



Str. Nr.

Nat. Str. II. Kl.

N4

Abschnitt:	Teilstrecke:	km	Bereinigte km	Kantone:
Kt. Grenze ZG/SZ	Ingenbohl	105.010		SZ
Flüelen Süd	Gumpisch	126.370		
		135.270		UR
		141.150		

Effektive Baulänge: ca. 8.9 km

N4 Neue Axenstrasse

Anschluss Gumpisch

Galerie Gumpisch

Aktualisierte Gefahrenbeurteilung Naturgefahren

Kantonale Behörde:	Eingangsstempel:	Verfasser:
Baudepartement Schwyz Baudirektion Uri		CSD INGENIEURE+ VON GRUND AUF DURCHDACHT
Projekt vom: 05. Februar 2021		Dokument Nr. UR05327.401
Index: 1.0 05.02.2021		Erstellt: RNE / StS Geprüft: AM Freigabe:

CSD INGENIEURE AG

Rynächtstrasse 13
Postfach
CH-6460 Altdorf
t +41 41 874 80 10
f +41 41 874 80 11
e altdorf@csd.ch
www.csd.ch

Index:	Datum:	Erstellt:	Geprüft:	Art der Änderung:
1.0	05.02.2021	RNe / StS	AM	Erstfassung

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	5
1.1	Anlass	5
1.2	Auftrag und Zielsetzung	7
1.3	Generelle Beschreibung der Situation im Gumpischtal	8
1.4	Grundlagen für die Bildung von Sturz-Szenarien (Bestimmung der Jährlichkeit)	8
1.5	Quellenverzeichnis	10
2.	Systemdefinition	10
2.1	Prozessart	10
2.2	Schutzziele	10
2.3	Untersuchungsgebiet	11
3.	Charakteristik des Untersuchungsperimeters	11
4.	Methodik Modellierungen	11
4.1	Modellierte Zustände	11
4.2	Prozess Sturz	12
4.2.1	Sturzmodellierungen 3D	12
4.3	Prozess Hochwasser / Murgang	13
4.3.1	Murgangmodellierungen	13
5.	Gefahrenerkennung	14
5.1	Prozess Sturz	14
5.1.1	Allgemeine Beschreibung der Liefergebiete	14
5.1.2	Ereignisdokumentation	16
5.1.3	Vorhandene Schutzbauten	17
5.1.4	Kartierung der Sturzphänomene	17
5.1.5	Szenarienbildung	17
5.2	Prozess Hochwasser / Murgang	21
5.2.1	Liefergebiete	21
5.2.2	Ereignisdokumentation	22
5.2.3	Vorhandene Schutzbauten	22

5.2.4	Grundszenarien pro Wiederkehrperiode	23
6.	Wirkungsanalyse Ist-Zustand: Ergebnisse	24
6.1	Prozess Sturz	24
6.2	Prozess Hochwasser / Murgang	31
6.2.1	Murgangmodellierungen	31
7.	Massnahmendefinition	34
8.	Anmerkungen zum Bauvorgang	37
8.1	Gefährdungen während der Bauphase durch Naturgefahrenprozesse	37
8.2	Organisatorische Massnahmen Bauphase	37
9.	Massnahmenwirkung Endzustand	38
9.1	Prozess Sturz	38
9.2	Prozess Hochwasser / Murgang	38
9.3	Diskussion der Resultate	40
9.3.1	Prozess Sturz	40
9.3.2	Prozess Hochwasser / Murgang	40
10.	Fazit	41

ANHÄNGE

- A Steinschlagsimulationen 3D vor Massnahmen, Modellergebnisse
- B Steinschlagsimulationen 3D während der Bauphase, Modellergebnisse
- C Steinschlagsimulationen 3D im Endzustand, Modellergebnisse
- D Massnahmenplan

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AP	Ausführungsprojekt
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BAFU	Bundesamt für Umwelt
ca.	circa
DP	Detailprojekt
D1	Blockachse 1 in m
D2	Blockachse 2 in m
D3	Blockachse 3 in m
EP	Erhaltungsplanung
E_95	Perzentil P95 der kinetischen Energie
F3	Filiale 3, ASTRA Zofingen
INGE	Ingenieurgemeinschaft
inkl.	inklusive
m	Meter
MOH	MOH ist die Höhe eines Hindernisses, auf das ein fallender Block in 70%, 20% und 10% der Fälle während eines Kontakts in einem homogen definierten Polygon trifft. Entspricht einem Mass für die Bodenrauigkeit.
N4	Nationalstrasse 4
PH_95	Perzentil der Sprunghöhe P95
v	Geschwindigkeit in m/s
Vol.	Volumen in m ³

1. Einleitung

1.1 Anlass

Die Kantone Schwyz und Uri beabsichtigen die Axenstrasse auf der Ostseite des Vierwaldstättersees neu zu führen. Das Projekt gliedert sich in 4 Etappen, welche zeitlich versetzt in Angriff genommen werden sollen.

Die nachfolgende Abbildung 1.1 zeigt ein Übersichtsbild über die komplette Baumassnahme.

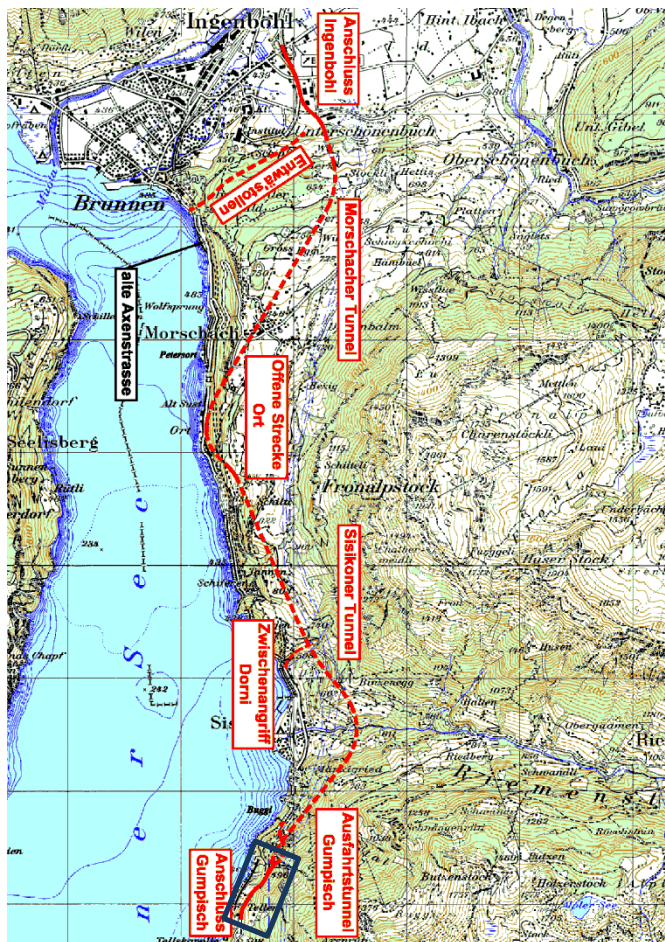


Abbildung 1-1:
Übersichtskarte Projekt N4 Neue
Axenstrasse (blauer Rahmen:
Untersuchungsbereich vorliegender Bericht)

Im Gumpischthal ist das Südportal des Sisikoner Tunnels und der Ausfahrtstunnel Gumpisch mit Anschluss an die Axenstrasse geplant. Zwischen dem Gumpischbach und den nördlich davon aufsteigenden Felswänden oberhalb der Axenstrasse wird das Südportal des Sisikoner Tunnels und des Ausfahrtstunnels Gumpisch angefahren und im Bereich des Gumpischbaches sind der Abbieger nach und der Einmünder von Sisikon vorgesehen. Die Höhenlage wird von der bestehenden Axenstrasse übernommen.

Die Strecke zwischen dem neuen Sisikoner Tunnel und dem bestehenden Tunnel Gumpisch Süd soll auf einer Länge von ca. 194 m mit einer talseits offenen Galerie überdeckt werden. Im Zusammenhang mit den Baumassnahmen ist ein bis zu ca. 30 m hoher Hanganschnitt in den Lockergesteinen erforderlich (Abbildung 1-2).

Der Rad- und Gehweg auf der bestehenden Axenstrasse wird neben der Galerie auf einer seeseitigen Auskrugung in Richtung Süden geführt. Die Gumpischbachbrücke wird rückgebaut und der Gumpischbach mit einem Überlauf über der Galerie durchgeführt.

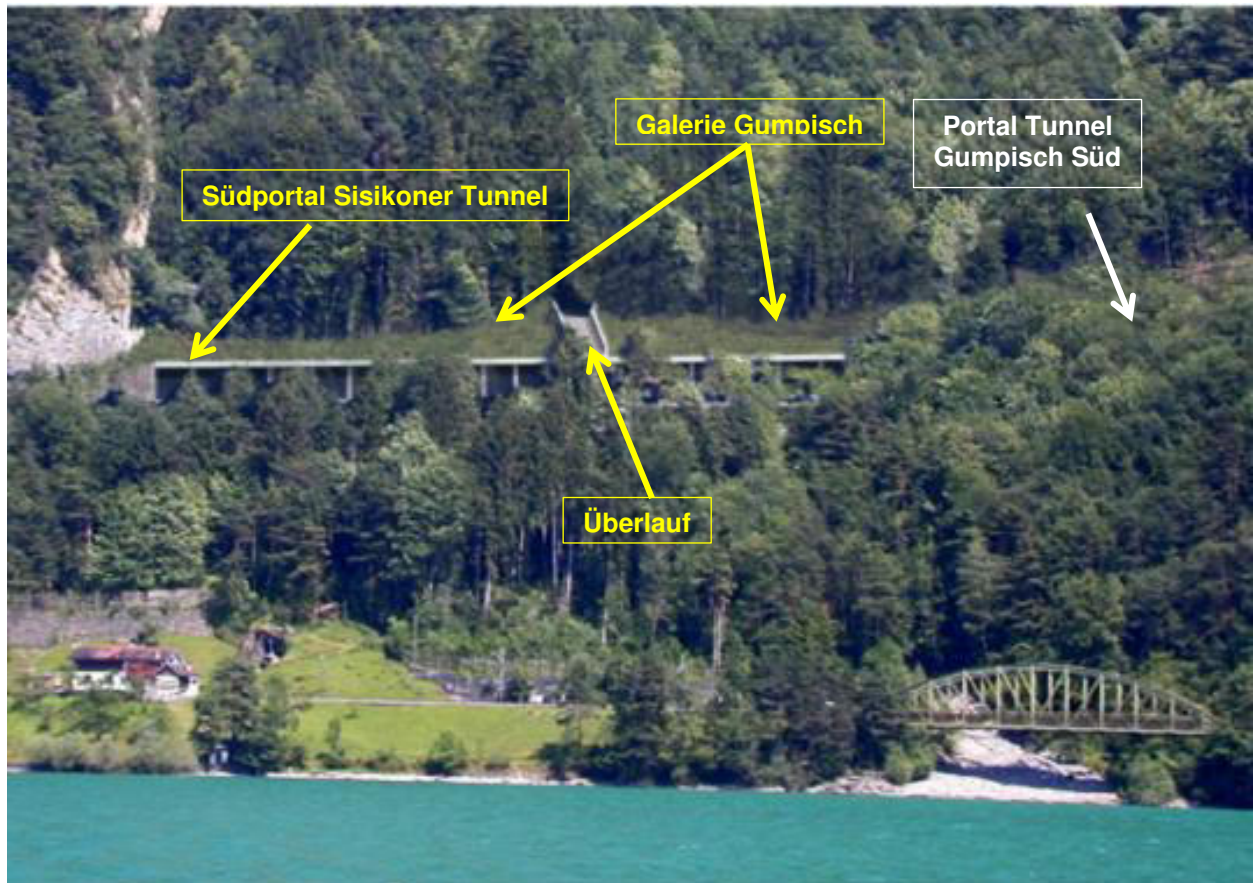


Abbildung 1-2: Visualisierung Anschluss Gumpisch mit dem geplanten Südportal Sisikoner Tunnel, der Galerie Gumpisch und dem Überlauf (gelb). Das Portal Tunnel Gumpisch Süd existiert bereits (weiss)

Aufgrund der bestehenden Gefährdung durch Sturz-, Rutsch- und Murgangprozesse wird beabsichtigt, den Abschnitt Gumpisch sowohl während der Bauphase, als auch in der Betriebsphase gegen Naturgefahrenprozesse zu schützen. Für die Galerie Gumpisch wurde deshalb eine Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse Naturgefahren durchgeführt [2]. Dieser Bericht diente als Grundlage zur Projektierung der Bauten im Gumpischtal und hat massgeblich zur Entscheidungsfindung für das AP beigetragen, ist aber nicht Bestandteil des AP-Dossiers.

Am 7. Januar 2019 ereignete sich aus den oberen Felswänden des Gumpischtals ein Felssturz, wobei sich ca. 80'000 m³ Ausbruchmaterial mit Blöcken bis zu 200 m³ Volumen im Gumpischtal oberhalb der N4 Axenstrasse ablagerten.

Im August und Oktober 2019 ereigneten sich, meist infolge Niederschläge durchschnittlicher Intensität, murgangartige Ausbrüche der abgelagerten Felssturzmasse mit Blöcken, die bis unterhalb der N4 Axenstrasse reichten und mehrwöchige Unterbrüche des Verkehrsbetriebs zur Folge hatten.

Daraufhin wurden im Rahmen der EP im Auftrag vom ASTRA (F3 Zofingen) Schutz- und Überwachungsmassnahmen (Leitdamm unmittelbar bergseits der Axenstrasse, Steinschlagschutznetze, Überwachungsdispositiv mit Radar- und Erschütterungsmessungen und Reissleinen) umgesetzt.

Der Felssturz vom Januar 2019, welcher im Rahmen der Risikoanalyse Naturgefahren für das Projekt N4 Neue Axenstrasse im Jahr 2014 für dieses Ausmass als Restrisiko beurteilt wurde, hat die lokalen Verhältnisse in Bezug auf das Risiko von Stein-/Blockschlag sowie Murgänge signifikant verschlechtert: So ist heute für Stein-/Blockschlag mit grösseren Blockvolumina bzw. erhöhten Intensitäten neu aus der Remobilisierung der abgelagerten Felssturzmasse sowie mit Murgängen mit erhöhter Fracht und Mächtigkeit zu rechnen.

Aufgrund dieser signifikant veränderten Ausgangslage drängt sich eine neue Beurteilung der Szenarien und Risiken von Naturgefahren für das Projekt N4 Neue Axenstrasse Teilprojekt Galerie Gumpisch sowohl für die Bau- als auch für die spätere Betriebsphase auf.

Aufgrund der durch die Sofortmassnahmen und die Felssturzablagerungen veränderten Geländebeziehungen (natürlicher Baumschlag und Rodungen) hat sich auch die Ausgangslage für den Prozess Lawinen verändert. Lawinen stellen jedoch eine untergeordnete Gefahr für den Bauzustand dar. Im Endzustand ist er kaum relevant. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung werden die Lawinen nicht weiter untersucht. Bei der Beurteilung für den Bauzustand wird der Gefährdung durch Lawinen jedoch soweit nötig qualitativ Rechnung getragen.

Anhand der daraus folgenden, aktualisierten Datenlage sollen anschliessend durch die INGE Axen allfällige Anpassungen vom Projekt N4 Neue Axenstrasse, Bereich Gumpisch, aufgezeigt werden.

1.2 Auftrag und Zielsetzung

Der Auftrag umfasst folgende Aufgabenstellungen:

- Aufarbeitung der bestehenden Untersuchungen, Grundlagen und Unterlagen
- Felderkundung (je 1 Tag Drohnenbefliegung Geotest mit Louis GmbH und CSD, 1 Tag gemeinsame Begehung und Heliflug zur Szenarienbildung)
- Bestimmung, Aktualisierung und Festlegung der Szenarien für die Prozesse Sturz und Murgang
- Durchführung von Steinschlag- und Murgangmodellierungen mit den neuen Szenarien für den Zustand ohne Schutzmassnahmen (CSD: RockyFor3D; Geotest Rofmod) und Murgangmodellierungen (Geotest: RAMMS)
- Erarbeitung eines Massnahmenkonzepts aufgrund der vereinbarten Schutzziele auf der Grundlage des neuesten Projektstandes für die Betriebsphase
- Aufzeigen der Auswirkungen auf das Projekt N4 Neue Axenstrasse Stand DP für die Bauphase und den Betriebszustand
- Aufzeigen der Machbarkeit des Projektes unter Berücksichtigung der neuen Voraussetzungen
- Berichterstattung

1.3 Generelle Beschreibung der Situation im Gumpischtal

Der Projektperimeter «Anschluss Gumpisch» befindet sich südlich von Sisikon, zwischen den vorstehenden Felswänden der Stutzegg im Norden und der Tellsplatte im Süden.

Die projektierten Tunnelportale liegen nördlich des Gumpischbaches in den Felswänden der Stutzegg, welche vom Urnersee bis zum Buggigrat hochziehen (Abbildung 1-3).

An diesen 50-150 m hohen Kieselkalk-Felswänden ereignen sich häufig Sturzprozesse. Weitere Sturzprozessquellen befinden sich in der Felswand unterhalb der Axenrüti (Abbildung 1-3). Aus dieser Felswand löste sich in der Vergangenheit ein grosser Felssturz, der zum Teil bis auf die alte Axenstrasse und die Bahnlinie niederging.

Der Gumpischbach, welcher bei der Schneeschmelze und nach heftigen Niederschlägen zu einem reissenden Bach mit starkem Geschiebetrieb anschwellen kann, verläuft entlang der Stutzegg vom Buggigrat bis zum See und quert die Axenstrasse im Bereich der Gumpischbachbrücke.

Auf Höhe der Axenrüti losgelöste Lawinen werden ebenfalls im Gumpischbach kanalisiert und können so die Axenstrasse erreichen.

In den bewaldeten unterschiedlich steilen Hanglagen südlich des Gumpischbaches, welche meist mit Gehängeschutt bedeckt sind, können kleinere Hangmuren ausbrechen, welche bis zur Axenstrasse vorstossen können.

Entlang der Strasse und weiter oben beim Gumpischbach sind seit vielen Jahren diverse Schutzmassnahmen vorhanden, wie z.B. Steinschlagschutznetze, Felsabdeckungen und ein Ablenkdam.

Nach dem Felssturz vom Januar 2019 wurden Schutz- und Überwachungsmassnahmen (Leitdamm unmittelbar bergseits der Axenstrasse, Steinschlagschutznetze, Überwachungsdispositiv mit Radar- und Erschütterungsmessungen und Reissleinen) umgesetzt.

1.4 Grundlagen für die Bildung von Sturz-Szenarien (Bestimmung der Jährlichkeit)

Szenarien bilden die Ausgangslage für Naturgefahrenanalysen. Szenarien stehen für zukünftig mögliche Ereignisse, wobei jedem Szenario eine Eintretenswahrscheinlichkeit zugeordnet wird. Jedes Szenario wird im Detail analysiert, sodass anschliessend Massnahmenkonzepte für den Umgang mit der Gefährdung ermittelt werden können.

Für den Prozess Sturz werden Szenarien pro Prozessquelle in Form von Blockgrösse und Wiederkehrperiode definiert. Die Bildung der Szenarien stützt sich auf vorhandenen Ereignisdokumentationen und geologischen Trennflächenanalysen ab. Ereignisdokumentationen werden ausgewertet und «stumme Zeugen» werden auf Begehungen kartiert. Solche «stumme Zeugen» hinterlassen aufschlussreiche Spuren zur Häufigkeit und Sturzgrössen der Ereignisse. Zur Überprüfung der Stabilität und von möglichen Ausbrüchen werden Felswände auf Klüfte untersucht. Die Blockgrössen von Sturzkörpern sind zur Hauptsache abhängig von der Geologie, vom Durchtrennungsgrad, von den Trennflächenabständen und dem Verwitterungszustand des Gebirges. Anhand diesen Beurteilungen werden Blockgrössen Jährlichkeiten zugeordnet. In der Regel gilt, je grösser die Blockgrösse desto kleiner die Eintretenswahrscheinlichkeit (bzw. umso grösser die Jährlichkeit). Die Szenarien bilden die Grundlage für Steinschlagsimulationen, aus welchen Parameter wie die Ausdehnung bzw. Reichweiten des Prozesses, die Energien und Sprunghöhen der Sturzblöcke ermittelt werden.

Grundlagen und weiterführende Angaben finden sich in [1] und [5].



Abbildung 1-3: Projektperimeter «Anschluss Gumpisch» südlich der Stutzegg und nördlich der Tellsplatte. Blick aus dem Helikopter (16.03.2020)

1.5 Quellenverzeichnis

- [1] BUNDESAMT FÜR UMWELT BAFU: Schutz vor Massenbewegungsgefahren, Vollzugshilfe für das Gefahrenmanagement von Rutschungen, Steinschlag und Hangmuren, 2016.
- [2] CSD INGENIEURE AG/Louis Ingenieurgeologie GmbH, N4 Neue Axenstrasse, Ausführungsprojekt, Anschluss Gumpisch, Galerie Gumpisch, Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse Naturgefahren; Beilage z9.11, 15.04.2014
- [3] IMPULS AG, Geo7 AG, Flussbau AG, Kellerhals + Häfeli AG, Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse betreffend Naturgefahren auf Nationalstrassen, Los 16 – Axenstrasse, Strecke N04: km 114.300 (Art – Tunnelportal Süd Engiberg) bis km 140.662 (Flüelen – Tunnelportal Süd Umfahrung Flüelen), Thun und Bern, 28.02.2014, IG LOUIS/ BART/ IMPER (2007): N4/ SBB Abschnitt Ingenbohl-Gumpisch. Gefahren- und Risikoanalyse Axen, Phase 1: Gefahrenanalyse.
- [4] DORREN L.K.A.: Rockyfor3D (v5.1) revealed – Transparent description of the complete 3D rockfall model. ecorisQ paper (www.ecorisq.org): 31 p., 2012
- [5] Bundesamt für Strassen ASTRA: Dokumentation Naturgefahren auf den Nationalstrassen: Risikokonzept. Methodik für eine risikobasierte Beurteilung, Prävention und Bewältigung von gravitativen Naturgefahren auf Nationalstrassen, Ausgabe V2.20, ASTRA 89001, 2012

2. Systemdefinition

2.1 Prozessart

Die vorliegende aktualisierte Gefahrenanalyse befasst sich ausschliesslich mit folgenden gravitativen Naturgefahrenprozessen:

- Sturzprozesse (Primär- und Sekundärsteinschlag)
- Geschiebeumlagerungsprozesse (Murgang und Wasser)

2.2 Schutzziele

An der Arbeitssitzung vom 01.07.2020 wurden für die Dimensionierung von Massnahmen gegen Naturgefahren die folgenden Schutzziele festgelegt:

- Bauwerke im Betrieb: 100-jährliches Ereignis
- Bauphase: 30-jährliches Ereignis

2.3 Untersuchungsgebiet

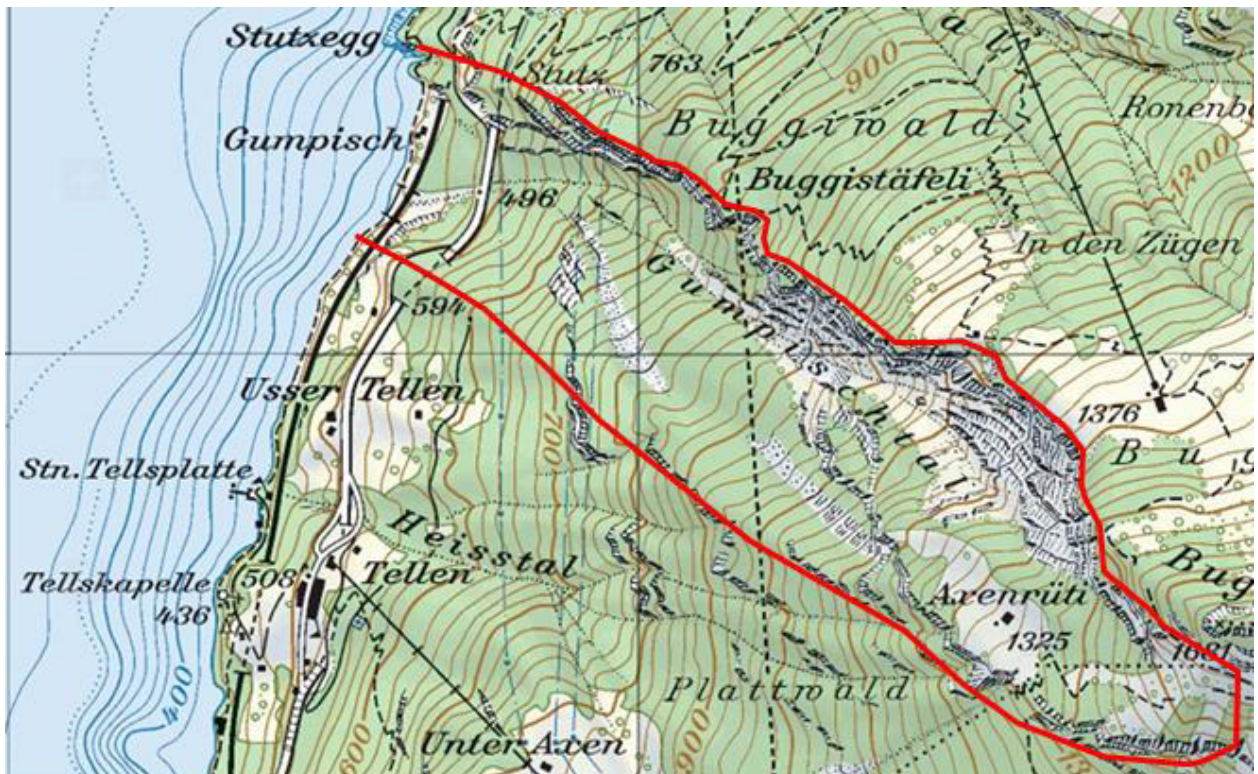


Abbildung 2-1: Topographische Karte. Rot umrahmt: Untersuchungsperimeter (geodata © swisstopo)

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich im Abschnitt Anschluss Gumpisch vom Urnersee (434 m ü.M.) bis hinauf zur Axenrüti (1'326 m ü.M.) und über den gesamten Bereich des Südportals zwischen Stutzeggtunnel und Tunnel Gumpisch Süd (Abbildung 2-1). Für die aktualisierte Gefahrenanalyse wurden alle Prozessquellen beurteilt, welche das Südportal Gumpisch und die Galerie betreffen können. Als Grundlage zur Abgrenzung werden die Gefahrenquellen aus [2] und [3] verwendet.

3. Charakteristik des Untersuchungsperimeters

Die topographische Gliederung sowie eine geologische und tektonische Übersicht sind in [2] und [3] ausführlich beschrieben und werden in diesem Bericht nicht wiederholt.

4. Methodik Modellierungen

4.1 Modellierte Zustände

Die Naturgefahren-Modellierungen wurden für die folgenden drei Zustände durchgeführt (Beschreibungen der Prozessquellen: siehe Kapitel 5):

Zustand 1, Ist-Zustand: Topographie nach dem Sturzereignis vom Januar 2019. Der Leitdamm, der nach diesem Sturzereignis erstellt wurde, ist in diesem Geländemodell noch nicht enthalten. Diese Simulationen

wurden für die Prozessquellen Axenrüti, Plattwald oben, Stutz Felswand, Plattwald unten und Stutz Portal für die Eintretenswahrscheinlichkeiten 1, 10, 30, 100 und 300 Jahre durchgeführt. Im vorliegenden Bericht sind die Ergebnisse für die Eintretenswahrscheinlichkeiten 30 Jahre (Bauzustand) und 100 Jahre (Betriebszustand) in Anhang A beigefügt.

Die Modellierungen für diesen Zustand dienen der Ermittlung der für die Dimensionierung von Massnahmen zu Grunde liegenden Grössen (Energien, Sprunghöhen, Geschwindigkeiten, Fließmächtigkeiten).

Zustand 2, Bauzustand: Zustand 1 unter Berücksichtigung von zwei bis zu 12 Meter hohen Leitdämmen oberhalb der zukünftigen Baustelle (definitive, für den Endzustand vorgesehene Dämme, die zum Schutz der Galeriebaustelle vorgängig erstellt werden: siehe Kapitel 7). Diese Simulationen wurden für die Prozessquellen Axenrüti, Buggistäfel und Plattwald oben für die Eintretenswahrscheinlichkeiten 30 und 100 Jahre durchgeführt. In Anhang B sind die Ergebnisse dargestellt, bei denen der Prozess die Axenstrasse erreicht.

Zustand 3, Endzustand: Zustand 1 unter Berücksichtigung von zwei bis zu 12 Meter hohen Leitdämmen und der Galerie inkl. Gerinne zur Überleitung von Murgängen und Blöcken im Betriebszustand. Diese Simulationen wurden für die Prozessquelle Axenrüti, Buggistäfel und Plattwald oben für die Eintretenswahrscheinlichkeit 100 Jahre durchgeführt (vgl. Anhang C).

4.2 Prozess Sturz

4.2.1 Sturzmodellierungen 3D

Um die räumliche Ausdehnung der Sturzkörper besser abschätzen zu können, wurden auf der Grundlage der jeweiligen Szenarien (gem. Kapitel 5.1.5) Steinschlagsimulationen mit dem Programm RockyFor3D (Version 5.1) durchgeführt. Ausführliche Angaben über das verwendete Programm befinden sich in [4].

Als Grundlage für die Topographie wurde das digitale Terrainmodell, das nach dem Felssturz von 2019 aufgenommen wurde, verwendet (Auflösung von 2 x 2 m).

Für die Modellierungen waren neben dem digitalen Geländemodell folgende Parameter erforderlich:

Blockgrösse:	Eingabe über drei Blockachsen d1, d2, d3
Blockform:	rechteckig, ellipsenförmig, kugelförmig, scheibenförmig
Blockdichte:	Gesteinsdichte (Angabe in kg/m ³)
Oberflächenrauigkeit:	MOH 70%, MOH 20%, MOH 10% (MOH ist die Höhe eines Hindernisses, auf das ein fallender Block in 70%, 20% und 10 % der Fälle während eines Kontakts in einem homogen definierten Polygon trifft).
Bodentyp:	Es wurden acht verschiedenen Bodentypen unterschieden (z. B. feines Bodenmaterial, anstehender Fels, ...).

Die oben genannten Parameter wurden während der Feldbegehung erhoben und als Eingangsdaten für die Simulationen verwendet. Diese Eingabedaten werden nicht abgegeben. Sie sind jedoch dokumentiert und einsehbar.

Zusätzlich zu den im Feld erhobenen Parametern wurden für die Modellierungen folgende Einstellungen verwendet:

Anzahl Simulationen pro Startzelle:	100
Variation des Blockvolumens:	10%
Initiale Fallhöhe:	0.5 m

Der Wald sowie die vorhandenen Schutzbauten wurden wie bei der Gefahren- und Risikoanalyse von 2013 [2] bei den Simulationen nicht berücksichtigt (kein offizieller Schutzwald, keine zertifizierten Werke). Die Maximalwerte der berechneten Sturzenergien und Sprunghöhen werden auf diese Weise im Vergleich zum tatsächlichen Ist-Zustand rechnerisch tendenziell überschätzt. Insbesondere bei Sturzkomponenten kleineren und mittleren Ausmasses resultieren daraus etwas höhere Sturzenergien und Sprunghöhen, als sie in der Realität zurzeit tatsächlich auftreten können. Somit liegen die Ergebnisse der darauf aufbauenden Massnahmenplanung auf der sicheren Seite. Bei grossen Blöcken und Felsstürzen hingegen kommt die Steinschlagschutzwirkung des Waldes ohnehin nicht mehr stark zum Tragen.

In den Modellierungen wurden markante Geländeformen (z.B. Dämme), soweit im Geländemodell aufgelöst, berücksichtigt. Die bestehende Gumpischbachbrücke ist im Geländemodell nicht abgebildet und wurde demnach nicht berücksichtigt.

Das Modell RockyFor3D liefert eine grosse Anzahl räumlich aufgelöster Ausgabedaten. Davon wurden für die Wirkungsanalyse folgende Datensätze verwendet:

- Perzentil P95 der kinetischen Energie (E_95)
- Perzentil P95 der Sprunghöhen (PH_95)
- Reichweitenwahrscheinlichkeit (Reach Probability)

4.3 Prozess Hochwasser / Murgang

4.3.1 Murgangmodellierungen

Die Murgangmodellierungen wurden mit dem Programm RAMMS Debrisflow (Version 1.7.2) durchgeführt.

RAMMS Debrisflow basiert auf einem modifizierten, einphasigen Reibungsmodell nach Voellmy, welches gestützt auf einem tiefengemittelten, der Massen- und Impulserhaltung folgenden Modell die Flachwassergleichungen durch ein finites Volumenverfahren im zweidimensionalen Gelände löst. Die massgebenden Eingabegrössen stellen dabei nebst dem digitalen Geländemodell insbesondere die Abflussganglinie dar (Spitzenabfluss, Murgangvolumen, Ereignisdauer) sowie die turbulenten und trockenen Reibungsparameter dar. Die beiden letztgenannten Parameter sind unter anderem von der Murgangdichte (bzw. Wassergehalt), vom Druck senkrecht zur Bodenoberfläche (und damit der Fliesshöhe) sowie von der Oberflächenrauigkeit des Terrains abhängig.

Zur Festlegung der Eingabegrössen in RAMMS wurde eine Sensitivitätsanalyse bzw. Kalibrierung der Modellparameter durchgeführt, für welche Geländebegehungen, verschiedene Berechnungs- und Abschätzmethode sowie Ereignisdokumentationen als Grundlage dienten.

