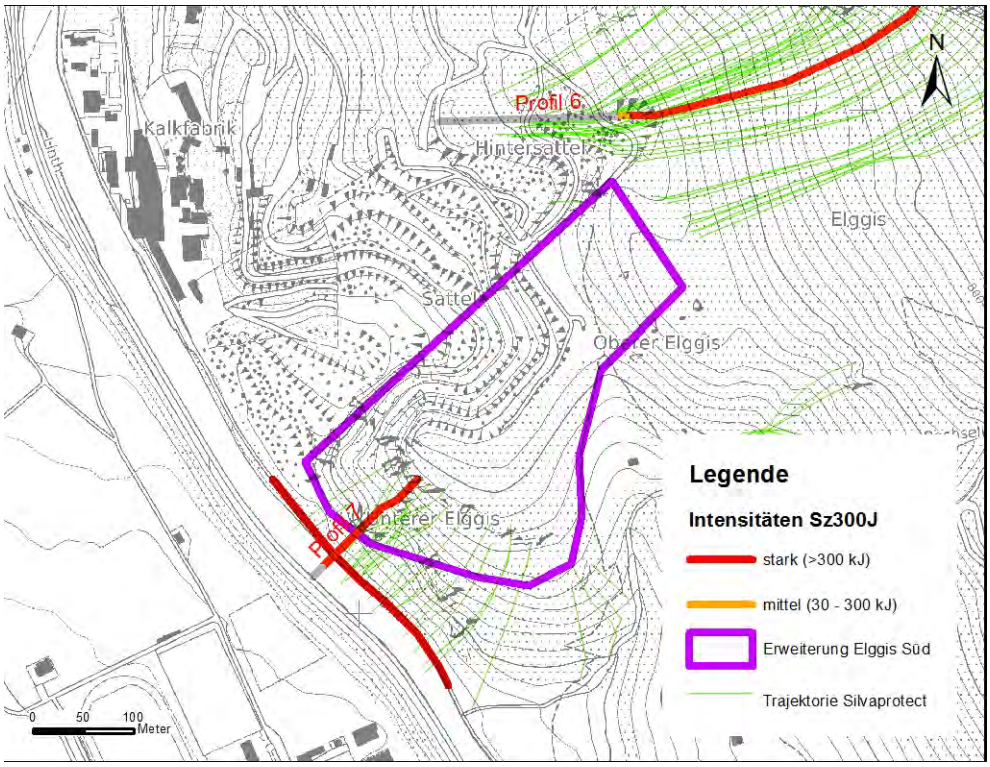


Abbildung 11: Intensitätskarte Elggis Süd für die 100- bis 300-jährlichen Szenarien.

7. Nachweis des Handlungsbedarfs

7.1 Bedarfsabklärung aufgrund von übergeordneten Schutzzielen

Schutzdefizite stellen die Konflikte zwischen den effektiv auftretenden Gefährdungen und den kantonalen Schutzzielen dar. Die kantonalen Schutzziele sind in [1] definiert. Sind die Schutzziele verletzt, so liegt ein Handlungsbedarf vor.¨

Kanton Glarus
Richtlinien zum Schutz vor Naturgefahren: Anhang (genehmigt vom Regierungsrat am 27. März 2001)

Schutzziele gemäss Art. 13 Abs. 3

Intensitäten: **0**: Intensität Null **1**: Schwache Intensität **2**: Mittlere Intensität **3**: Starke Intensität

Vollständiger Schutz	Schutz bis schwache Intensitäten
Schutz bis mittlere Intensitäten	Keinerlei Schutz

Objektkategorie				Zulässige Gefährdung		
Nr.	Sachwerte	Infrastrukturanlagen	Naturwerte	Wiederkehrperiode		
				1 - 30 (häufig)	30 - 100 (selten)	100 - 300 (sehr selten)
1	Standortsgebundene Bauten, exkl. Sonderobjekte	Skitouren-, Bergtourenrouten (gemäss Karten SAC u.a.)	Oedland, Naturlandschaften	3	3	3
2.1		Wanderwege und Loipen von kant. Bedeutung, Flurweg, Leitungen von kommunaler Bedeutung	Alpweiden	2	3	3
2.2	Unbewohnte Gebäude (Remisen, Weidescheunen u.ä.)	Verkehrswege von kommunaler Bedeutung, Leitungen von kantonaler Bedeutung	Wald mit Schutzfunktion (Waldbau B und C), landwirtschaftlich genutztes Land	2	2	3
2.3	zeitweise oder dauernd bewohnte Einzelgebäude und Weiler, Ställe	Verkehrswege von kantonaler od. gr. Kommunaler Bedeutung, Leitungen von nationaler Bedeutung, Bergbahnen, Zonen für Skiabfahrts- und übungsgelände		1	1	2
3.1		Verkehrswege von nationaler oder grosser kantonaler Bedeutung, Ski- und Sessellifte		0	1	2
3.2	Geschlossene Siedlungen, Gewerbe und Industrie, Bau-zonen, Campingplätze, Freizeit- und Sportanlagen sowie andere grosse Menschenansammlungen mit geringem Schutz gegen Gefahreneinwirkung	Stationen diverser Beförderungsmittel		0	1	1
3.3	Sonderrisiken bez. Besonderer Schadenanfälligkeit oder Sekundärschäden	Sonderrisiken bez. Besonderer Schadenanfälligkeit oder Sekundärschäden	Quellenareal	*Festlegung fallweise*		

Abbildung 12: Schutzzielmatrix Kanton Glarus [1].

7.1.1 Gründen

Erweiterungsperimeter Gründen

Gemäss [1] ist der geplante Erweiterungsperimeter Gründen der Objektklasse 3.2 Gewerbe und Industrie zuzuordnen. Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen kommt der Erweiterungsperimeter in dem Bereich *Vollständiger Schutz* zu liegen:

Wiederkehrperiode

Intensität	1- bis 30-jährlich	30- bis 100-jährlich	100- bis 300-jährlich
Gross >300 kJ	**Profil 1, 2**	**Profil 1, 2**	**Profil 1, 2**
Mittel 30-300 kJ	**Profil 1, 2**	**Profil 1, 2**	**Profil 1, 2**
Gering < 30 kJ	**Profil 1, 2**		

Vollständiger Schutz

Schützen bis mittlere Intensität

Schützen bis starke Intensität

Tolerieren (keinerlei Schutz)

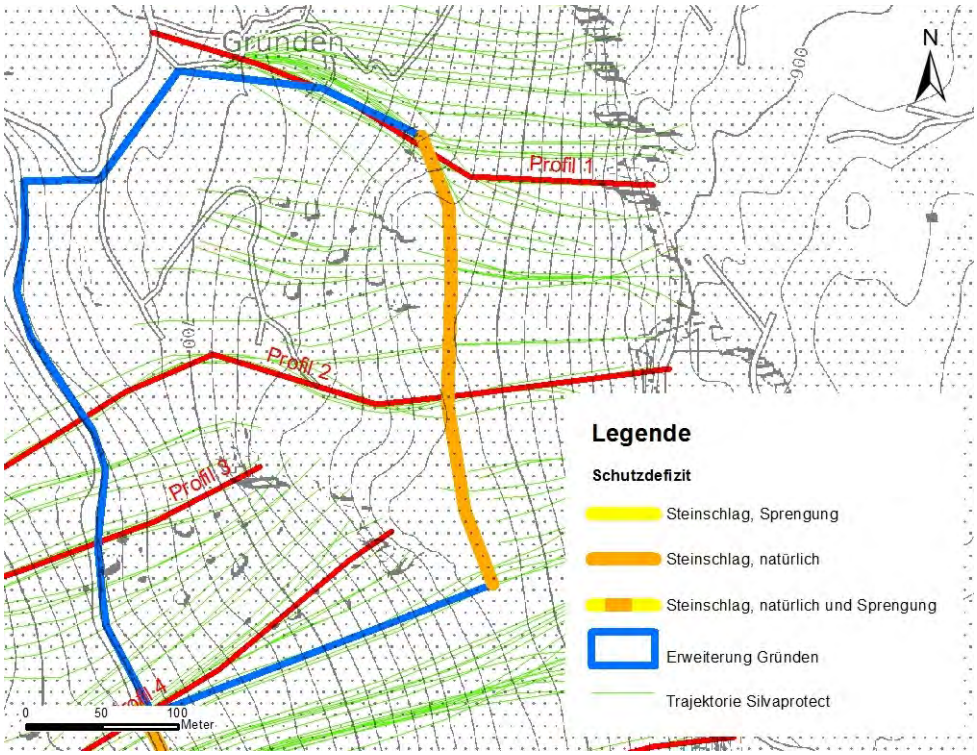


Abbildung 13: Schutzdefizit im Erweiterungsperimeter Gründen durch natürlich auftretenden Stein- und Blockschlag aus der Felswand Gruebenchöpf.

Forststrasse Bränntenwald

Gemäss [1] ist die Forststrasse Bränntenwald der Objektklasse 2.1 Flurweg zuzuordnen. Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen liegt die Forststrasse Bränntenwald in dem Bereich *Tolerieren (keinerlei Schutz):*

Wiederkehrperiode

Intensität	1- bis 30-jährlich	30- bis 100-jährlich	100- bis 300-jährlich
Gross >300 kJ		**Profil 5**	**Profil 3, 5**
Mittel 30-300 kJ	**Profil 3, 5**	**Profil 3**	**Profil 3**
Gering < 30 kJ			

Schützen bis starke Intensität

Tolerieren (keinerlei Schutz)

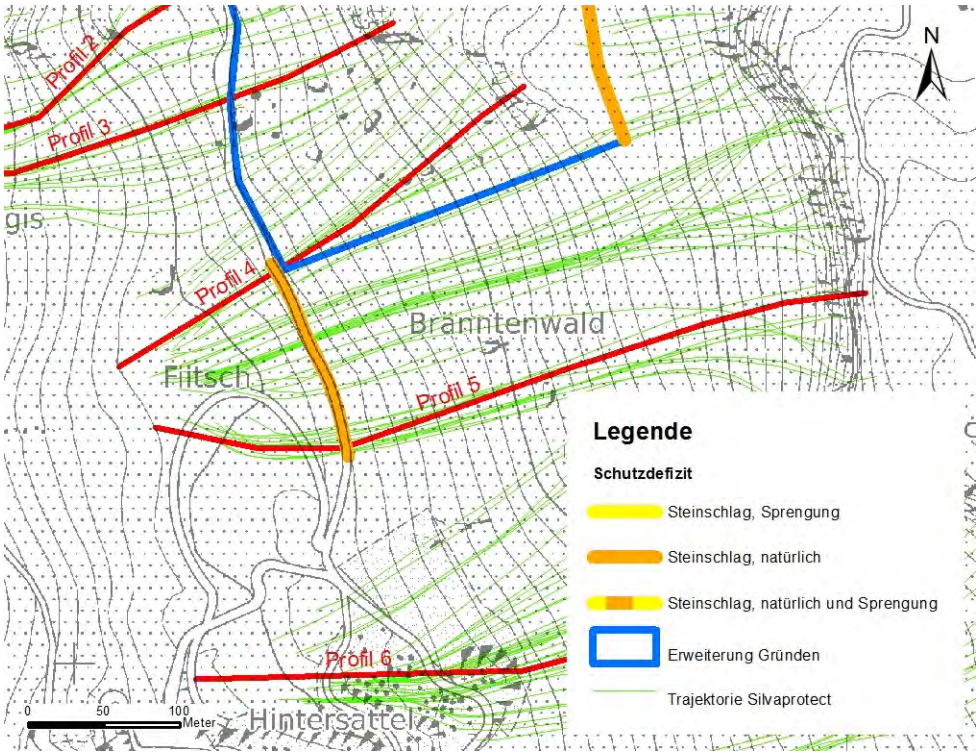


Abbildung 14: Schutzdefizit der Forststrasse Bränntenwald durch Stein- und Blockschlag aus der Felswand Gruebenchöpf.

Länggüetlistrasse

Die Länggüetlistrasse unterhalb des Erweiterungsperimeters Gründen wird gemäss [1] der Objektklasse 2.2 Verkehrsweg von kommunaler Bedeutung zugeordnet. Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen kommt die Länggüetlistrasse in dem Bereich *Schutz bis mittlere Intensität* zu liegen:

Wiederkehrperiode

Intensität	1- bis 30-jährlich	30- bis 100-jährlich	100- bis 300-jährlich
Gross >300 kJ		**Profil 3**	**Profil 3**
Mittel 30-300 kJ			
Gering < 30 kJ			

Schützen bis starke Intensität

Tolerieren (keinerlei Schutz)

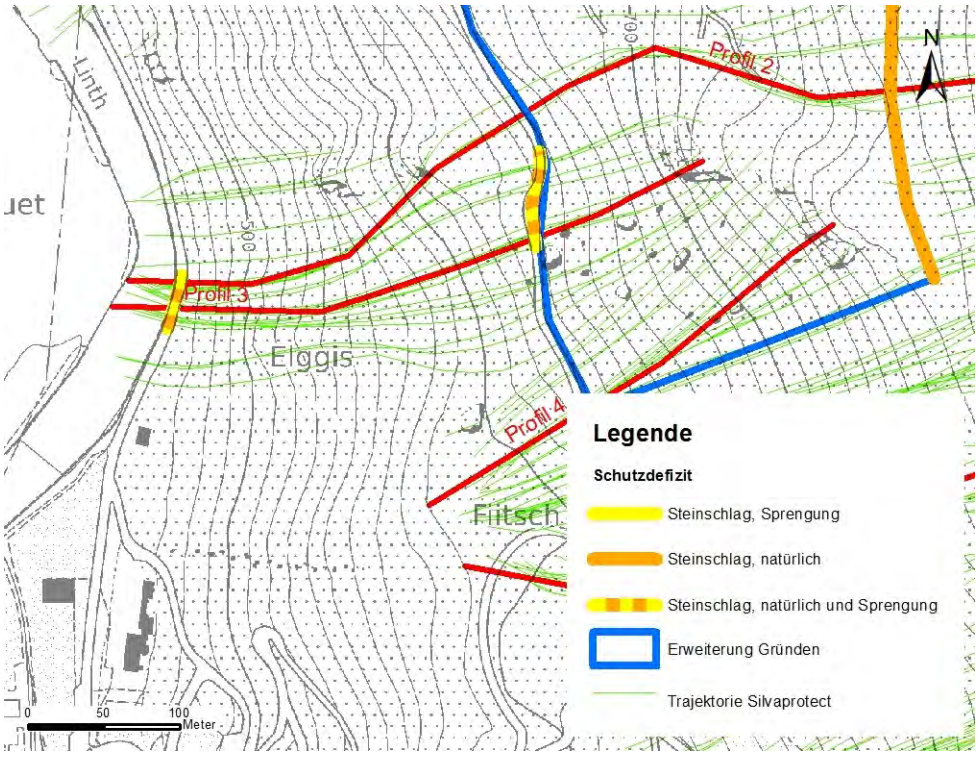


Abbildung 15: Schutzdefizit der Langüetlistrasse durch Stein- und Blockschlag aus den Felstürmen innerhalb des Erweiterungsperimeters Gründen. Diese werden durch den Abbau mit der Zeit komplett entfernt.

7.1.2 Elggis Süd

Der Wanderweg unterhalb des Erweiterungsperimeters Elggis Süd wird gem. [1] der Objektklasse 2.1 Wanderweg zugeordnet. Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen kommt der Wanderweg in dem Bereich *Tolerieren (keinerlei Schutz)* zu liegen und wird deshalb in der weiteren Risikobetrachtung nicht weiter behandelt:

Wiederkehrperiode

Intensität	1- bis 30-jährlich	30- bis 100-jährlich	100- bis 300-jährlich
Gross >300 kJ			**Profil 7**
Mittel 30-300 kJ		**Profil 7**	
Gering < 30 kJ	**Profil 7**		

Schützen bis mittlere Intensität

Tolerieren (keinerlei Schutz)

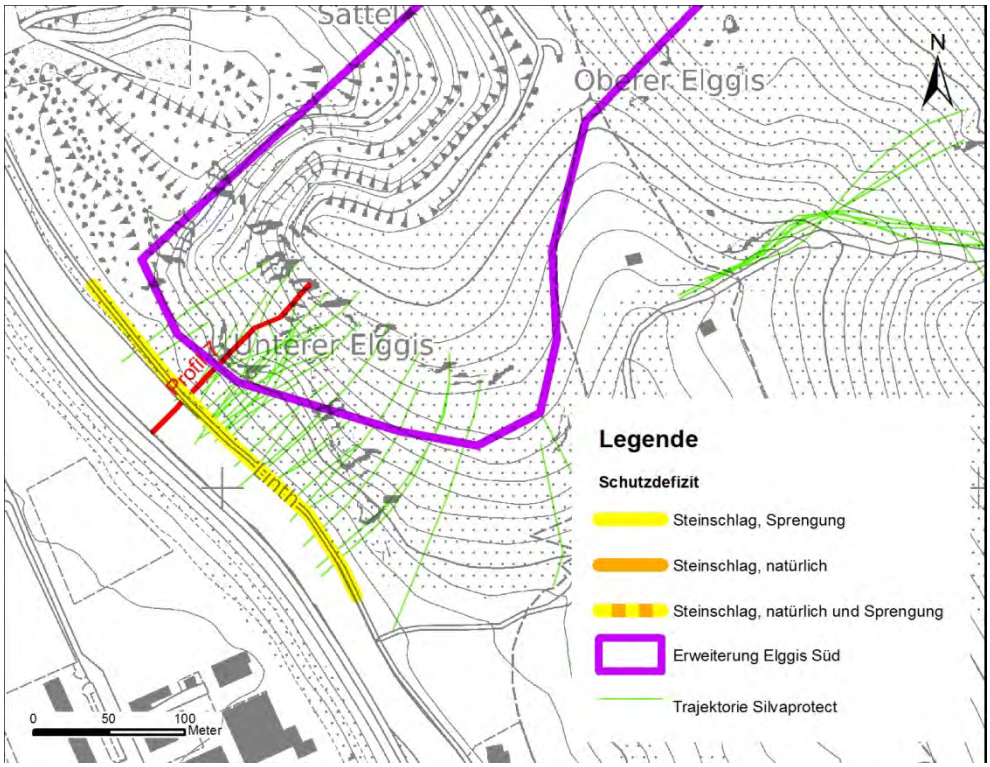


Abbildung 16: Schutzdefizit des Wanderweges Unterer Elggis durch Stein- und Blockschlag, verursacht durch den Abbau im Erweiterungsperimeter Elggis Süd. Dieses wird durch den Abbau kontinuierlich verringert.