Die Murgangmodellierungen wurden für die folgenden zwei Zustände durchgeführt:

Zustand 1, Ist-Zustand: Topographie nach dem Sturzereignis von 2019. Diese Simulationen wurden für den Gumpischbach für die Eintretenswahrscheinlichkeiten 1, 10, 30, 100 und 300 Jahre durchgeführt.

Zusätzlich wurde auch die Situation mit dem mittlerweile gebauten Leitdamm überprüft bzw. modelliert (im Zusammenhang mit der Erstellung des Dammes 2019 im Auftrag des ASTRAs); zum Zeitpunkt der Durchführung der Murgangmodellierungen war der Schutzdamm allerdings noch nicht fertiggestellt, d.h. die Überprüfung der Schutzwirkung erfolgte aufgrund der Projektpläne, welche ins digitale Geländemodell eingebaut wurden.

Zustand 3, Endzustand: Topographie nach dem Sturzereignis von 2019, mit Ablenkdammen im Gumpischbach und neuer Galerie. Simuliert wurde nur die Eintretenswahrscheinlichkeiten 100 Jahre (entspricht der Dimensionierungsjährlichkeit für die Bauwerke).

Der Prozess Murgang wurde für Zustand 2 (Bauphase) nicht modelliert.

5. Gefahrenerkennung

5.1 Prozess Sturz

5.1.1 Allgemeine Beschreibung der Liefergebiete

Als Grundlage zur Abgrenzung der Prozessquellen wurden die Ergebnisse aus [2] und [3] herangezogen und angepasst oder ergänzt.

Prozessquellen, deren Wirkungsräume die Strasse betreffen können, umfassen die in Abbildung 5-1 rot markierten Bereiche.

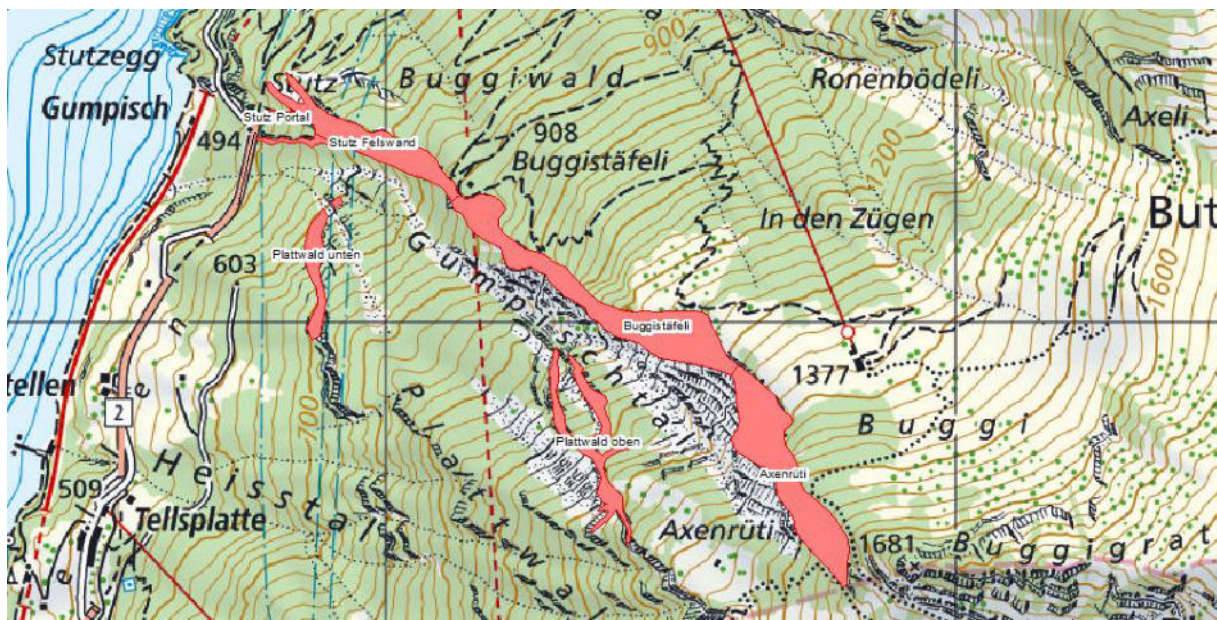


Abbildung 5-1 Übersichtsplan mit den für die Strasse relevanten Prozessquellen

In der folgenden Tabelle sind die Prozessquellen tabellarisch aufgelistet.

Prozessquelle Name	Bearbeitendes Büro	Bemerkungen
Axenrüti	CSD INGENIEURE AG	
Buggistäfel	Geotest AG	Aus dieser Prozessquelle löste sich am 02.01.2019 ein Felssturz. Die Prozessquelle umfasst somit die Felswände und das remobilisierbare Sturzdepot unterhalb der Felswände
Stutz Felswand	CSD INGENIEURE AG	
Plattwald oben	Louis Ingenieurgeologie GmbH	Aus dieser Prozessquelle löste sich im März 1932 ein Felssturz
Plattwald unten	Louis Ingenieurgeologie GmbH	
Stutz Portal	CSD INGENIEURE AG	

Tabelle 5-1 Zusammenfassung Prozessquellen

Prozessquellen Axenrüti, Buggistäfel und Stutz Felswand

Die Felswände dieser Prozessquellen werden aus einer gegen Osten ansteigenden, bis zu 200 m hohen Felswand aus Kieselkalk und in den untersten Bereichen auch aus Betliskalk aufgebaut, welche über die gesamte Länge von der Stutzegg bis zum Buggigrat hochzieht. Der Fels in der Wand ist meist mittel bis grob gebankt und stellenweise intensiv geklüftet.

Infolge der Rückwitterung von mergeligen Schichten innerhalb des Kieselkalkes und des Betliskalkes entstehen unterschrittene Felspakete, welche entlang von wandhinterschneidenden Klüften abbrechen können und dadurch neue Überhänge bilden.

Aufgrund der intensiven Klüftung finden sich über die gesamte Felswand verteilt zahlreiche potentielle Ablösestellen für Stein- und Blockschat und Felsstürze. Die Felsmassen stürzen aus grosser Höhe im freien Fall ins Gumpischtal und entwickeln dabei hohe kinetische Energien.

Plattwald oben

Westlich unterhalb der Axenrüti befindet sich eine 100 m hohe Felswand aus massigem Öhrlikalk; aus der sich der Felssturz von 1932 ablöste. Die damalige Schutthalde ist noch immer bis hinunter zur Axenstrasse erkennbar.

Die Schutthalde am Fusse der Felswand besteht aus alten und frischen Sturzkörpern. In dieser Schutthalde beginnt eine kleinere Runse, welche ca. 50 m oberhalb der Axenstrasse in den Gumpischbach einmündet.

Auch in der Prozessquelle «Plattwald oben» sind als Folge der Zerklüftung grössere Überhänge vorhanden. Wandparallele, teilweise geöffnete Klüfte begünstigen die Ablösung von Felspaketen.

Plattwald unten

Die Prozessquelle «Plattwald unten» erstreckt sich über das gesamte Waldgebiet südlich des Gumpischtals und wird aus nur teilweise aufgeschlossenen stark zerklüfteten Öhrlikalken aufgebaut. Grossvolumige Felsblöcke sind aus diesen Bereichen nicht zu erwarten. In den bewaldeten

Hangabschnitten befinden sich zahlreiche Sturzkörper verschiedenster Grösse, welche durch äussere Impulse remobilisiert werden können.

Stutz Portal

Die Prozessquelle Stutz Portal liegt zwischen der Prozessquelle Stutz Felswand und dem Gumpischbach. Das aus Betliskalk aufgebaute Felsband geht ca. 100 m oberhalb der Axenstrasse in die grosse Kieselkalk-Felswand über. Am Wandfuss der Prozessquelle Stutz Portal verläuft eine kleine Runse.

Die Felswand ist stellenweise stark zerklüftet und es gibt kleinere Überhänge. Es sind zahlreiche kleinere Ausbruchstellen vorhanden, hingegen existieren keine grösseren Felsausbrüche.

5.1.2 Ereignisdokumentation

Das älteste dokumentierte Sturzereignis im Gumpischtal war ein Felsausbruch am 12. Januar 1932 von ca. 6'000 m³ aus der Prozessquelle Plattwald oben auf 1'100-1'200 m ü.M.. Der Hauptteil der Sturzmasse bewegte sich in Richtung Gumpisch; ein geringer Teil wurde auch Richtung Heisstal - Hotel Tellen abgelenkt. Die Felssturzmassen schlugen eine Schneise in den Wald, die teilweise noch heute sichtbar ist. Der grösste Teil der Sturzmassen blieb im Gumpischbach liegen. Die Axenstrasse wurde südlich der damaligen Brücke durch einen Nebenstrom der Schuttmassen verschüttet. Einzelne Blöcke von 0.5 – 8 m³ erreichten das Bahntrasse nördlich der Gumpischbach-Brücke und beschädigten das Bahnwärterhaus erheblich. Die SBB erstellte nach dem Ereignis massive Steinschlagverbauungen oberhalb Gumpisch und vom Strasseninspektorat wurden an verschiedenen Stellen lose Blöcke gesprengt.

1983 ereignete sich ein kleinerer Felssturz mit einem Volumen von 200 bis 500 m³ aus der Prozessquelle Axenrüti. Die Sturzmasse blieb im Gumpischtal liegen und erreichte die Axenstrasse nicht.

Eine weitere grössere Blockschuttmasse eines älteren, nicht datierten Felssturzes liegt zwischen dem Gumpischtal und der Sturzbahn des Felssturzes von 1932.

Im oberen Gumpischtal ist unterhalb von Kote 1'209 m ü.M. (Prozessquelle Axenrüti) eine grosse Ausbruchsnische vorhanden, die durch einen länger zurückliegenden Felssturz von schätzungsweise 2'000 bis 5'000 m³ entstand.

Weitere kleinere Sturzereignisse bei Gumpisch ereigneten sich 1984 (0.5-0.8 m³) und 1985 (50 m³). Die Steine und Blöcke lösten sich jeweils unweit oberhalb der Axenstrasse und kamen auf der Strasse zu liegen.

2006 wurde ein instabiles Felspaket anlässlich der Gefahrenbeurteilung [3] nordöstlich der Axenrüti in unmittelbarer Nähe zum Ausbruch des Felssturzes von 1983 entdeckt. Das Felspaket wurde daraufhin überwacht und musste schliesslich 2008 vorsorglich gesprengt werden. Die Sturzmassen erreichten die Axenstrasse nicht.

Am 07.01.2019 ereignete sich ein Felssturz. Alle abstürzenden Blöcke stoppten vor der Axenstrasse, welche sich in diesem Abschnitt weder in einem Tunnel, noch in einer Galerie befindet. Die am weitesten transportierten Blöcke kamen knapp vor der Axenstrasse (ca. 80 – 100 m Horizontalabstand) zum Stillstand.

Am 05.05.2020 lösten sich aus dem Schuttdepot des Felssturzes von 2019 mehrere Blöcke. Ein 55 m³ grosser Block und weitere kleinere Blöcke drangen in den Strassenraum vor. Der neu erstellte Ablenkdam und die Gumpischbachbrücke wurden dadurch beschädigt.

Durch Grossblockschlagereignisse am 08. und 09.06.2020 drangen mehrere Grossblöcke in den Strassenraum vor.

5.1.3 Vorhandene Schutzbauten

Die bestehenden Schutzbauwerke sind in [2] detailliert beschrieben und werden hier nicht weiter beschrieben.

Zusätzlich zu den in [2] angegebenen Schutzbauwerken wurden nach dem Felssturz 2019 ein Ablenkdammbauwerk mit einem starren Steinschlagschutznetz auf dessen Krone sowie temporäre Steinschlagschutznetze installiert.

5.1.4 Kartierung der Sturzphänomene

Im Rahmen des vorliegenden Berichts wurde keine systematische neue Kartierung durchgeführt. In [2] ist eine Karte der Phänomene enthalten.

5.1.5 Szenarienbildung

Für jede der in Kapitel 5.1.1 beschriebene Prozessquelle wurden eigene Szenarien für die Wiederkehrperioden 1, 10, 30, 100 und 300 Jahre festgelegt. Die Szenarien entsprechen nicht den möglichen Ausbruchsvolumina, sondern der Grösse der Sturzkörper, welche für die Neue Axenstrasse massgebend sind.

Die Sturzzenarien für die verschiedenen Wiederkehrperioden gemäss [2] und [3] wurden auf Grund neuer Erkenntnisse nach den Ereignissen 2019 wie in folgenden Tabellen angegeben angepasst. Dabei ergeben sich je nach Prozessquelle deutlich höhere Volumen der Sturzkörper bei den verschiedenen Szenarien. Dies ist auf die veränderte Situation wegen den neuen Ereignissen zurückzuführen, was einen Einfluss auf die Einschätzung der Volumen je Jährlichkeit hat. Mit anderen Worten: Mit den neuen Erkenntnissen aus den Ereignissen seit 2019 muss davon ausgegangen werden, dass im Gumpischthal öfter Sturzereignisse auftreten als in [2] und [3] angenommen. Dies bedeutet, dass grössere Sturzvolumen je Szenario bei den überarbeiteten Szenarien eingesetzt werden müssen.

Szenarien Axenrüti

Eintretenswahrscheinlichkeit		Maximale Sturzkörpergrösse				Beurteilung 2014 *)	Bemerkungen
		d1 [m]	d2 [m]	d3 [m]	Vol. [m³]	Vol. [m³]	
Jährlich	0 – 1 Jahre	0.5	0.6	0.7	0.2	-	
Sehr häufig	1 – 10 Jahre	0.6	0.6	0.85	0.3	0.2	
Häufig	10 – 30 Jahre	1.0	1.0	1.2	1.2	0.3	
Mittel	30 – 100 Jahre	2.0	2.0	2.5	10.0	1.2	Felssturz möglich
Selten	100 – 300 Jahre	3.0	5.0	5.0	75.0	6.0	Felssturz möglich
Sehr selten	> 300 Jahre	Felssturz >10'000 m³ mit fragmentierten Einzelblöcken >75 m³					

Tabelle 5-2 Szenarien Axenrüti

*) Alte Szenarien aus der Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse [2]

Szenarien Buggistäfel (Nachbrüche aus der Felswand und Remobilisation aus der Runse)

Eintretenswahrscheinlichkeit		Maximale Sturzkörpergrösse				Beurteilung 2014 *)	Bemerkungen
		d1 [m]	d2 [m]	d3 [m]	Vol. [m³]	Vol. [m³]	
Jährlich	0 – 1 Jahre	1.4	1.7	2.3	5	-	Begründung: Felssturz 2019
Sehr häufig	1 – 10 Jahre	2.2	2.5	3.3	15	0.2	Begründung: Felssturz 2019
Häufig	10 – 30 Jahre	3.0	3.3	4.3	35	0.3	Begründung: Felssturz 2019
Mittel	30 – 100 Jahre	3.8	4.0	4.0	55	1.2	Begründung: Ereignis 05.05.2020
Selten	100 – 300 Jahre				> 55	6.0	Felssturz möglich
Sehr selten	> 300 Jahre	Felssturz >10'000 m³ mit fragmentierten Einzelblöcken >50 m³					

Tabelle 5-3 Szenarien Buggistäfel

*) Alte Szenarien aus der Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse [2]

Szenarien Plattwald oben

Eintretenswahrscheinlichkeit		Maximale Sturzkörpergrösse				Beurteilung 2014 *)	Bemerkungen
		d1 [m]	d2 [m]	d3 [m]	Vol. [m³]	Vol. [m³]	
Jährlich	0 – 1 Jahre	0.5	0.6	0.8	0.25	-	
Sehr häufig	1 – 10 Jahre	0.8	1.0	1.0	0.8	0.25	
Häufig	10 – 30 Jahre	1.0	1.2	2.0	2.4	0.8	
Mittel	30 – 100 Jahre	2.0	2.5	3.0	15.0	2.4	Felssturz möglich
Selten	100 – 300 Jahre	3.0	4.0	4.2	50.0	12.0	Felssturz möglich
Sehr selten	> 300 Jahre	Felssturz >10'000 m³ mit fragmentierten Einzelblöcken >50 m³					

Tabelle 5-4 Szenarien Plattwald oben

*) Alte Szenarien aus der Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse [2]

Szenarien Plattwald unten

Eintretenswahrscheinlichkeit		Maximale Sturzkörpergrösse				Beurteilung 2014 *)	Bemerkungen
		d1 [m]	d2 [m]	d3 [m]	Vol. [m³]	Vol. [m³]	
Jährlich	0 – 1 Jahre	0.3	0.4	0.4	0.05	-	
Sehr häufig	1 – 10 Jahre	0.4	0.6	0.8	0.2	0.05	
Häufig	10 – 30 Jahre	0.6	0.6	1.1	0.4	0.2	
Mittel	30 – 100 Jahre	0.8	0.8	1.25	0.8	0.4	
Selten	100 – 300 Jahre	1.0	1.0	2.0	2.0	0.8	
Sehr selten	> 300 Jahre	Felssturz >10'000 m³ mit fragmentierten Einzelblöcken >2 m³					

Tabelle 5-5 Szenarien Plattwald unten

*) Alte Szenarien aus der Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse [2]

Szenarien Stutz Felswand

Eintretenswahrscheinlichkeit		Maximale Sturzkörpergrösse				Beurteilung 2014 *)	Bemerkungen
		d1 [m]	d2 [m]	d3 [m]	Vol. [m³]	Vol. [m³]	
Jährlich	0 – 1 Jahre	0.2	0.3	0.3	0.02	-	
Sehr häufig	1 – 10 Jahre	0.4	0.5	0.5	0.1	0.2	
Häufig	10 – 30 Jahre	0.6	0.7	1.0	0.4	0.3	
Mittel	30 – 100 Jahre	1.3	1.0	1.5	2.0	1.2	Felssturz möglich
Selten	100 – 300 Jahre	2.0	2.0	2.5	10.0	6.0	Felssturz möglich
Sehr selten	> 300 Jahre	Felssturz >10'000 m³ mit fragmentierten Einzelblöcken >10 m³					

Tabelle 5-6 Szenarien Stutz Felswand

*) Alte Szenarien aus der Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse [2]

Szenarien Stutz Portal

Eintretenswahrscheinlichkeit		Maximale Sturzkörpergrösse				Beurteilung 2014 *)	Bemerkungen
		d1 [m]	d2 [m]	d3 [m]	Vol. [m³]	Vol. [m³]	
Jährlich	0 – 1 Jahre	0.2	0.3	0.3	0.02	-	
Sehr häufig	1 – 10 Jahre	0.3	0.35	0.5	0.05	0.05	
Häufig	10 – 30 Jahre	0.4	0.6	0.8	0.2	0.2	
Mittel	30 – 100 Jahre	0.8	1.0	1.0	0.8	0.8	
Selten	100 – 300 Jahre	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Sehr selten	> 300 Jahre	Eine Restgefährdung wird ausgeschlossen					

Tabelle 5-7 Szenarien Stutz Portal

*) Alte Szenarien aus der Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse [2]

5.2 Prozess Hochwasser / Murgang

5.2.1 Liefergebiete

Im Einzugsgebiet besteht der Gumpischbach aus zwei Gerinneästen. Der grössere Ast verläuft entlang der Felswand bei den Prozessquellen Stutz Felswand, Buggistäfel und Axenrüti. Der andere Ast hat seinen Ursprung unterhalb der Felswand der Prozessquelle Plattwald oben; er vereinigt sich auf Kote 550 m ü.M. mit dem Gumpischbach (Abbildung 5-2). Weitere kleinere, temporär wasserführende Runsen münden ebenfalls in den Gumpischbach.



Abbildung 5-2 Gerinneäste im Gumpischtal (blaue Linien)

Seit dem Felssturzereignis von 2019 hat sich die Murgangssituation deutlich verändert. Der Hauptunterschied liegt in der Beschaffenheit des Untergrunds und im stark erhöhten Angebot an remobilisierbarem Gesteinsschutt. Seit dem Felssturzereignis besteht der Untergrund im Gerinne nicht mehr aus Fels, sondern überwiegend aus locker gelagertem und nur teilweise flachgründig eingebundenem Gesteinsschutt.

Auf Kote 622 m ü.M. macht der Gumpischbach eine markante Kurve nach orographisch links. An dieser Stelle kann der Bach bei Starkregen das eigentliche Bachbett verlassen und über den Gehängeschutt abfließen.

5.2.2 Ereignisdokumentation

Nach dem Augustunwetter 2005 wurden vorsorglich mehrere hundert Kubikmeter frisch abgelagertes Geschiebe aus dem Gerinne unterhalb der SBB-Brücke entfernt, um eine Verklausung des Brückendurchlasses zu verhindern.

Seit dem Felssturz im Januar 2019 entstanden aus den Ablagerungen heraus zahlreiche Murgänge, welche unter der Axenstrasse und SBB-Brücke hindurch in den See gelangten. Insbesondere zu erwähnen sind die Ereignisse vom 28. Juli, 12. August sowie 2./3. Oktober 2019. Bei letztgenanntem Ereignis wurden rund 22'000 m³ Geschiebe aus den oberen Felssturzaflagerungen mobilisiert und in den mittleren (13'000 m³) und unteren Sturzaflagerungen (4'500 m³) abgelagert. Rund 2'500 m³ Geschiebe wurden unter der Axenstrasse hindurch in Richtung See transportiert.

5.2.3 Vorhandene Schutzbauten

Bei der Mündung des Gumpischbaches in den Urnersee (unterhalb der SBB-Brücke) wurden nach dem Augustunwetter 2005 auf beiden Seiten zwei Leitdämme errichtet (Abbildung 5-3).



Abbildung 5-3: Leitdämme (Pfeile) bei der Gumpischbachmündung in den Urnersee unterhalb der SBB-Brücke, erstellt nach dem Augustunwetter 2005

Nach dem Felssturzereignis von 2019 wurde ein Schutzdamm oberhalb der Axenstrasse, nördlich des Hauptgerinnes des Gumpischbaches erstellt (siehe Abbildung 5-4). Er verläuft in nordöstlich-südwestlicher Richtung von der angrenzenden Felswand bis zum Gerinne und weist eine prozess- bzw. bergseitige

5.2.4 Grundszenarien pro Wiederkehrperiode

T 20210205 N4A GEO Aktualisierte Gefahrenanalyse Gumpisch.docx

Die Szenarien aus [3] wurden überprüft. Da sich das Geschiebefrachtpotential im Gumpischtal seit dem Felssturzereignis von 2019 deutlich geändert hat, wurden die Szenarien wie in der folgenden Tabelle angegeben angepasst.

Szenarien Murgang

Eintretenswahrscheinlichkeit		Beurteilung 2014 *)	Aktuelle Beurteilung 2020
		<i>Q-max [m³/s]</i>	Q-max [m³/s]
Jährlich	0 – 1 Jahre	-	55 - 70
Sehr häufig	1 – 10 Jahre	-	80 - 90
Häufig	10 – 30 Jahre	50	140 - 150
Mittel	30 – 100 Jahre	95	215 – 300
Selten	100 – 300 Jahre	125	540 - 685

Tabelle 5-8: Zusammenfassung der Wasser- und Murgangsszenarien für den Gumpischbach.

*) Alte Szenarien aus der Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse 2014, [2]

6. Wirkungsanalyse Ist-Zustand: Ergebnisse

6.1 Prozess Sturz

Die Ergebnisse der 3D Sturzmodellierungen für den Zustand 1 (Ist-Zustand) für die Grössen Reichweitenwahrscheinlichkeit, kinetische Energie und Sprunghöhe sind in Anhang A dargestellt.

Aufgrund der morphologischen Verhältnisse wird der grösste Teil der Sturzkomponenten aus den Prozessquellen Axenrüti, Buggistäfel und «Plattwald oben» im Gumpischbach kanalisiert. Ein gewisser, signifikanter Teil erreicht den Bereich der Axenstrasse, dies auch ausserhalb der Gumpischbachbrücke. Für die Prozessquellen Axenrüti und Plattwald oben wird die Axenstrasse ab dem 100-jährlichen Ereignis erreicht. Aus der Prozessquelle Buggistäfel wird die Axenstrasse schon ab dem jährlichen Ereignis erreicht. Die Energien liegen im Bereich der zukünftigen Baustelle deutlich über 10'000 kJ und die Sprunghöhen bis zu 12 m.

Aus den Prozessquellen, Plattwald unten, Stutz Felswand und Stutz Portal wird die Axenstrasse mindestens ab dem 30-jährlichen Ereignis erreicht (teilweise schon früher). Die Komponenten gehen mehrheitlich nördlich und südlich des Gumpischbachs nieder. Auf Grund der nur wenig erhöhten Szenarien gegenüber der Beurteilung von 2013 erhöhen sich auch die Modellergebnisse nur wenig.

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse der Modellierungen zusammengefasst.

Die Ausdehnungen der in den Tabellen angegebenen Bereiche «Baustellenperimeter» und «Perimeter Schutzbauten» ist in Abbildung 6-1 ersichtlich. Der «Baustellenperimeter» umfasst die Bereiche für die Baustellen für die Galerie Gumpisch inkl. Baugrube dazu. Der «Perimeter Schutzbauten» umfasst die Bereiche, in welchem die Felsabdeckungen, Steinschlagschutznetze und die neuen Dämme errichtet werden (vgl. Abbildung 7-2).

Szenarien Axenrüti

Eintretenswahrscheinlichkeit		Maximale Sturzkörpergrösse				Beurteilung 2014 *)	Modellergebnisse						Bemerkungen
							Baustellenperimeter			Perimeter Schutzbauten			
		d1 [m]	d2 [m]	d3 [m]	Vol. [m³]	Vol. [m³]	Ph95 [m] **)	E95 [kJ]	v [m/s]	Ph95 [m] **)	E95 [kJ]	v [m/s]	
Jährlich	0 – 1 Jahre	0.5	0.6	0.7	0.2	-							Erreicht den Perimeter nicht
Sehr häufig	1 – 10 Jahre	0.6	0.6	0.85	0.3	0.2							Erreicht den Perimeter nicht
Häufig	10 – 30 Jahre	1.0	1.0	1.2	1.2	0.3							Erreicht den Perimeter nicht
Mittel	30 – 100 Jahre	2.0	2.0	2.5	10.0	1.2	6	> 30'000	40	10	> 30'000	50	Felssturz möglich
Selten	100 – 300 Jahre	3.0	5.0	5.0	75.0	6.0	2	> 30'000	50	8	> 30'000	50	Felssturz möglich
Sehr selten	> 300 Jahre	Felssturz >10'000 m³ mit fragmentierten Einzelblöcken >75 m³											

Tabelle 6-1 Szenarien Sturz Axenrüti

*) Alte Szenarien aus der Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse [2]

**) In der Nähe von Felswänden können die Sprunghöhen deutlich grösser sein
Die angegebenen Sprunghöhen haben ein hohes Mass an Unsicherheit und sind nur indikativ

Szenarien Buggistäfel (Nachbrüche aus der Felswand und Remobilisation aus der Runse)

Eintretenswahrscheinlichkeit		Maximale Sturzkörpergrösse				Beurteilung 2014 *)	Modellergebnisse						Bemerkungen
							Baustellenperimeter			Perimeter Schutzbauten			
		d1 [m]	d2 [m]	d3 [m]	Vol. [m³]		Vol. [m³]	Sprung- höhe [m]	E [kJ]	v [m/s]	Sprung- höhe [m]	E [kJ]	v [m/s]
Jährlich	0 – 1 Jahre	1.4	1.7	2.3	5	-	0-9	3'000	21	0-10	10'000	31	Begründung: Felssturz 2019
Sehr häufig	1 – 10 Jahre	2.2	2.5	3.3	15	0.2	0-10	10'000	20	3-12	30'000	35	Begründung: Felssturz 2019
Häufig	10 – 30 Jahre	3.0	3.3	4.3	35	0.3	0-10	> 30'000	30	0-12	> 30'000	40	Begründung: Felssturz 2019
Mittel	30 – 100 Jahre	3.8	4.0	4.0	55	1.2	0-17	35'000 - 120'000	30	0-23	50'000 - 180'000	45	Begründung: Ereignis 05.05.2020
Selten	100 – 300 Jahre				> 55	6.0	0-15	> 70'000	30	0-12	> 130'000	45	Felssturz möglich
Sehr selten	> 300 Jahre	Felssturz >10'000 m³ mit fragmentierten Einzelblöcken >50 m³											

Tabelle 6-2 Szenarien Sturz Buggistäfel

*) Alte Szenarien aus der Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse [2]
Die angegebenen Sprunghöhen haben ein hohes Mass an Unsicherheit und sind nur indikativ

Szenarien Plattwald oben

Eintretenswahrscheinlichkeit		Maximale Sturzkörpergrösse				Beurteilung 2014 *)	Modellergebnisse						Bemerkungen
							Baustellenperimeter			Perimeter Schutzbauten			
		d1 [m]	d2 [m]	d3 [m]	Vol. [m³]		Vol. [m³]	Ph95 [m] **)	E95 [kJ]	v [m/s]	Ph95 [m] **)	E95 [kJ]	
Jährlich	0 – 1 Jahre	0.5	0.6	0.8	0.25	-							Erreicht den Perimeter nicht
Sehr häufig	1 – 10 Jahre	0.8	1.0	1.0	0.8	0.25							Erreicht den Perimeter nicht
Häufig	10 – 30 Jahre	1.0	1.2	2.0	2.4	0.8							Erreicht den Perimeter nicht
Mittel	30 – 100 Jahre	2.0	2.5	3.0	15.0	2.4	8	30'000	40	10	> 30'000	40	Felssturz möglich
Selten	100 – 300 Jahre	3.0	4.0	4.2	50.0	12.0	2	> 30'000	40	8	> 30'000	50	Felssturz möglich
Sehr selten	> 300 Jahre	Felssturz >10'000 m³ mit fragmentierten Einzelblöcken >50 m³											

Tabelle 6-3 Szenarien Sturz Plattwald oben

*) Alte Szenarien aus der Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse [2]

**) In der Nähe von Felswänden können die Sprunghöhen deutlich grösser sein
Die angegebenen Sprunghöhen haben ein hohes Mass an Unsicherheit und sind nur indikativ

Szenarien Plattwald unten

Eintretenswahrscheinlichkeit		Maximale Sturzkörpergrösse				Beurteilung 2014 *)	Modellergebnisse						Bemerkungen
							Baustellenperimeter			Perimeter Schutzbauten			
		d1 [m]	d2 [m]	d3 [m]	Vol. [m³]	Vol. [m³]	Ph95 [m] **)	E95 [kJ]	v [m/s]	Ph95 [m] **)	E95 [kJ]	v [m/s]	
Jährlich	0 – 1 Jahre	0.3	0.4	0.4	0.05	-							Erreicht den Perimeter nicht
Sehr häufig	1 – 10 Jahre	0.4	0.6	0.8	0.2	0.05	3	300	30	5	300	40	
Häufig	10 – 30 Jahre	0.6	0.6	1.1	0.4	0.2	3	1'000	30	5	10000	40	
Mittel	30 – 100 Jahre	0.8	0.8	1.25	0.8	0.4	3	1'000	40	5	1'000	50	
Selten	100 – 300 Jahre	1.0	1.0	2.0	2.0	0.8	5	3'000	40	7.5	3'000	50	
Sehr selten	> 300 Jahre	Felssturz >10'000 m³ mit fragmentierten Einzelblöcken >2 m³											

Tabelle 6-4 Szenarien Sturz Plattwald unten

*) Alte Szenarien aus der Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse [2]

**) In der Nähe von Felswänden können die Sprunghöhen deutlich grösser sein
Die angegebenen Sprunghöhen haben ein hohes Mass an Unsicherheit und sind nur indikativ

Szenarien Stutz Felswand

Eintretenswahrscheinlichkeit		Maximale Sturzkörpergrösse				Beurteilung 2014 *)	Modellergebnisse						Bemerkungen
							Baustellenperimeter			Perimeter Schutzbauten			
		d1 [m]	d2 [m]	d3 [m]	Vol. [m³]	Vol. [m³]	Ph95 [m] **)	E95 [kJ]	v [m/s]	Ph95 [m] **)	E95 [kJ]	v [m/s]	
Jährlich	0 – 1 Jahre	0.2	0.3	0.3	0.02	-	3	30	30	3	100	30	
Sehr häufig	1 – 10 Jahre	0.4	0.5	0.5	0.1	0.2	3	300	30	3	300	30	
Häufig	10 – 30 Jahre	0.6	0.7	1.0	0.4	0.3	3	1'000	30	5	1'000	40	
Mittel	30 – 100 Jahre	1.3	1.0	1.5	2.0	1.2	5	10'000	50	7.5	10'000	50	Felssturz möglich
Selten	100 – 300 Jahre	2.0	2.0	2.5	10.0	6.0	10	30'000	50	10	>30'000	50	Felssturz möglich
Sehr selten	> 300 Jahre	Felssturz >10'000 m³ mit fragmentierten Einzelblöcken >10 m³											

Tabelle 6-5 Szenarien Sturz Stutz Felswand

*) Alte Szenarien aus der Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse [2]

**) In der Nähe von Felswänden können die Sprunghöhen deutlich grösser sein

Die angegebenen Sprunghöhen haben ein hohes Mass an Unsicherheit und sind nur indikativ

Szenarien Stutz Portal

Eintretenswahrscheinlichkeit		Maximale Sturzkörpergrösse				Beurteilung 2014 *)	Modellergebnisse						Bemerkungen
							Baustellenperimeter			Perimeter Schutzbauten			
		d1 [m]	d2 [m]	d3 [m]	Vol. [m³]	Vol. [m³]	Ph95 [m] **)	E95 [kJ]	v [m/s]	Ph95 [m] **)	E95 [kJ]	v [m/s]	
Jährlich	0 – 1 Jahre	0.2	0.3	0.3	0.02	-	3	30	30	3	30	30	
Sehr häufig	1 – 10 Jahre	0.3	0.35	0.5	0.05	0.05	3	30	30	3	30	30	
Häufig	10 – 30 Jahre	0.4	0.6	0.8	0.2	0.2	3	100	30	3	100	30	
Mittel	30 – 100 Jahre	0.8	1.0	1.0	0.8	0.8	3	1'000	30	3	1'000	30	
Selten	100 – 300 Jahre	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	3	1'000	30	3	1'000	30	
Sehr selten	> 300 Jahre	Eine Restgefährdung wird ausgeschlossen											

Tabelle 6-6 Szenarien Sturz Stutz Portal

*) Alte Szenarien aus der Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse [2]

**) In der Nähe von Felswänden können die Sprunghöhen deutlich grösser sein

Die angegebenen Sprunghöhen haben ein hohes Mass an Unsicherheit und sind nur indikativ

6.2 Prozess Hochwasser / Murgang

6.2.1 Murgangmodellierungen

Basierend auf den durchgeführten Murgangmodellierungen (Fließ- bzw. Ablagerungshöhen sowie Fließgeschwindigkeiten) und ergänzt durch die Erkenntnisse aus den Geländebegehungen wurden die Intensitätskarten für den Zustand 1 (ohne mittlerweile umgesetzten Schutzdamm) ausgeschrieben. Die Intensitätsflächen für das 30- und 100-jährliche Ereignis sind in den folgenden zwei Abbildungen dargestellt.

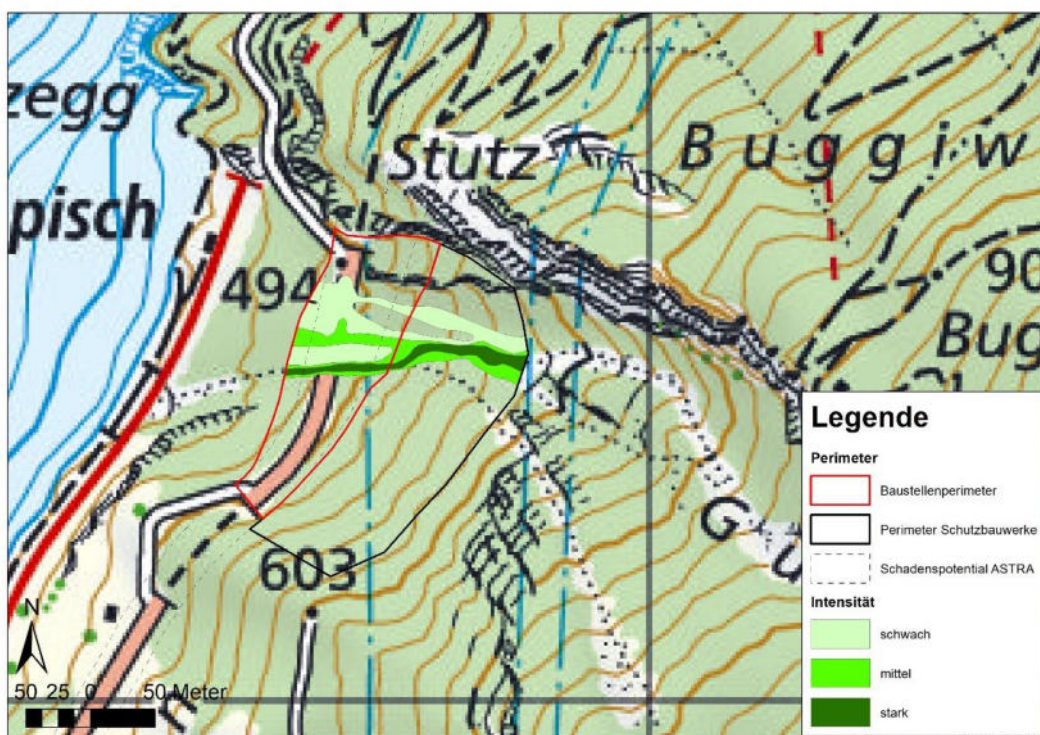


Abbildung 6-1: Intensitätskarte Murgang 30-jährliches Ereignis

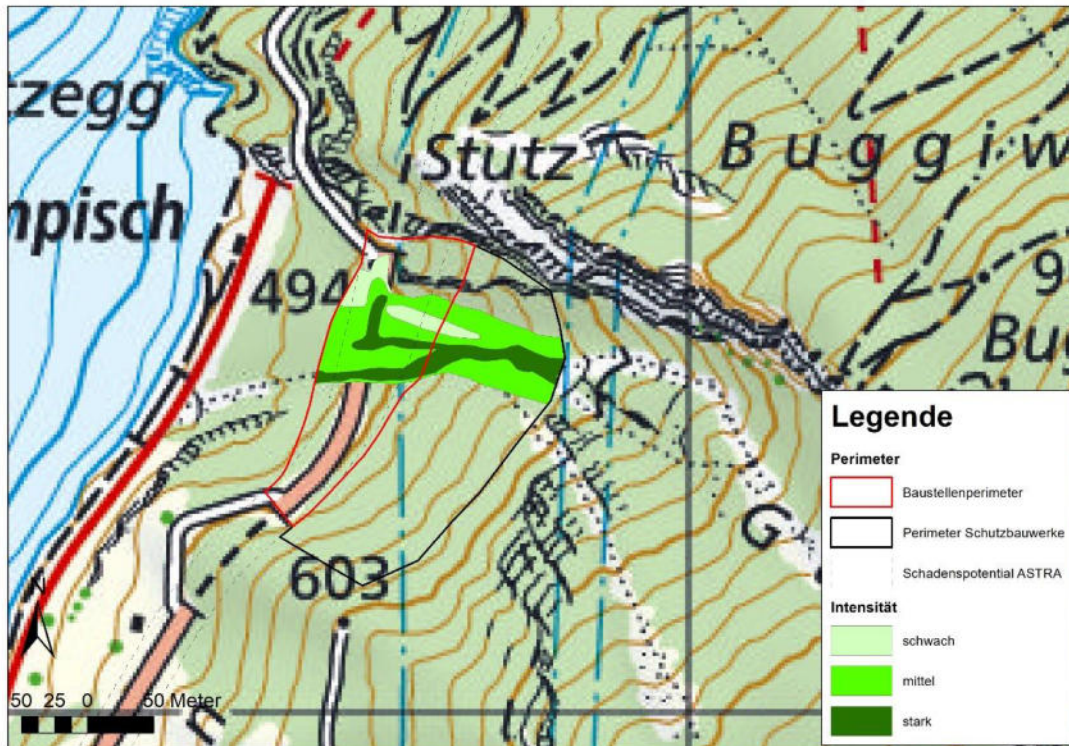


Abbildung 6-2: Intensitätskarte Murgang 100-jährliches Ereignis

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse zusammengefasst. Daraus ist zu entnehmen, dass die Axenstrasse ab dem 10-jährlichen Ereignis vom Prozess Murgang betroffen ist.

Szenarien Murgang

Eintretenswahrscheinlichkeit		Beurteilung 2014 *)	Modellergebnisse					Bemerkungen
		Q_{max} [m³/s]	Fließhöhe [m]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Q-max [m³/s]	Ablagerungshöhe [m]	Energie (dynamische Beanspruchung) [kN/m²]	
Jährlich	0 – 1 Jahre	-	0.3 – 1.5	3 - 6	55 - 70	0	80 - 315	
Sehr häufig	1 – 10 Jahre	-	0.2 – 1.7	2 - 8	80 - 90	0 – 0.6	35 - 560	Verlässt Gerinne
Häufig	10 – 30 Jahre	50	0.1 – 2.5	0.5 - 10	140 - 150	0 – 1.0	2 - 880	Verlässt Gerinne
Mittel	30 – 100 Jahre	95	0.1 – 3.0	0.1 - 11	215 – 300	0 – 2.0	1 – 1'060	Verlässt Gerinne
Selten	100 – 300 Jahre	125	0.1 – 6.0	0.5 – 13	540 - 685	0 – 3.5	2 – 1'490	Verlässt Gerinne

Tabelle 6-7: Zusammenfassung der Wasser- und Murgangsszenarien für den Gumpischbach

*) Alte Szenarien aus der Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse 2012, [2]

7. Massnahmendefinition

Die Massnahmendefinition und -planung wird in enger Zusammenarbeit mit der INGE Axen (Projektverfasser) durchgeführt. Dabei ist für die Baustellenbereiche eine Perimeterbildung der potentiellen Gefährdung angedacht mit dem Ziel, die Gefährdungen durch Massnahmen oberhalb der Baustelle zu reduzieren. Dies soll geschehen durch:

- Massnahmen oberhalb der Galerie Gumpisch (Steinschlagschutznetze, Netzaufdeckungen)
- Kanalisierung der Murgänge und der grossen Blockschlagereignisse
- Durchleitung von Murgängen und grossen Blockschlägen über einen möglichst langen Zeitraum

Durch die Perimeterbildung können nach der Umsetzung von Massnahmen "sichere" Baustellenbereiche für den Voreinschnitt und die Erstellung der Galerie geschaffen werden. Kritisch bleibt in jedem Fall der Bereich des Gerinnes des Gumpischbaches, wo die kanalisierten Prozesse weiterhin auftreten können.

Eine grosse Herausforderung besteht in der Erstellung der nötigen Schutzbauten.

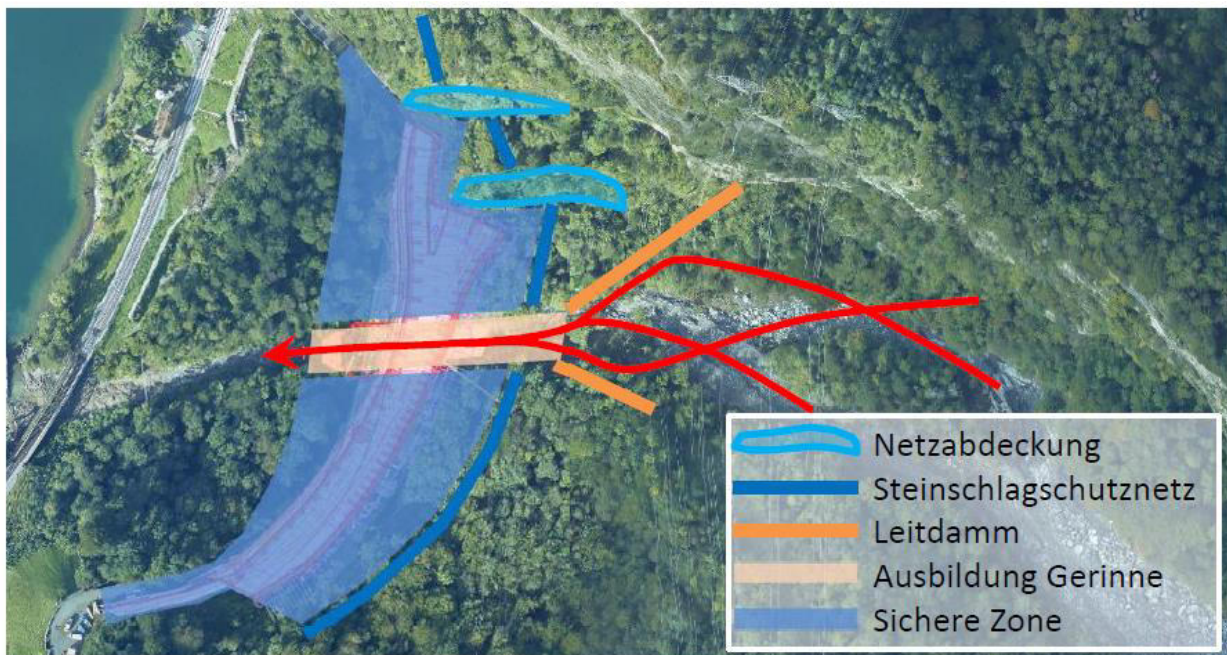


Abbildung 7-1: Konzept der Perimeterbildung (Darstellung: INGE Axen)

Auf Grund der veränderten Gefahrensituation nach dem Felssturz von 2019 sind neu die folgenden Massnahmen erforderlich:

Auf Grund der sehr hohen Energien sind Netzverbauungen im Gerinne des Gumpischbaches nicht möglich. Es bleibt nur die Möglichkeit, die Sturz- und Murgangprozesse so zu kanalisieren, dass sie die Galerie an der vorgesehenen, kanalisierten und verstärkten Stelle überqueren. Dies soll mit zwei bis zu 12 m hohen Leitdämmen bewerkstelligt werden.

Der Bereich der Abflussrinne über der Galerie wird zusätzlich für die Aufnahme der neuen Lasten und Einwirkungen verstärkt.

Der Bereich südlich des Gumpischbaches wird zusätzlich durch die bereits im AP vorgesehenen Steinschlagschutznetze geschützt (Werkreihen Nr. 1 und Nr. 2 in Abbildung 7-2). In diesem Bereich sind keine Anpassungen am bestehenden Projekt vorgesehen.

Die vorhandenen, nach den Ereignissen von 2019 direkt oberhalb der Gumpischbachbrücke erstellten Steinschlagschutznetze und der neue Damm können nicht verwendet werden, da die neue Axenstrasse weiter bergwärts verschoben wird und somit die Netze und der Damm der Baugrube weichen müssen.

Während der Bauphase wird die Baustelle zusätzlich mit Steinschlagschutznetzen und Netzabdeckungen der Felswände oberhalb der Portalbauten gesichert. Die beiden bergseitigen Leitdämme werden vor den Bauarbeiten der Galerie erstellt und dienen somit ebenfalls dem Schutz der Baustelle.

In der Abbildung 7-2 sind die vorgesehenen Massnahmen grob eingezeichnet (vgl. auch Anhang D). Die beiden Leitdämme und die Galerie sind im Höhenmodell in Abbildung 7-3 schematisch dargestellt.

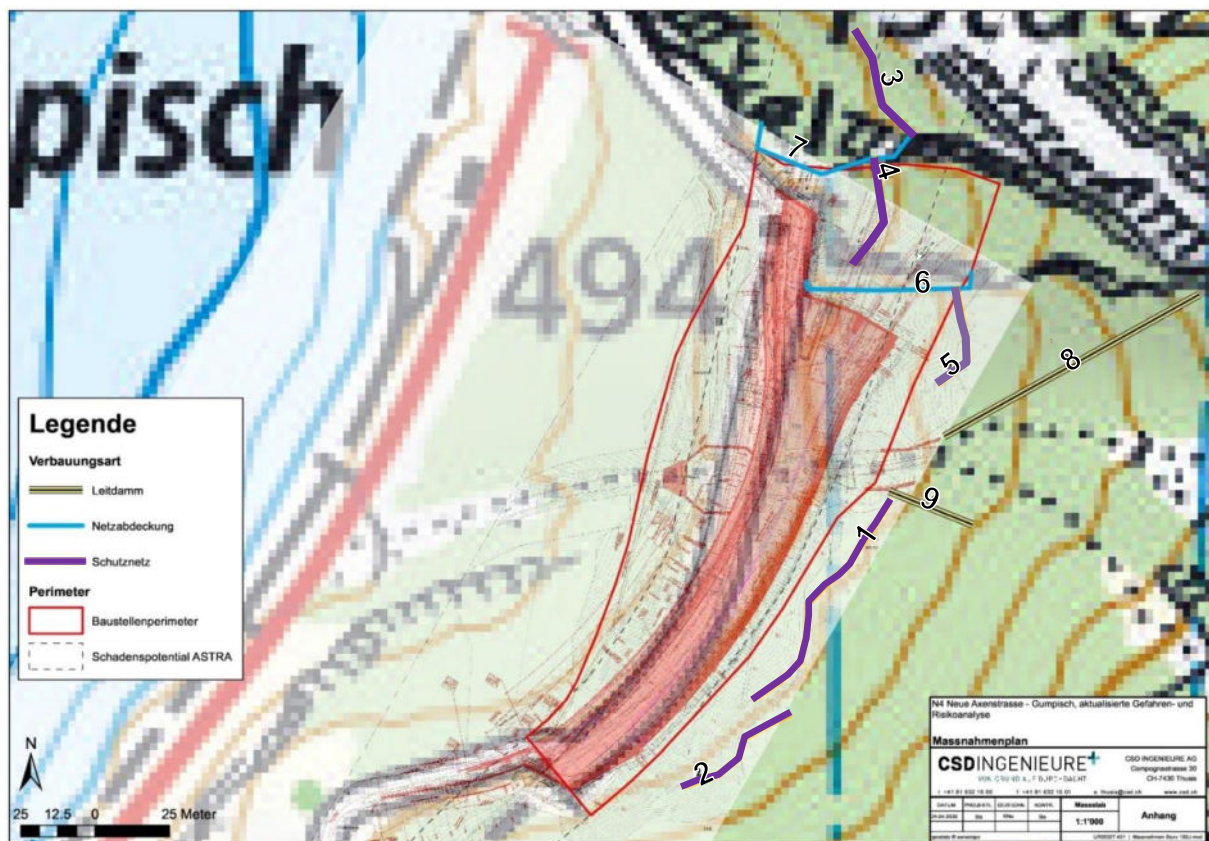


Abbildung 7-2 Massnahmenkonzept (Massnahmen siehe Tabelle 7-1)

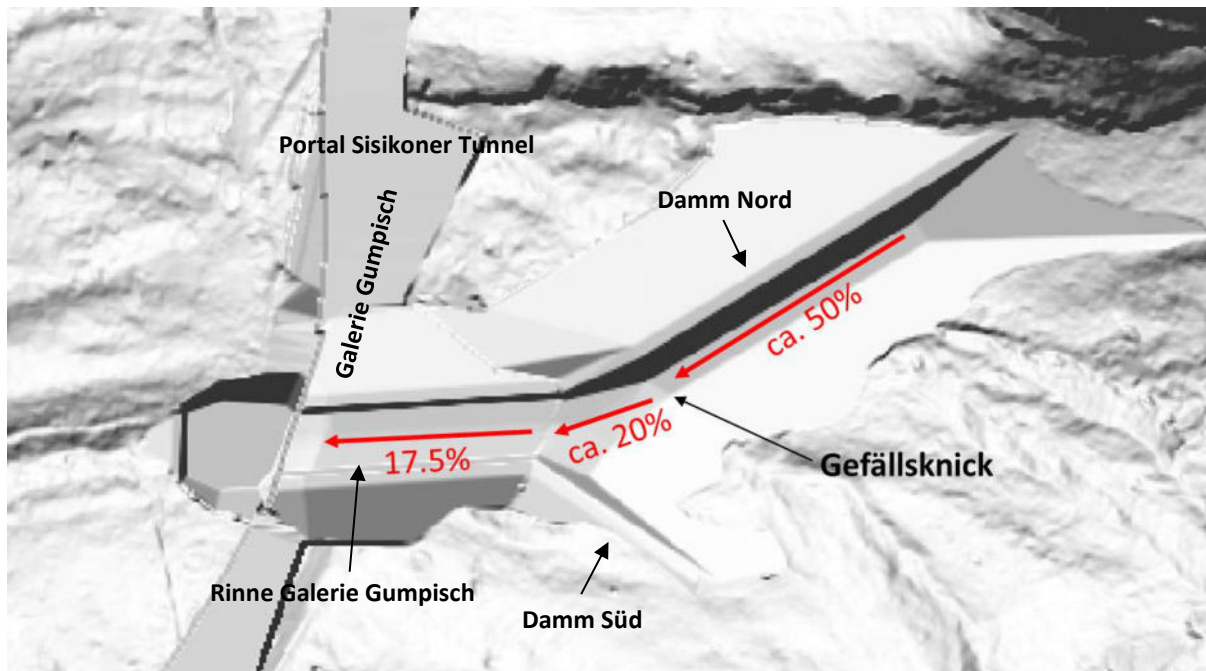


Abbildung 7-3 Schematische Darstellung der neuen Dämme und der Galerie im Höhenmodell (Darstellung als schattiertes Relief) sowie Neigungen im Längsgefälle entlang des Abflusskorridors.

Vordimensionierung Schutzbauten:

Die Schutzgalerie und die Dämme werden von den Projektingenieuren der INGE Axen geplant und dimensioniert. Für die Dimensionierung werden die Bauwerke so bemessen, dass sie einem 100-jährlichen Sturz- oder Murgangereignis standhalten können und die Dämme nicht überflossen bzw. überrollt werden. Die Modellierungsergebnisse dienen als Grundlage für die Dimensionierung.

Der Überlauf über die Galerie ist für die maximal zu erwartende Durchflusswassermenge bei Starkniederschlägen von 300 m³/s und eine maximal zu erwartende Geschiebefracht von 15'000 m³ zu bemessen.

Werkreihe	Art	Energieklasse [kJ]	Länge [m]	Höhe [m]
1	Steinschlagschutznetz	1000	69	5
2	Steinschlagschutznetz	1000	47	5
3	Steinschlagschutznetz	2000	40	5
4	Steinschlagschutznetz	3000	40	5
5	Steinschlagschutznetz	3000	35	5
8	Leitdamm		100	12
9	Leitdamm		30	12
				Fläche [m²]
6	Netzabdeckung			800
7	Netzabdeckung			1500

Tabelle 7-1 Zusammenstellung der Dimensionierungsparameter für die vorgesehenen Massnahmen (ohne Leitdämme)

8. Anmerkungen zum Bauvorgang

8.1 Gefährdungen während der Bauphase durch Naturgefahrenprozesse

Während den Arbeiten an den neuen Bauwerken im Gumpischtal bestehen auf Grund der erhöhten Exposition der Baustellen Gefährdungen aufgrund von Naturgefahren. Viele Ereignisgrössen aus zahlreichen Prozessquellen können die diversen Baustellen gefährden. Besonders exponiert sind die Arbeiten der Rodungen, der Erstellung der neuen Leitdämme und der Steinschlagnetze sowie die Arbeiten am temporären Gerinne im Baustellenbereich.

Zudem muss für den Bau der neuen Leitdämme der bestehende Damm hinterfüllt und die neue Konstruktion darauf aufgebaut werden. Während diesen Arbeiten ist teilweise die Wirksamkeit des bestehenden Damms im Hinblick auf den Betrieb der Axenstrasse nicht mehr gegeben. Die Vorwarnzeiten hauptsächlich für Sturzereignisse, die diesen Baustellenbereich erreichen können, sind kurz und können mit denen, die für den Bau des bestehenden Leitdamms zu Grunde gelegt worden sind, verglichen werden.

Murgangereignisse können bis zu einem gewissen Grad vorhergesehen werden, da sie in der Regel mit vorangehenden Regenfällen verbunden sind. Um Personenschäden und grösseren Sachschaden zu vermeiden, muss mit organisatorischen Massnahmen dafür gesorgt werden, dass die gefährdeten Baustellenbereiche rechtzeitig eingestellt und geräumt werden.

Nach Erstellung der Schutzbauten (Leitdämme und Steinschlagnetze) bestehen gesicherte Baustellenbereiche. Die Erstellung des Voreinschnittes und die Galeriebauten nördlich und südlich des temporären Gerinnes können somit im Schutze der Massnahmen erstellt werden.

Die kanalisierte Abflussrinne des Gumpischbaches kann für Bauarbeiten nicht abschliessend gesichert werden. Insbesondere bei der Erstellung der Fahrbahnplatte und der Galeriedecke mit Abflussrinne im Bereich des Gumpischbaches ist davon auszugehen, dass teilweise Blöcke und Murgänge im Bereich der kanalisierten Rinne im Baustellenperimeter abgelagert werden können.

8.2 Organisatorische Massnahmen Bauphase

Auf Grund der neuen Ausgangslage seit den Ereignissen 2019 und der erhöhten Aktivität im Gumpischtal durch Blockschläge und Murgänge stellt die Gewährleistung der Baustellensicherheit eine grosse Herausforderung dar. Besonders kritisch ist dabei die Erstellung der Ablenkdamme und der Steinschlag-schutzverbauungen und ebenfalls die Erstellung der Hilfsbrücke. Sobald die Schutzmassnahmen umgesetzt sind, können grosse Teile der Arbeiten im Schutze dieser Bauwerke ausgeführt werden. Arbeiten im Bereich des kanalisierten Gerinnes – insbesondere die Erstellung der Fahrbahnplatte und des Galeriedaches in diesem Bereich – bedürfen einer erhöhten Aufmerksamkeit, wobei diese Arbeiten lediglich wenige Monate dauern und die Fluchtwege kürzer sind.

Für die Gewährleistung der Arbeitssicherheit in diesem Umfeld erfordert dies spezifische Massnahmen während der Bauzeit, die noch detailliert betrachtet und ausgearbeitet werden müssen. Die zwei hauptsächlichen Massnahmen sind dabei einerseits vorsorgliche Baustellenschliessungen bei kritischen Bedingungen, aber vor allem das Monitoring und die Alarmierung vor eintretenden Prozessen. Dabei sind die Erfahrungen und das Prozessverständnis, welche sich seit dem Ereignis 2019 im Gumpischtal gesammelt werden konnten, in einem iterativen Prozess einfließen zu lassen. Diese beiden Massnahmen-Instrumente werden gesteuert durch ein Expertengremium, welches fortlaufend die Situation analysiert, Daten auswertet und über die Freigabe von definierten Baustellenperimetern entscheidet. Das genaue

Vorgehen für die Gewährleistung der Verkehrs- und Baustellensicherheit während der Ausführung wird in einem Sicherheitskonzept Naturgefahren detailliert festgelegt und definiert.

Vorsorgliche Baustellenschliessungen

Die Wahrscheinlichkeit für die Entstehung von Hochwasser-, Murgang- und Hangmurenprozessen ist nach ergiebigen Niederschlägen und starken Gewittern am höchsten. Bei Erreichen/Überschreitung von definierten Grenzwerten (Niederschlagsmengen) oder bei generell ungünstigen Verhältnissen (starker Wind, Frost-Tauzyklen, welche Sturzereignisse begünstigen, oder bei starkem Schneefall wegen Lawinen) wird die ganze Baustelle eingestellt oder fallweise werden gefährdete Bereiche davon vorsorglich geräumt.

Überwachungs- und Alarmierungssystem

Das Überwachungs- und Alarmierungssystem muss weiter im Detail ausgearbeitet werden. Es wird sich jedoch stark an das jetzige System, welches im Gumpischthal zurzeit installiert ist und den Betrieb der Axenstrasse sicherstellt, anlehnen. Das System ist ausgelegt auf die Detektion von Ereignissen. Werden gewisse Kriterien erfüllt und Grenzwerte überschritten, wird die Ampelanlage an der Axenstrasse auf Rot gestellt. Für die Bauzeit müssen zusätzlich Baustellenbereiche und darin befindliche Personen gewarnt und alarmiert werden.

9. Massnahmenwirkung Endzustand

9.1 Prozess Sturz

Die Resultate der 3D Sturzmodellierungen für den Endzustand (Zustand 3, mit Leitdämmen, mit Galerie) finden sich in Anhang E.

Buggistäfel ist auf Grund der grösseren Blockgrösse die massgebende Prozessquelle. Die Sturzkörper werden beim 100-jährlichen Ereignis von den Leitdämmen in das Gerinne des Gumpischbachs kanalisiert, wo sie z.T. abgelagert oder teilweise über die Galerie geleitet werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Damm überrollt bzw. übersprungen wird, liegt bei < 2%.

9.2 Prozess Hochwasser / Murgang

Modelliert wurde der Endzustand, d.h. unter Berücksichtigung von zwei bis zu 12 Meter hohen Leitdämmen bergseits oberhalb der Galerie und der Galerie selber. Es wurde eine Simulation für das 100-jährliche Ereignis durchgeführt, d.h. mit einer Geschiebefracht von 15'000 m³. Die Geschiebefracht wurde in einem Schub modelliert, was eher einem pessimistischen Szenario entspricht, angesichts der hohen Prozessunsicherheiten aber als gerechtfertigt erscheint.

Mit der Murgangmodellierung wurde überprüft, ob die Schutzwirkung der geplanten Schutzbauwerke bei einem 100-jährlichen Ereignis ausreichend ist. Ziel der Leitdämme ist, dass die Murgänge schadlos über die Galerie abfliessen können, ohne dass es zu Ausuferungen kommt.

In Abbildung 9-1 sind die Ergebnisse der Modellierung dargestellt.

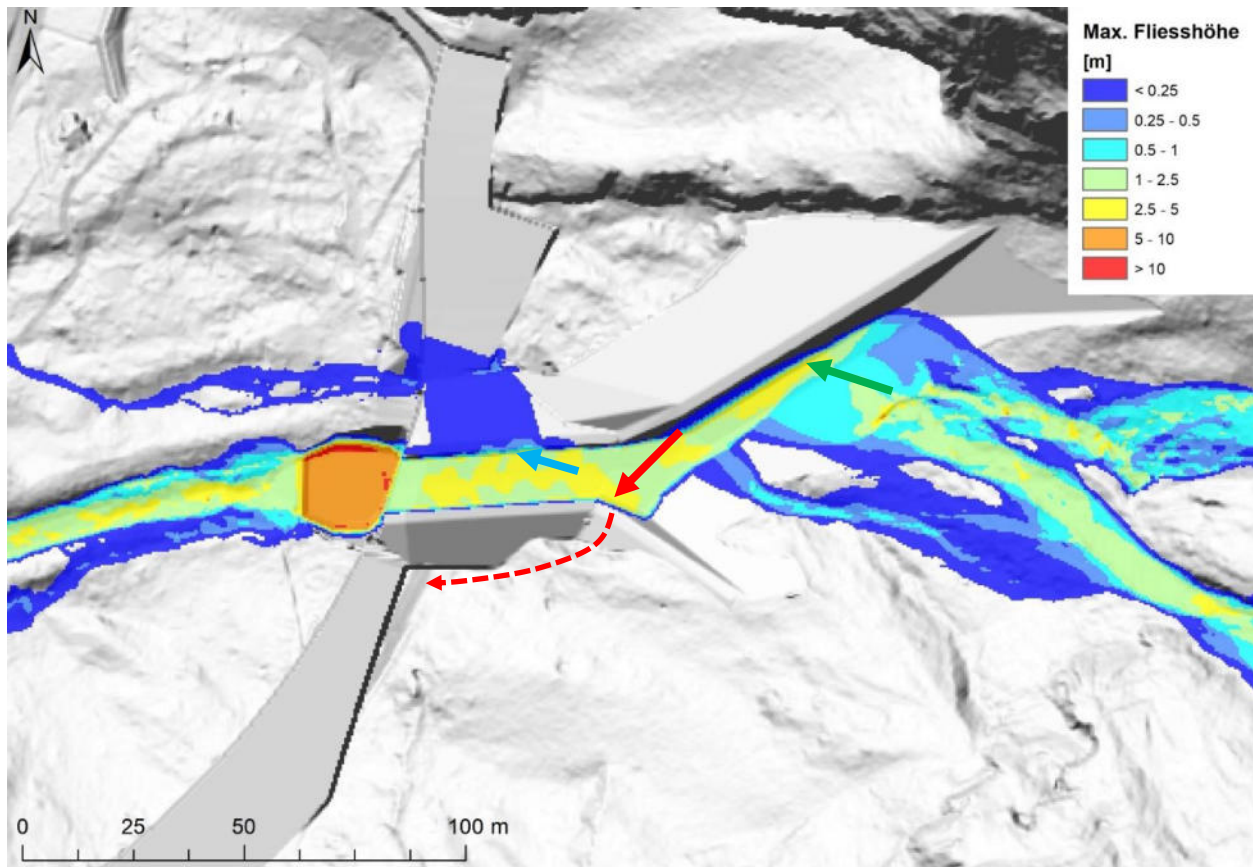


Abbildung 9-1 Ergebnisse der Murgangsimulation für den Zustand 3 (Endzustand) für ein 100-jährliches Ereignis

Ergebnisse der Modellierung im Bereich des grünen Pfeiles (Damm Nord: siehe Abbildung 9-1):

- Fließhöhen bis 4 m
- Stauhöhe bei Anprall ca. 4 m (infolge sehr hoher Fließgeschwindigkeiten)
- Dammhöhe ca. 10 m
- Aufgrund des hohen Längsgefälles im Abflussskanal bergseitig des Leitdammes (ca. 50 %) sind keine massgebenden Geschiebeablagerungen zu erwarten.

➤ Kein Überströmen zu erwarten.

Ergebnisse der Modellierung im Bereich des roten Pfeiles (Damm Süd, Übergang zu Galerie: siehe Abbildung 9-1):

- Fließhöhen bis 3.5 m, Stauhöhe bei Anprall bis zu 1.5 m
- Geschiebeablagerungen aufgrund von Gefällsreduktion (ca. 20 %) sowie hydraulisch ungünstigem Anströmen des gegenüberliegenden Leitdammes sind möglich.
- Dammhöhe ca. 5 m

➤ Überschwappen von wenig Geschiebe / einzelnen Blöcken möglich (rot gestrichelter Pfeil).

Ergebnisse der Modellierung im Bereich des blauen Pfeiles (Abflusssrinne Übergang Galerie: siehe Abbildung 9-1):

- Der hydraulisch ungünstige Fliessweg beim Einlauf zum Galeriekanal (roter Pfeil) führt gemäss den durchgeführten Murgangmodellierungen zu einer Ablenkung des Fliessweges auf die gegenüberliegende, nördliche Kanalwand hin.
 - Fliesshöhen bis 3.0 m (rechtsseitig), Energiehöhe ca. 1.5 – 2.0 m
 - Höhe Abflusskanal ca. 2.80 – 3.60 m
- Überströmen von Geschiebe und Blöcken möglich.