7.2 Risikobeurteilung (Parametertabelle)

Zur Abklärung der Notwendigkeit von Schutzmassnahmen wurde eine Risikoanalyse mit dem Risikotool EconoMe light durchgeführt. Die Berechnungsgrundlagen und Annahmen sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 10: Parameter Risikoberechnung.

Parameter	Parameterwert
Sachwert Maschinen	Ø 2.15 Mio CHF (Angabe KFN)
Präsenzzeit Maschinen	Ø 24 h
Personen	Ø 3 Personen (Angabe KFN)
Präsenz Personen	Ø 6 h
Objektschutzfaktor	0 (Objekt hat keine Schutzwirkung)
Letalität Erweiterungsperimeter Gründen	schwache Intensität: 0.005 mittlere Intensität: 0.08 starke Intensität: 0.6
Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit (PrA) Erweiterungsperimeter Gründen	häufige Ereignisse: 0.001 – 0.003 seltene Ereignisse: 0.004 sehr seltene Ereignisse: 0.006
DTV Forststrasse Bränntenwald	40 (Angabe KFN)
Geschwindigkeit Forststrasse Bränntenwald	30 km/h
Letalität Forststrasse Bränntenwald	schwache Intensität: 0.1 mittlere Intensität: 0.8 starke Intensität: 1
Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit (PrA) Forststrasse Bränntenwald	häufige Ereignisse: 0.003 – 0.006 seltene Ereignisse: 0.008 sehr seltene Ereignisse: 0.01
DTV Länggüetlistrasse	300 (Angabe KFN)
Geschwindigkeit Länggüetlistrasse	Ø 40 km/h
Letalität Forststrasse Länggüetlistrasse	schwache Intensität: 0.1 mittlere Intensität: 0.8 starke Intensität: 1
Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit (PrA) Forststrasse Länggüetlistrasse	häufige Ereignisse: 0.003 – 0.006 seltene Ereignisse: 0.008 sehr seltene Ereignisse: 0.01

7.3 Risikoanalyse Gründen

7.3.1 Resultate Risikoberechnung Erweiterungsperimeter Gründen

Die Resultate der Risikoberechnungen für den Bereich Gründen sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 11: Resultate Risikoberechnung Erweiterungsperimeter Gründen. Tolerierbares Risiko $<1\cdot10^{-6}$ (grün), erhöhtes Risiko $1\cdot10^{-6}$ - $1\cdot10^{-5}$ (gelb), Schwellenwert $1\cdot10^{-5}$ überschritten (rot).

Wiederkehrperiode	Intensität	Individuelles Todesfallrisiko	Personenschaden [CHF]	Sachschaden [CHF]	Gesamtschaden [CHF]	Kollektives Risiko/Jahr [CHF]
1-jährlich	schwach	$1.25\cdot10^{-6}$	19	65	83	83
10-jährlich	stark	$3\cdot10^{-5}$	4‘500	3‘870	8‘370	558
30-jährlich	stark	$1.5\cdot10^{-5}$	6‘750	5‘805	12‘555	293
100-jährlich	stark	$6\cdot10^{-6}$	9‘000	7‘740	16‘740	112
300-jährlich	stark	$3\cdot10^{-6}$	13‘500	11‘610	25‘110	84

7.3.2 Resultate Risikoberechnung Forststrasse Bränntenwald

Die Resultate der Risikoberechnungen für die Forststrasse Bränntenwald sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 12: Resultate Risikoberechnung Forststrasse Bränntenwald. Tolerierbares Risiko $<1\cdot10^{-6}$ (grün), erhöhtes Risiko $1\cdot10^{-6}$ - $1\cdot10^{-5}$ (gelb), Schwellenwert $1\cdot10^{-5}$ überschritten (rot).

Wiederkehrperiode	Intensität	Individuelles Todesfallrisiko	Personenschaden [CHF]	Gesamtschaden [CHF]	Kollektives Risiko/Jahr [CHF]
1- bis 10-jährlich	Forststrasse Bränntenwald wird nicht tangiert				
10-jährlich	mittel	$3.3\cdot10^{-6}$	29	217	14
30-jährlich	mittel	$1.3\cdot10^{-6}$	35	260	6
100-jährlich	stark	$6.6\cdot10^{-7}$	59	659	4
300-jährlich	stark	$2.7\cdot10^{-7}$	73	823	3

7.3.3 Resultate Risikoberechnung Länggüetlistrasse

Die Resultate der Risikoberechnungen für die Länggüetlistrasse sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 13: Resultate Risikoberechnung Länggüetlistrasse. Tolerierbares Risiko <$1 \cdot 10^{-6}$ (grün), erhöhtes Risiko $1 \cdot 10^{-6}$ - $1 \cdot 10^{-5}$ (gelb), Schwellenwert $1 \cdot 10^{-5}$ überschritten (rot).

Szenario	Intensität	Individuelles Todesfall-risiko	Personen-schaden [CHF]	Gesamt-schaden [CHF]	Kollektives Risiko/Jahr [CHF]
1- bis 30-jährlich	Länggüetlistrasse wird nicht tangiert				
100	mittel	$6.0 \cdot 10^{-8}$	528	804	5
300	stark	$3.1 \cdot 10^{-8}$	825	1'515	5

7.4 Risikoanalyse Elggis Süd

Da der Wanderweg in der Schutzzielmatrix in dem Bereich *Tolerieren (keinerlei Schutz)* liegt, wurde auf eine detaillierte Risikoanalyse verzichtet.

8. Variantenstudium

8.1.1 Gründen

8.1.2 Erweiterungsperimeter Gründen

	Nullvariante	Eindeckung	Damm und Schutznetz
Beschreibung	Keine Schutzmassnahmen	Oberste 4 Bermen mit 1 m Eindeckung mit gebrochenem Material (0/100) Berme 1: Quergefälle 1:5 Berme 2-4: Quergefälle 1:10	**Schutzdamm** Werklänge: 220, Wirkungshöhe: 3 m **Schutznetz** Werklänge: 90 m, Wirkungshöhe: 3 m Energieklasse: 500 kJ
Risikominderung	Keine Risikominderung	60 %	99 %
Kosten ±25%	Keine zusätzlichen Kosten	Ca. CHF 250‘000.--	Ca. CHF 507‘000.--
Beurteilung	• Mittlere Intensitäten bei häufigen Ereignissen • Starke Intensitäten bei seltenen Ereignissen • Grosses Schadenausmass • Gefahr von Splitterblöcken • Personenrisiko > $1 \cdot 10^{-5}$ • Schutzdefizit gem. [1] vorhanden	• Schutzwirkung bei häufigen, kleinen Ereignissen • Geringe Schutzwirkung bei seltenen, grossen Ereignissen • Relativ geringe Risikominderung • Blöcke werden erst im Steinbruch aufgehalten • Relativ lange Expositionsdauer • Geringer Unterhalt • Relativ geringe Kosten • Personenrisiko > $1 \cdot 10^{-5}$ • Schutzdefizit gem. [1] vorhanden	• Hohe Schutzwirkung und Risikominderung • Blöcke werden vor dem Steinbruch aufgehalten • Kurze Expositionsdauer • Unterhalt im Abschnitt mit Schutznetz • Relativ hohe Erstellungskosten • Personenrisiko < $1 \cdot 10^{-5}$ • Schutzdefizit gem. [1] nicht vorhanden

8.1.3 Forststrasse Bränntenwald

	Nullvariante	Organisatorische Massnahmen	Schutznetz
Beschreibung	Keine Schutzmassnahmen	Sperrung bei Sprengung Kontrolle und ggf. Räumung nach Sprengung Periodische Kontrollgänge Steinbruchmeister Lokale Felsräumungen bei Bedarf	**Schutznetz** Werklänge: 150 m Energieklasse: 500 kJ Wirkungshöhe: 3 m (*Schutz bis mittlere Intensität*)
Risikominderung	Keine Risikominderung	Natürlicher Steinschlag: mittel Steinschlag Sprengung: hoch	hoch
Kosten ±25%	Keine zusätzlichen Kosten	Sehr grobe Schätzung: 50‘000.--	ca. CHF 255‘000.--
Beurteilung	• Keine Risikominderung • Schutzdefizit gem. [1] vorhanden • Vergleichsweise geringes Personenrisiko $<1 \cdot 10^{-5}$	• Hohe Schutzwirkung vor Steinschlag bei Sprengung • Geringe Schutzwirkung bei seltenen, grossen Ereignissen • Abschnitt weist relativ geringe natürliche Steinschlagaktivität auf • Vergleichsweise geringes Personenrisiko • Schutzdefizit gem. [1] vorhanden • Personenrisiko $<1 \cdot 10^{-5}$	• Hohe Schutzwirkung und Risikominderung • Relativ hohe Erstellungskosten • Nutzen-Kosten-Vergleich nicht verhältnismässig • Schutzdefizit gem. [1] nicht vorhanden • Personenrisiko $<1 \cdot 10^{-5}$

8.1.4 Länggüetlistrasse

	Nullvariante	Organisatorische Massnahmen	Schutznetz 500 kJ
Beschreibung	Keine Schutzmassnahmen	Sperrung bei Sprengung Kontrolle und ggf. Räumung nach Sprengung Periodische Kontrollgänge Steinbruchmeister Lokale Felsräumungen bei Bedarf	**Schutznetz** Werklänge: 30 m Energieklasse: 500 kJ Wirkungshöhe: 3 m (*Schutz bis mittlere Intensität*)
Risikominderung	Keine Risikominderung	Natürlicher Steinschlag: gering-mittel Steinschlag Sprengung: hoch	hoch
Kosten ±25%	Keine zusätzlichen Kosten	Sehr grobe Schätzung: 50‘000.--	Ca. CHF 65‘000.--
Beurteilung	• Keine Risikominderung • Schutznetze oberhalb Länggüetlistrasse können beschädigt werden • Vergleichsweise geringes Personenrisiko $<1 \cdot 10^{-5}$ • Schutzdefizit gem. [1] vorhanden	• Hohe Schutzwirkung vor Steinschlag bei Sprengung • Geringe Schutzwirkung bei seltenen, grossen, seltenen Ereignissen • Abschnitt weist relativ geringe natürliche Steinschlagaktivität auf • Steinschlag durch Sprengung kann Schutznetze oberhalb Länggüetlistrasse beschädigen. • Personenrisiko $<1 \cdot 10^{-5}$ • Schutzdefizit gem. [1] vorhanden	• Hohe Schutzwirkung und Risikominderung • Moderate Erstellungskosten • Nutzen-Kosten-Vergleich verhältnismässig • Personenrisiko $<1 \cdot 10^{-5}$ • Schutzdefizit gem. [1] nicht vorhanden

8.1.5 Risikominderung Massnahmen Erweiterungsperimeter Gründen

Zur Beurteilung der Wirksamkeit der Schutzmassnahmen des Erweiterungsperimeters Gründen wurde die Risikominderung detailliert analysiert (s. Tabelle 14). Die prozentualen Anteile der Blöcke, welche den Erweiterungsperimeter tangieren, wurden durch 2D Steinschlagsimulationen ermittelt. Die Expositionsdauer bezieht sich auf die Angaben der aktuellen Etappierung des Abbaus.

Tabelle 14: Vergleich der Risikominderung der Varianten Erweiterungsperimeter Gründen.

Szenario		**Nullvariante**	**Eindeckung**	**Damm und Schutznetz**
1 jährlich	Anteil Blöcke	7%	1%	0%
	Expositionsdauer	28 Jahre	2.5 Jahre	0 Jahre
	Wahrscheinlichkeit	7.00%	1.00%	0.00%
	Risikominderung		85.71%	100.00%
10 jährlich	Anteil Blöcke	66%	30%	0%
	Expositionsdauer	55 Jahre	6 Jahre	0 Jahre
	Wahrscheinlichkeit	65.8%	14.1%	0.0%
	Risikominderung		78.6%	100.0%
30 jährlich	Anteil Blöcke	90%	48%	0%
	Expositionsdauer	55 Jahre	6 Jahre	0 Jahre
	Wahrscheinlichkeit	76.1%	8.8%	0.0%
	Risikominderung		88.4%	100.0%
100 jährlich	Anteil Blöcke	94%	77%	1%
	Expositionsdauer	55 Jahre	12 Jahre	55 Jahre
	Wahrscheinlichkeit	39.92%	8.75%	0.42%
	Risikominderung		78.08%	98.94%
300 jährlich	Anteil Blöcke	93%	75%	20%
	Expositionsdauer	55 Jahre	12 Jahre	55 Jahre
	Wahrscheinlichkeit	15.60%	2.95%	3.36%
	Risikominderung		81.12%	78.49%
	Gesamtrisikominderung	**0%**	**59%**	**99%**

8.2 Erweiterungsperimeter Elggis Süd

	Organisatorische Massnahmen	**Schutznetz 500 kJ**
Beschreibung	Sperrung bei Sprengung Kontrolle und ggf. Räumung nach Sprengung Periodische Kontrollgänge Steinbruchmeister Lokale Felsräumungen bei Bedarf	**Schutznetz** Werklänge: 200 m Energieklasse: 500 kJ Wirkungshöhe: 3 m (*Schutz bis mittlere Intensität*)
Risikominderung	Nat. Steinschlag: gering - mittel Steinschlag Sprengung: hoch	hoch
Kosten ±25%	Sehr grobe Schätzung: 50‘000.--	Ca. 489‘000.-- (s. Anhang 3)
Beurteilung	• Keine Risikominderung • Gefahr von Spritzblöcken • Schutzdefizit gem. [1] nicht vorhanden	• Hohe Schutzwirkung und Risikominderung • Hohe Erstellungskosten • Netz kann durch Sprengung ausgelösten Steinschlag stark beschädigt werden. • Nutzen-Kosten-Vergleich nicht verhältnismässig • Schutzdefizit gem. [1] nicht vorhanden

9. Vorgeschlagene Massnahmen

Die an der Sitzung vom 06.05.2015 bei der KFN beschlossenen Massnahmen sollen im Folgenden detailliert beschrieben werden:

9.1 Gründen

9.1.1 Erweiterungsperimeter Gründen

Der Erweiterungsperimeter Gründen weist bezüglich der kantonalen Schutzziele ein Schutzdefizit auf. Anhand der durchgeführten Abklärungen befindet sich der Erweiterungsperimeter in dem Bereich *vollständiger Schutz*. Die Risikoanalyse zeigt, dass der Schwellenwert für das individuelle Todesfallrisiko von $1 \cdot 10^{-5}$ bei häufigen Ereignissen (1-30 jährlich) überschritten wird. Des Weiteren werden auch von kleineren Blöcken mit zunächst geringer Energie beim Sturz über die erste Böschung relativ schnell hohe Energien erreicht. Beim Kontakt solcher Blöcke, mit dem im Steinbruch anstehenden Fels, besteht zudem die Gefahr von Spritzblöcken.

Aus diesen Gründen wurde entschieden den Erweiterungsperimeter, trotz des relativ geringen Nutzen-Kosten-Verhältnisses, vor Steinschlag aus dem Ausbruchgebiet Nr. 1 zu schützen.

Das Massnahmenkonzept sieht im flachen nördlichen und südlichen Bereich auf einer Länge von 220 m die Erstellung eines Schutzdammes vor (s. Abbildung 17). Der Schutzdamm soll über eine schutzwirksame Höhe von 3 m verfügen und bergseitig mit einer möglichst steilen Böschung versehen werden. Dies erfordert jedoch eine Sicherung mittels einer Blocksteinmauer. Talseitig soll der Damm mit 4:5 (ca. natürlicher Scherwinkel des Schüttmaterials) abgeböscht werden (s. Abbildung 18).

Im zentralen Bereich würde die Erstellung eines Schutzdammes aufgrund der steilen Topografie sehr viel Platz beanspruchen. In diesem Bereich wird der Steinbruch daher mittels Schutznetzen gesichert (s. Abbildung 17). Das Schutznetz soll dabei eine Höhe von 3 m und eine Energieaufnahmekapazität von 500 kJ (Risikominderung 99 %) aufweisen (Abbildung 19).

9.1.2 Forststrasse Brännten wald

Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen besteht bei der Forststrasse Brännten wald kein Schutzdefizit und liegt gemäss [1] im Bereich *Tolerieren (keinerlei Schutz).* Dies wird durch die Resultate der Risikoanalyse bestätigt, welche bezüglich des individuellen Todesfallrisikos ein tolerierbares Risiko ($<1 \cdot 10^{-6}$) aufweist. Des Weiteren wird die Forststrasse nur temporär für die Erschliessung resp. den Materialtransport genutzt. Ein erhöhtes Risiko ist jedoch bei den Sprengungen zu erwarten.

Aufgrund des geringen Schachwertes und Personenrisikos der Forststrasse Brännten wald soll dieses mittels organisatorischer Massnahmen geschützt werden.

Das Massnahmenkonzept sieht vor, die Strasse während der Sprengungen zu sperren und nach anschliessender Kontrolle und ggf. Räumung wieder frei zu geben. Die detaillierten

Kontrollen und Überwachungen werden im Rahmen des Ausführungsprojektes in einem projektbezogenen Sicherheitskonzept definiert.

9.1.3 Länggüetlistrasse

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass die Laggüetlistrasse gemäss [1] im Bereich *Schutz bis mittlere Intensität* zu liegen kommt. Die durchgeführte Risikoanalyse zeigt, dass das individuelle Todesfallrisiko im tolerierbaren Bereich ($<1 \cdot 10^{-6}$) liegt. Bei seltenen, grossen Ereignissen können Sturzblöcke jedoch bis auf die Länggüetlistrasse fallen. Gelangen Blöcke über die Terrasse auf Höhe der Forststrasse Bränntenwald, so erreichen diese auf Höhe der Länggüetlistrasse Energien >800 kJ, was die vorhandenen Schutznetze mit der Energieklasse 500 kJ stark beschädigen kann. Des Weitern muss lediglich ein relativ kurzer Abschnitt oberhalb der Forststrasse Bränntenwald geschützt werden (s. Abbildung 17).