9.3 Diskussion der Resultate

9.3.1 Prozess Sturz

Allfällige Sturzblöcke werden von den Ablenkdämmen kanalisiert, rollen und springen über das Galeriedach in das darunterliegende Tosbecken und allenfalls in das darunter gelegene Bachbett. Dadurch wird die Gefährdung durch Sturzprozesse von der Axenstrasse bis zu einem Szenario mit Wiederkehrperiode 100 Jahre (Einzelblöcke) abgewiesen.

Nördlich und südlich der Rinnenquerung des kanalisierten Gumpischbaches werden Sturzblöcke zusätzlich durch Steinschlagnetze zurückgehalten, so dass auch diese Bereiche bis zum 100-jährlichen Ereignis geschützt sind.

Bei einem Felssturz (Überlastfall, > 100-jährliches Ereignis) werden die Schutzdämme teilweise hinterfüllt und können von Blöcken übersprungen werden. Die Energien und Kräfte auf das Galeriedach und die Leitdämme sind so hoch, dass das Galeriedach beschädigt oder sogar durchschlagen bzw. die Leitdämme übersprungen werden können.

9.3.2 Prozess Hochwasser / Murgang

Der Schutzdamm oberhalb der Galerie ist ausreichend hoch dimensioniert für ein 100-jährliches Murgangereignis. Geschiebeablagerungen (Auflandungen) beim Gefällsknick (siehe Abbildung 7-3) können hingegen nicht ausgeschlossen werden. Die Fliesswege oberhalb des Galeriekanals sind zudem ungünstig: Das direkte Anströmen des südlichen Leitdammes hat eine Ablenkung zur gegenüberliegenden Kanalwand zur Folge. Dadurch sind Ausuferungen mit Geschiebeablagerungen und einzelnen Blöcken bis auf das Galeriedach möglich. Des Weiteren führt das direkte Anströmen bzw. der direkte Anprall zu hohen Fliessdrücken (u.a. bei der Abflussrinne/Wanne), welche für die Dimensionierung der Massnahmen entsprechend zu berücksichtigen sind.

10. Fazit

Nach der Aktualisierung der Naturgefahrenszenarien im Gumpischthal auf Grund des Felssturzereignisses im Januar 2019 wird dieses mit rund 80'000 m³ Sturzvolumen einem 100-jährigen Ereignis zugeordnet. Ebenfalls wird das Blockschlagereignis im Mai 2020 (55 m³ bis unterhalb Gumpischbachbrücke) einem 100-jährigen Ereignis zugeordnet, dies aufgrund der Blockgrössen und der Auftretenshäufigkeit in der Vergangenheit. Die Klassifizierung der Ereignisse sind Schätzungen und beruhen auf Wahrscheinlichkeitsrechnungen, d.h. 100-jährige Ereignisse könnten trotzdem in näherer Zukunft erfolgen.

Die aktuellen Untersuchungen und Modellierungen aufgrund der seit dem Felssturz 2019 veränderten Ausgangslage haben in den vorliegenden Ergebnissen gezeigt, dass mit entsprechenden Massnahmen und Anpassungen am Projekt die Neue Axenstrasse im Bereich Gumpischthal auch mit der neuen und verschärften Naturgefahrensituation realisierbar sein dürfte. Mit den vorgeschlagenen Ablenkdammen und einer Verstärkung der Galerie im Bereich der Abflussrinne ist es möglich, die Neue Axenstrasse gegen Sturz- und Murgangereignisse bis zu 100-jährlichen Ereignissen zu schützen.

Eine spezielle Herausforderung ist die Gewährleistung der Arbeitssicherheit auf den Baustellen bei der Erstellung der Schutzdämme. Im veränderten und zur Zeit sehr aktiven Umfeld des Gerinnes des Gumpischbaches ist während der gesamten Bauzeit mittels einer intensiven Überwachung und durch organisatorische Massnahmen die Baustellensicherheit jederzeit zu gewährleisten. Die Massnahmen müssen bei der weiteren Projektierung noch im Detail ausgearbeitet werden. Die bestehenden Resultate und weitere Beobachtungen im Gebiet sind zusammenzustellen, auszuwerten und die Massnahmen für die Baustellensicherheit darauf abzustimmen.

Die Sicherheitsmassnahmen werden sich auf die Bauzeit und die Kosten auswirken.

CSD INGENIEURE AG

Dr. Alessio Menegatti	Stefan Schneider
Dipl. Geologe ETH / CHGEOL	Dipl. Natw. ETH; Geologe

Altdorf, den 05. Februar 2021

Beteiligte Firmen:

CSD INGENIEURE AG	Gesamtprojektleitung, Bearbeitung Prozess Sturz, Berichterstattung
Louis Ingenieurgeologie GmbH:	Szenarien Prozessquellen Plattwald oben und unten
Geotest AG:	Szenarien und Modellierungen Prozessquelle Sturz Buggistäfel, Modellierungen Murgang

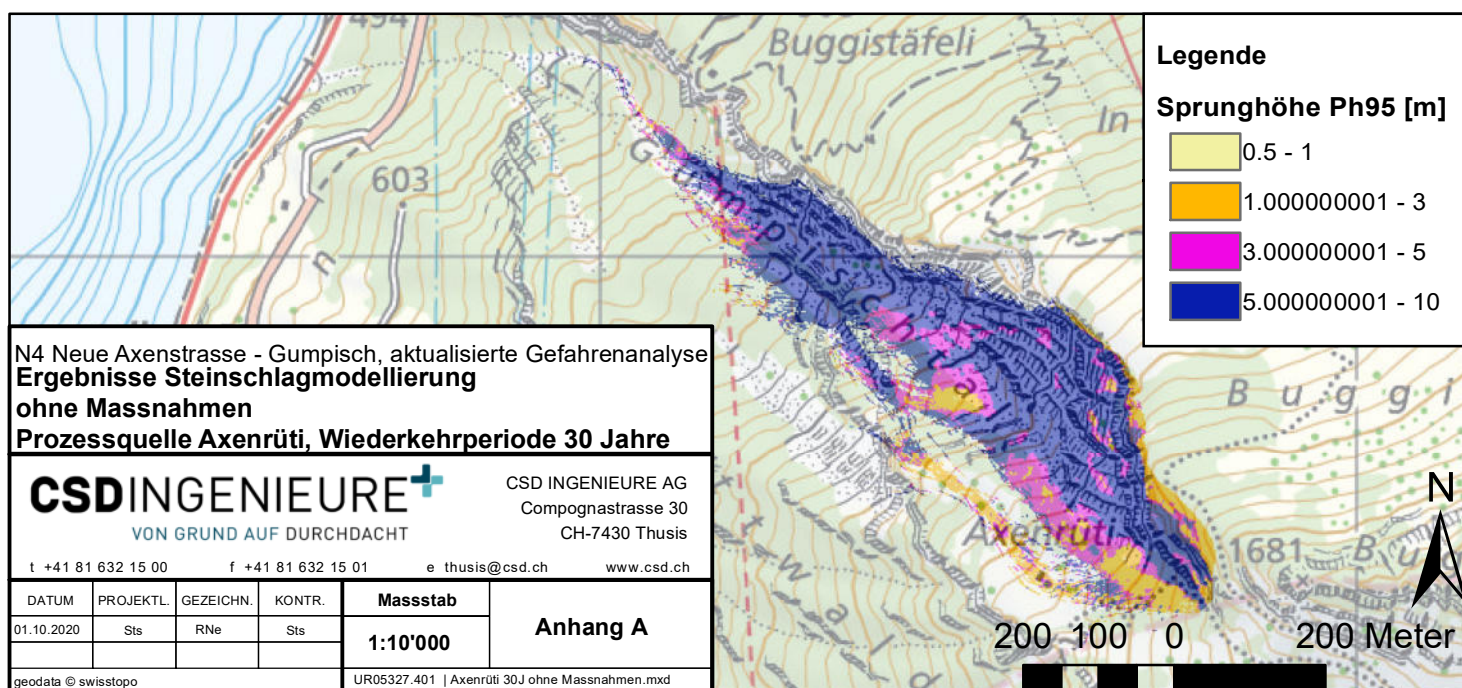
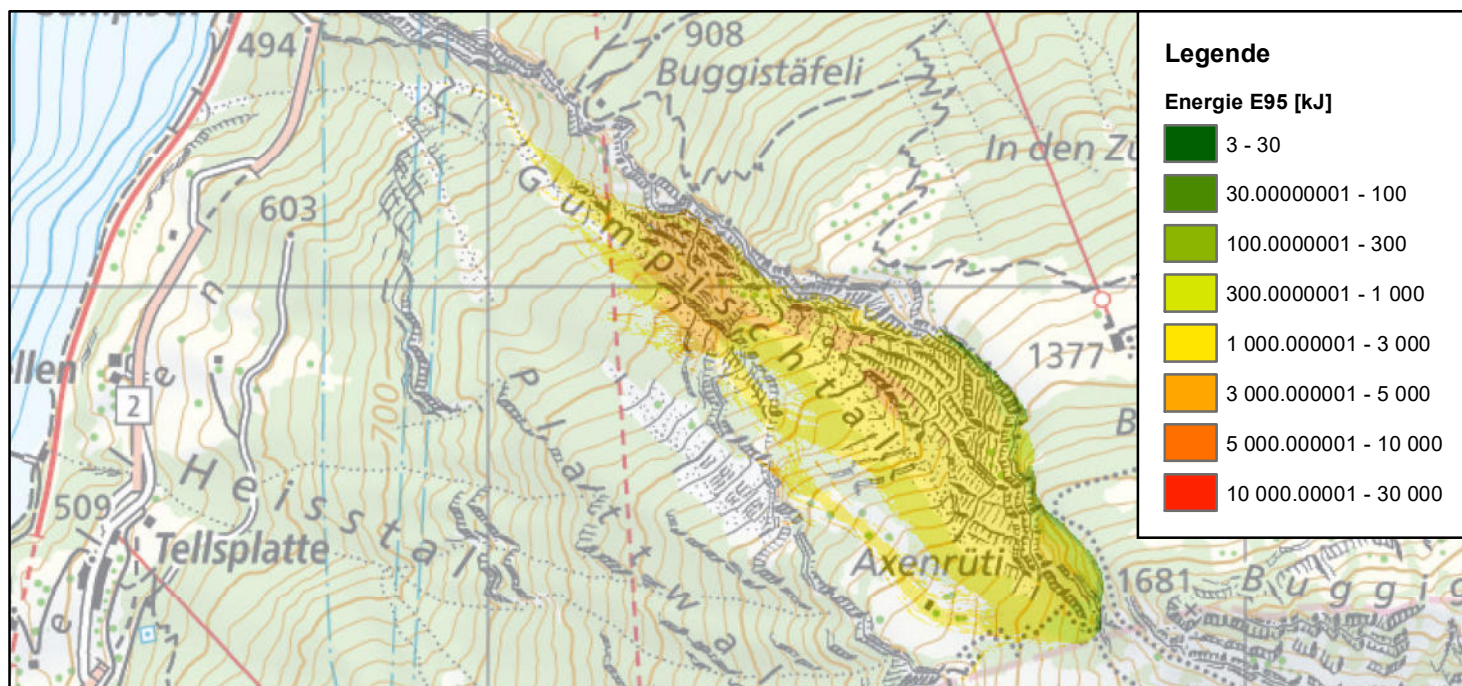
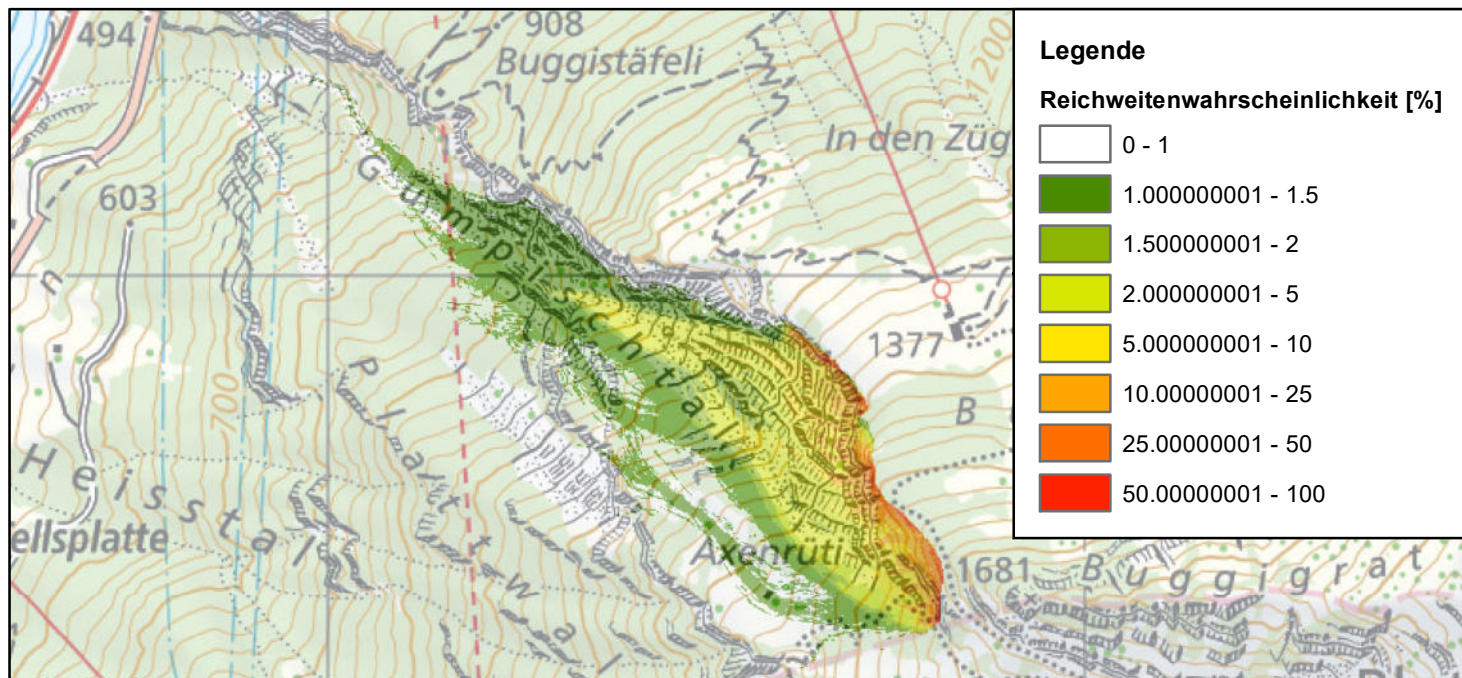
Beteiligte Mitarbeitende:

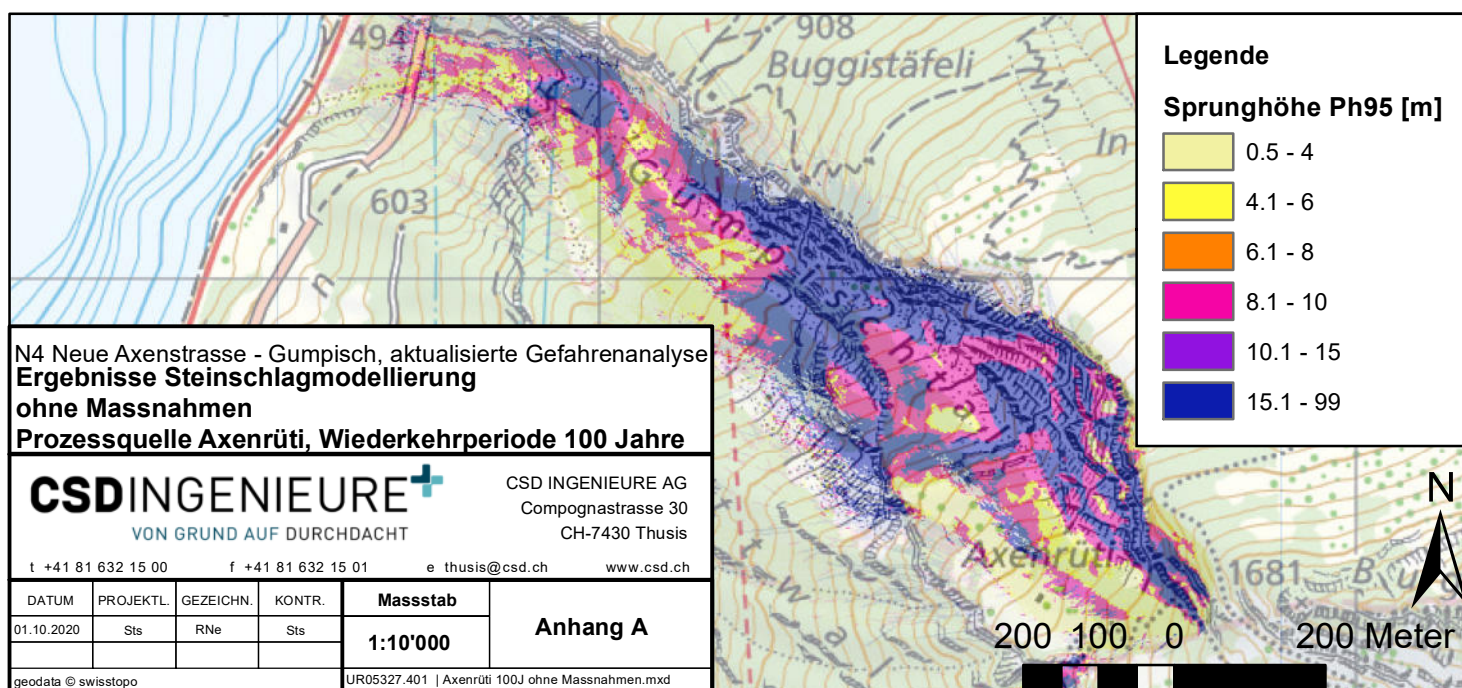
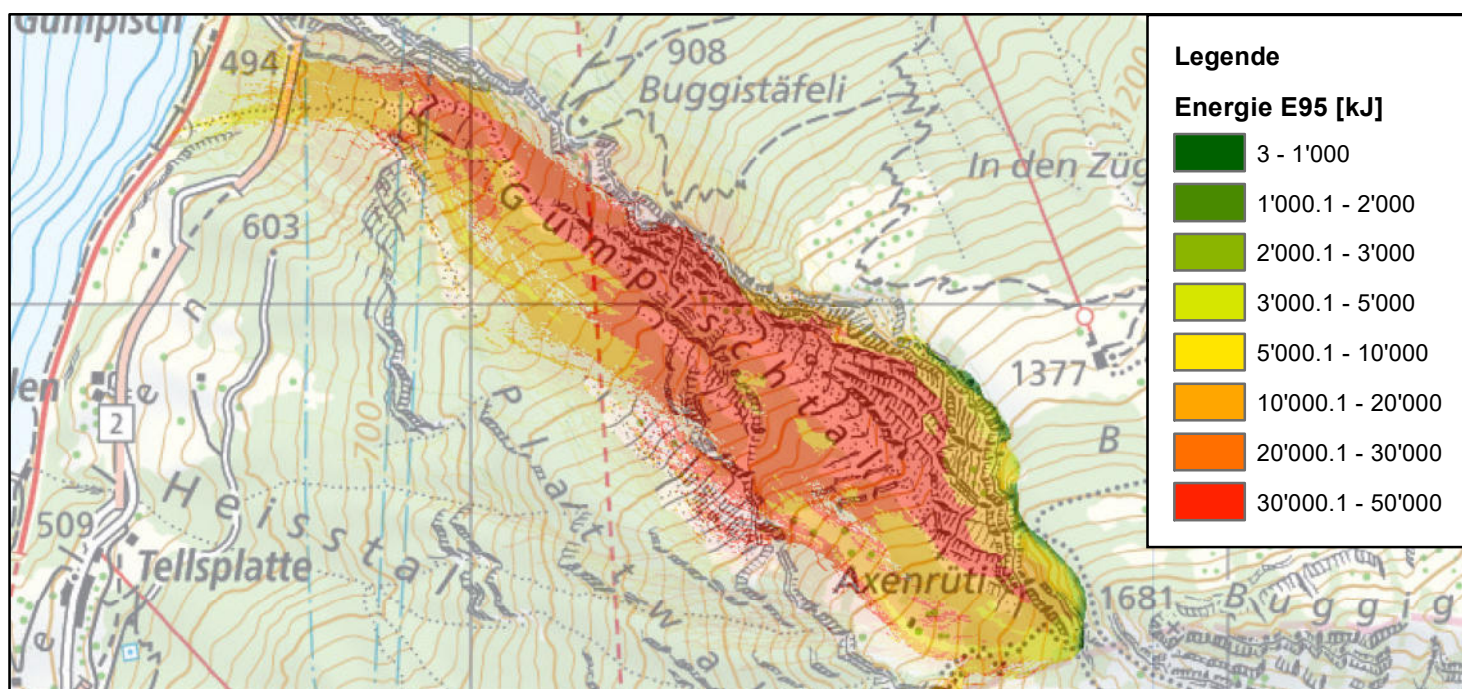
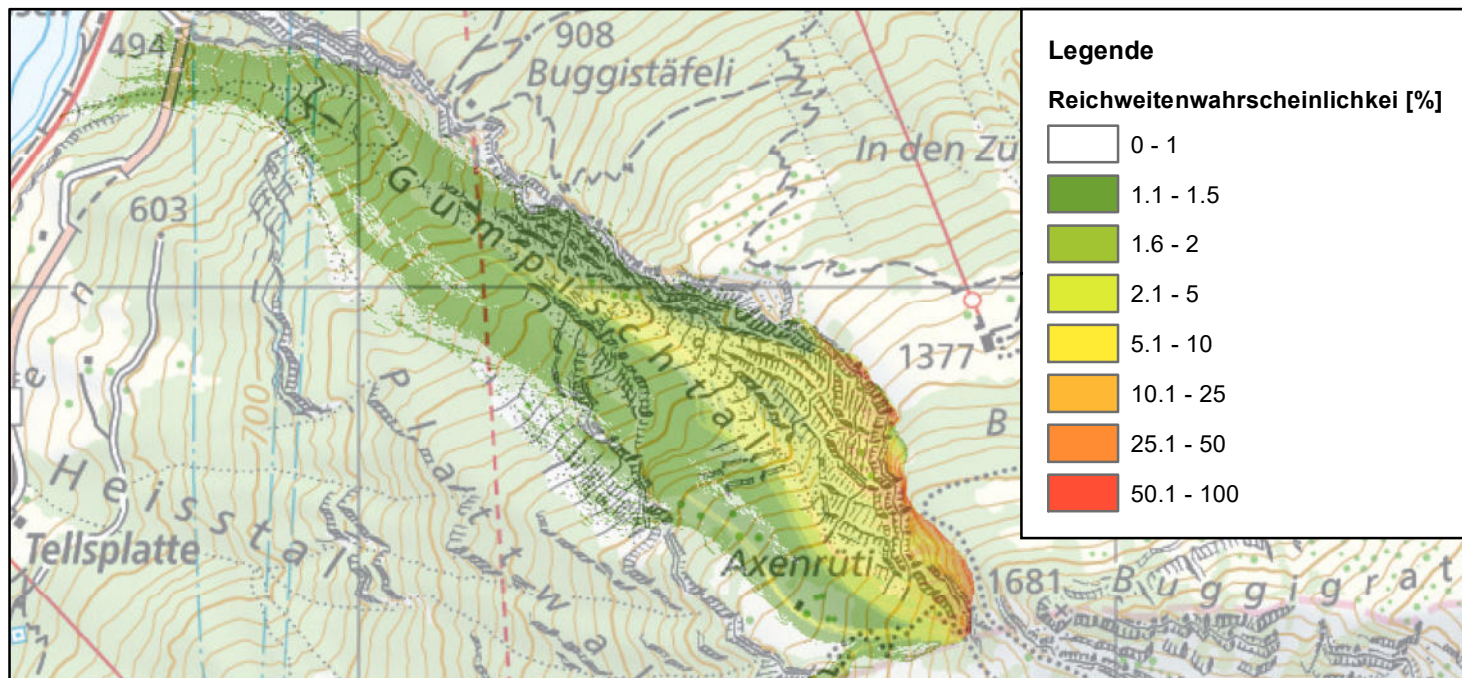
Projektleitung:	Stefan Schneider, Dipl. Natw. ETH; Geologe (CSD INGENIEURE AG)
Geologie:	Rolf Nerz, Dipl. Geologe Uni Freiburg i. Br. (CSD INGENIEURE AG) Dr. Klaus Louis, Dipl. Geologe (Louis Ingenieurgeologie GmbH) Dr. Markus Liniger, Dipl. Geologe (Geotest AG)
Wasser / Murgang:	Thomas Scheuner, Dipl. Geograph (Geotest AG)
Korreferat:	Dr. Alessio Menegatti, Dipl. Geologe ETH / CHGEOL (CSD INGENIEURE AG)

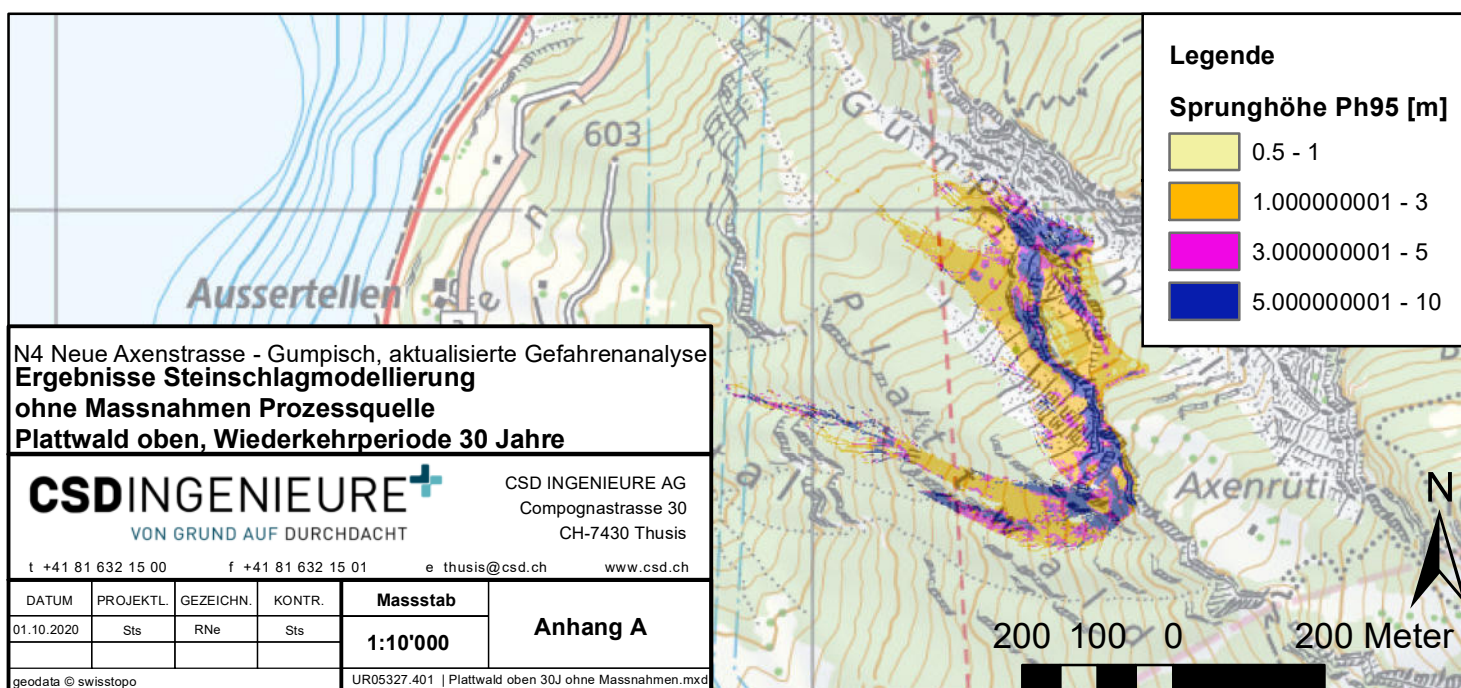
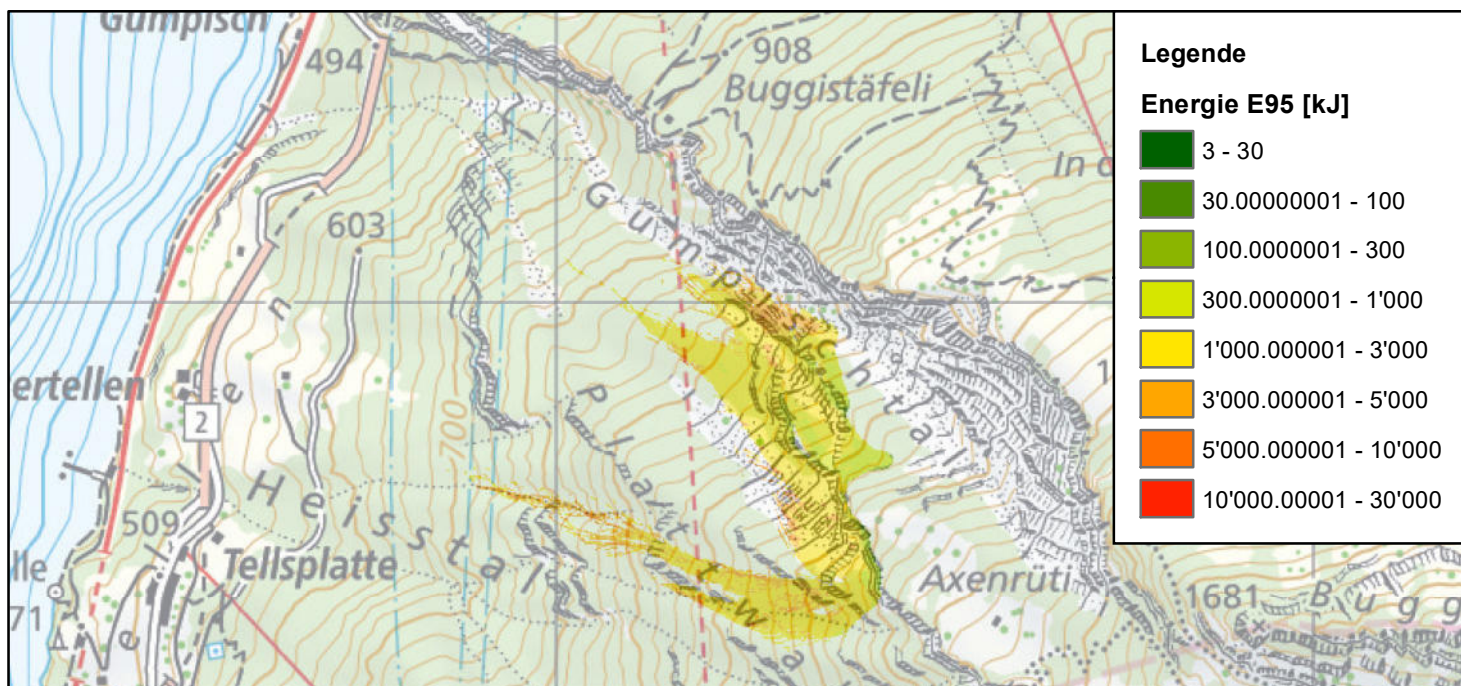
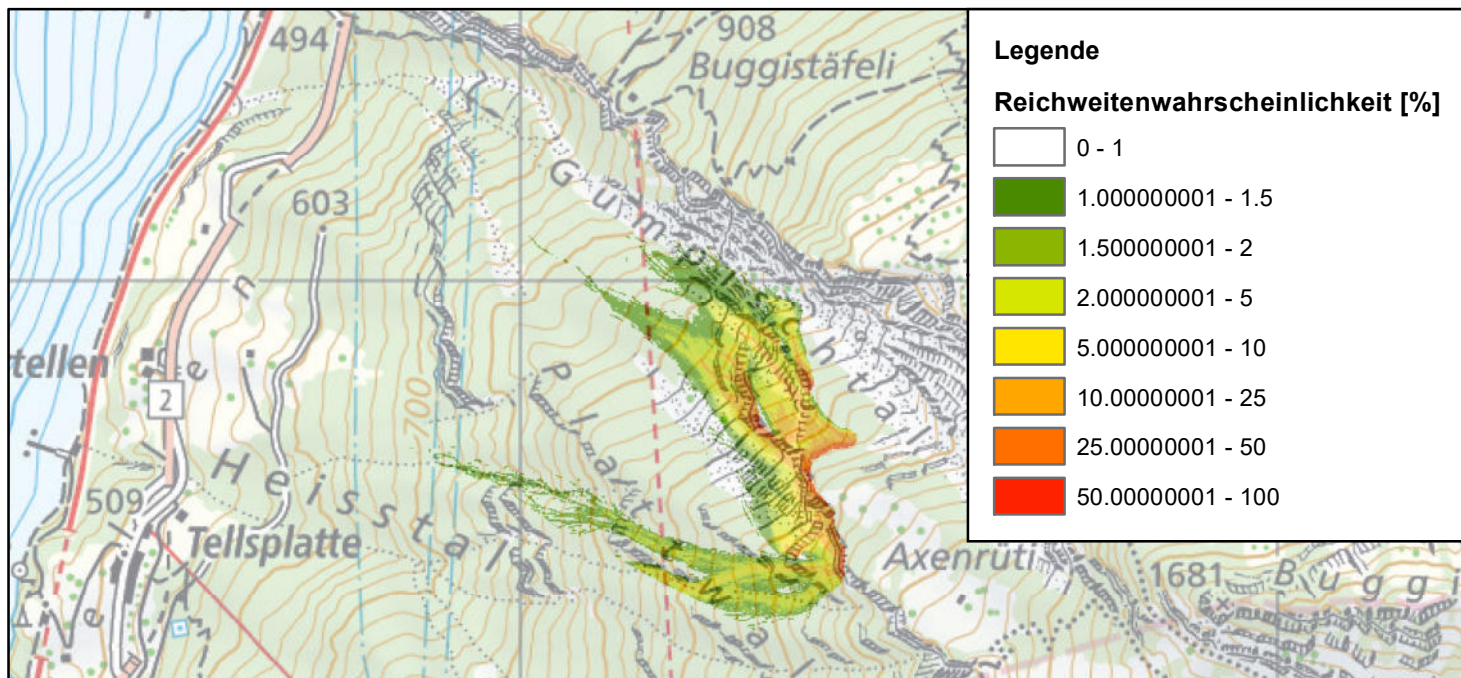
ANHANG A