Aus diesen Gründen ist vorgesehen die Länggüetlistrasse mittels eines Schutznetzes oberhalb der Forststrasse Bränntenwald zu schützen. Das Schutznetz soll dabei eine Höhe von 3 m und eine Energieaufnahmekapazität von 500 kJ aufweisen (Abbildung 19). Da die Möglichkeit eines Absturzes eines grösseren Felsblockes oder -paketes beim Abbau im Bereich der grossen Kalktürme (Ausbruchgebiet Nr. 3 und 4) nie ganz ausgeschlossen werden kann, werden zudem organisatorische Schutzmassnahmen ergriffen. Diese sehen eine Sperrung der Strasse während der Sprengungen und eine anschliessende Kontrolle und ggf. Räumung vor. Die detaillierten Kontrollen und Überwachungen werden im Rahmen des Ausführungsprojektes in einem projektbezogenen Sicherheitskonzept definiert.

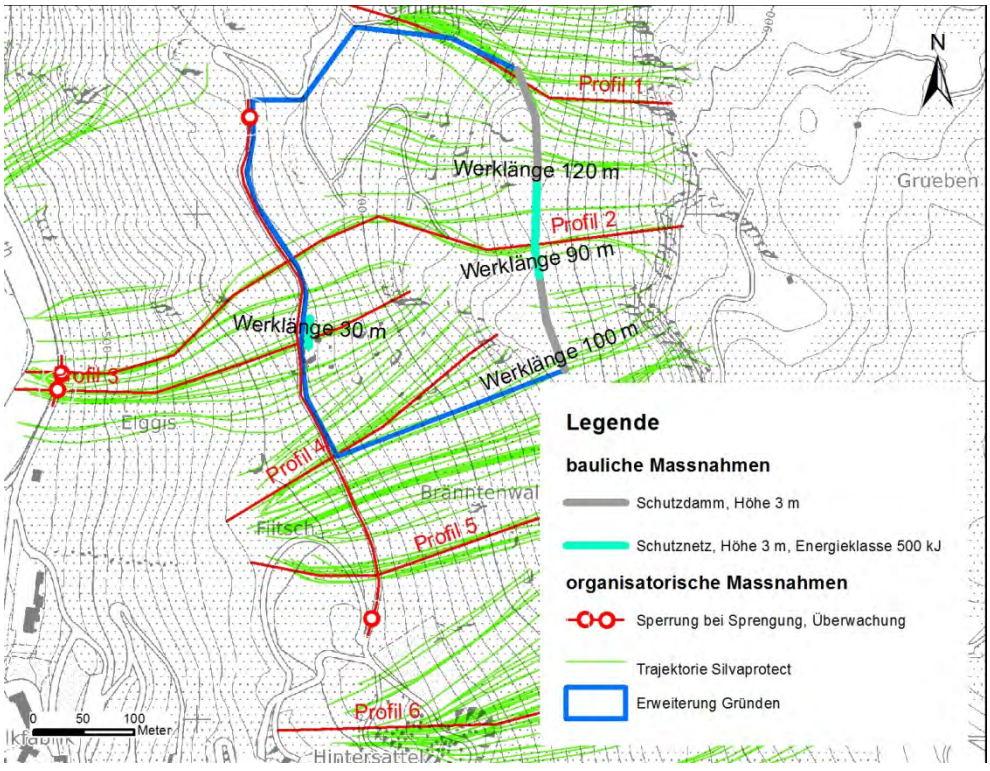


Abbildung 17: Situation mit den vorgeschlagenen Schutzmassnahmen Gründen.

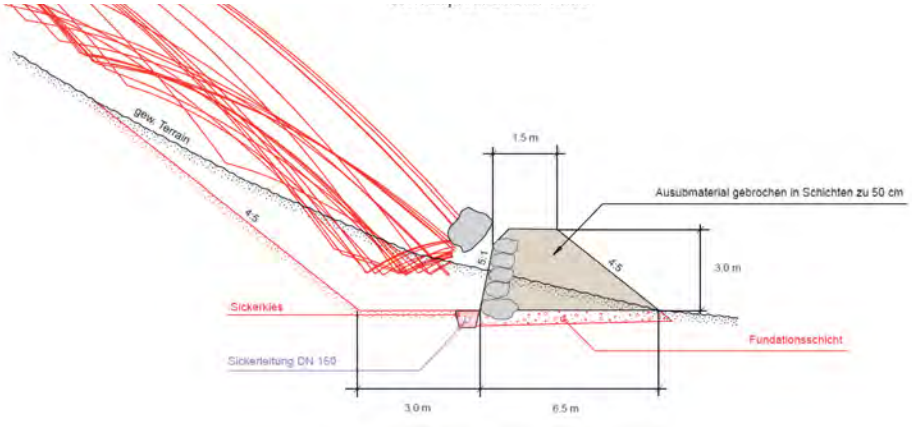


Abbildung 18: Normalprofil Schutzdamm mit bergseitigem Blocksatz.

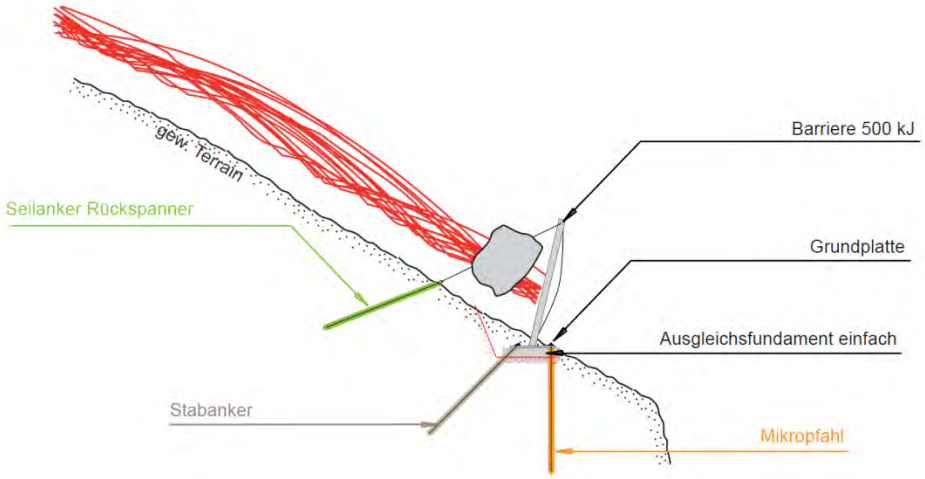


Abbildung 19: Normalprofil Schutznetz mit einfachem Ausgleichsfundament.

9.2 Elggis Süd

Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen befindet sich der Wanderweg in dem Bereich *Tolerieren (keinerlei Schutz)*. Auf eine detaillierte Risikoanalyse wurde daher verzichtet. Eine zusätzliche Gefährdung gegenüber dem heutigen Zustand (rote Gefahrenzone, s. Abbildung 2) geht von Sprengungen und dem Abbau an der talseitigen Böschungskante aus. Die Stein- und Blockschlaggefährdung nimmt mit fortschreitendem Abbau ab und wird im Endzustand fast vollständig eliminiert. Ein Schutz des Wanderweges mittels baulichen Massnahmen ist wirtschaftlich nicht verhältnismässig.

Aus diesen Gründen ist der Wanderweg durch organisatorische Massnahmen zu schützen (s. Abbildung 20). Das Massnahmenkonzept sieht vor den Wanderweg während der Sprengungen zu sperren und nach anschliessender Kontrolle und ggf. Räumung wieder frei zu geben. Die detaillierten Kontrollen und Überwachungen werden im Rahmen des Ausführungsprojektes in einem projektbezogenen Sicherheitskonzept definiert.

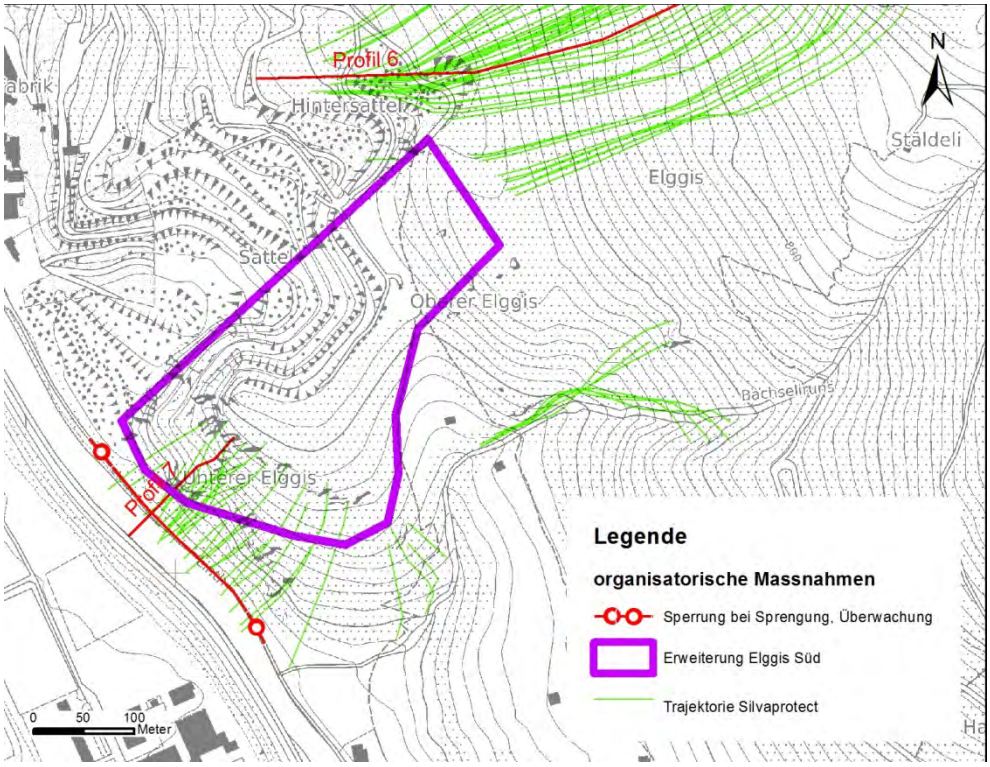


Abbildung 20: Situation mit den vorgeschlagenen Schutzmassnahmen für den Erweiterungsperimeter Elggis Süd.