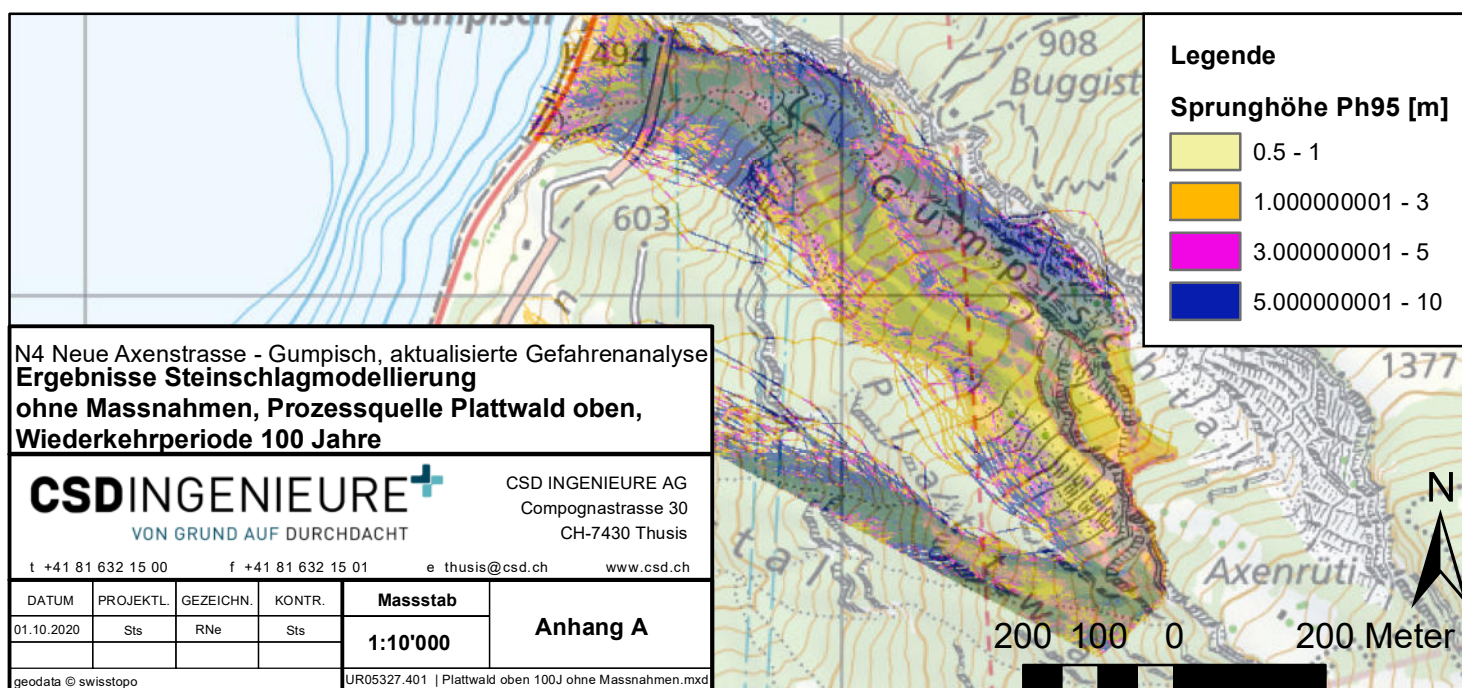
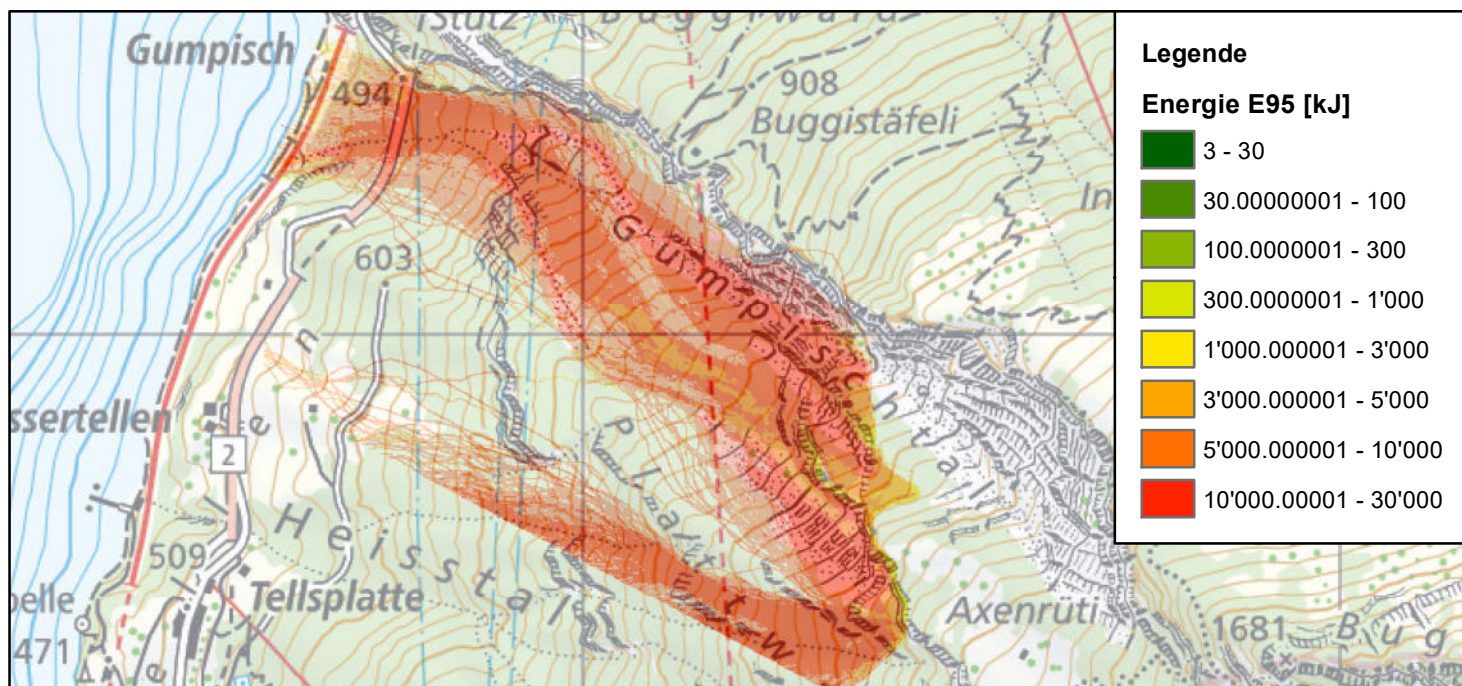
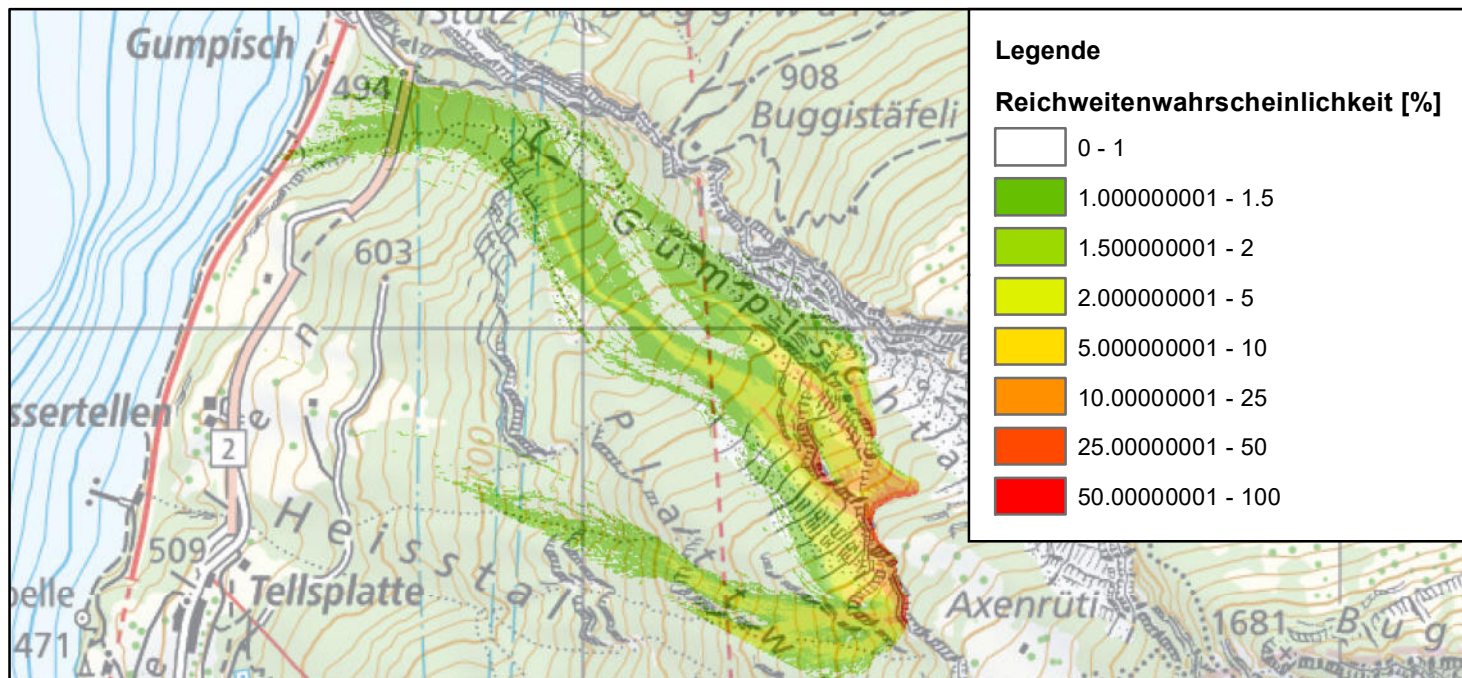
Steinschlagsimulationen 3D vor Massnahmen

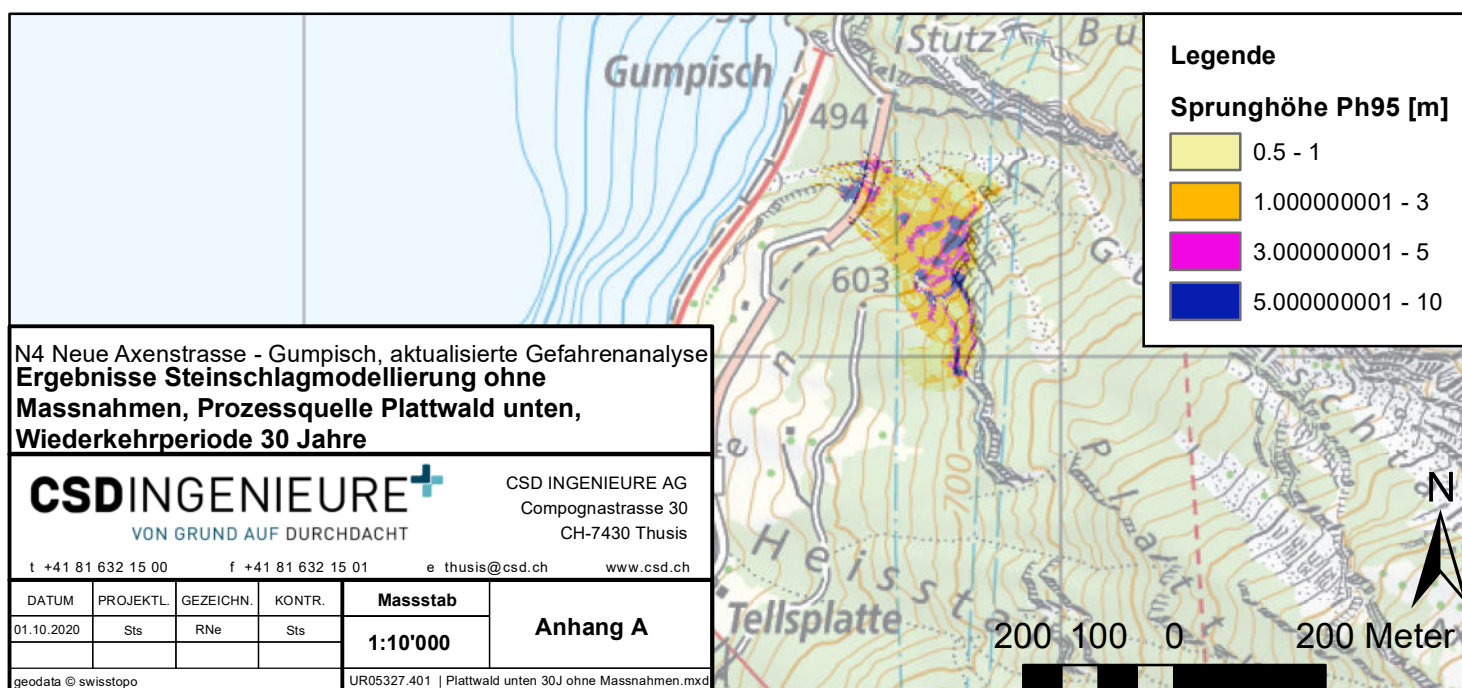
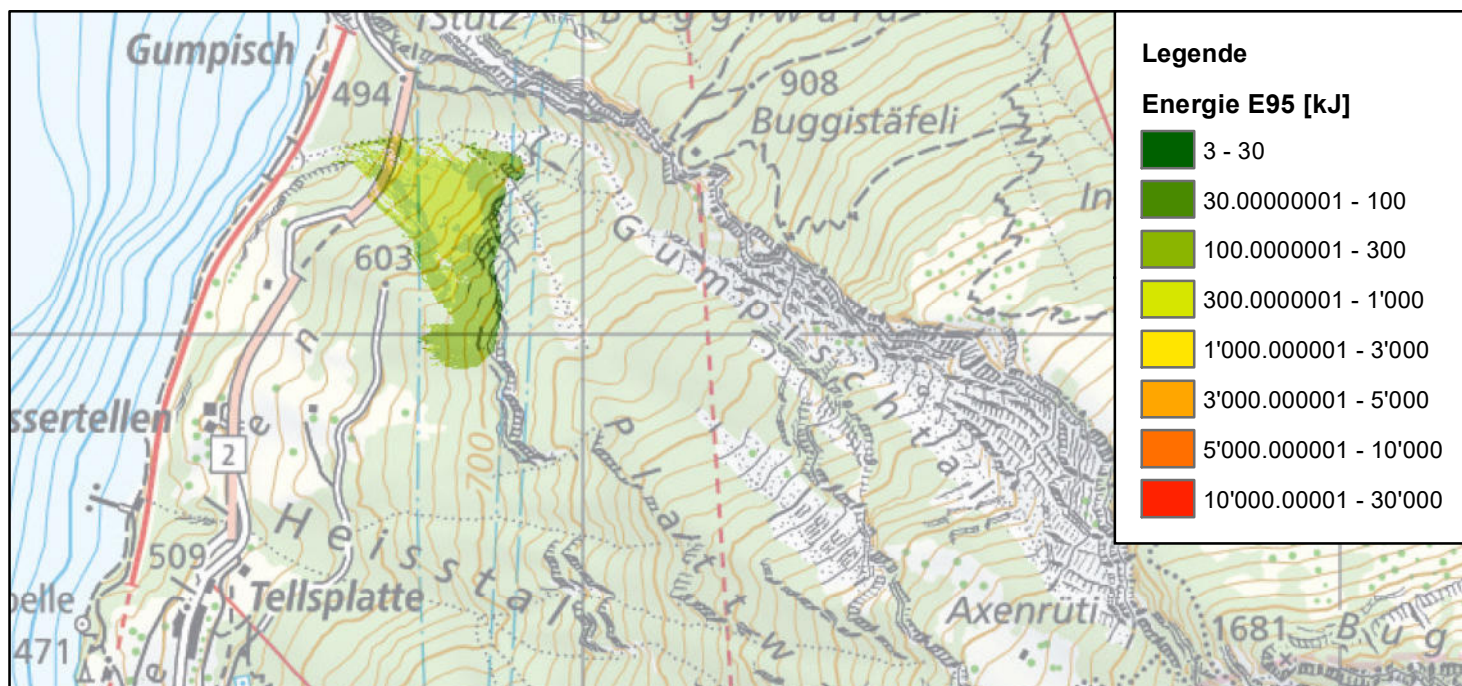
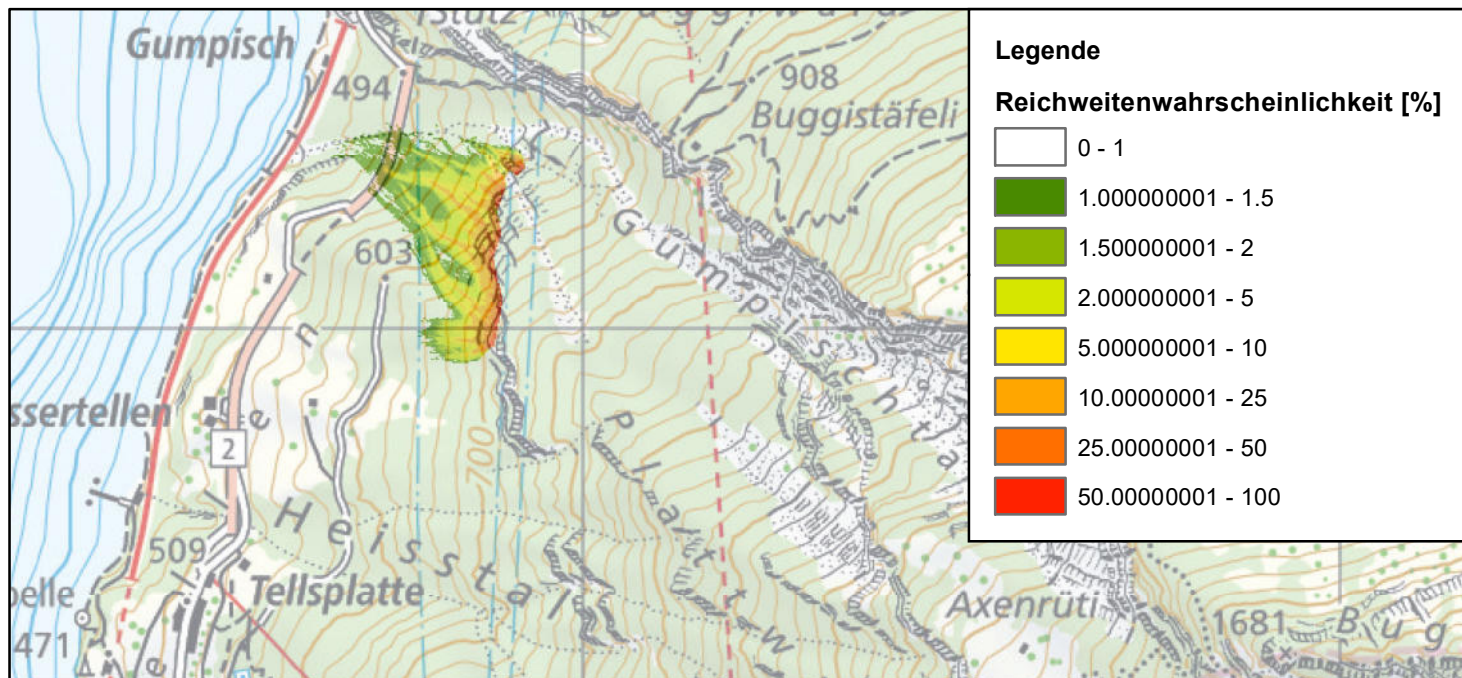
Modellergebnisse

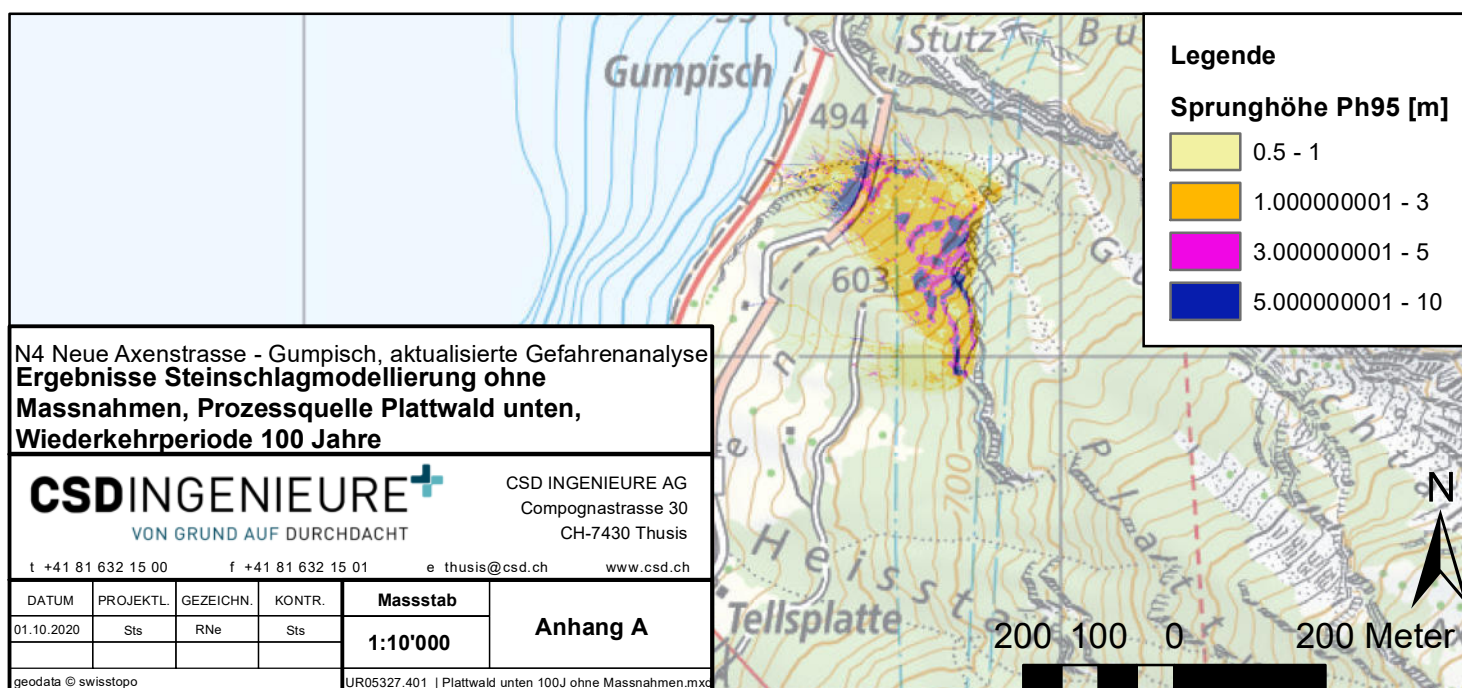
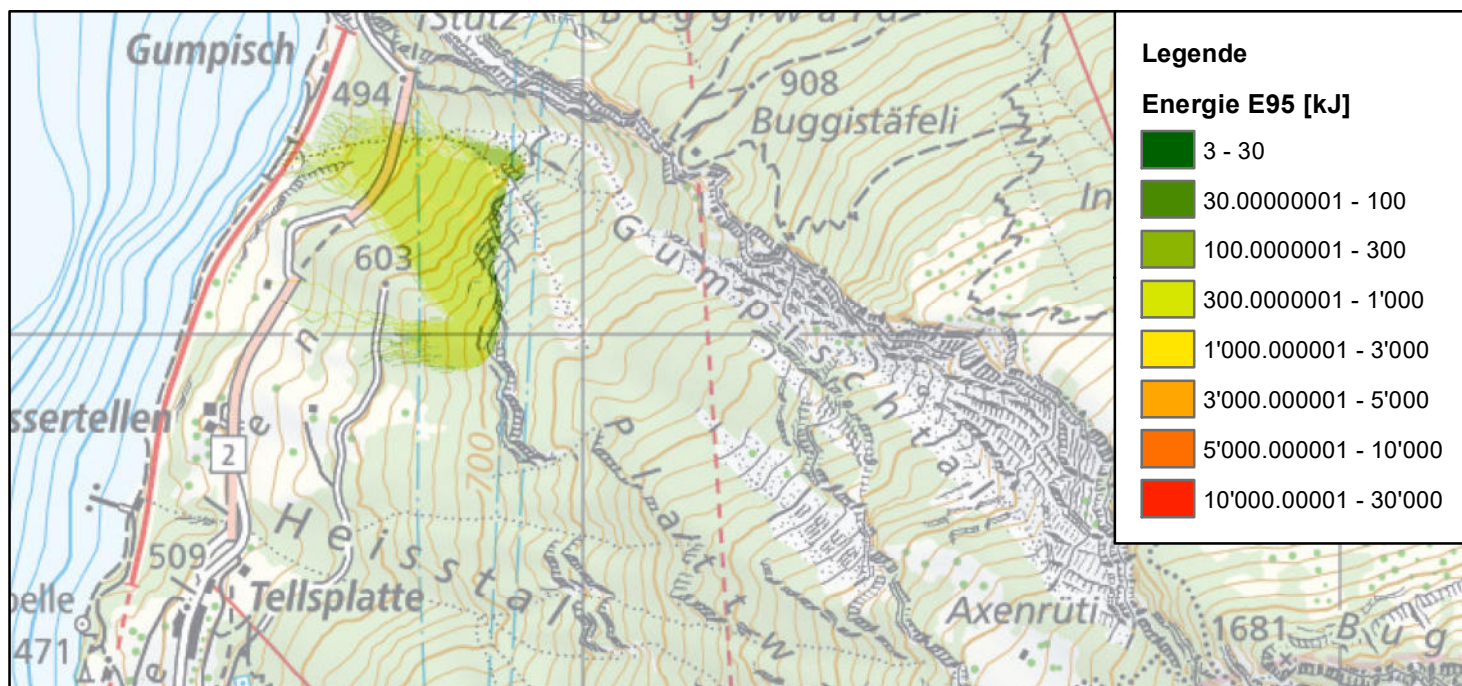
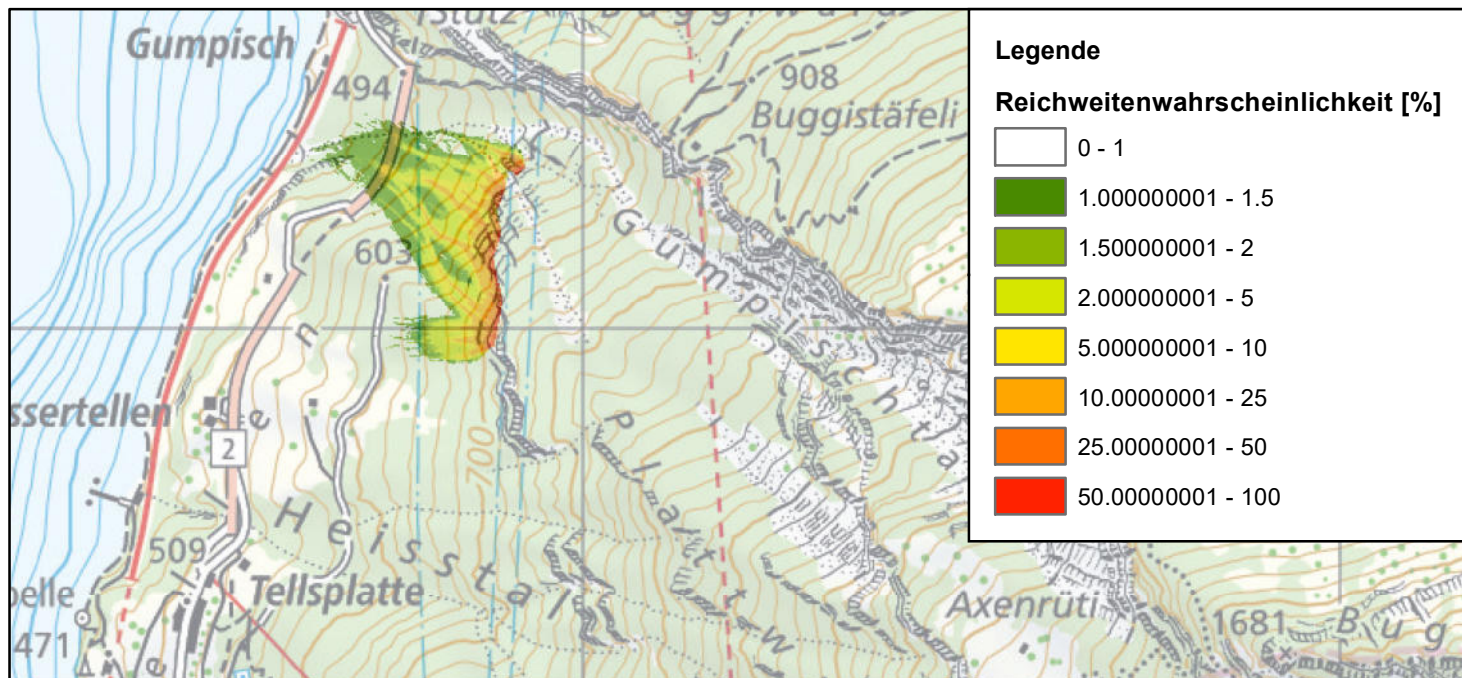