9.3 Unterhalt

9.3.1 Gründen

Die Schutzbauwerke oberhalb des Erweiterungsperimeters können während der ersten 10 Jahre maschinell auf bestehenden Pisten via Steinbruch ausgeführt werden. Danach erfolgt der Unterhalt manuell oder mittels Kleineräten. Das abgelagerte Material, welches geräumt werden muss, wird dabei über die Böschungskante in den Steinbruch eingetragen und von dort aus abgeführt. Während den Räumungsarbeiten wird der Steinbruch geschlossen. Das Schutznetz oberhalb der Bränntenwaldstrasse wird von der Strasse aus unterhalten.

9.3.2 Elggis Süd

Im Bereich Elggis Süd sind keine Unterhaltsmassnahmen vorgesehen, da ausschliesslich organisatorische Massnahmen geplant sind. Notwendig sind allenfalls Räumungsarbeiten nach Ereignissen.

9.4 Massnahmen zur Risikominderung

Eine zusätzliche Reduktion des Risikos kann folgende konzeptionelle Massnahmen erreicht werden:

- Maschinen jeweils am Abend und über das Wochenende aus der Gefahrenzone (ca. 20 m von der Böschung) platzieren.
- Maschinen mit verstärktem Dach bei der Fahrerkabine
- Bei extremen Witterungsbedingungen (Starkniederschlag, Gewitter, Föhnsturm) keine Arbeiten im Gefahrenbereich.
- Periodische Kontrollgänge der Gefahrenbereiche. Bei einer Ereignishäufung den Geologen zur Beurteilung der Gefahrensituation beiziehen.

9.5 Restgefährdung nach Bauvollendung

Folgende Risiken bleiben nach Bauvollendung als Restrisiko bestehen:

- Die Dimensionierung der Schutznetze und -dämme ist auf eine Schutzwirkung von 80% bezüglich des 300-jährlichen Ereignisses ausgelegt. Grössere Ereignisse müssen als Restrisiko akzeptiert werden. Im Falle eines solchen extremen Ereignisses kann es zu einem Überspringen oder der Zerstörung der Schutzbauwerke kommen.
- Gegen Splitterblöcke sind die Schutznetze und Schutzdämme nur bedingt wirksam. Das Risiko von Splitterblöcken, bleibt auch nach der Erstellung der Schutzbauwerke bestehen und muss als Restrisiko akzeptiert werden.
- Im Geländemodell nicht aufgelöste Unebenheiten und Vorsprünge können Sturzblöcke lokal ablenken, was zu einem flachen lateralen Einschlagswinkel auf die Dämme führen kann. Dadurch können die Schutzdämme im ungünstigsten Fall überrollt werden. Ein solches Verhalten von Sturzblöcken ist jedoch sehr selten und muss daher als Restrisiko akzeptiert werden.
- Das Sturzverhalten von Blöcken, welche durch Simulationen nach dem Stand der Technik nicht reproduziert werden kann, muss als Restrisiko akzeptiert werden.

10. Weiteres Vorgehen

Wir empfehlen die oben beschriebenen Massnahmen frühzeitig im Rahmen des Bauprojektes zu projektieren. Durch eine Abstimmung mit der Abbauplanung lassen sich Synergien nutzen und die Schutzmassnahmen können weiter optimiert werden. Des Weiteren ist ein Kontroll- und Unterhaltskonzept für die Schutzbauwerke auszuarbeiten.

Die organisatorischen Schutzmassnahmen müssen spätestens im Rahmen des Ausführungsprojektes in einem projektbezogenen Sicherheitskonzept definiert werden.

GEOTEST AG

Dr. P. Kleboth Albin Kretz

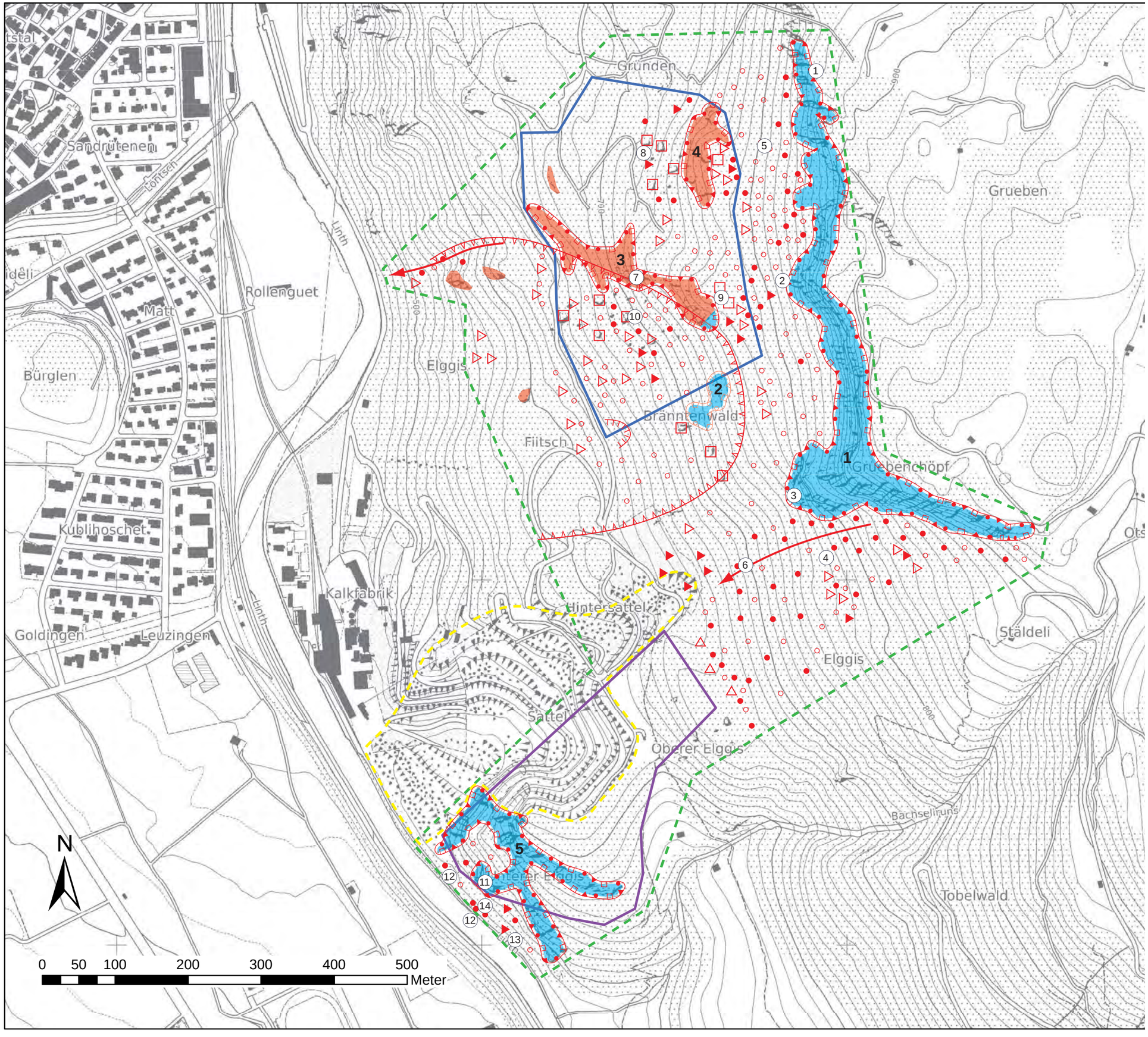
GEOTEST

GEOLOGEN / INGENIEURE / GEOPHYSIKER / UMWELTFACHLEUTE

Auftrag: Netstal, Kalkfabrik Netstal AG
Gefahrenbeurteilung Sturzprozesse

Nr. 2408045.10a

Karte der Phänomene
1: 5000



Legende

- *Erweiterungsperimeter Gründen*
- *Erweiterungsperimeter Elggis Süd*
- *Untersuchungsperimeter*
- *bestehender Steinbruch*
- (1) *Fotonummer*
- **1** *Ausbruchgebietnummer*