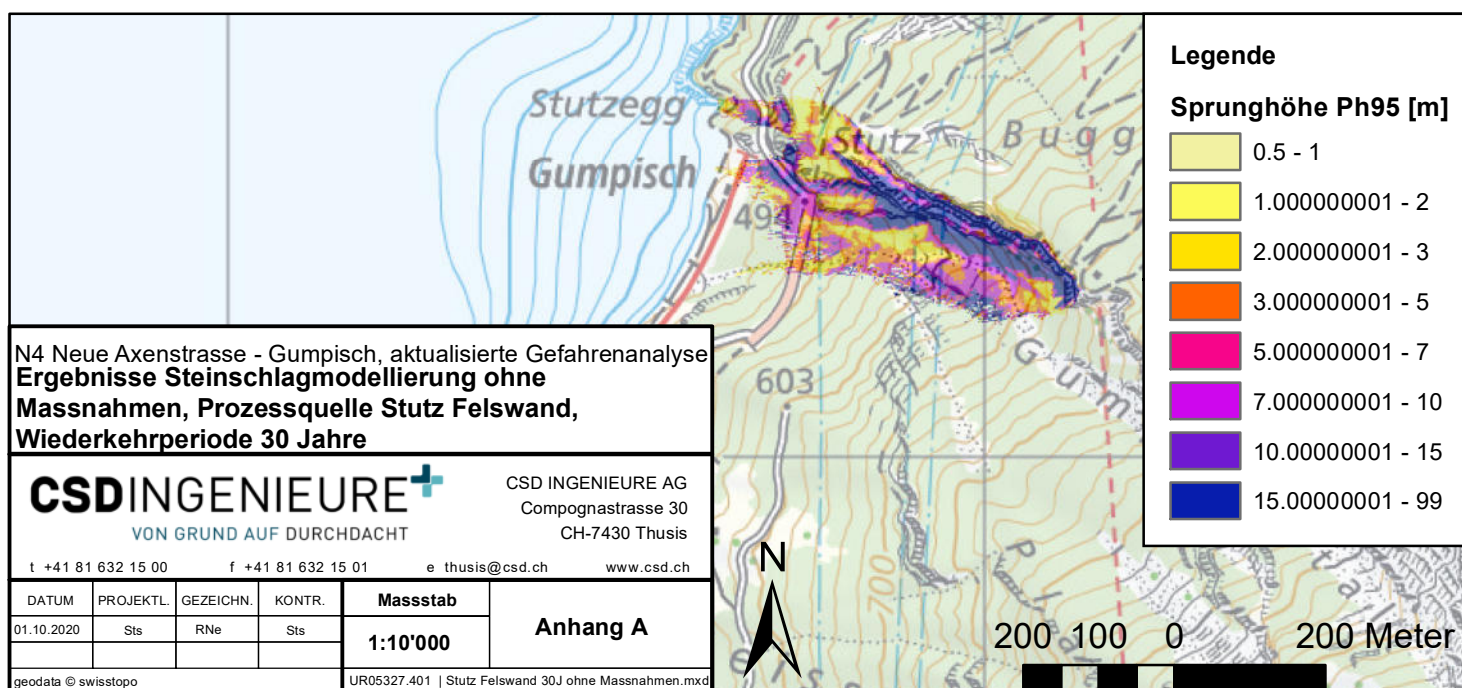
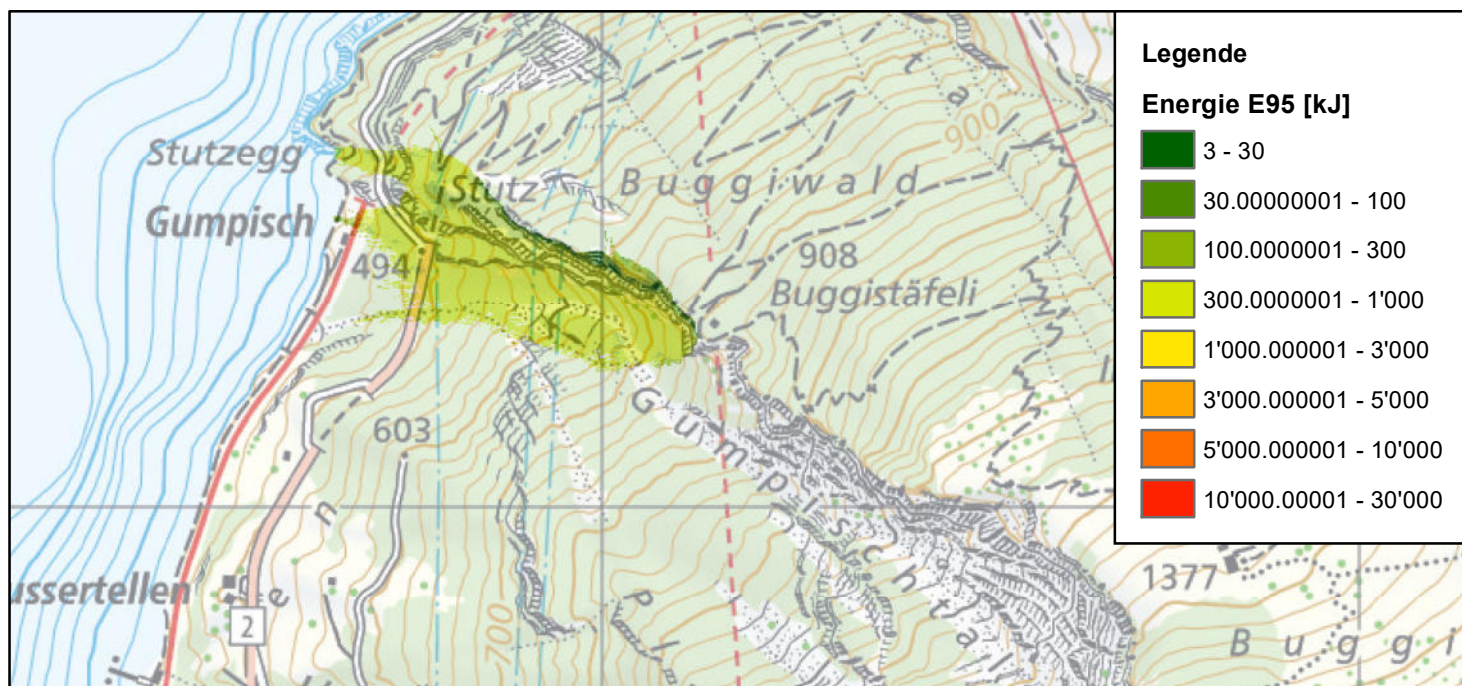
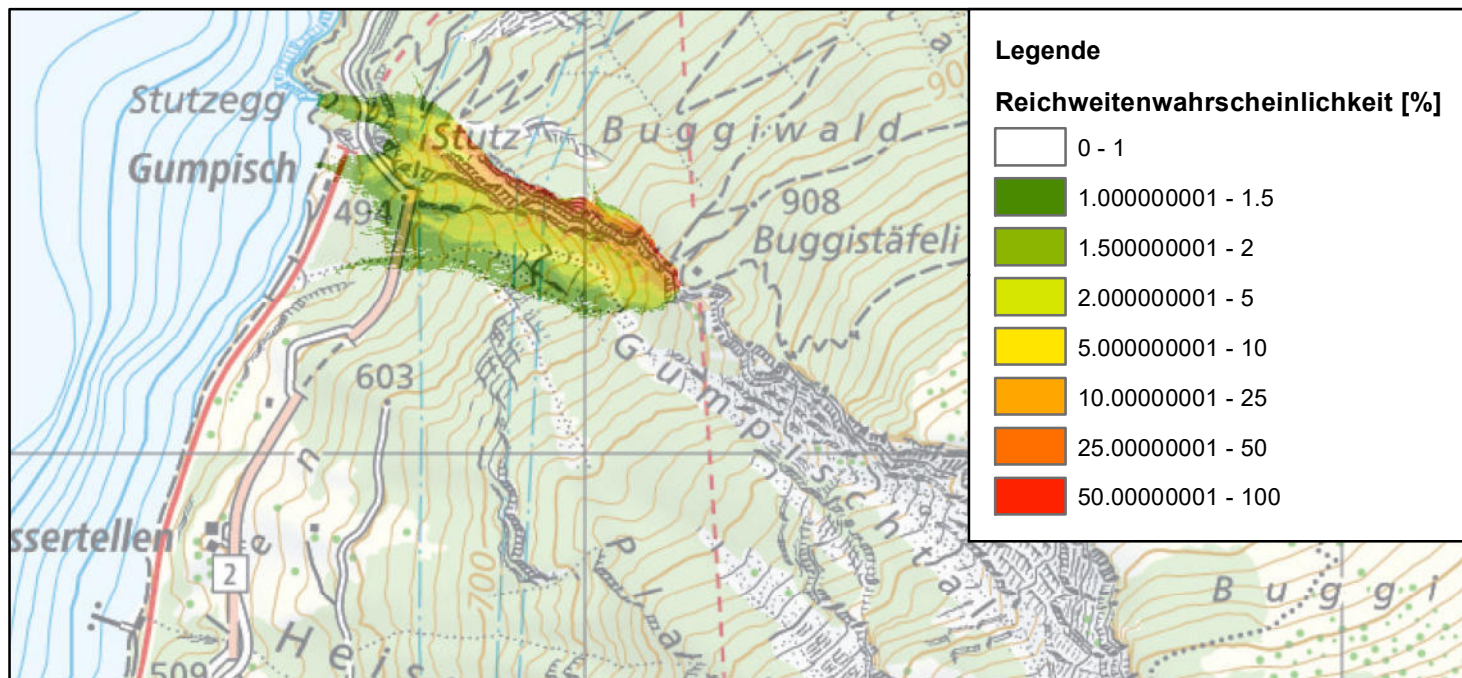


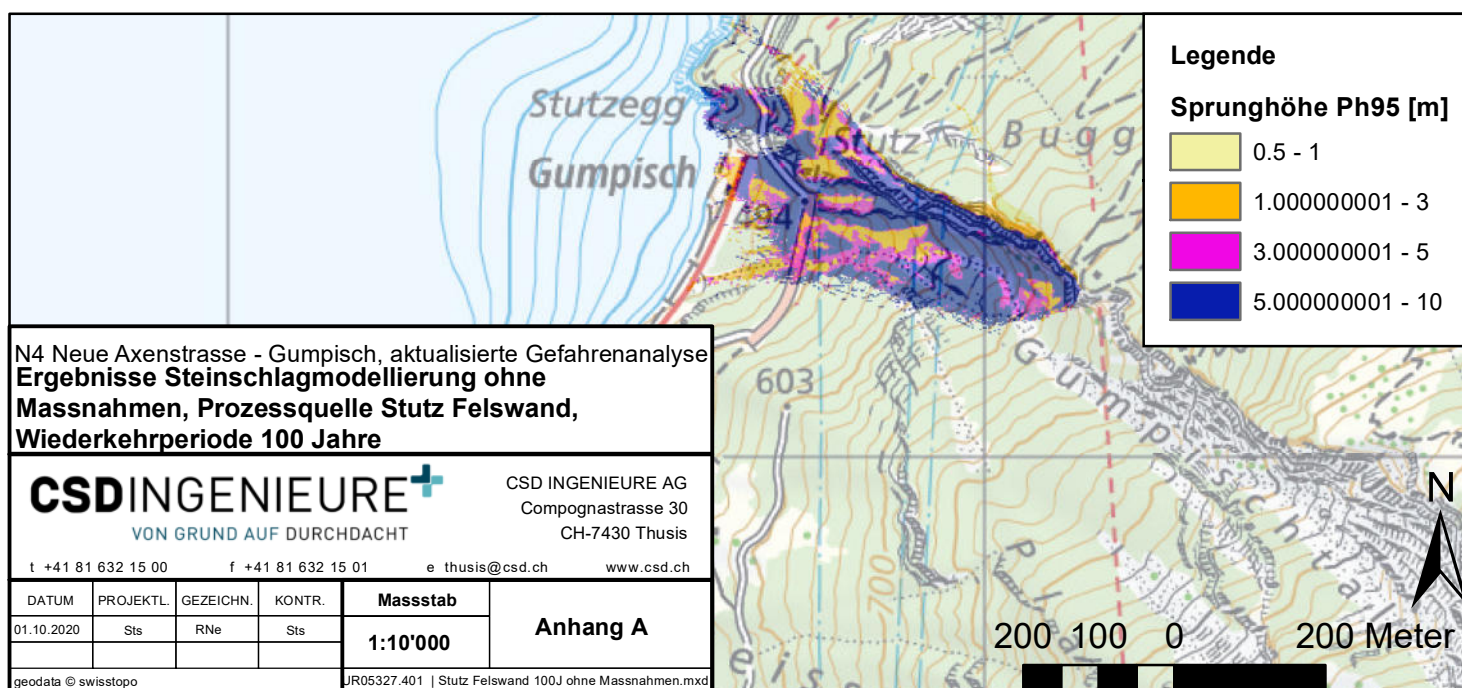
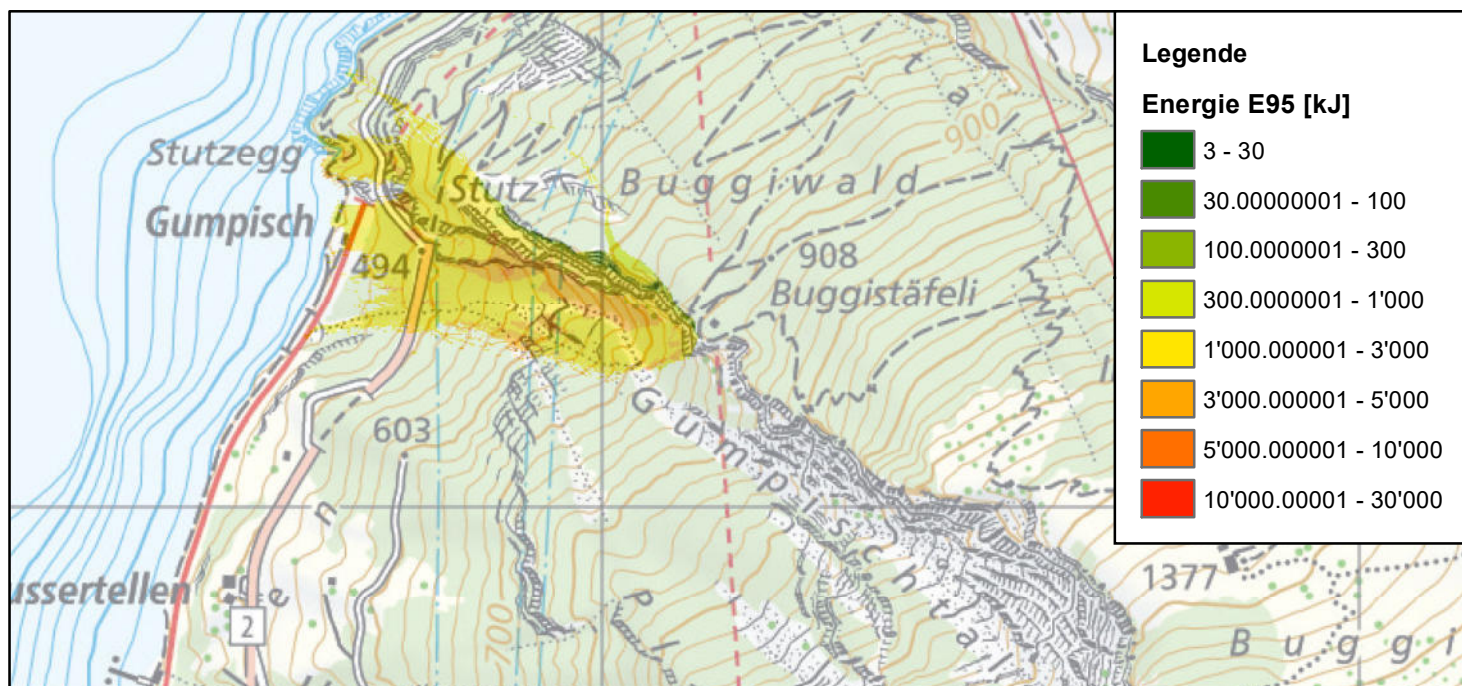
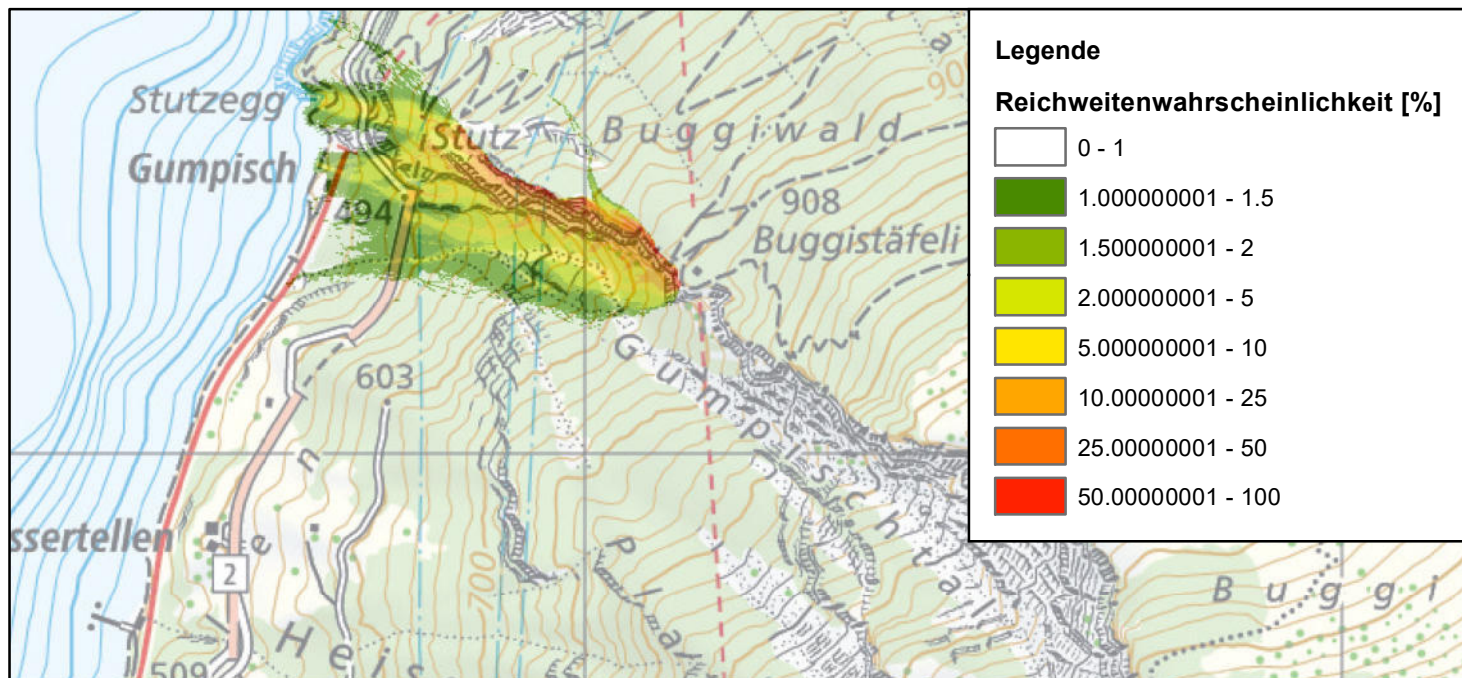


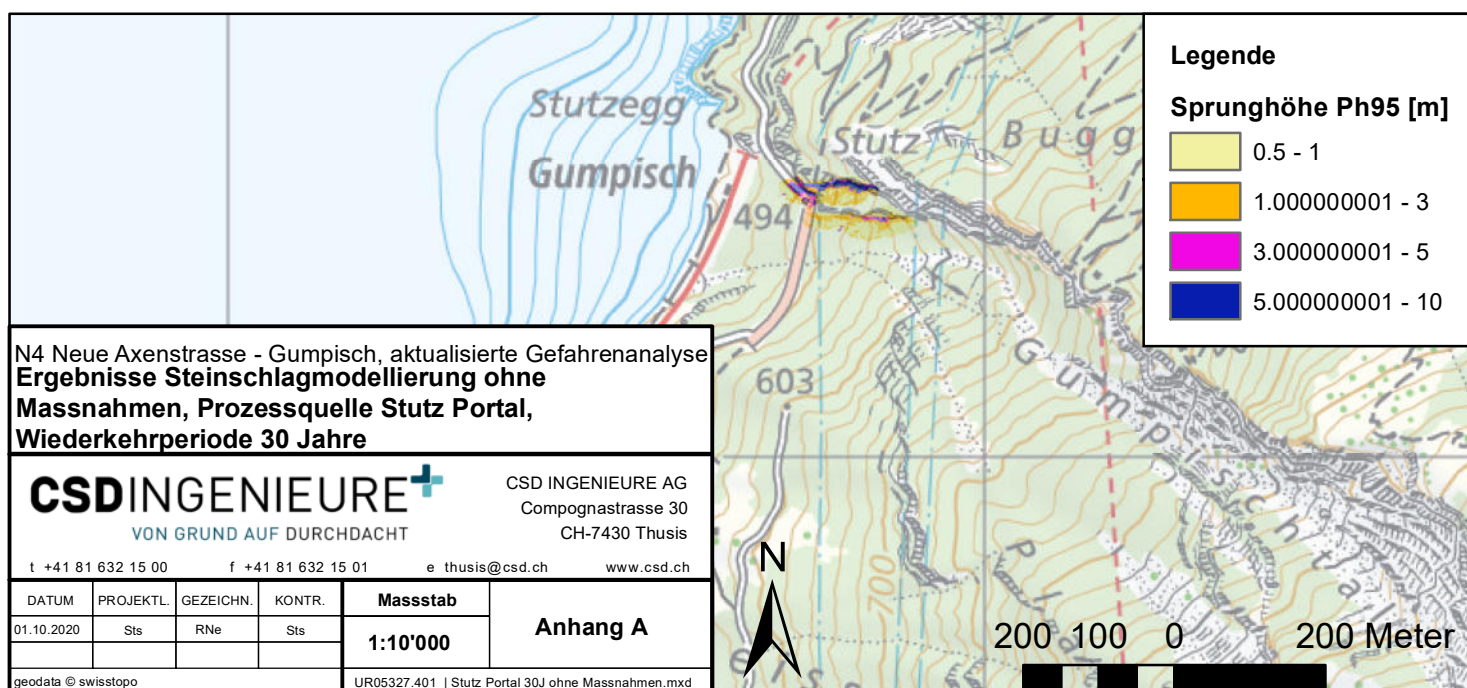
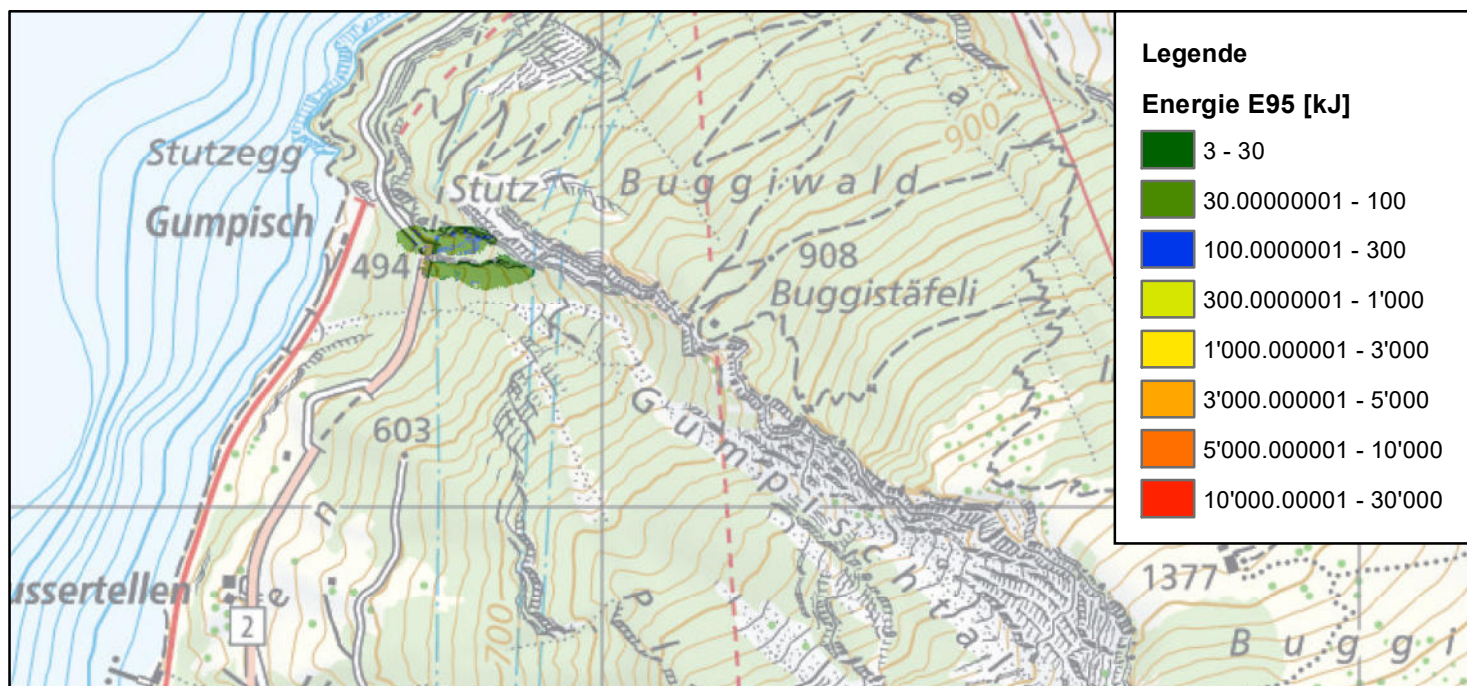
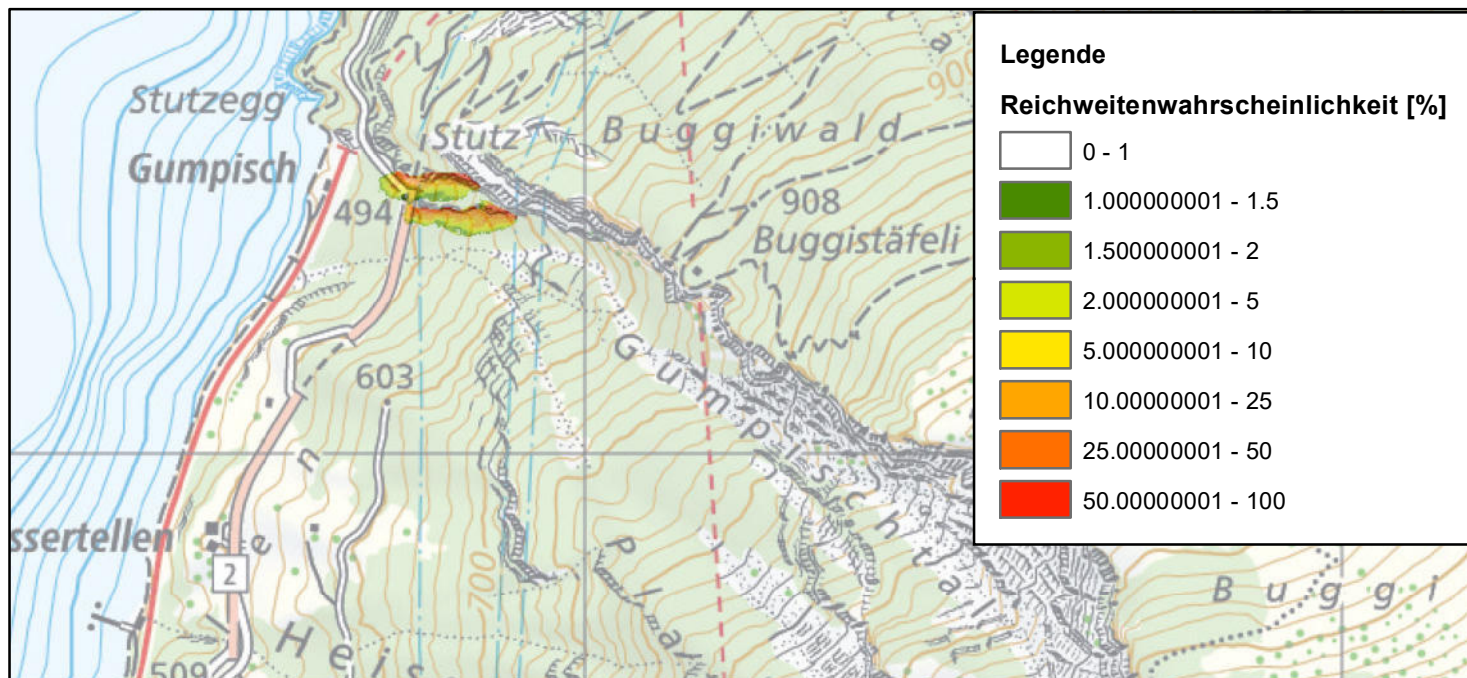


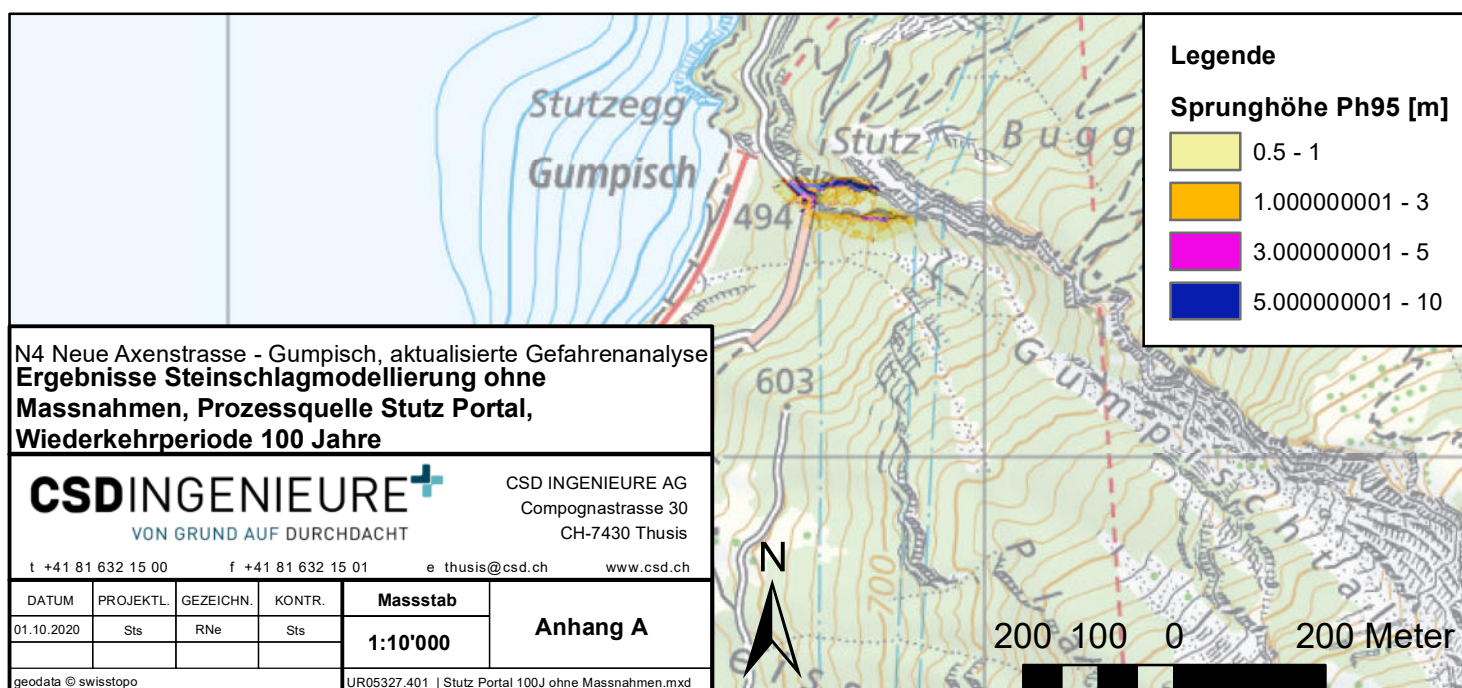
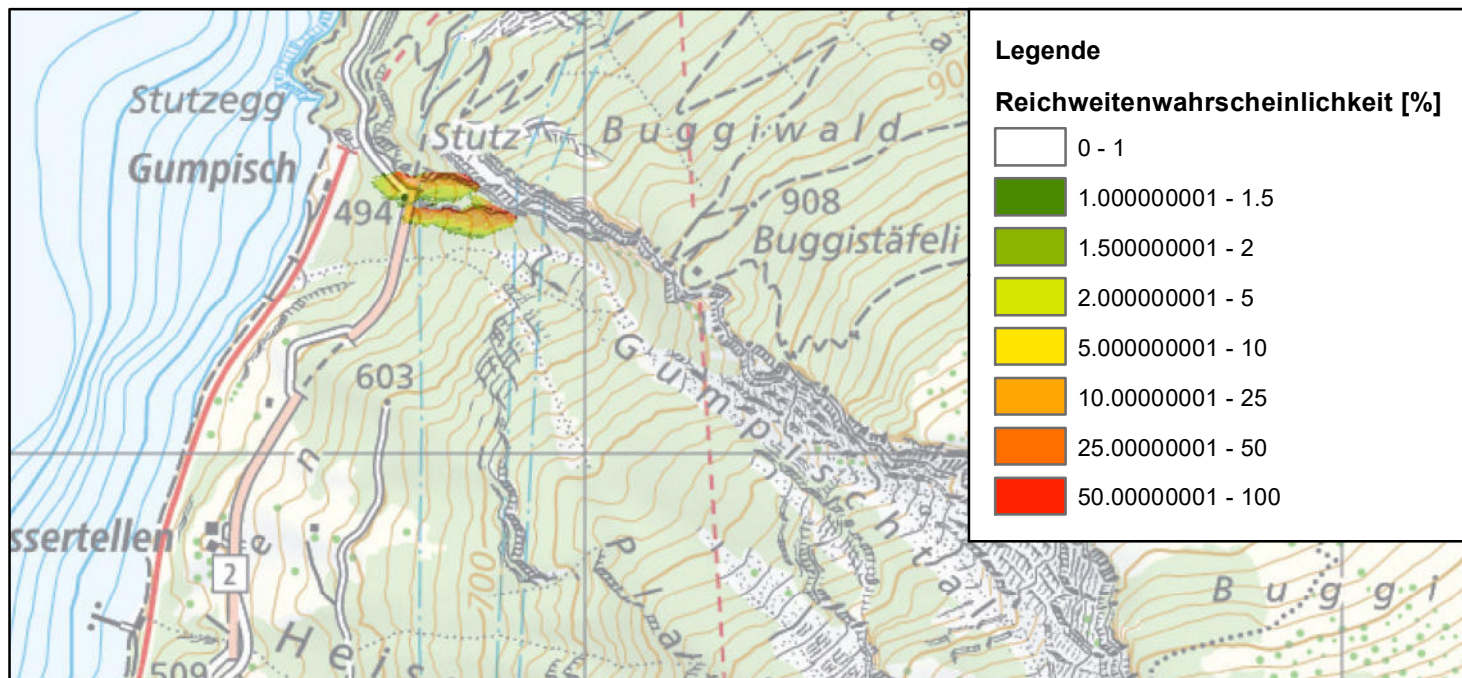