Geologie Ausbruchgebiete

- Quintnerkalk
- Troskalk
- Abrisskante Sackung inaktiv

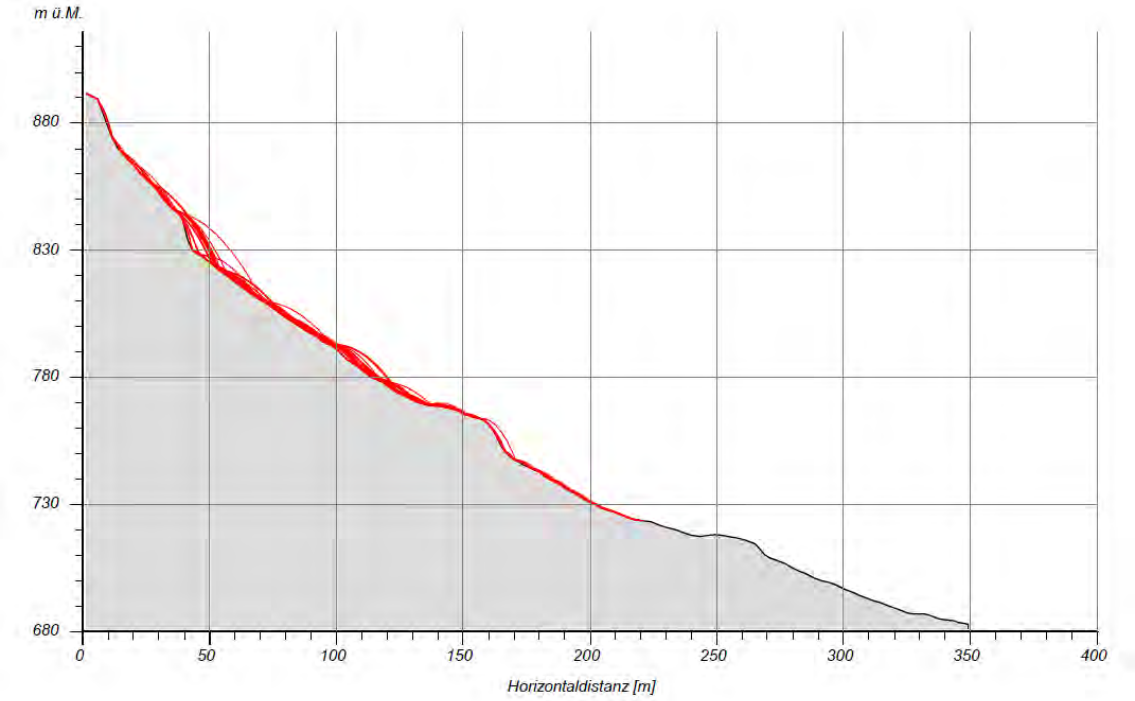
Phänomene

- Ausbruchgebiet (Fläche/ Linie) ***aktiv***
- Ausbruchgebiet (Fläche/ Linie) ***wenig aktiv***
- ***Grossblock >2 m***
- ***Block 0.5 - 2 m m***
- ***Stein <0.5 m***
- ***frisch, aktiv***
- ***bewachsen, wenig aktiv***
- Einzeln abgelagerte Blöcke und Steine ***frisch / bewachsen***
- Offene, kanalisierte Sturzbahn ***aktiv***