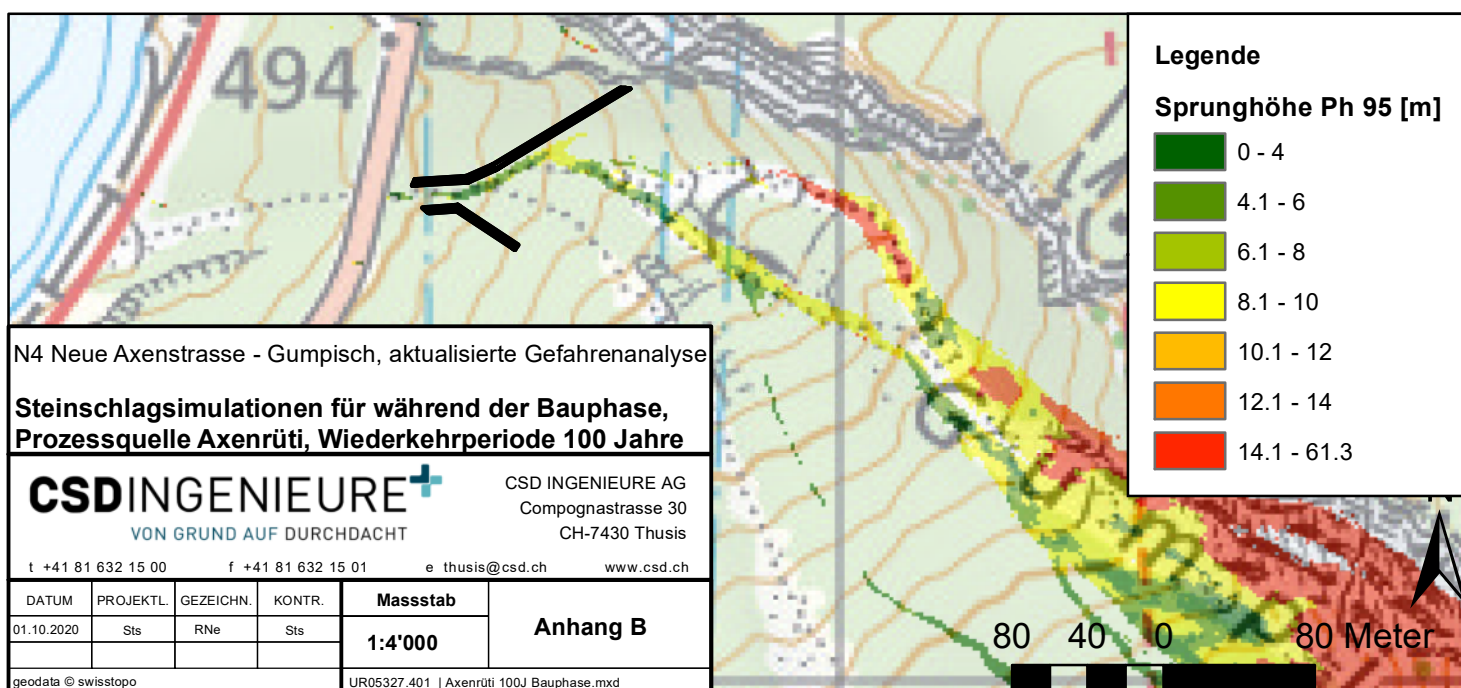
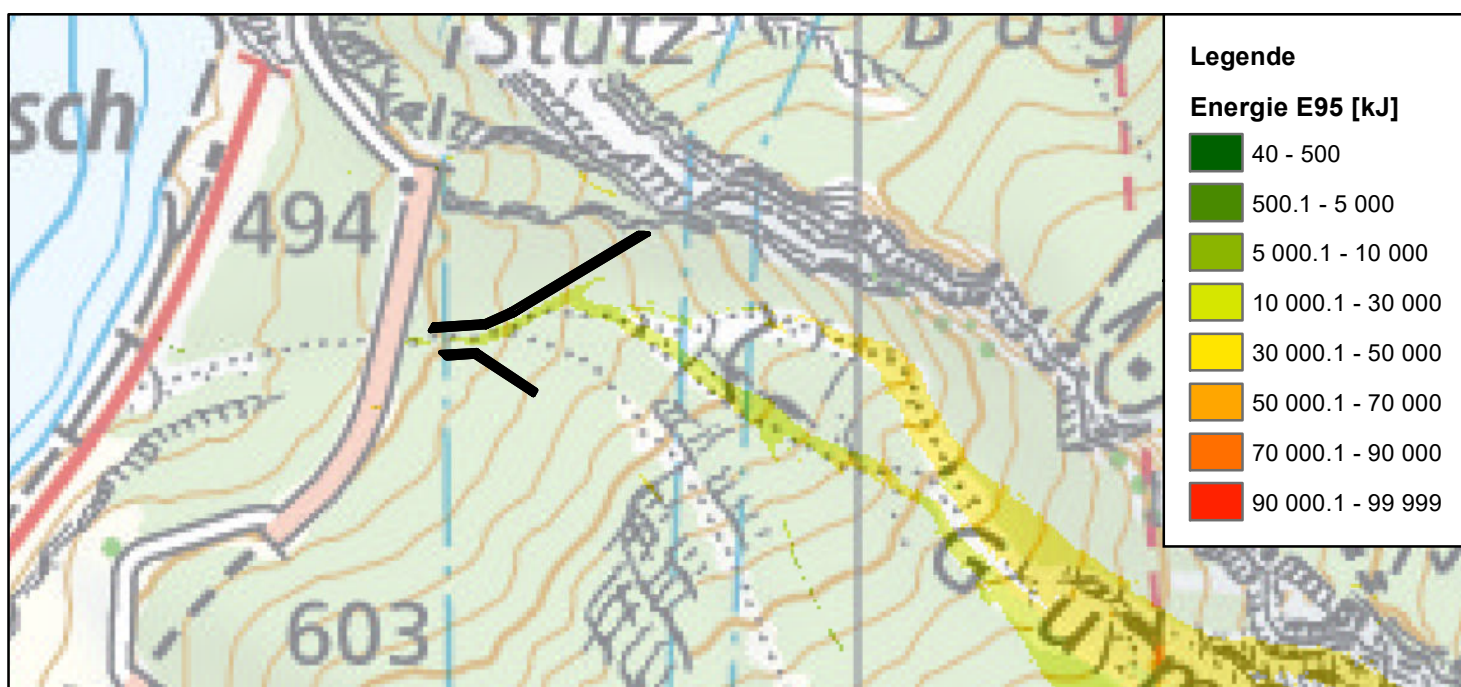
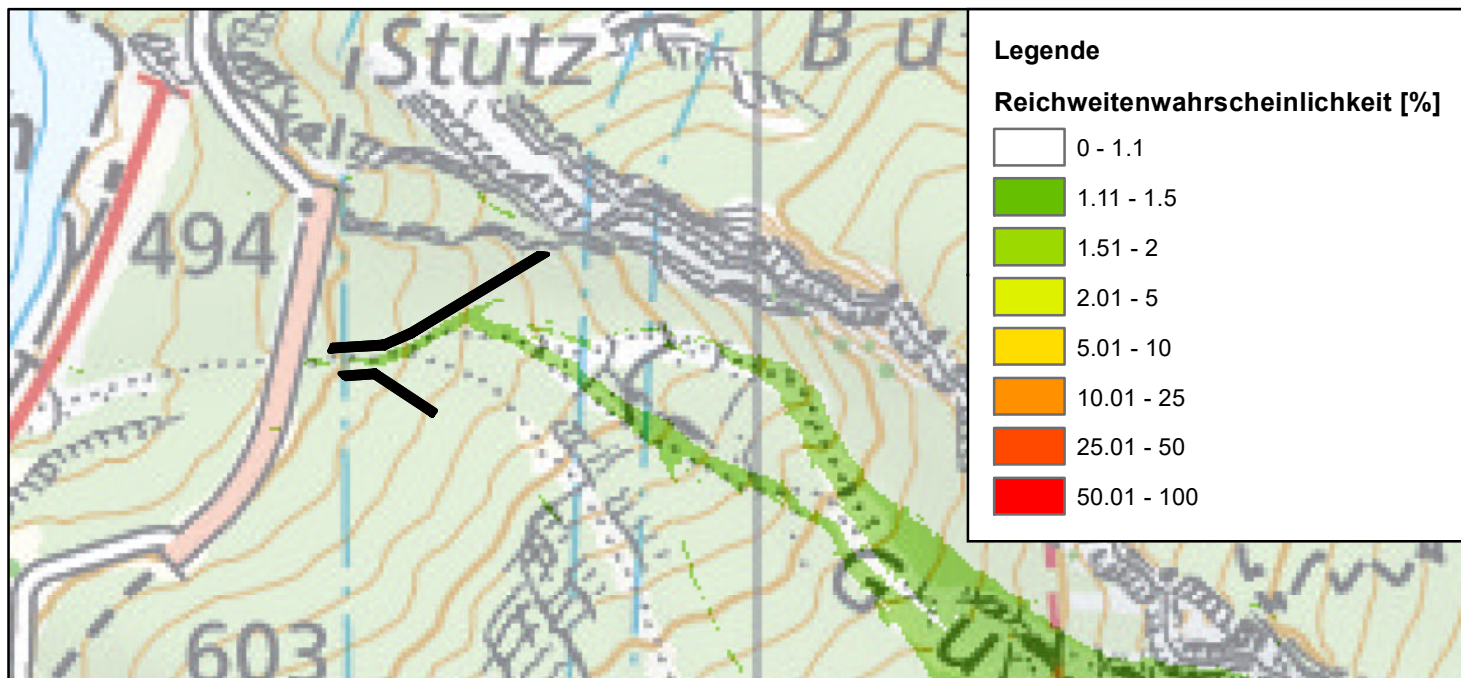


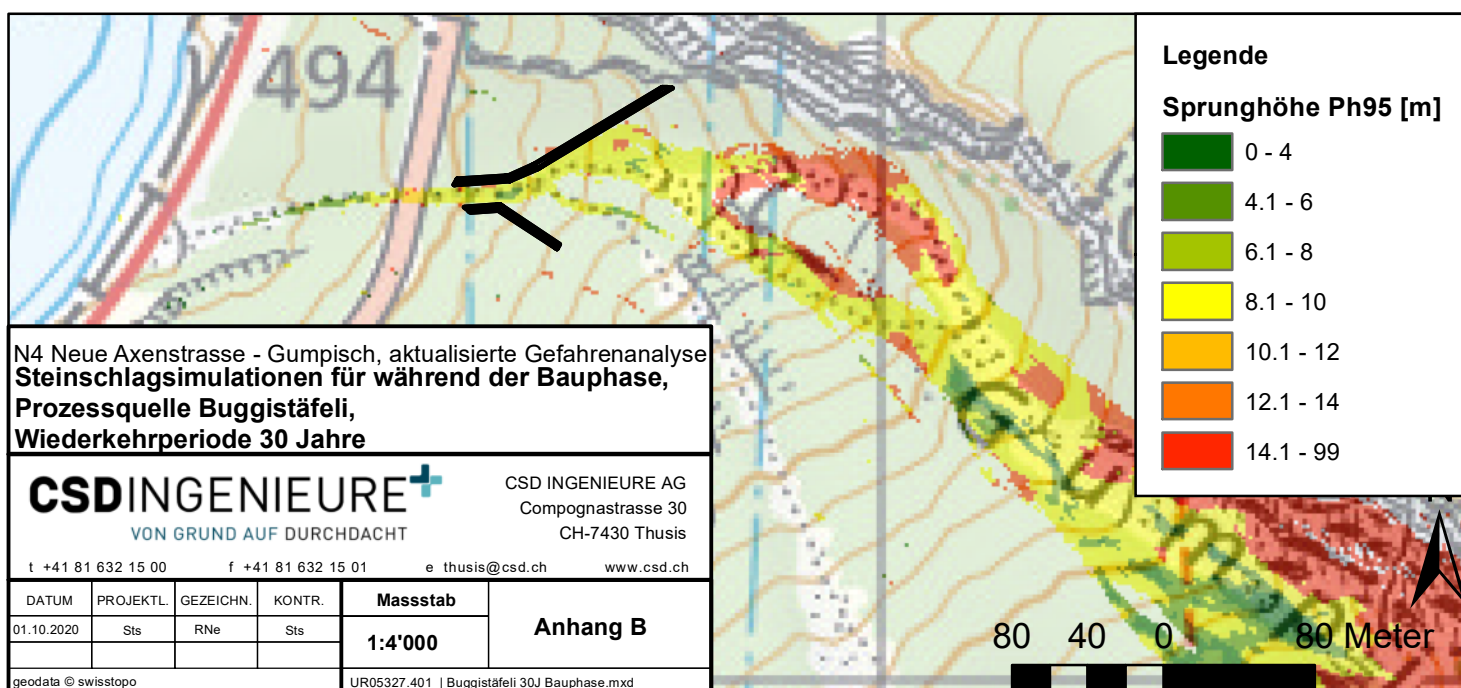
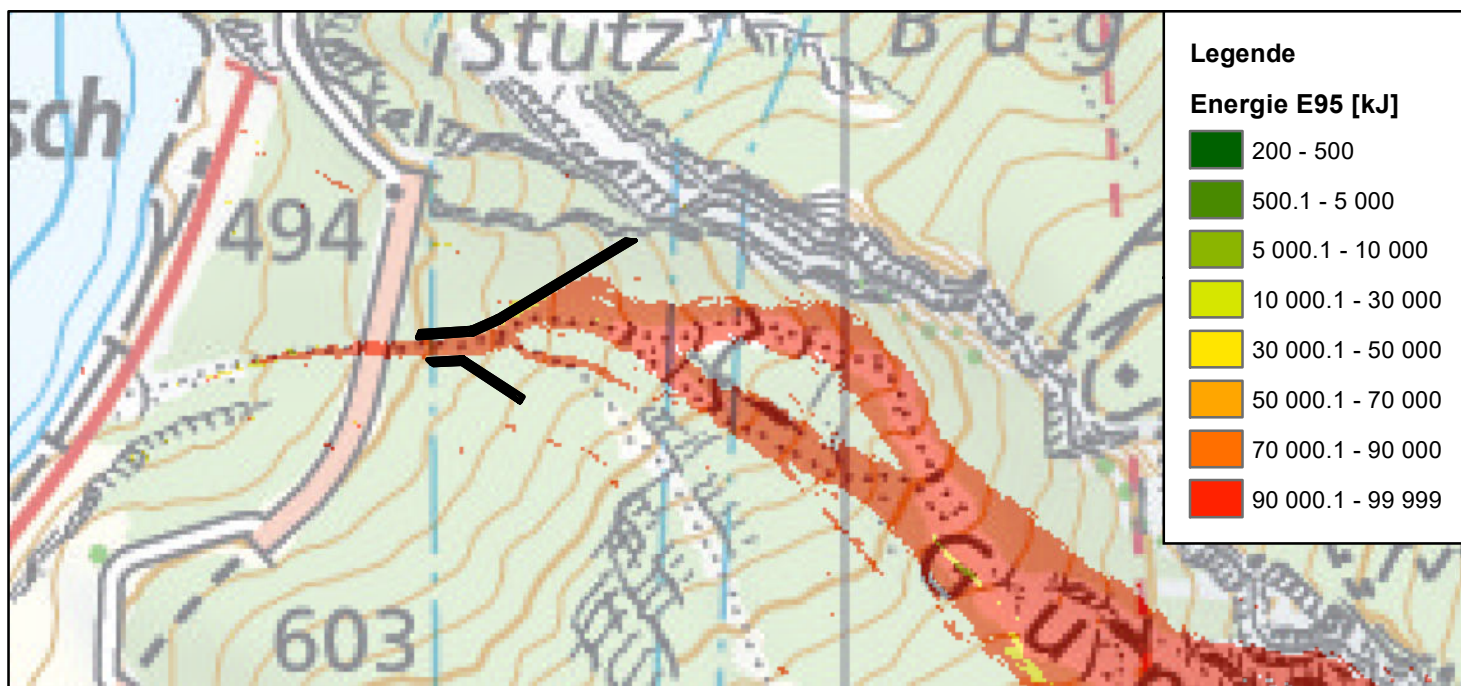
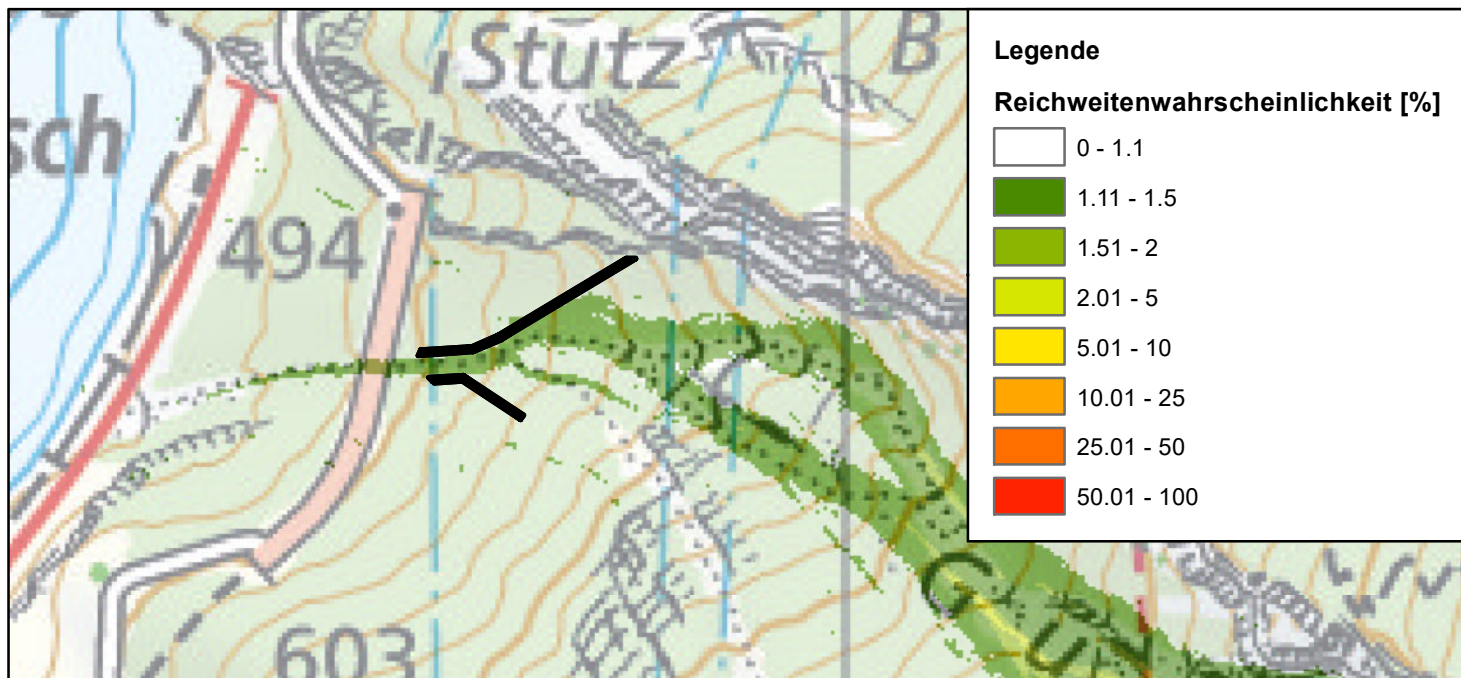


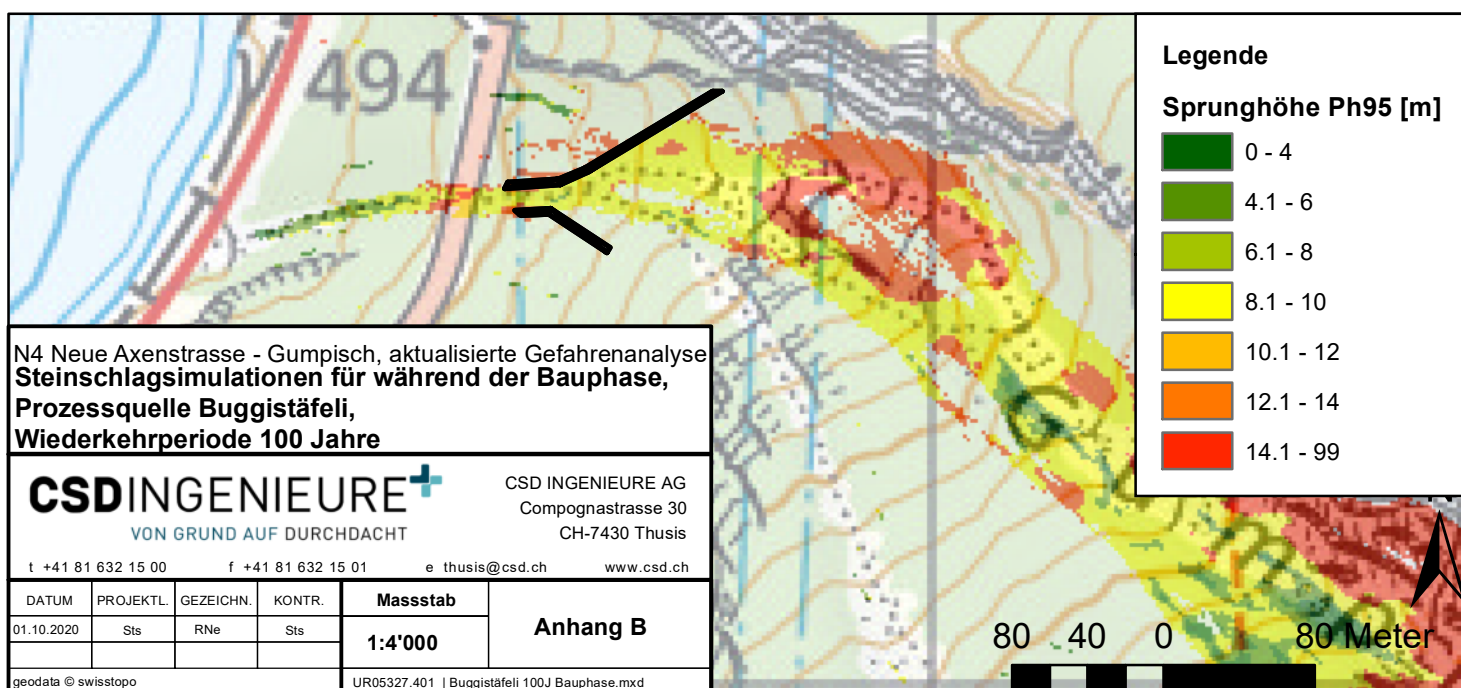
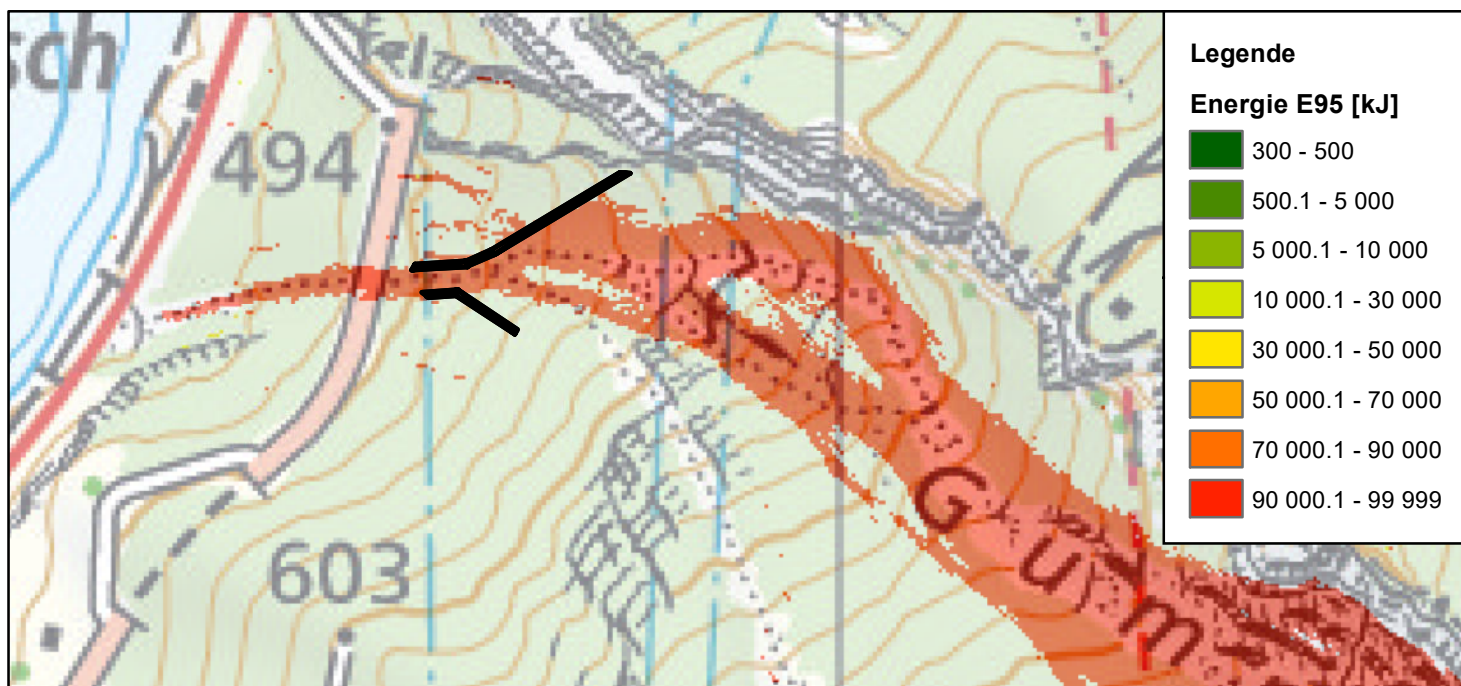
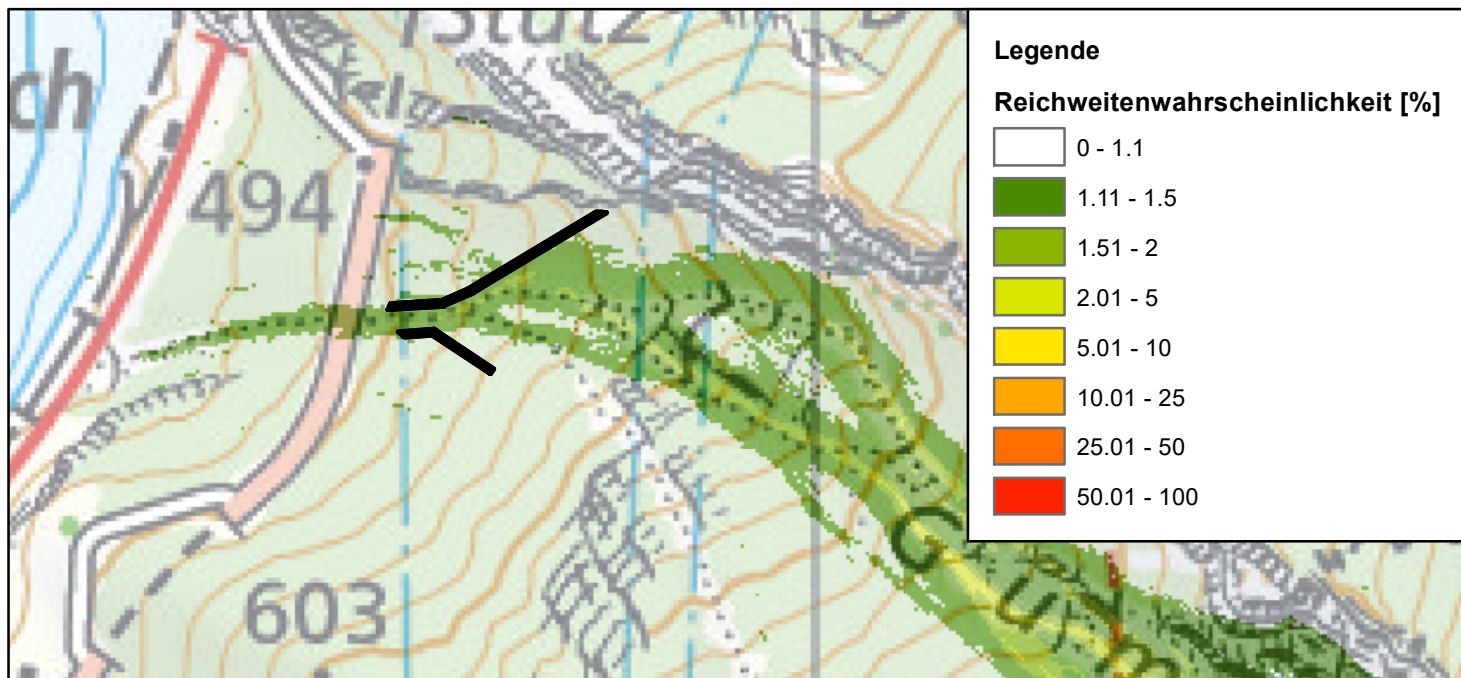
ANHANG B

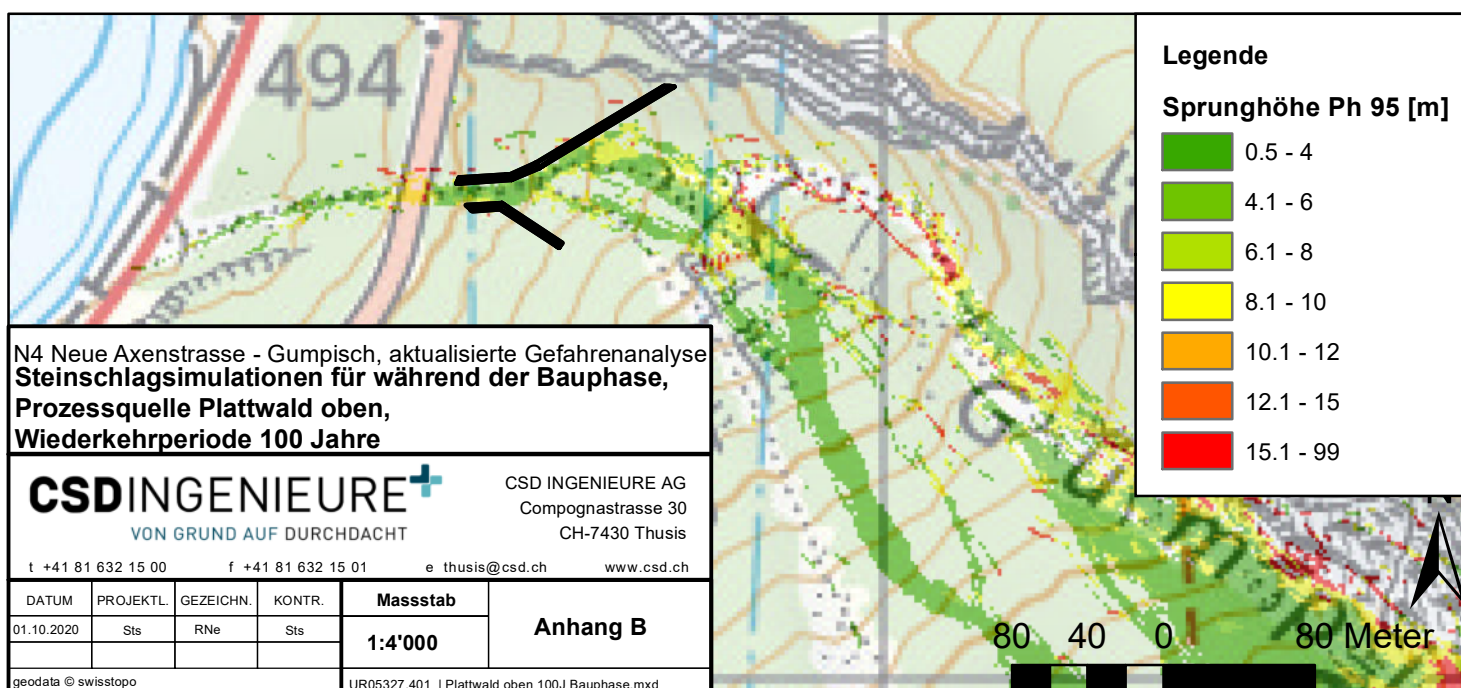
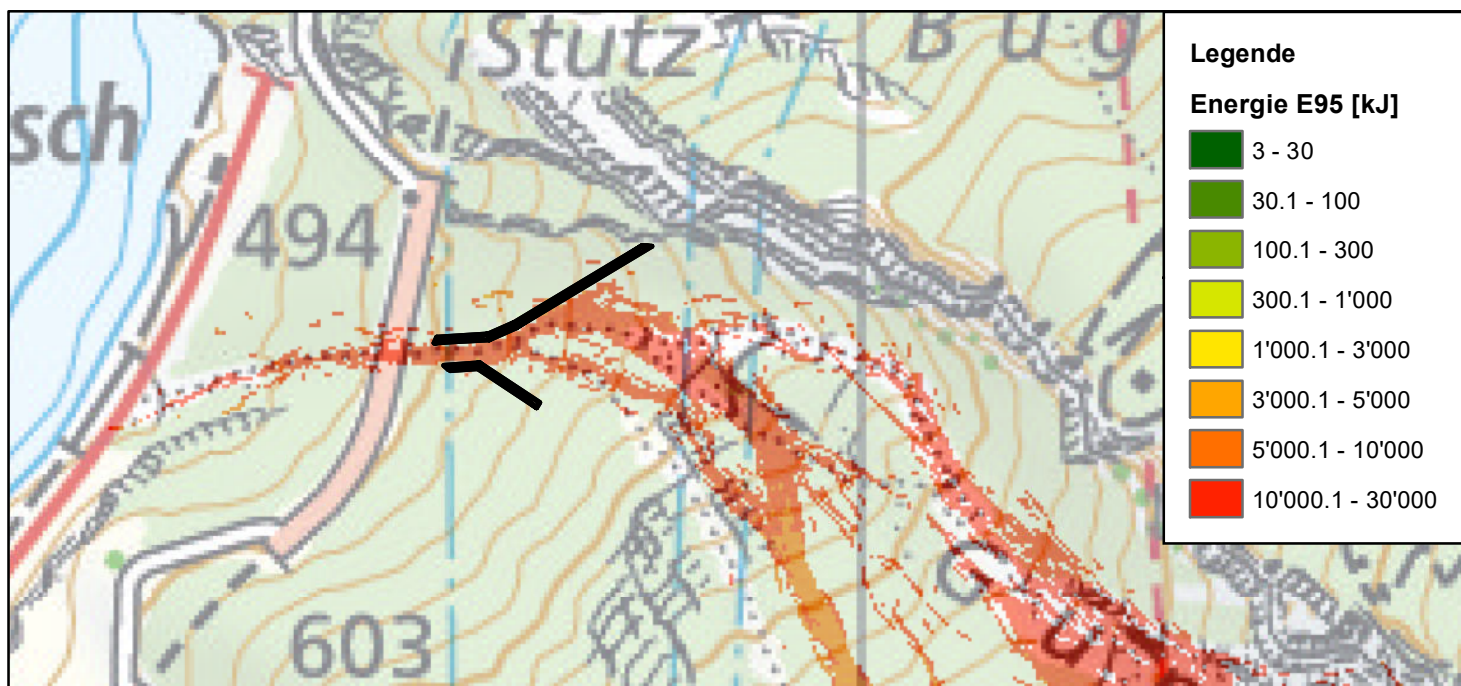
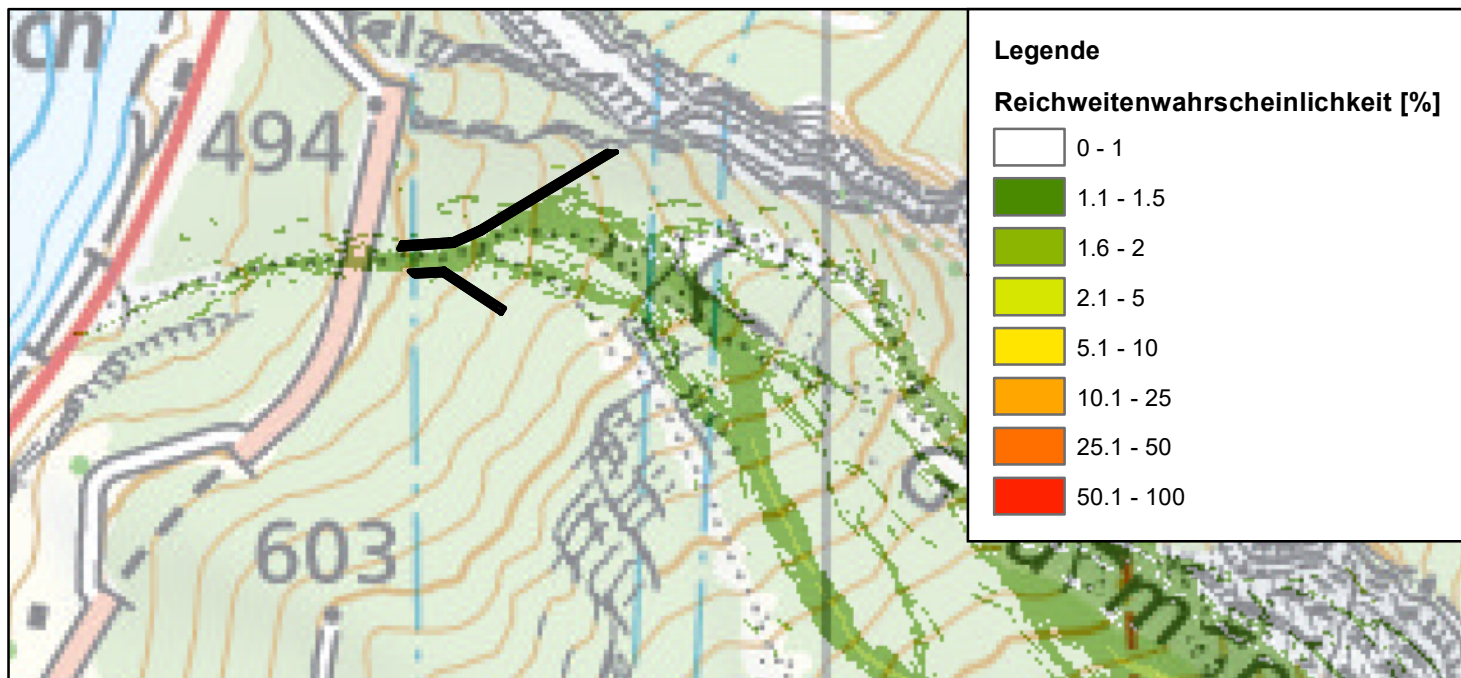
Steinschlagsimulationen 3D während der Bauphase

Modellergebnisse





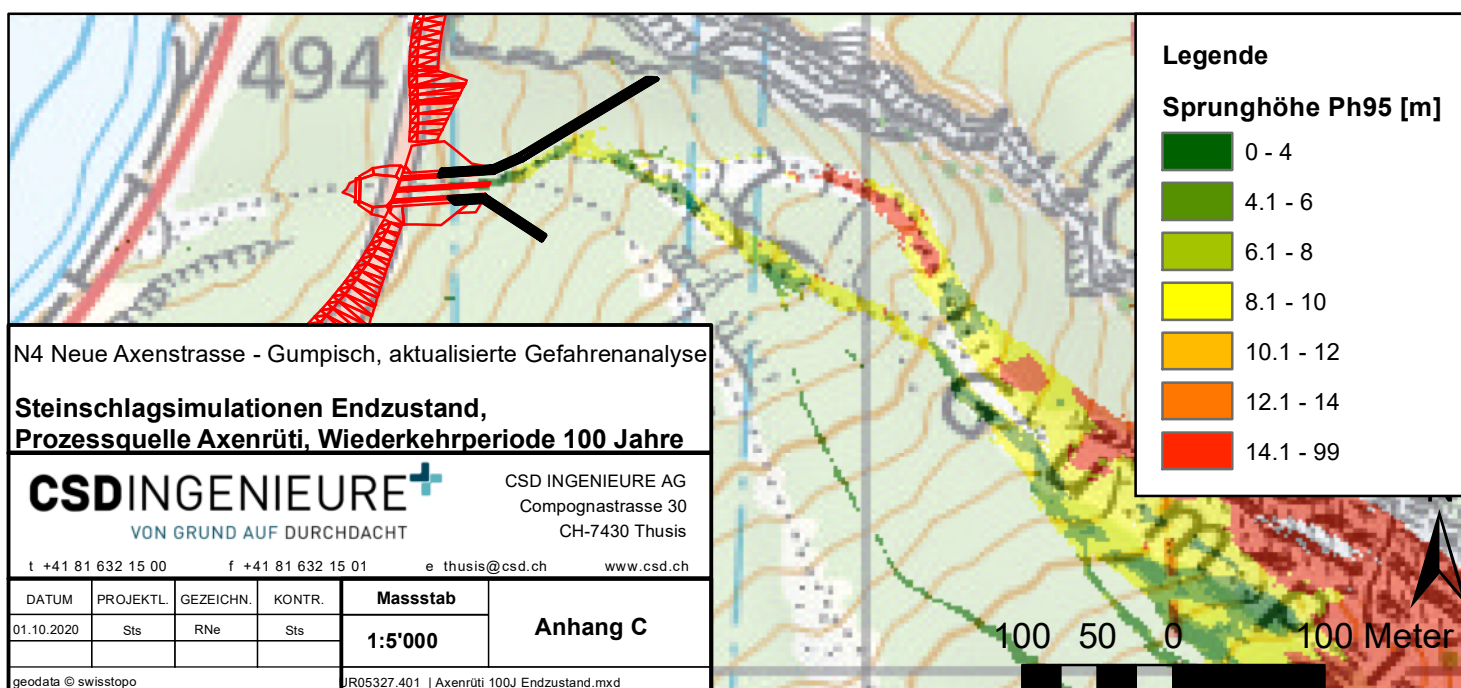
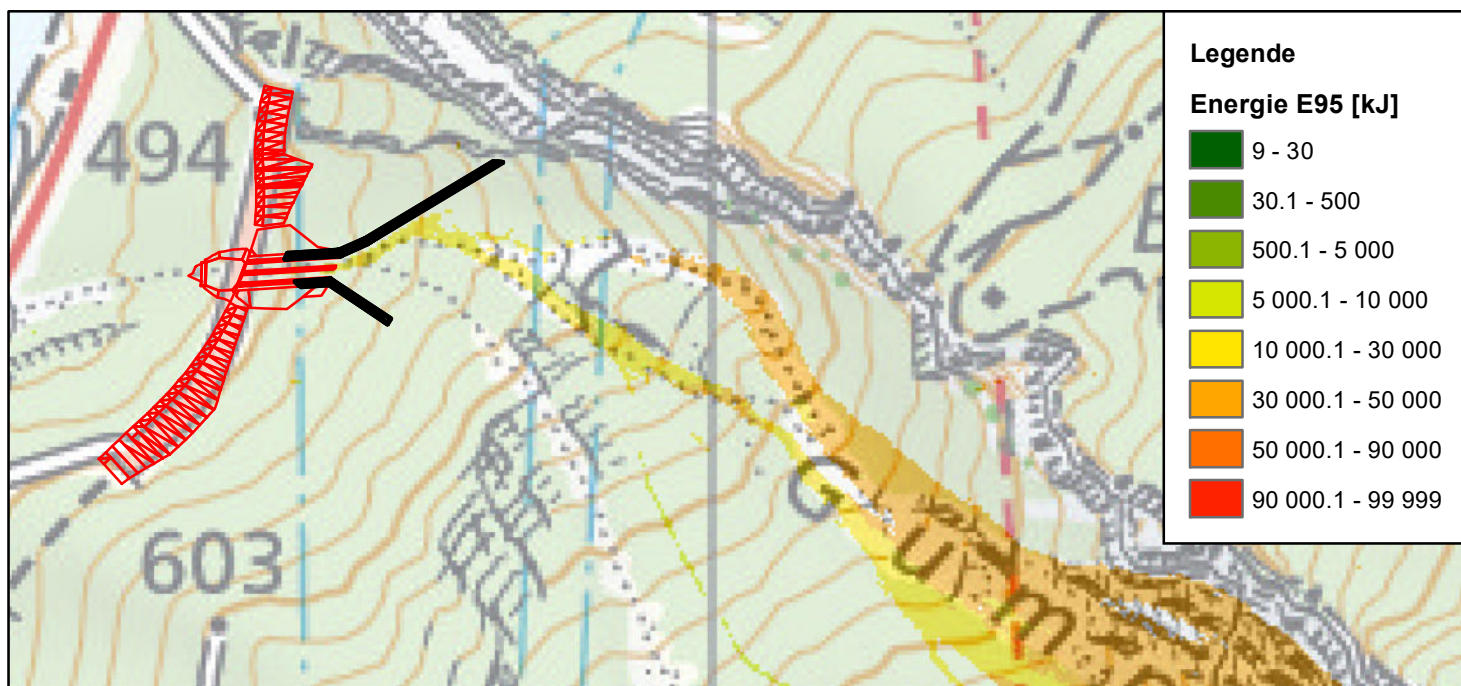
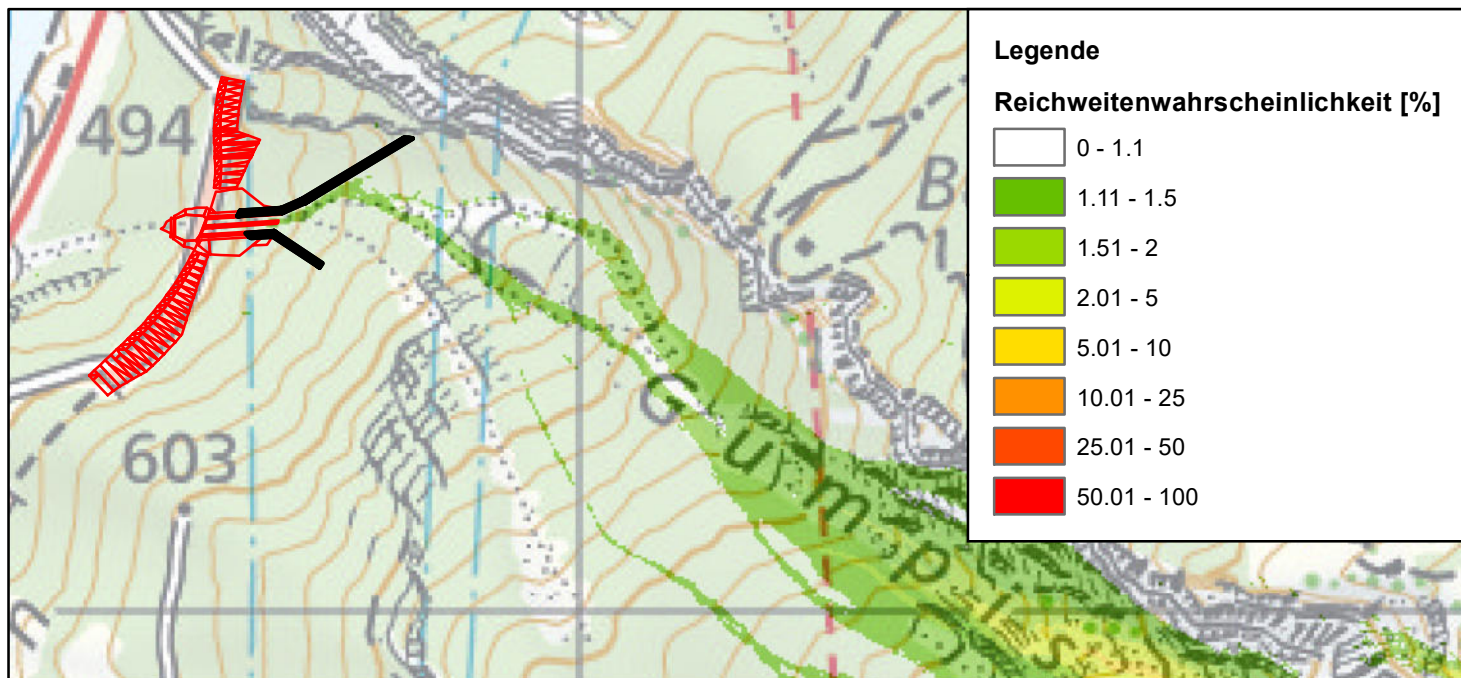


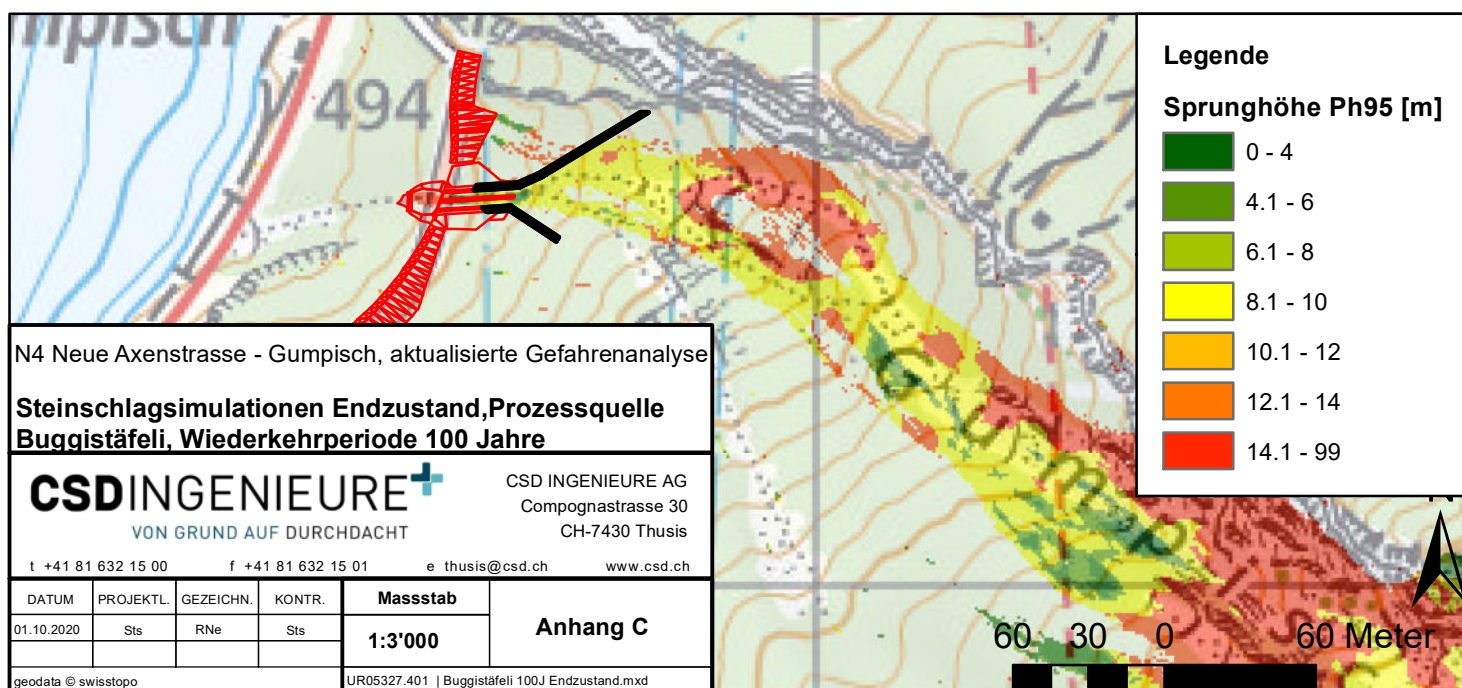
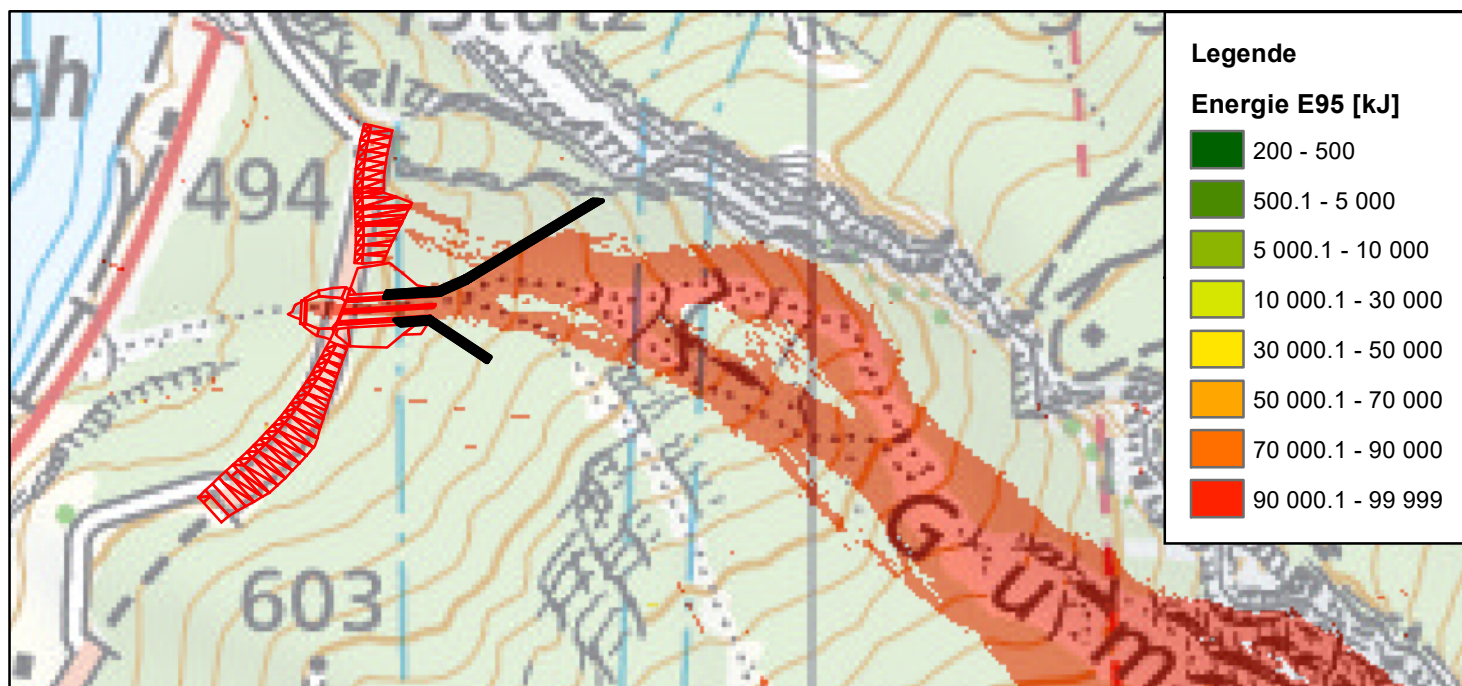
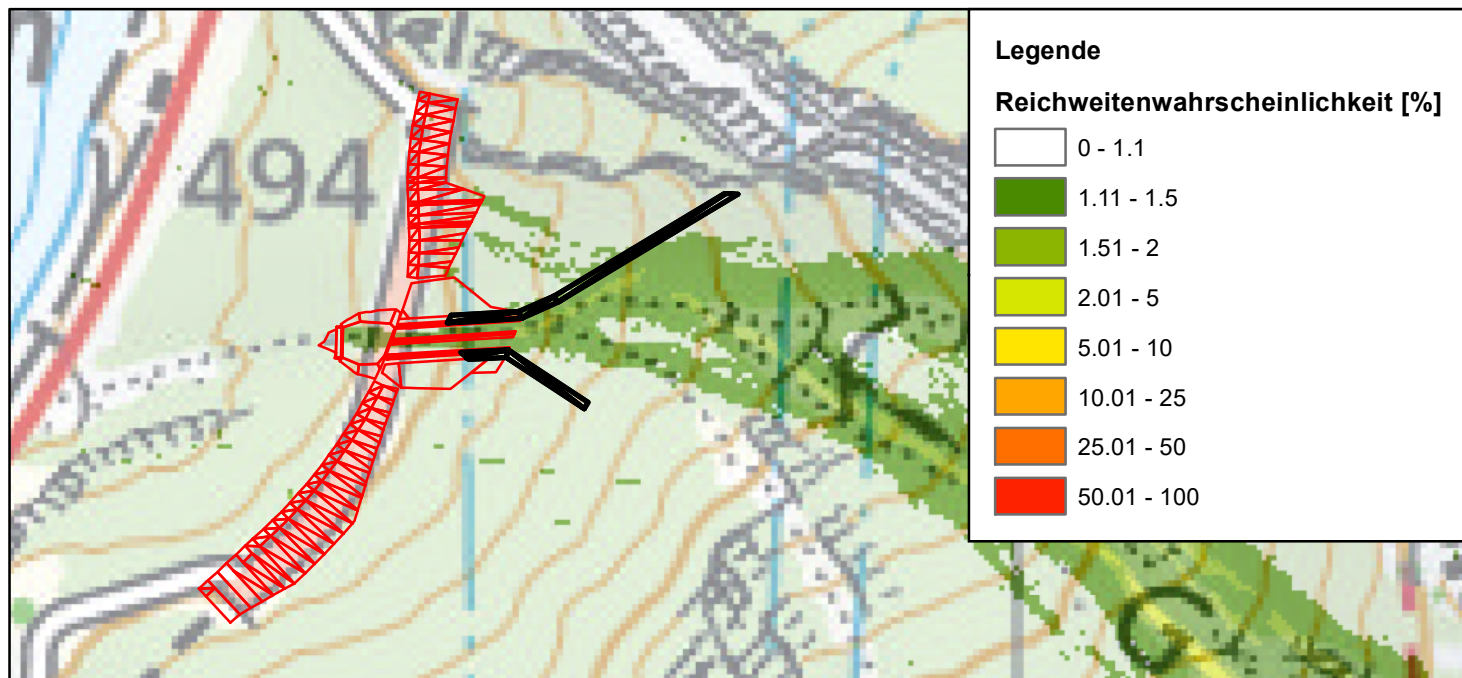


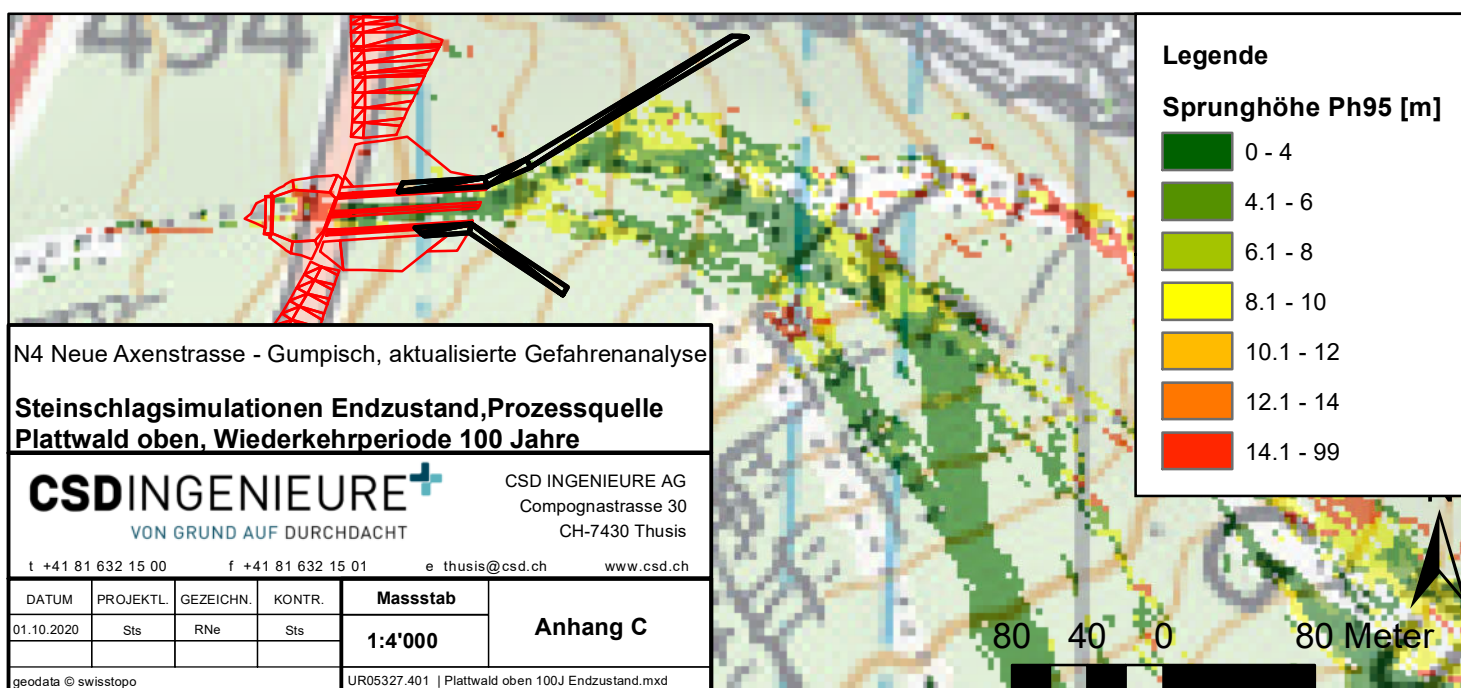
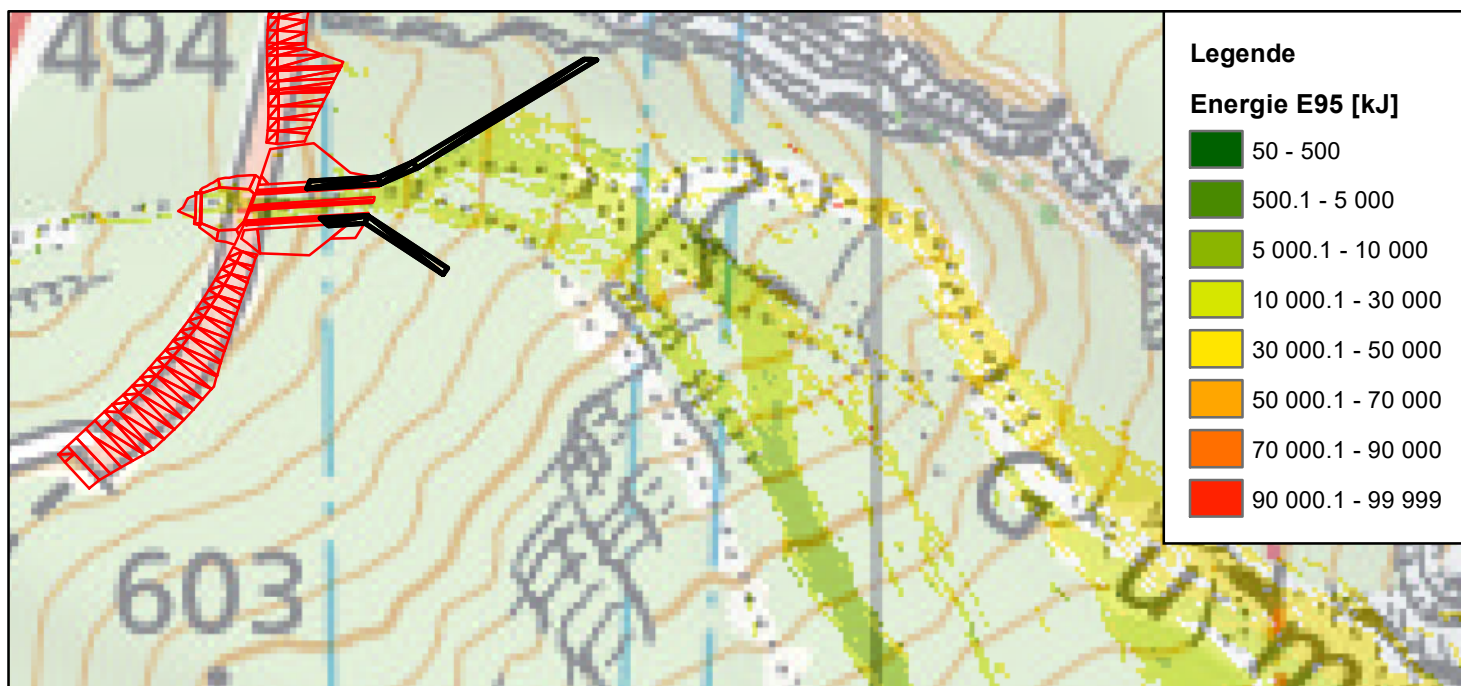
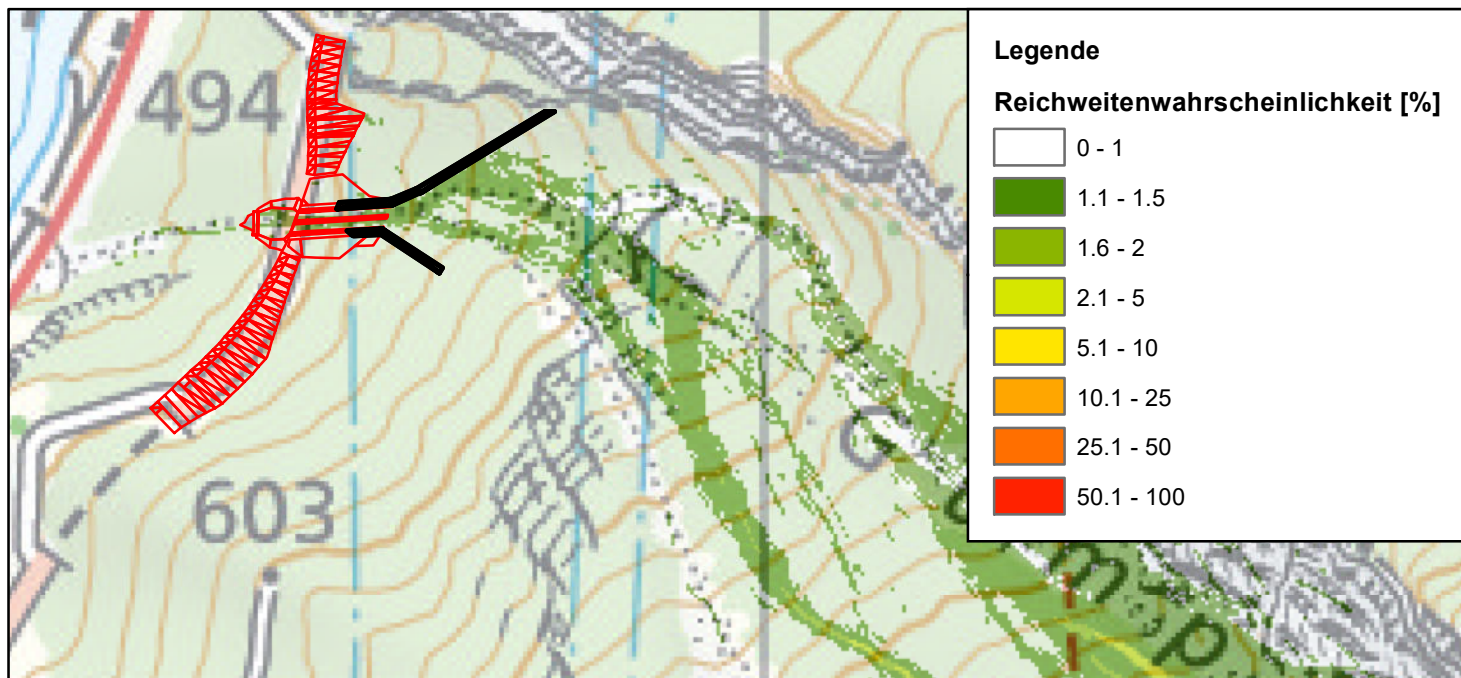
ANHANG C

Steinschlagsimulationen 3D im Endzustand

Modellergebnisse







ANHANG D

Massnahmenplan

Legende

Verbauungsart

Leitdamm

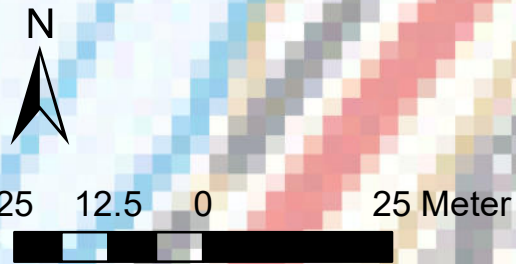
Netzabdeckung

Schutznetz

Perimeter

Baustellenperimeter

Schadenspotential ASTRA



N4 Neue Axenstrasse - Gumpisch, aktualisierte Gefahren- und Risikoanalyse

Massnahmenplan

CSDINGENIEURE+

VON GRUND AUF DURCHDACHT

CSD INGENIEURE AG

Compognastrasse 30

CH-7430 Thusis

t +41 81 632 15 00

f +41 81 632 15 01

e thusis@csd.ch

www.csd.ch

DATUM	PROJEKTL.	GEZEICHN.	KONTR.	Massstab	Anhang D
24.04.2020	Sts	RNe	Sts	1:1'000	
geodata © swisstopo				UR05327.401 Massnahmen Sturz 100J.mxd	