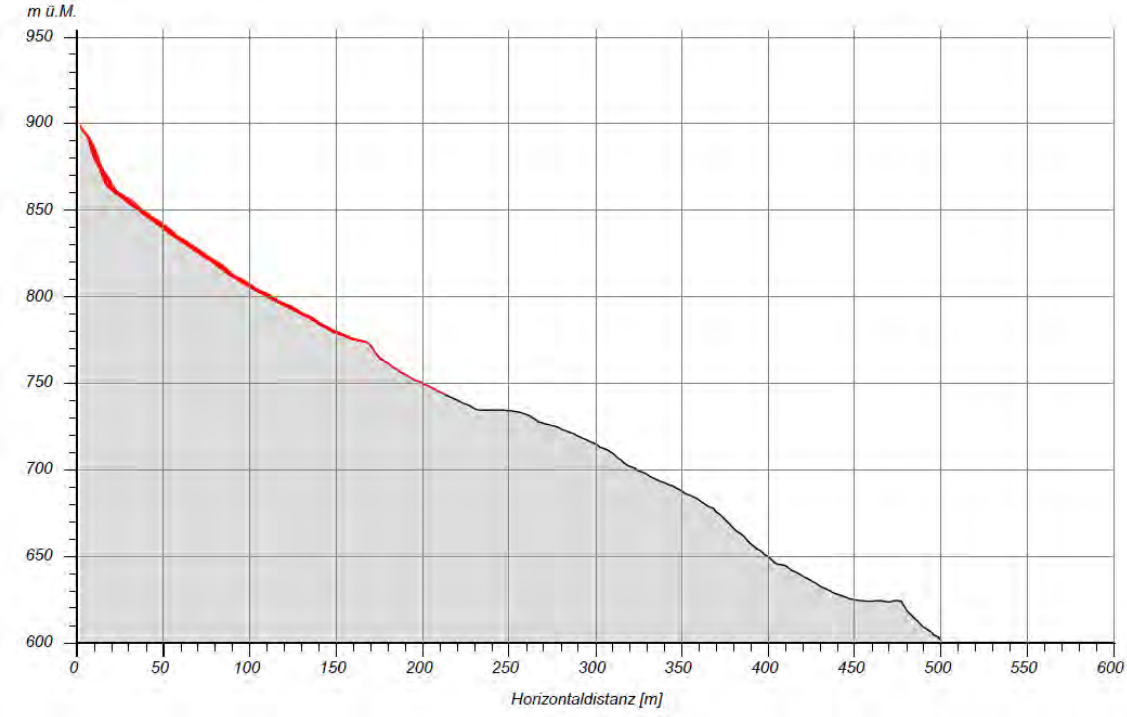
Anhang **1**

Anhang 2: Profile 2D Steinschlagsimulationen

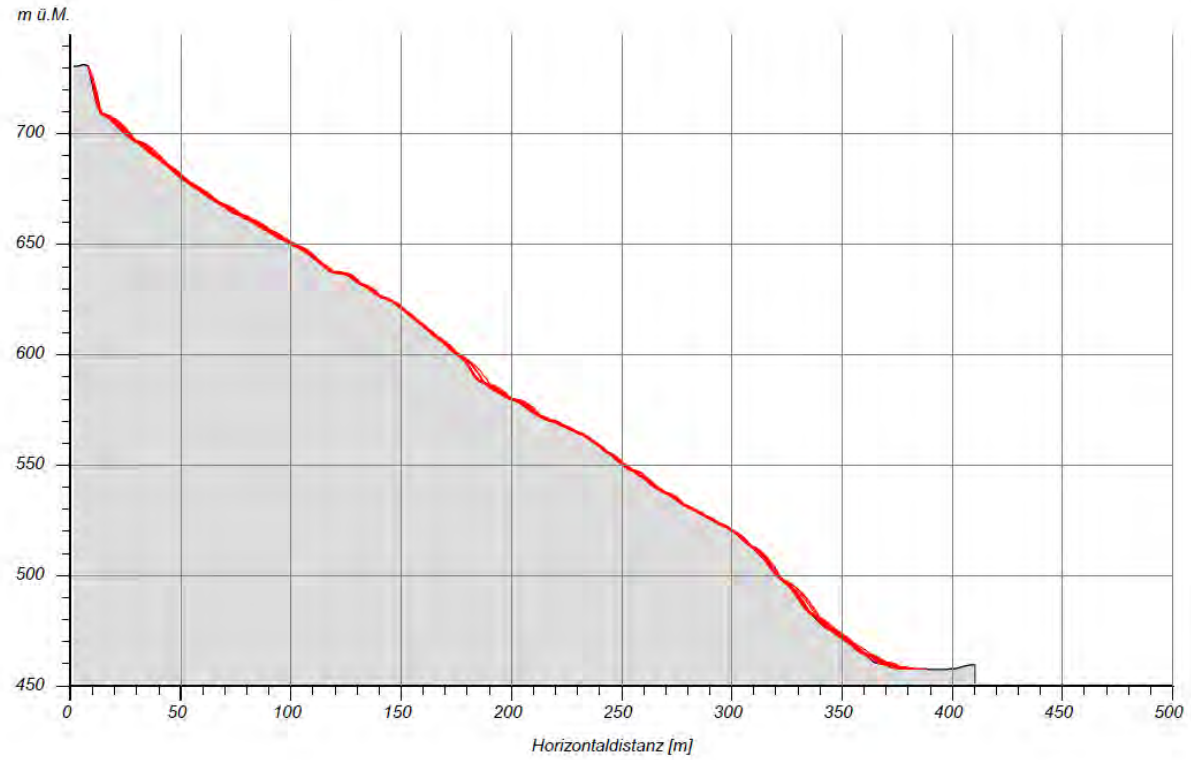
Profil 1



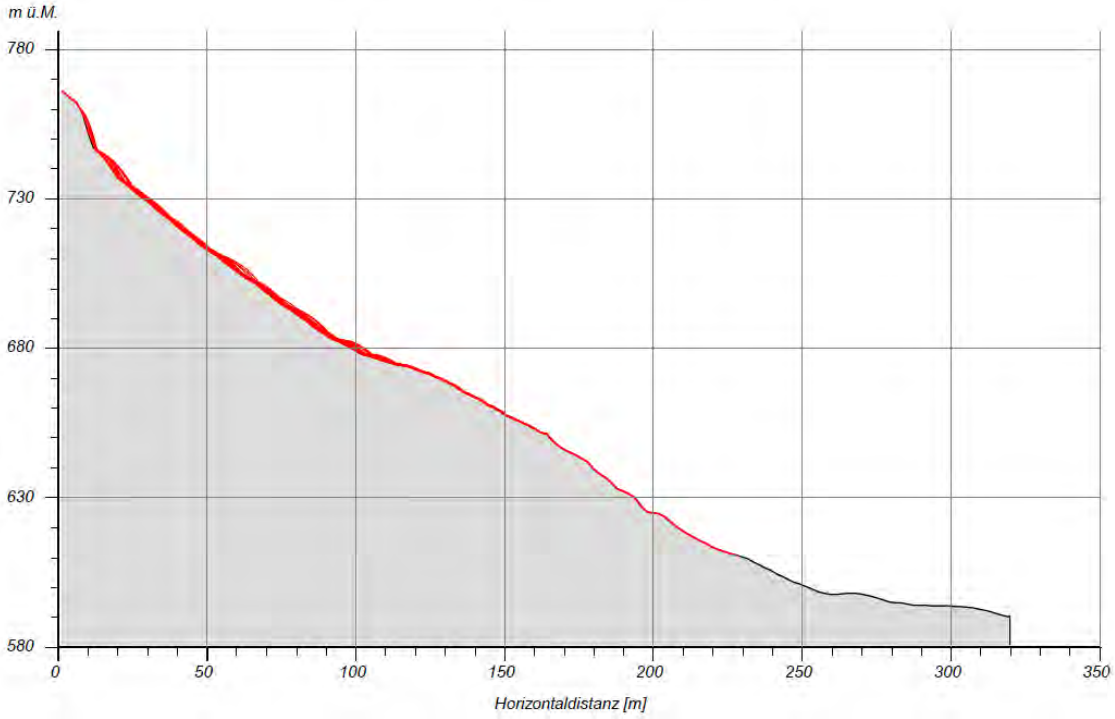
Profil 2



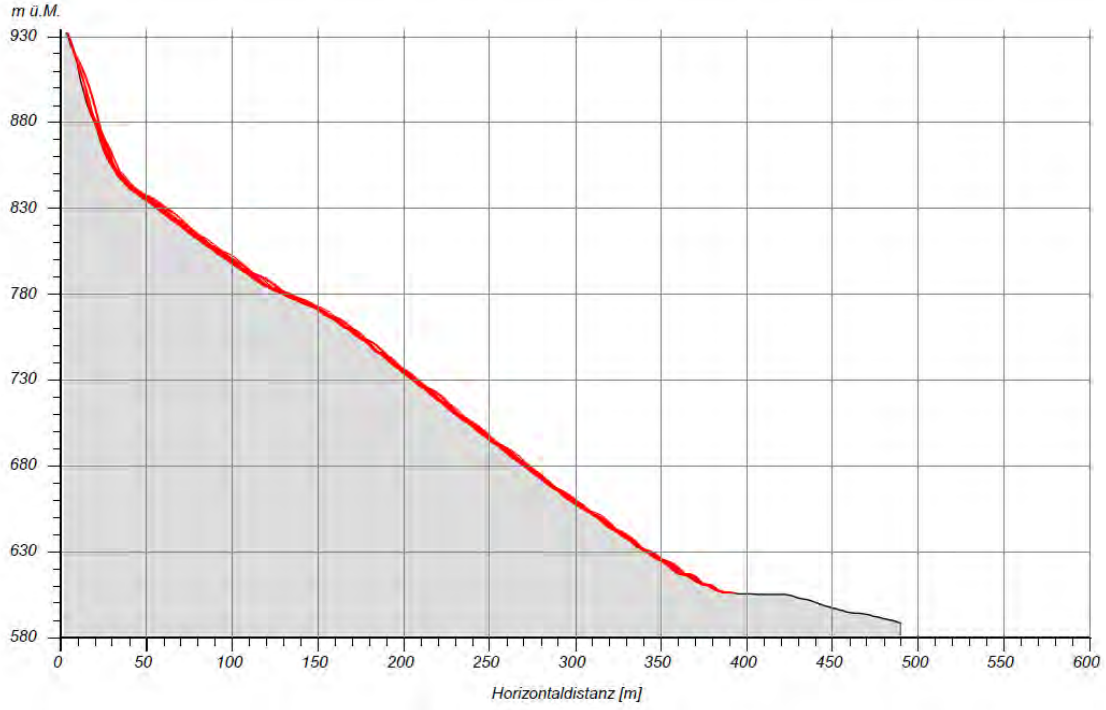
Profil 3:



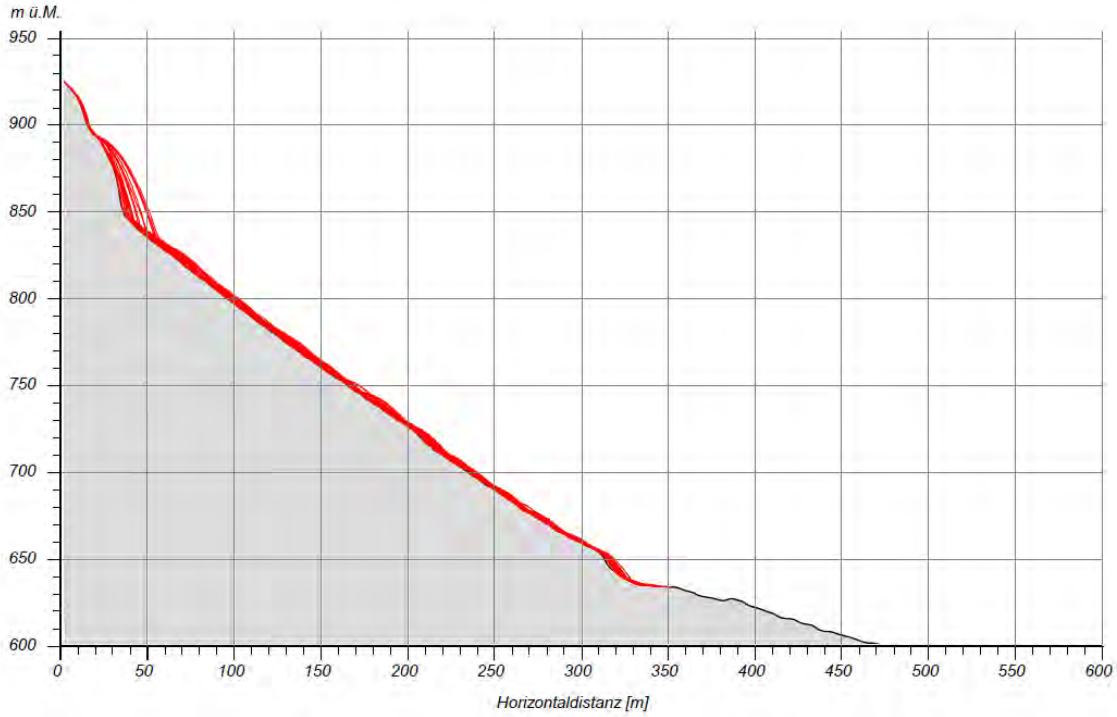
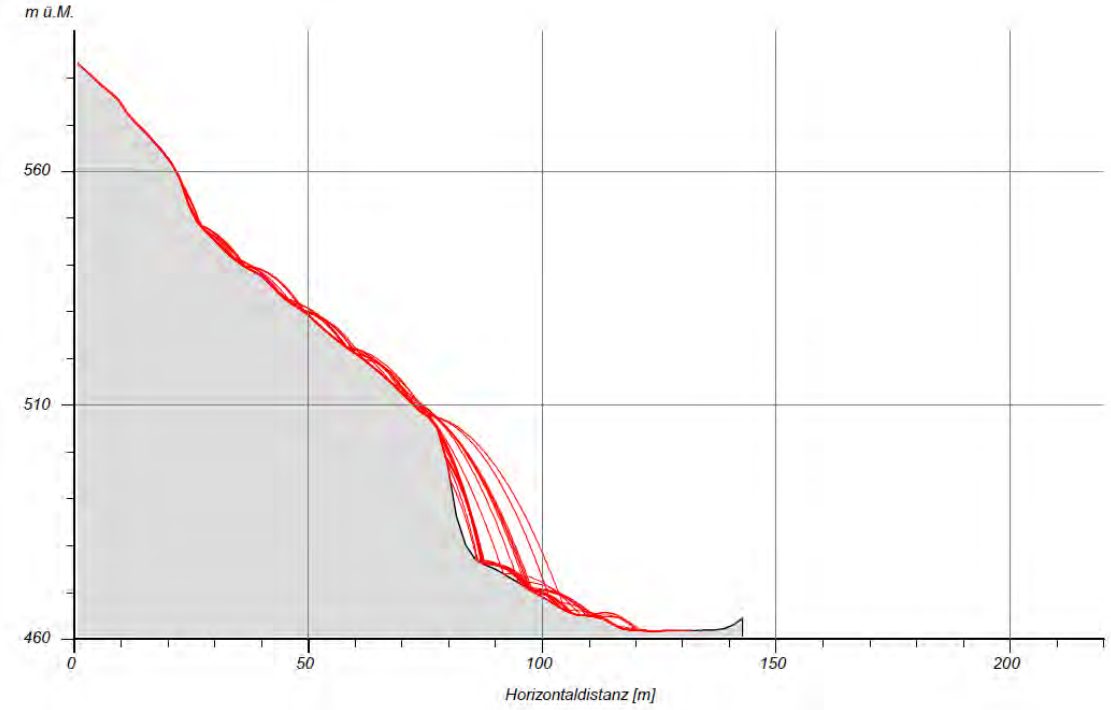
Profil 4:



Profil 5:



Profil 6:



Profil 7: