

Bericht

WKW Felsentunnel Neubau einer Wasserkraftanlage

Auftraggeber

WKW Felsentunnel GmbH & Co.KG

Dokumenttitel

Georisiken-Analyse

Dokumentendatum

16.05.2022

Rev. 00



iC consulenten GmbH
Gewerbering 5
86926 Greifenberg, Deutschland
T +49 8192 5939100
deutschland@ic-group.org, www.ic-group.org
USt-IdNr. DE301022441

EN ISO 9001

DOKUMENTENKONTROLLBLATT

PROJEKTNUMMER: Projektnummer 17x220140

ERSTELLT DURCH: **iC consulenten GmbH**
Niederlassung Deutschland
Gewerbering 5, 86926 Greifenberg, Deutschland
Tel +49 8192 5939100
E-Mail : deutschland@ic-group.org

ERSTELLT FÜR: **WKW Felsentunnel GmbH & Co.KG**
Bergener Straße 10
D-94256 Drachselsried

DATUM: 16.05.2022

BEARBEITER: Bernd Rauscher, Aurelia Liegler

Datum	Revision Nr.	Bearbeiter	Geprüft durch	Genehmigt durch	Unterschrift
06.05.2022	Rev. 0	Rauscher/Liegler	Freude/Scharrer	Müllegger	
	Rev. 1				
	Rev. 2				

INHALT

1.	Veranlassung	1
2.	Verwendete Unterlagen	1
2.1.	Projektspezifische Grundlagen	1
2.2.	Allgemeine Grundlagen	1
3.	Allgemeine Angaben	2
3.1.	Geplantes Projekt	2
3.2.	Lage des Bauvorhabens	2
3.3.	Geologischer Rahmen.....	3
3.4.	Naturgefahren	4
4.	Durchgeführte Analysen	7
4.1.	Geländeaufnahmen	7
4.1.1.	Aufnahmen zur Hangmurengefährdung.....	7
4.1.2.	Aufnahmen zur Steinschlaggefährdung / geologische Verhältnisse	13
4.2.	3D Hangmurensimulationen.....	16
4.3.	3D Steinschlagsimulation.....	18
5.	Geotechnische Bewertung	22
5.1.	Hangmuren	22
5.2.	Blockschlag/Felssturz.....	22
6.	Empfehlungen zur Sicherung gegen Naturgefahren	23
6.1.	Hangmuren	23
6.2.	Stein- / Blockschlag Wehranlage	23
6.3.	Stein- / Blockschlag Staubereich	24
7.	Fazit	25
8.	Schlussbemerkung	25

ANNEXE

Annex 1	Auszug aus der GEORSIK-Datenbank des LfU
Annex 2	Ergebnisse der 3D Hangmurensimulation mit RAMMS::DebrisFlow
Annex 3	Ergebnisse der 3D Steinschlagsimulation mit RAMMS::Rockfall
Annex 4	Aufschlussbeschreibung nach EN ISO 14689-1
Annex 5	Georisiken Staubereich

ABBILDUNGEN

Abbildung 1	Geografische Lage (rotes Oval = Projektgebiet), Grundlage: [5]	3
Abbildung 2	Geografische Lage des Projekts, Grundlage: [14]	3
Abbildung 3	Auszug aus der geologischen Karte im Projektbereich, aus [7]	4
Abbildung 4	Steinschlag-Ereignis im Projektgebiet – Ereignisdatenbank des LfU [7].....	5
Abbildung 5	Gefahrenhinweisbereich „Steinschlag/Blockschlag mit bzw. ohne Walddämpfung“ (rote Bereiche) um das Projektgebiet, aus LfU [7]	5
Abbildung 6	Gefahrenhinweisbereich „Anfälligkeit für flachgründige Hanganbrüche im Extremfall“ (orange gestreifte Bereiche) für das Projektgebiet, aus LfU [7].....	6
Abbildung 7	Untersuchungsbereiche für Hangmurengefährdung (rot umrandet), Wehranlage und Betriebsgebäude sind in pink dargestellt	7
Abbildung 8	Bodenmächtigkeit „Bereich West“, offener Anriss direkt bergseitig des Wirtschaftsweges (vermutlich durch dessen Bau ausgelöst)	8
Abbildung 9	Vorhandene Anrissbereiche „Bereich West“, unterhalb des Anwesens Kederbach, ca. 0,2 m.....	9
Abbildung 10	Erosionsrinne, „Bereich Ost“ westlich des geplanten Betriebsgebäudes	9
Abbildung 11	Ablagerung/Rutschkörper westlich des geplanten Betriebsgebäudes.....	10
Abbildung 12	Erosionsrinne südl. der Ramsauer Ache, zwischen geplanter Wehranlage und Betriebsgebäude	11
Abbildung 13	Felsdurchsetzter Hang südlich der Ramsauer Ache zwischen geplanter Wehranlage und Betriebsgebäude	11
Abbildung 14	Nördlichster Bereich des „Bereich Süd“, ausgewiesen in der Gefahrenhinweiskarte ...	12
Abbildung 15	Ausgewiesener Gefahrenbereich für flachgründige Hanganbrüche lt. [7] gegenüber des Felsentores; im Gelände wurde nur eine sehr geringmächtige Lockergesteinsauflage dokumentiert.....	12
Abbildung 16	Großblock, augenscheinlich aus der Felswand ausgebrochen, Maß: ca. 5 x 3 x 2,5 m ..	14
Abbildung 17	Stark klüftiges Gestein am Felsentor (östliche Seite), rechts im Bild; überhängende Felsbereiche links im Bild, Blickrichtung SW	15
Abbildung 18	Trennflächengefüge an der Felswand im südlichen Bereich der geplanten Wehranlage, Blickrichtung Ost	15
Abbildung 19	potentielle Anrissbereiche mit zufällig gewählten Anrissen	17
Abbildung 20	Simulierte Fließhöhen in den relevanten Bereichen	18
Abbildung 21	Beleuchtetes Geländemodell basierend auf dem aktuellen DGM 1 des Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung mit den potentiellen Ausbruchsbereichen (rot) in Bezug auf die geplante Wehranlage (pink) und den Staubereich (blau).	19
Abbildung 22	Screenshot der in RAMMS bestimmten Blockgröße /-form.....	20
Abbildung 23a + b	Empfohlene Sicherung der südlichen Felswand und des Felsentores im Bereich der geplanten Wehranlage – Beräumung und Vernetzung mit hochfestem Stahldraht (orange umrandete Bereiche)	24

1. VERANLASSUNG

Die WKW Felsentunnel GmbH & Co.KG plant die Errichtung eines Kleinkraftwerkes an der Ramsauer Ache, in unmittelbarer Nähe des sogenannten „Felsentors“ in der Gemeinde Ramsau bei Berchtesgaden, Berchtesgadener Land, Bezirk Oberbayern.

Die Eingabeplanung [2] wurde erstellt von:

Ingenieurbüro
Dipl.-Ing. FH BDB Michael Ederer
Hauptstraße 7
D-92699 Bechtsrieth
Telefon +49 / (0)961 / 448807
Telefax +49 / (0)961 / 418814
IBederer@t-online.de

Seitens des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) wurde in einem Schreiben vom 07.02.2022 [3] eine Ergänzung der Planungsunterlagen durch Aussagen zu Geogefahren gefordert, insbesondere zu einer möglichen Gefahr durch Steinschlag/Blockschlag und Hangmuren.

Die iC consulenten ZT GmbH wurde mit der Erstellung der Beurteilung zu möglichen Geogefahren für das gegenständliche Projekt beauftragt.

2. VERWENDETE UNTERLAGEN

2.1. PROJEKTSPEZIFISCHE GRUNDLAGEN

- [1] iC consulenten GmbH: Eigene Aufnahmen im Zuge mehrerer Begehungen, Ramsau am 12.04.2022 und 14.04.2022.
- [2] Dipl.-Ing. FH BDB Michael Ederer: Eingabeplanung – Neubau einer Wasserkraftanlage, Felsentunnel an der Ramsauer Ache. Planunterlagen, Stand 15.03.2021
- [3] Bayerisches Landesamtes für Umwelt: Vollzug der Wassergesetze; Errichtung und Betrieb eines Wasserkraftwerks am Felsentunnel an der Ramsauer Ache (Fkm 6,2); hier: Beteiligungsverfahren gemäß Art. 73 Abs. 2 BayVwVfG und § 17 UVPG; Antragssteller: WKW Felsentunnel GmbH & Co KG; Zeichen: 11-4502-11494/2022; 07.02.2022

2.2. ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

- [4] Bayerisches Geologisches Landesamt, 1998: Geologische Karte von Bayern, 1:25 000, Nationalpark Berchtesgaden, München.
- [5] Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, 2022: Bayernatlas online <https://www.geoportal.bayern.de/>, Zugriff April 2022.
- [6] Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, 2022: Bayernatlas online <https://www.geoportal.bayern.de/>, Thema Naturgefahren, Zugriff April 2022.
- [7] Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, 2022: Bayernatlas online <https://www.geoportal.bayern.de/>, Thema Umwelt, Zugriff April 2022.

- [8] Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, 2022: digitales Geländemodell, DGM 1, Projektgebiet.
- [9] WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF: RAMMS::ROCKFALL v1.6.72
- [10] WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF: RAMMS::ROCKFALL User Manual v1.6 Rockfall, Manuscript update May 2016
- [11] WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF: RAMMS::DEBRIS FLOW v1.7.20
- [12] WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF: RAMMS:: DEBRIS FLOW User Manual v1.7.0 Rockfall, Manuscript update May 2017
- [13] QGIS Vers. 3.10.2-A Coruna, 2020
- [14] OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM: OpenTopoMap, Zugriff April 2022
- [15] E-Mail-Kommunikation von 27.04.2022, Christian Rickli, WSL

3. ALLGEMEINE ANGABEN

3.1. GEPLANTES PROJEKT

In der Gemeinde Ramsau bei Berchtesgaden, ca. 500 m nordöstlich des Ortseingangs soll an der Ramsauer Ache eine Wasserkraftanlage errichtet werden. Die geplante Wehranlage (Segmentwehre mit aufgesetzten Klappen und vorgesetzten Rechen) soll direkt im Anschluss an das bestehende „Felsentor“ (Tunnel der Bundesstraße B 305) ca. auf der Höhe des nordöstlichen Tunnelportals in der Ramsauer Ache zu liegen kommen. Weiter ist ein ca. 80 m langer Fischauf- bzw. Fischabstieg an der Nordseite der Ramsauer Ache parallel zur Bundesstraße geplant

Das Betriebsgebäude des „WKW Felsentunnel“ (inkl. Steuerung, Trafo und Parkplatz) soll ca. 200 m flussabwärts Richtung Nordosten auf einer vorhandenen Parkbucht an der B 305 errichtet werden. Zwischen Betriebsgebäude und Wehranlage wird ein Steuer- und Einspeisekabel von ca. 200 m Länge in der bestehenden Böschung entlang der Bundesstraße B 305 verlegt.

Die bestehenden Sohlschwellen im Projektgebiet sollen für den Kraftwerksbetrieb angepasst werden.

3.2. LAGE DES BAUVORHABENS

Die geplante Anlage befindet sich in der Schluchtstrecke der Ramsauer Ache, ca. 500 m nordöstlich des Ortes Ramsau bei Berchtesgaden (Abbildung 1 und Abbildung 2).

Parallel zur Ramsauer Ache am nördlichen Ufer verläuft die Bundesstraße B 305. Die B 305 durchquert das sogenannte „Felsentor“, ein natürlicher Felsvorsprung von Norden zur Ramsauer Ache hin, durch den ein historischer Tunnel führt.

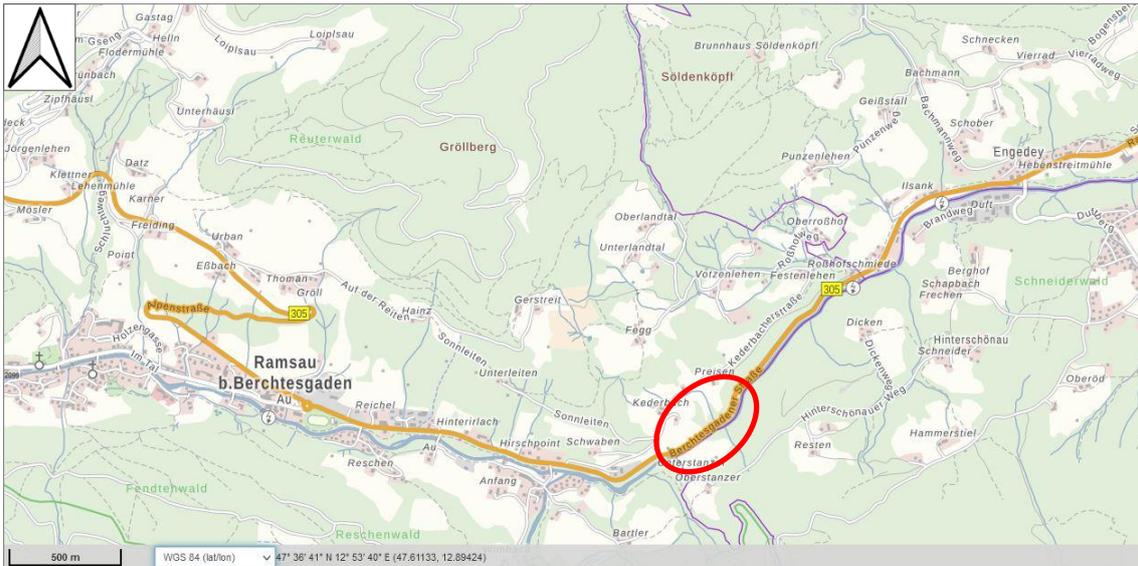


Abbildung 1 Geografische Lage (rotes Oval = Projektgebiet), Grundlage: [5]

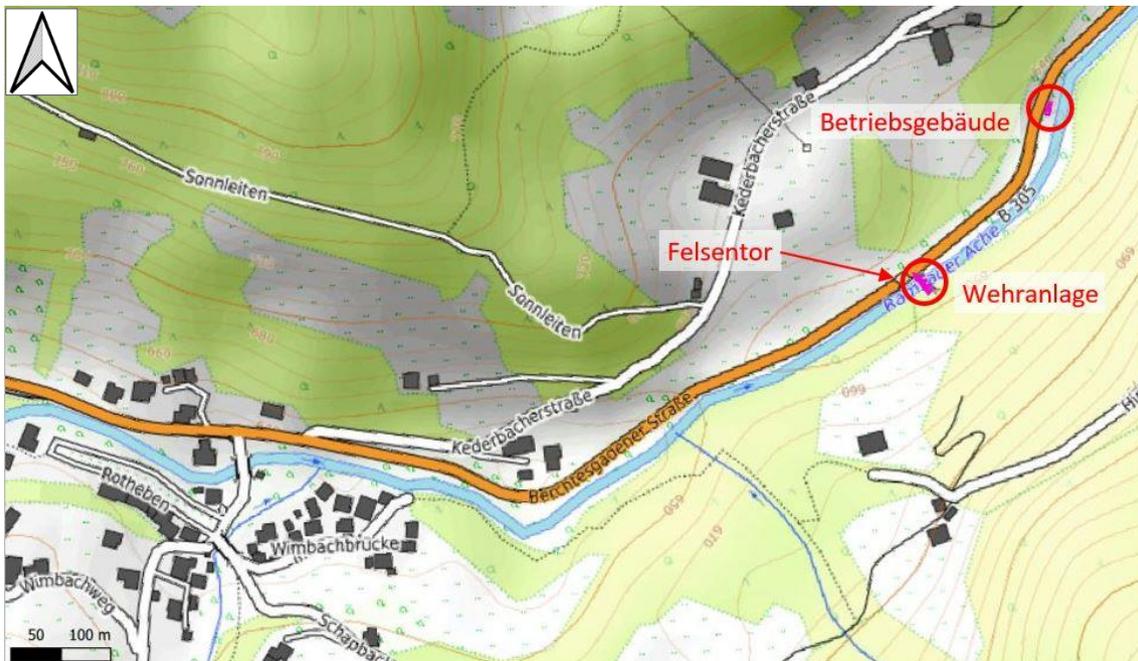


Abbildung 2 Geografische Lage des Projekts, Grundlage: [14]

Derzeit sind in der Ramsauer Ache oberstromig des Felsentores mehrere Sohlschwellen vorhanden, wobei ca. 15 m stromaufwärts des Felsentores eine größere Schwelle mit einer Fallhöhe von ca. 3 m ausgeprägt ist.

3.3. GEOLOGISCHER RAHMEN

Das Projektgebiet befindet sich in geologischer Hinsicht in den, dem Ostalpin zugehörigen, Nördlichen Kalkalpen. Im Bereich der geplanten Wehranlage stehen Festgesteine der skythisch-anisischen Karbonatserie an, welche vorwiegend aus kalkigen Dolomiten besteht (aus [7]). Direkt nordöstlich entlang der Straße grenzt diese Karbonatserie an die Obere Werfen-Formation an, in der ein Teil des geplanten Fischauf- bzw. Fischabstieges und das Betriebsgebäude zu liegen kommen. Die obere Werfen-Formation besteht aus Kalksand- bis Kalkstein. Beide Gesteinsserien entstammen der Zeit der

Trias. Zwischen den beiden Formationen ist in [7] eine vermutete Störung eingezeichnet (Abbildung 3, schwarze Linie).

Die Festgesteine sind im Projektgebiet und angrenzenden Hängen teilweise durch eine geringmächtige Lockergesteins- und Bodendecke überlagert.

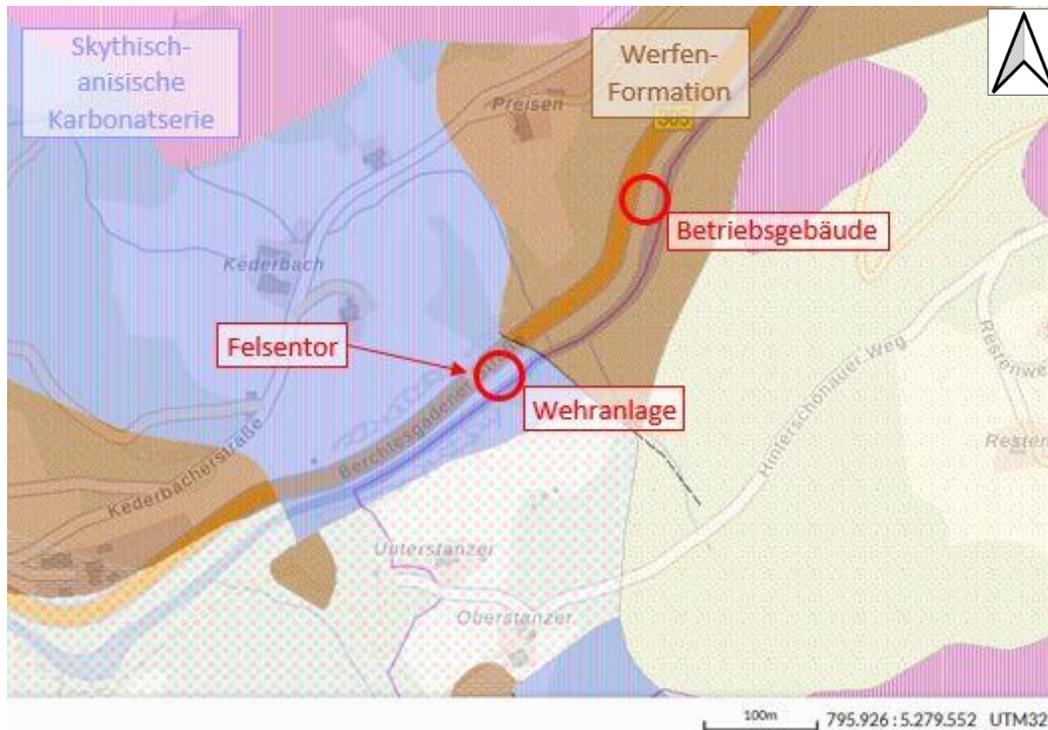


Abbildung 3 Auszug aus der geologischen Karte im Projektbereich, aus [7]

3.4. NATURGEFAHREN

Vom Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) wird im Rahmen des GEORISK-Projektes eine Ereignisdatenbank mit allen bekannten historischen und aktuellen Ereignissen gravitativer Naturgefahren (Steinschlag, Felssturz, Rutschungen oder Erdfälle) gepflegt.

Im Projektgebiet ist ein „großer Steinschlag“ mit ca. 6 bis 8 m³ Sturzmaterial aus dem Jahr 2017 erfasst, im GEORISK-Objekt „8343GR016095“ beschrieben und als Annex 1 dem vorliegenden Bericht beigefügt.

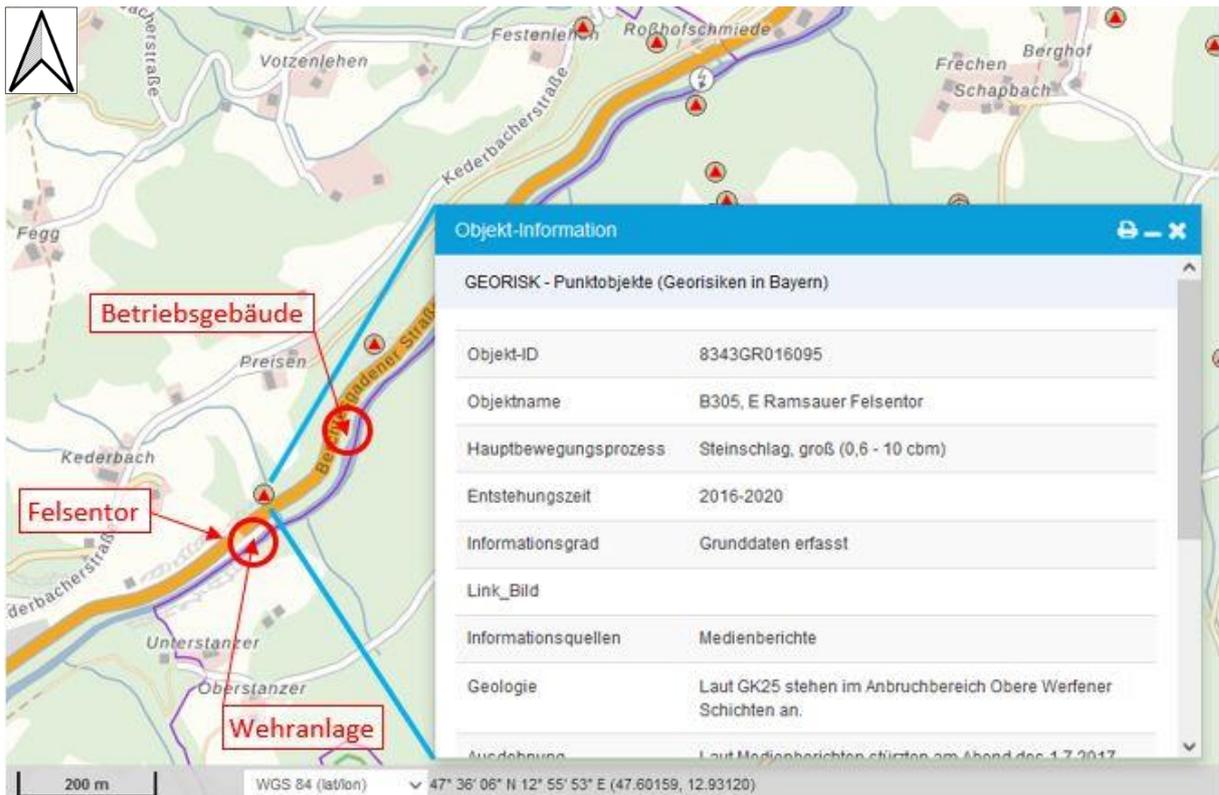


Abbildung 4 Steinschlag-Ereignis im Projektgebiet – Ereignisdatenbank des LfU [7]

Ein Großteil des Projektgebietes ist als Gefahrenhinweisbereich „Steinschlag/Blockschlag“ (mit und ohne Walddämpfung) ausgewiesen.

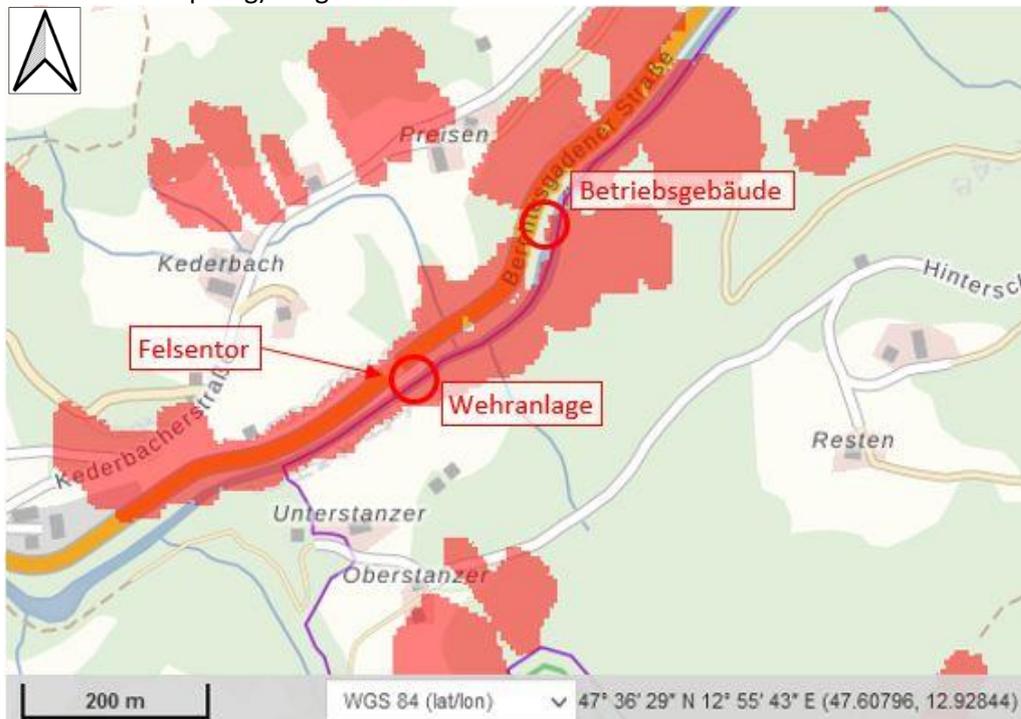


Abbildung 5 Gefahrenhinweisbereich „Steinschlag/Blockschlag mit bzw. ohne Walddämpfung“ (rote Bereiche) um das Projektgebiet, aus LfU [7]

Weiter sind Hangbereiche über der geplanten Wehranlage und auch des Betriebsgebäudes als Gefahrenhinweisbereiche „Anfälligkeit für flachgründige Hanganbrüche“ sowie auch in der Kategorie „Anfälligkeit für flachgründige Hanganbrüche im Extremfall“ ausgewiesen.



Abbildung 6 Gefahrenhinweisbereich „Anfälligkeit für flachgründige Hanganbrüche im Extremfall“ (orange gestreifte Bereiche) für das Projektgebiet, aus LfU [7]

Gefahrenhinweisbereiche für tiefreichende Rutschungen, Erdfälle/Dolinen und Senkungsgebiete sind im gegenständlichen Projektgebiet nicht ausgewiesen (siehe Ereignisdatenbank des LfU [7]).

Im Bezug auf die im Projektgebiet ausgewiesenen Gefahrenhinweisbereiche wurde in dem Schreiben des LfU [3] eine eingehende Analyse bezüglich Gefährdung des Projektgebietes durch Steinschlag und Hangmuren gefordert. Im Folgenden werden die durchgeführten Analysen und eine geotechnische Bewertung dargelegt.

4. DURCHGEFÜHRTE ANALYSEN

4.1. GELÄNDEAUFNAHMEN

4.1.1. Aufnahmen zur Hangmurengefährdung

Im Zuge der Geländeaufnahme wurden die in den Gefahrenkarten „Anfälligkeit für flachgründige Hanganbrüche im Extremfall“ (siehe Abbildung 6) ausgewiesenen Bereiche als Grundlage herangezogen und die Hangbereiche oberhalb der geplanten Anlagen großräumig beiderseits der Schluchttrecke begangen / begutachtet. Dabei wurden drei Bereiche unterschieden („Bereich West“, „Bereich Ost“ und „Bereich Süd“), welche in Abbildung 7 dargestellt sind.

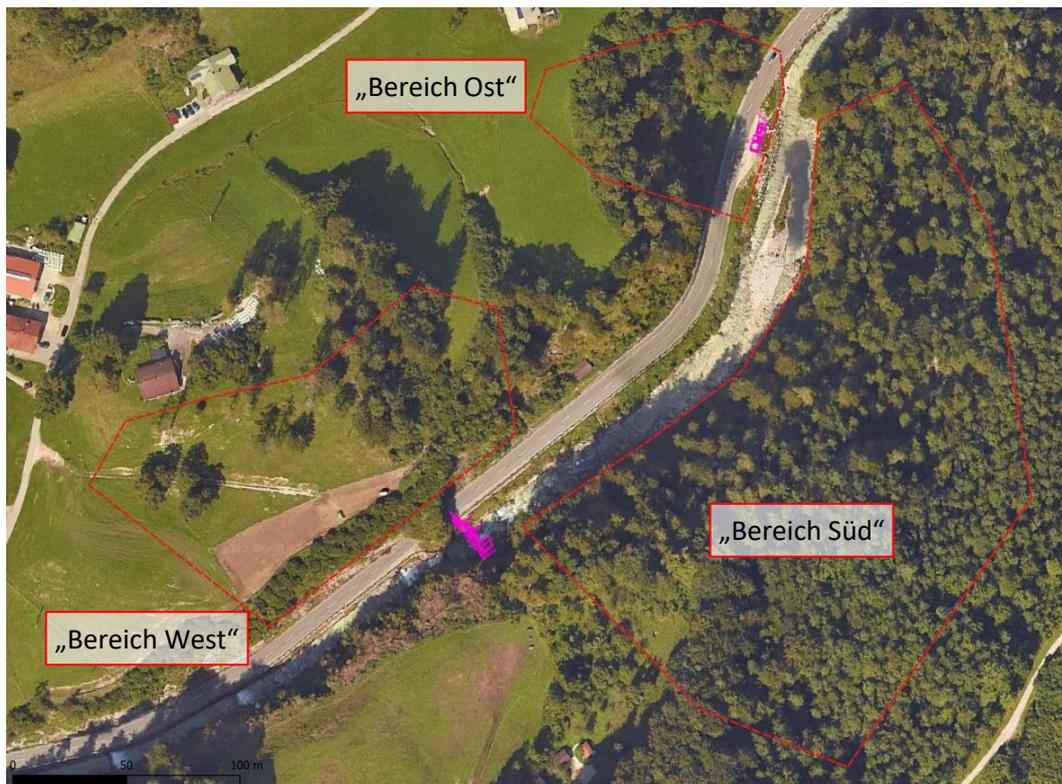


Abbildung 7 Untersuchungsgebiete für Hangmurengefährdung (rot umrandet), Wehranlage und Betriebsgebäude sind in pink dargestellt

Bei den in der Karte ausgewiesenen Flächen nordwestlich des Felsentores (Abbildung 8 und Abbildung 9 = „Bereich West“) unterhalb des Anwesens Kederbach, handelt es sich um Wiesenflächen mit einer Neigung bis ca. 30°. Die Hänge gehen Richtung Ramsauer Ache in eine flache Wiese mit einer Neigung von ca. 10° über, am Rand derer sich ein von dichten Büschen und kleineren Bäumen bewachsener, ca. 10 m breiter Streifen befindet. Darunter bricht die Felswand zur Straße steil ab.

Die Bodenmächtigkeit bzw. Lockergesteinsdecke auf den unterlagernden Felsbereichen in den anrissgefährdeten Bereichen wurde händisch erbohrt und liegt zwischen wenigen Zentimeter bis ca. 0,5 m.

Diese Überlagerung besteht vorwiegend aus Oberboden und nur geringfügig aus Hangschutt. Es sind nur wenige Steine und Blöcke vorhanden. Durch den großen Anteil an feinkörnigerem Material und die vorhandenen Anrisse wird erwartet, dass durch eine Hangmure mobilisiertes Material eher in Form eines schlammigen Stroms abgehen könnte.



Abbildung 8 Bodenmächtigkeit „Bereich West“, offener Anriss direkt bergseitig des Wirtschaftsweges (vermutlich durch dessen Bau ausgelöst)



Abbildung 9 Vorhandene Anrissbereiche „Bereich West“, unterhalb des Anwesens Kederbach, ca. 0,2 m

Im Bereich westlich des geplanten Betriebsgebäudes (= „Bereich Ost“) unterhalb des Anwesens Preisen, sind Wiesenhänge, die in einen steilen bewaldeten Bereich abbrechen. Hier sind mehrere bis etwa 1,0 m tiefe Erosionsrinnen ausgeformt (Abbildung 9).



Abbildung 10 Erosionsrinne, „Bereich Ost“ westlich des geplanten Betriebsgebäudes

Des Weiteren wurde in unmittelbarer Nähe der B 305 eine nicht datierte Ablagerung von einem kleinen Rutschkörper unter dem Bewuchs aufgefunden (Abbildung 11).

In diesem Bereich wird der Fels teils durch Oberboden teils durch grobkörnigen Hangschutt (Steine) überlagert. Auch das abgelagerte Material in dem vorgefundenen Rutschkörper bzw. aus der Erosionsrinne kann als stark grobkörnig (höherer Kies- und Steinanteil) bzw. grobkörniger als im „Bereich West“ bezeichnet werden.



Abbildung 11 Ablagerung/Rutschkörper westlich des geplanten Betriebsgebäudes

Die Waldböden südöstlich der Ramsauer Ache („Bereich Süd“), sind wenige Zentimeter bis ca. 0,5 m mächtig und liegen auf zerklüfteten und brüchigen Fels bzw. Hangschutt auf (Abbildung 12 und Abbildung 13). Die Hänge sind zum größten Teil bewaldet und meist um 35° steil. Zwischen der geplanten Wehranlage und dem Betriebsgebäude sind die steilen Waldhänge von Felsstufen durchsetzt (Aufschlussmächtigkeiten von ca. 5 - 8 m) und zeigen deutliche Erosionsrinnen. Hier ist mobilisierbares Material vorhanden, das durch die vorhandenen Erosionsrinnen/Gerinne augenscheinlich in unregelmäßigen Abständen Richtung Ramsauer Ache transportiert wird. Die mobilisierten Kubaturen sind augenscheinlich gering.



Abbildung 12 Erosionsrinne südl. der Ramsauer Ache, zwischen geplanter Wehranlage und Betriebsgebäude

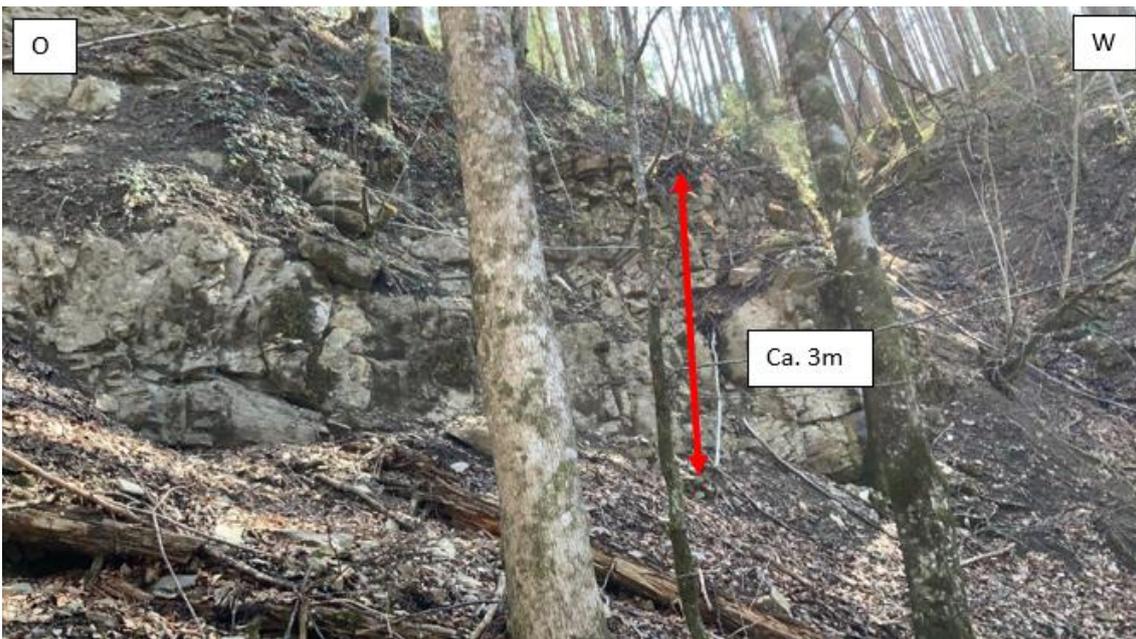


Abbildung 13 Felsdurchsetzter Hang südlich der Ramsauer Ache zwischen geplanter Wehranlage und Betriebsgebäude

Der nördlichste Teil des „Bereich Süd“ (Abbildung 14) ist ebenfalls in der Gefahrenkarte „Anfälligkeit für flachgründige Hanganbrüche im Extremfall“ verzeichnet. In diesem Bereich befinden sich mehrere Vernässungsbereiche und feuchtigkeitsliebende Vegetation. Generell ist der Hang überwiegend $\geq 30^\circ$ geneigt.



Abbildung 14 Nördlichster Bereich des „Bereich Süd“, ausgewiesen in der Gefahrenhinweiskarte

Darüber hinaus wurde auch der Bereich direkt südlich des Felsentores, bzw. oberhalb der geplanten Wehranlage auf der gegenüberliegenden Seite der B 305 begangen, welcher ebenfalls in der Gefahrenkarte „Anfälligkeit für flachgründige Hanganbrüche im Extremfall“ verzeichnet ist (Abbildung 15). Er befindet sich am Ende der Wiesenfläche des Anwesens Unterstanzer. Hier ist jedoch kaum Lockergesteinsüberdeckung vorhanden und es finden sich keinerlei Anzeichen für mobilisierbare Geschiebeherde. Zusätzlich ist der Bereich dicht mit Strauchwerk bewachsen.



Abbildung 15 Ausgewiesener Gefahrenbereich für flachgründige Hanganbrüche lt. [7] gegenüber des Felsentores; im Gelände wurde nur eine sehr geringmächtige Lockergesteinsauflage dokumentiert

4.1.2. Aufnahmen zur Steinschlaggefährdung / geologische Verhältnisse

Das Projektgebiet liegt in einer Schluchtstrecke der Ramsauer Ache. Es dominieren hier Felswände aus aufgelockertem, stark klüftigem Kalk- und Dolomitstein, die als potenzielles Liefergebiet für Stein- und Blockschlag in Frage kommen.

Die **Felswand nördlich der Ramsauer Ache** bzw. der Bundesstraße B 305 zu beiden Seiten des Felsentors wurde bereits durch die Straßenverwaltung mittels Vernetzungen, Steinschlagschutzzäunen bzw. jährliche Beräumungen gesichert. Diese Sicherungen wurden teilweise im Nachgang des vorher erwähnten GEORISK-Objektes „8343GR016095“ („großer Steinschlag“ mit ca. 6 bis 8 m³ Sturzmaterial aus dem Jahr 2017, siehe ANNEX 1) errichtet. Dieses Ereignis hatte seinen Ursprung in der Felswand nördlich der Ramsauer Ache oberhalb der B 305.

Aus diesem Grund wurde die Felswand oberhalb der B 305 im Zuge dieses Berichtes nicht mehr gesondert betrachtet, da die derzeitige Sicherung als ausreichend anzusehen ist, unter der Voraussetzung, dass die Funktionstüchtigkeit der Sicherungsmaßnahmen aufrechterhalten wird.

Im Bereich der nördlichen Felswände ist lediglich ein Teil des Felsentors nicht gesichert. Das Felsentor selbst besteht, wie die umgebenden Felswände, aus aufgelockertem/zerlegtem Kalk und Dolomit (Abbildung 17). Diese ungesicherten Felsbereiche kommen ebenfalls als potenzielles Liefergebiet für Stein- und Blockschlag in Frage.

Die bestehende Felswand **südlich der Ramsauer Ache verläuft** ab ca. 20 m unterstromig der geplanten Wehranlage nach Westen hin über den gesamten Staubereich. Die Höhe der Felswand beträgt durchschnittlich ca. 30 m. Die Felswand besteht aus bereichsweise stark aufgelockertem Kalk- und Dolomit. Speziell im Bereich direkt oberhalb der geplanten Wehranlage/Staumauer ist die Wandstufe bereichsweise stark aufgelockert. Es lassen sich frische Ausbruchsstellen erkennen. Hier liegt ein Großblock (Maße: 5 x 3 x 2,5 m, siehe Abbildung 16), welcher augenscheinlich aus der Wand ausgebrochen ist (teils bewachsen, vermutlich mehrere Jahrzehnte alt) am Fuße der Felswand am Rande des Bachbetts.

Oberhalb der südlichen Felswand schließt sich flacheres Terrain, teilweise bewaldet, teilweise mit Wiesenflächen an. In dem Bereich oberhalb der Felswand befinden sich keine relevanten Aufschlüsse mehr, welche als potenzielle Liefergebiete für Stein- und Blockschlag in Frage kommen.



Abbildung 16 Großblock, augenscheinlich aus der Felswand ausgebrochen, Maß: ca. 5 x 3 x 2,5 m



Abbildung 17 Stark klüftiges Gestein am Felsentor (östliche Seite), rechts im Bild; überhängende Felsbereiche links im Bild, Blickrichtung SW

Generell liegen die Bankmächtigkeiten des aufgeschlossenen Gesteins typischerweise in einer Größenordnung zwischen mehreren Zentimetern bis Dezimetern (dünn bis mittlere Schichtmächtigkeit). Das Schichteinfallen ist überwiegend flach (max. 20°) nach SW bis NE, d.h. teilweise aus dem Hang orientiert. Neben der Bankung sind zwei meist steil stehende Klufscharen ausgebildet, wodurch sich meist plattige / prismatische Gesteinskörper mit einer Kantenlänge von Dezimetern bis Metern ergeben.

Im Bereich der geplanten Wehranlage wurden am geplanten Nord- und Südende je eine Aufschlussbeschreibung nach EN ISO 14689-1 durchgeführt (siehe Annex 4).

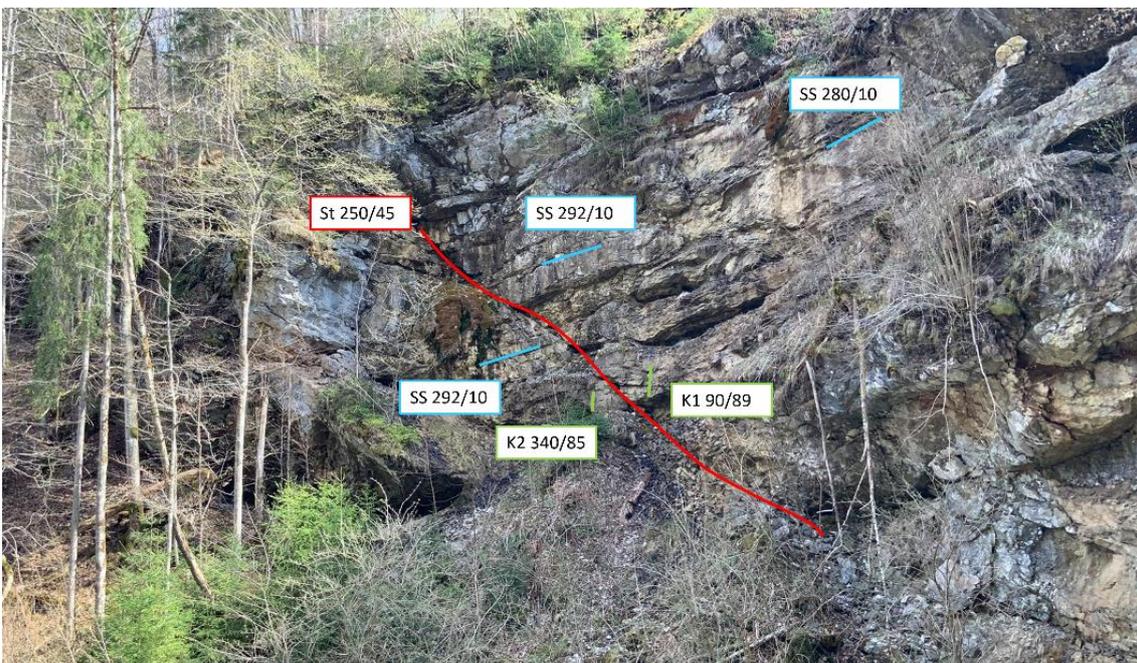


Abbildung 18 Trennflächengefüge an der Felswand im südlichen Bereich der geplanten Wehranlage, Blickrichtung Ost

4.2. 3D HANGMURENSIMULATIONEN

Die gegenständliche Hangmurensimulation wurde mit der Software RAMMS::Debrisflow (aktuelle Version 1.7.20) durchgeführt [11]. Es handelt sich hierbei um ein dreidimensionales numerisches Simulationsmodell, entwickelt von der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL in Zusammenarbeit mit dem Institut für Mechanische Systeme der ETH Zürich. Die Software basiert auf der Zweiparameter Voellmy Beziehung, die das Reibungsverhalten von Murgängen beschreibt. Auf Basis eines 3D-Geländemodells werden Fließhöhen, Fließgeschwindigkeiten, Ablagerungshöhen und Anpralldrücke berechnet.

Im Folgenden wird die Vorgehensweise zur Festlegung der Eingangsparameter erläutert, bzw. die wichtigsten Eingangsparameter beschrieben, die zur Durchführung eines Simulationslaufes benötigt werden[11]:

Als Basis für die Modellierung wurde ein Ausschnitt des DGM 1 (1 m Bodenauflösung) des Landesamtes für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Bayern verwendet [8]. Die ASCII-Punkte wurden mittels Dreiecksvermaschung interpoliert und in RAMMS::Debrisflow importiert.

Basierend auf den im Bayernatlas [6] ausgewiesenen Gefahrenhinweisbereichen und den Erkenntnissen im Zuge der Geländebegehung [1] wurden mögliche Anrissbereiche definiert (siehe Abbildung 19). Ein gleichzeitiger Abgang der gesamten Kubatur aus den möglichen Anrissbereichen ist allerdings unrealistisch und würde demnach zu falschen Ergebnissen führen. Daher wurden in einem zweiten Schritt innerhalb der möglichen Anrissbereiche kleinere Flächen zufällig ausgewählt und verteilt, um eine realistische Repräsentation von möglichen Murenabgängen zu erhalten. Diese Vorgangsweise wird durch den WSL, den Hersteller der Simulationssoftware RAMMS::DebrisFlow, bei einem Mangel von Ereignisdaten empfohlen [15].

Für die Ermittlung der maximalen Anrissbreite wurden die im weiteren Umfeld des Projektgebietes dokumentierten Ereignisse [6] und die Erkenntnisse aus der Geländebegehung [1] herangezogen, die Anrisstiefen wurden ebenso auf Basis der Geländebegehung [1] festgelegt.

Somit wurden der Simulation insgesamt siebzehn mögliche Anrisse zu Grunde gelegt:

- sieben im Westen des Felsentors (Bereich „West“)
- vier nordöstlich des Felsentors (Bereich „Ost“)
- sechs Bereiche südöstlich des Felsentors (Bereich „Süd“)

In Abbildung 19 sind die ausgewählten Ausbruchsbereiche (rot strichliert), die zufällig generierten Anrisse (rote Halbkreise), sowie die im Bayern Atlas [6] (gelbe Polygone) ausgewiesenen Flächen, dargestellt.

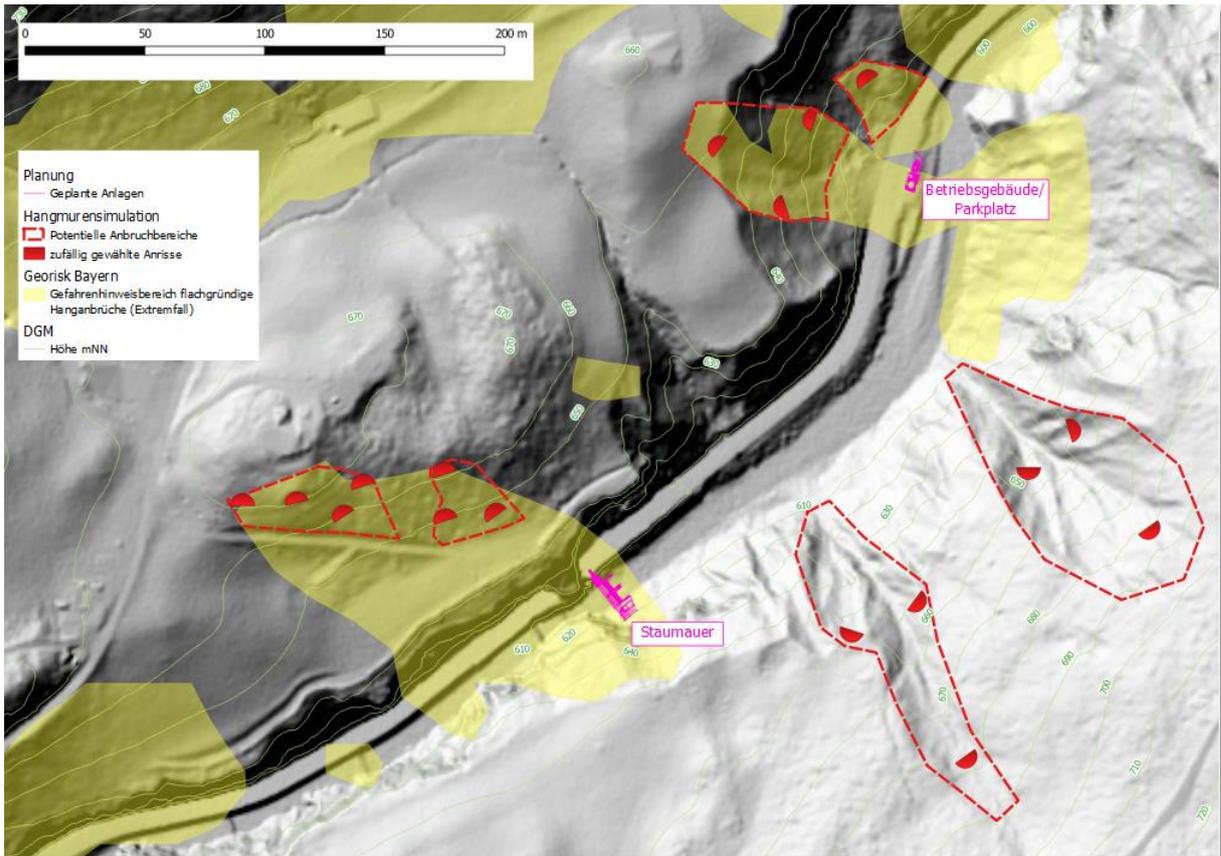


Abbildung 19 potentielle Anrissbereiche mit zufällig gewählten Anrissen

Einen wesentlichen Einfluss auf die Simulation haben die beiden Reibungsparameter μ und ξ . Eine direkte Kalibrierung mit dokumentierten Ereignissen ist für diesen Bereich nicht möglich. Die Parameter ξ (turbulenter Reibungsparameter) und μ (trockener Coulomb-Reibungsparameter) wurden je nach Zusammensetzung der mobilisierbaren Boden- bzw. Hangschuttschichten in den einzelnen Bereichen variiert, um ein möglichst realistisches Extremereignis im Projektgebiet abzubilden. Die mobilisierten Volumina in den Simulationen wurden generell konservativ angesetzt.

Eine Übersicht der verwendeten Simulationsparameter ist in Tabelle 1 gegeben.

Tabelle 1 Verwendete Simulationsparameter für die durchgeführten Hangmurensimulationen

Verwendete Simulationsparameter	Bereich		
	West	Ost	Süd
Anzahl zufälliger Anrisse	7	4	6
Anrissbreite [m]	10	10	10
Anrisstiefe [m]	0,5	1	1
Reibungskoeffizient μ []	200	100	200
Reibungskoeffizient ξ [m/s ²]	0,3	0,4	0,3
Mobilisierte Kubatur [m ³]	165	203	332

In der folgenden Abbildung 20 sind die Ergebnisse der Hangmurensimulationen (maximale Fließhöhe) dargestellt. Detaillierte Ergebnisse befinden sich in Annex 2.

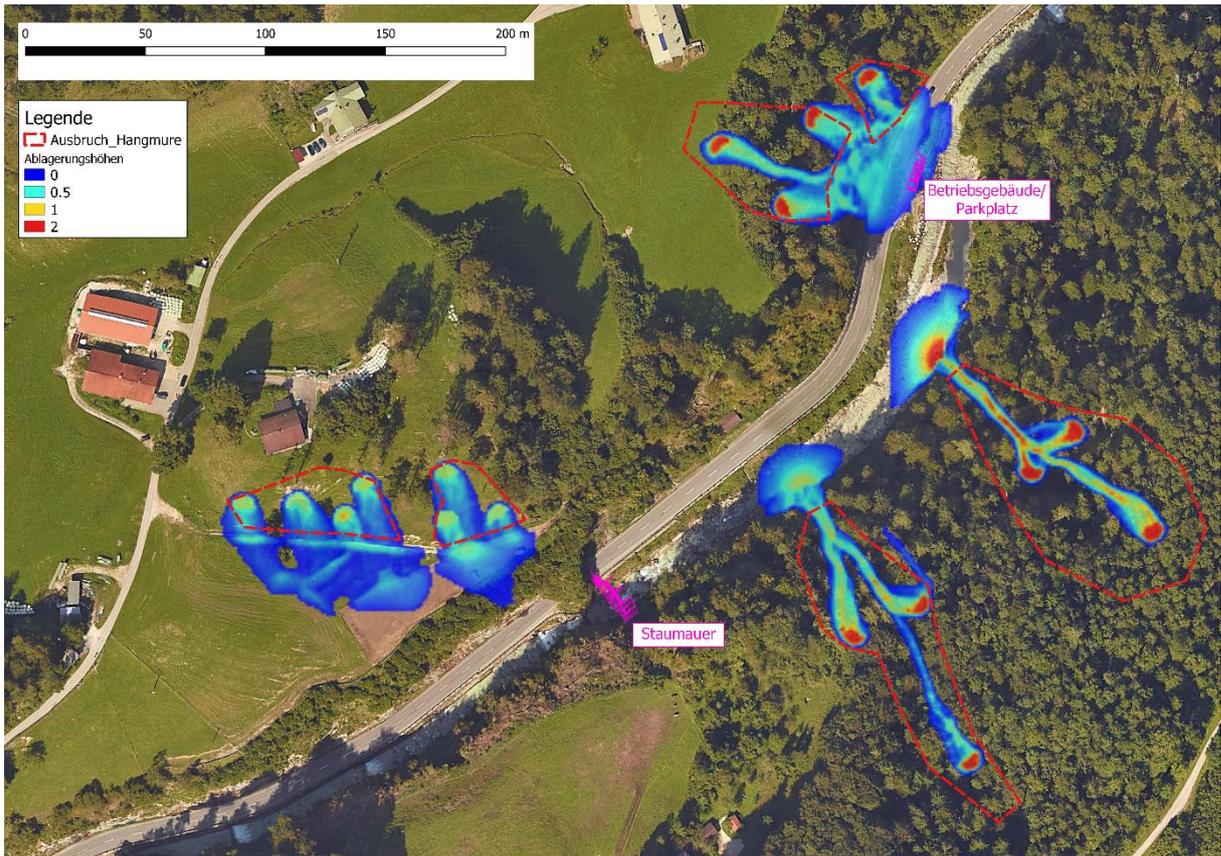


Abbildung 20 Simulierte Fließhöhen in den relevanten Bereichen

Im „Bereich West“ erreichen die simulierten Hangmuren die geplante Staumauer/Wehranlage bzw. den Flusslauf nicht. Die mobilisierten Kubaturen laufen auf den flachen Wiesenhängen unterhalb der Anrissbereiche aus.

Im „Bereich Ost“ (Betriebsgebäude) ist nicht auszuschließen, dass eine oder mehrere Hangmuren das Betriebsgebäude erreichen. Es handelt sich allerdings lediglich um die Ausläufer, die nach dem Überfließen der Bundesstraße nur mehr Fließhöhen unter 0,2 m aufweisen.

Im „Bereich Süd“ erreichen die simulierten Hangmuren keine der geplanten Gebäudestrukturen. Sie erreichen die Ramsauer Ache, die Ablagerungen im Flussbett beschränken sich auf < 0,3 m Mächtigkeit.

In den Simulationen wurde der teils dichte Waldbewuchs bergseitig der Felswände nicht berücksichtigt. Eine gewisse zusätzliche Eindämmung der Auslauflänge ist davon zu erwarten, ist aber in der Simulation nicht abgebildet.

4.3. 3D STEINSCHLAGSIMULATION

Die gegenständliche Steinschlagsimulation wurde mit der Software RAMMS::Rockfall (aktuelle Version 1.6.72) durchgeführt [9]. Es handelt sich hierbei um ein dreidimensionales numerisches Steinschlagsimulationsmodell, entwickelt von der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL in Zusammenarbeit mit dem Institut für Mechanische Systeme der ETH Zürich. Die Software basiert auf physikalischen Kontaktgesetzen der Steine/ Blöcke mit dem

Geländeuntergrund (Gleiten, Rollen, Springen), berücksichtigt reale Stein-/Blockformen und berechnet die Sturztrajektorien über 3D-Gelände, einschließlich der Sprunghöhen, der Geschwindigkeit, der Rotationsgeschwindigkeit, der kinetischen Energie und der Aufprallkraft.

Im Folgenden wird die Vorgehensweise zur Festlegung der Eingangsparameter erläutert, bzw. die wichtigsten Eingangsparameter beschrieben, die zur Durchführung eines Simulationslaufes benötigt werden [10]:

Als Basis für die Modellierung wurde ein Ausschnitt des DGM 1 (1 m Bodenauflösung) des Landesamtes für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Bayern verwendet [8]. Die ASCII-Punkte wurden mittels Dreiecksvermaschung interpoliert und in RAMMS::Rockfall importiert.

Auf der Basis der eigenen Geländebegehungen [1] und des digitalen Geländemodells [8] wurden die potentiellen Liefergebiete für Stein-/Blockschlag im Untersuchungsgebiet definiert.

Generell ist festzuhalten, dass die nördlichen Wandbereiche oberhalb der B 305 durch die vorhandenen Schutzbauwerke bzw. jährlichen Beräumungen bereits ausreichend gesichert sind.

Daher wurden in der gegenständlichen Simulation nur Ausbruchsbereiche an den ungesicherten Bereichen des Felsentors und an der südlichen Seite der Ramsauer Ache betrachtet, welche die geplante Wehranlage und den Staubereich gefährden könnten.

Um diese abzugrenzen und in die Modellierungssoftware zu übernehmen, wurde die Geländeneigung aus dem Geländemodell berechnet und alle Bereiche mit einer Hangneigung $> 45^\circ$ selektiert und die Bereiche auf die Umgebung der geplanten Wehranlage und des Staubereichs zugeschnitten.

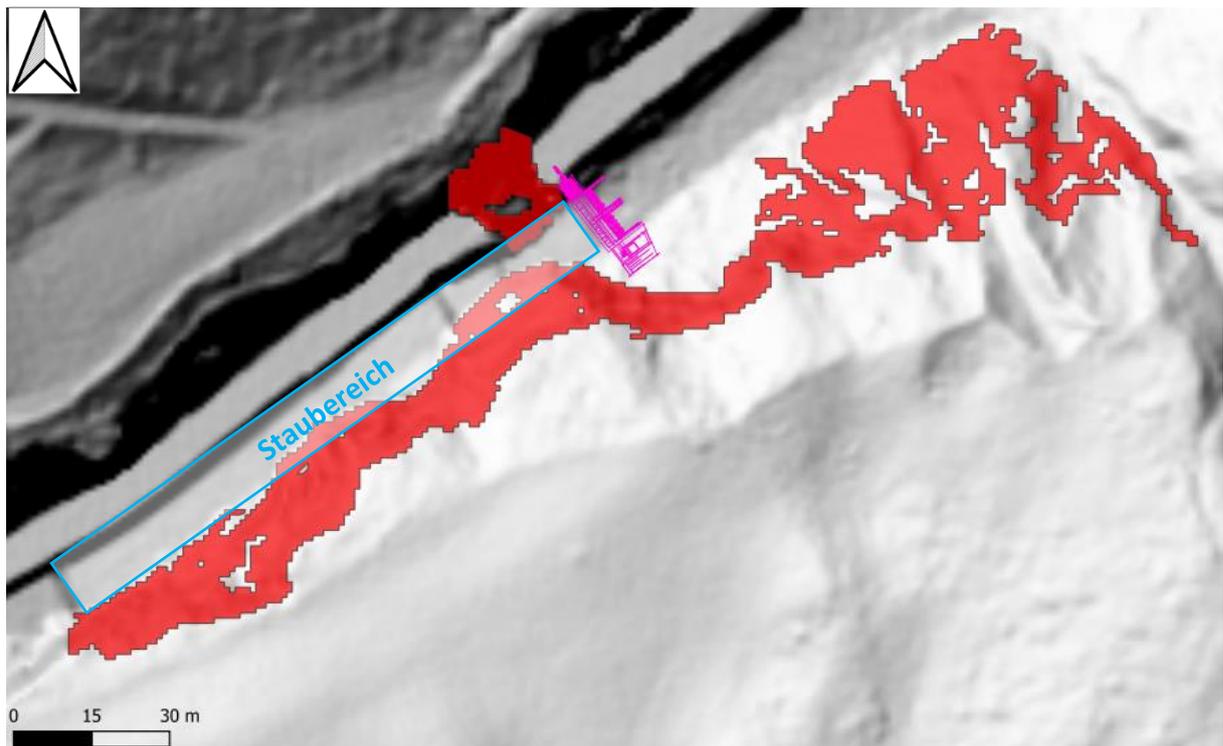


Abbildung 21 Beleuchtetes Geländemodell basierend auf dem aktuellen DGM 1 des Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung mit den potentiellen Ausbruchsbereichen (rot) in Bezug auf die geplante Wehranlage (pink) und den Staubereich (blau).

Die Dämpfungsparameter des Untergrundes (Untergrundtyp) wurden auf der Basis der eigenen Geländebegehungen [1], des digitalen Geländemodells [8] und anhand von Luftbildern [5] erfasst, entsprechend der in RAMMS::Rockfall vorgegebenen Klassen bewertet und eingestuft, bzw. importiert.

Der Modellraum wurde aufgrund der auftretenden Geländeoberflächen in 3 Klassen unterteilt: der Felsbereich südlich der Ramsauer Ache, welcher als potentieller Ausbruchsbereich definiert wurde, wurde der Dämpfungsklasse "Extra Hard" zugeordnet. Die Blockhalde am Fuße der Felswand wurde der Dämpfungsklasse „Hard“ zugeordnet. Alle restlichen Hangbereiche wurden der Dämpfungsklasse "Medium" zugeordnet.

Durch den spärlichen bzw. fehlenden Bewuchs im Bereich der Ausbruchs- / Transitbereiche wurde der Dämpfungsparameter der Vegetation vernachlässigt. Die Ramsauer Ache wurde entsprechend als Gewässer klassifiziert.

Die Dimensionierung des Bemessungsblocks für die Steinschlagsimulation erfolgte auf der Basis der im Gelände vorgefundenen Sturzblöcke und der vorhandenen Trennflächen des Gesteins in den potentiellen Ausbruchsbereichen. Als Volumenvorgabe wurde das 95%-Fraktile der statistischen Blockverteilung (vermessene Sturzblöcke im Ablagerungsraum und gemessene Trennflächenabstände) herangezogen.

Ebenfalls auf der Basis der Geländeerhebungen wurde die Form des Bemessungsblocks festgelegt. Aufgrund der vorherrschenden Geologie / des vorherrschenden Trennflächengefüges ist grundsätzlich mit eher plattigen / prismatisch Blockformen zu rechnen. Anhand dieser Vorgaben wurde in der Software der Grundtypus "Real_Flat_1.8" für die Blockform gewählt und die Länge der Blockachsen angepasst, um das vorgefundene Blockvolumen bestmöglich abzubilden. Die Geometrie bzw. die Abmessung des verwendeten Bemessungsblocks sind der folgenden Abbildung zu entnehmen.

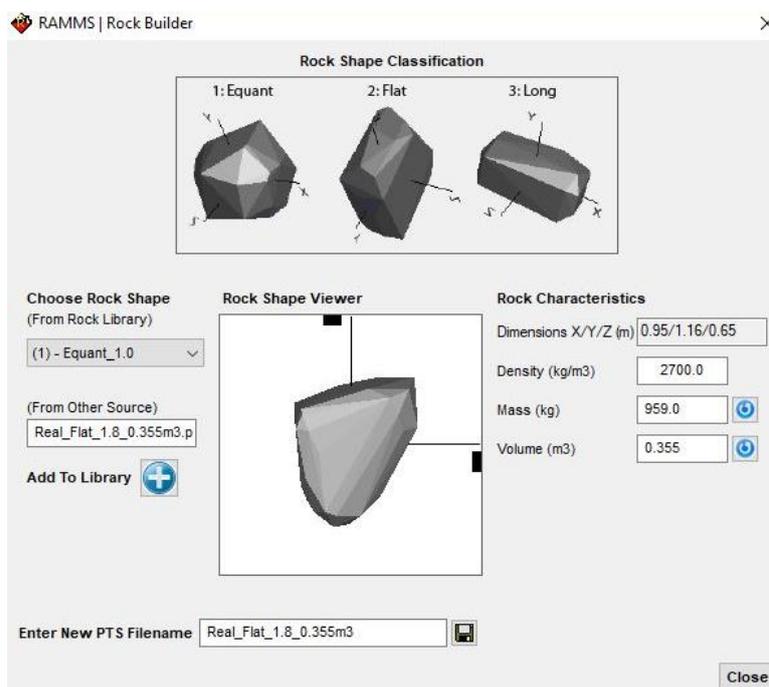


Abbildung 22 Screenshot der in RAMMS bestimmten Blockgröße /-form

Es ist zu beachten, dass RAMMS realistische Blockformen verwendet, d.h. die Form ist unregelmäßig, Kanten werden abgerundet. Daher sind generell die Längen der Blockachsen als repräsentativ zu betrachten, nicht das aus Achsmaßen/Kluftabständen berechnete Blockvolumen. Eine potenzielle Fragmentierung des Bemessungsblocks wurde nicht berücksichtigt, d.h. das Ausgangsvolumen bleibt über die gesamte Sturzbahn erhalten.

Insgesamt wurden 5360 Sturztrajektorien berechnet. Die relevanten Ergebnisse (Energiewerte, Sprunghöhen, Verteilung der Trajektorien) der Simulation sind in Annex 3 beigefügt.

Die simulierten Sturztrajektorien erreichen durchgehend die Ramsauer Ache. Der Bereich der geplanten Wehranlage/Staumauer ist von Norden und von Süden her betroffen. Die maximale kinetische Energie beträgt ca. 290 kJ, die maximale Sprunghöhe ca. 22 m (vertikale Fallhöhe von der Felswand herab). Die höchsten Energien sind in der westlichen Hälfte des Stauraumes zu verzeichnen. Die Sturzenergien im Bereich der Wehranlage liegen um ca. 200 kJ.

Generell sind die Sturztrajektorien annähernd gleichmäßig verteilt. Lediglich im östlichen Teil (Stromabwärts der Wehranlage) sind die Trajektorien leicht kanalisiert.

5. GEOTECHNISCHE BEWERTUNG

5.1. HANGMUREN

Die im Zuge der Begehungen vorgefundenen Eigenschaften der potentiellen Ausbruchsbereiche, können für Hangmuren als eher untypisch beschrieben werden, bzw. weisen nur eine geringe Anfälligkeit auf (hohe Durchlässigkeiten, keine oberflächennahen Stauer). Dies zeigt sich auch am Fehlen von dokumentierten Ereignissen in der Umgebung in der GEORISK-Datenbank. Lediglich im Bereich Süd, hier allerdings stromabwärts der Staumauer/Wehranlage, ist es in den steilen Waldstücken denkbar, dass eine Hangmure/Rutschung die Ramsauer Ache erreicht. Bei den dort vorgefundenen Untergrundverhältnissen (geringe Bodenmächtigkeit) ist die Bildung einer größeren Hangmure allerdings eher unwahrscheinlich.

Im Bereich „Ost“ ist eine Hangmure die die Bundesstraße erreicht nicht ausgeschlossen, ebenso ist es hier möglich, dass die Ausläufer des Murstroms bis in den Bereich des Betriebsgebäudes gelangen. Bei den simulierten Hangmuren sind die hier auftretenden Fließhöhen kleiner 20 cm, eine Beschädigung des Bauwerks kann bei entsprechender baulicher Ausführung vermieden werden.

Im Bereich „West“ unterhalb der Häuser „Kederbach“ befindet sich eine Wiesenfläche mit sehr geringer Neigung ($<10^\circ$). Das gesamte Material der simulierten Hangmuren kommt in diesem Bereich, bzw. noch vor dem Absturz zur Bundesstraße zum Stillstand.

Der Übergang der Wiesenfläche zur steil abfallenden Felswand ist mit dichtem Strauchwerk bewachsen (in vorliegender Simulation nicht berücksichtigt). Im Falle eines Hangmurenereignisses würde dieser Bewuchs zusätzlich eine Ablagerung begünstigen und den Erdstrom verlangsamen.

Somit ist festzuhalten, dass die geplanten baulichen Anlagen keiner, bzw. nur einer sehr geringen Gefährdung durch Hangmuren ausgesetzt sind. Eine Verkläuserung der Ramsauer Ache durch Hangmuren die im Bereich des geplanten Kraftwerkes entstehen / abgehen, ist aufgrund der mobilisierbaren Volumina ebenfalls sehr unwahrscheinlich.

5.2. BLOCKSCHLAG/FELSTURZ

Das im Projektgebiet vorherrschende Gestein ist geklüfteter Kalk- und Dolomit, der in vielen Bereichen verwittert und teilweise stark aufgelockert ist. Darüber hinaus sind vielfach Spuren jüngerer Blockausbrüche (< 5 Jahre) erkennbar.

Die Felswand nördlich der Ramsauer Ache bzw. direkt oberhalb der Bundesstraße B 305 zu beiden Seiten des Felsentors wurde bereits durch die Straßenverwaltung mittels Vernetzungen, Steinschlagschutzzäunen bzw. jährliche Beräumungen umfassend gesichert. Aus diesem Grund wurden die nördlichen Felsabbrüche nicht eingehender betrachtet, da die derzeitige Sicherung als ausreichend anzusehen ist und somit keine Gefährdung für die geplante Anlage ausgeht.

Der gesamte Bereich südlich der geplanten Kraftwerksanlage ist als vertikale Felswand ausgebildet, mit teilweise überhängenden Felsbereichen (siehe Annex 5). Im Uferbereich / Flussbett der Ramsauer Ache liegen diverse abgestürzte Blöcke mit Volumina bis zu mehreren Kubikmetern.

Somit sind aus dem gesamten Wandbereich südlich der Wehranlage und auch des Staubereiches grundsätzlich Sturzereignisse möglich. Die modellierten Energien (bis ca. 290 kJ) der Sturzblöcke im Bereich der geplanten Kraftwerksanlage sind allerdings moderat und durch technische Maßnahmen (Vernetzung, Steinschlagschutzzaun) beherrschbar.

Darüber hinaus sind im Staubereich der Wehranlage zwei Bereiche zu nennen, bei denen die Gefahr eines größeren Ausbruches (max. ca. 170 m³) nicht auszuschließen ist (Monitoring Bereich A und B siehe Annex 5). Bei Bereich A handelt es sich um einen ca. 9 m hohen, vorspringenden Felssporn. Dieser sitzt auf einer zur Ache hin geneigten Trennfläche auf und weist einen stark zerlegten Fußbereich auf. Auf der Ostseite sind geöffnete Trennflächen mit Öffnungsweiten von > 10 cm vorhanden.

Bereich B befindet sich im oberen Teil des Stauraumes. Es handelt sich um ein schräg durch die gesamte Höhe der Felswand verlaufendes, überhängendes Schichtpaket. Die Schichtmächtigkeit beträgt ca. 1,2 m, die Trenn- / Schichtflächen fallen wiederum zur Ache hin ein. Im unteren Drittel ist eine Ausbruchsnische ausgebildet, wobei das abgängige Material auf ca. 25 m³ geschätzt wird.

Für beide Bereiche ist anzuführen, dass es sich um bereits bestehende potenziell ausbruchgefährdete Kluftkörper handelt. Zusätzlich befinden sich beide Bereiche oberhalb des Stauziels, d.h. die Gefahr eines Versagens wird durch den Bau der Anlage nicht beeinflusst.

Der Bereich des geplanten Betriebsgebäudes ist nicht steinschlaggefährdet.

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass sowohl im Bereich der Wehranlage, als auch im Bereich des Einstaus eine Steinschlaggefährdung aus der südlichen Schluchtwand besteht, die bei der Umsetzung zu beachten ist.

6. EMPFEHLUNGEN ZUR SICHERUNG GEGEN NATURGEFAHREN

6.1. HANGMUREN

Die geplante Wasserkraftanlage wird in der Simulation eines sehr konservativ angesetzten Extremereignisses von den nördlichen Hängen („Bereich West“) nicht von Hangmuren erreicht. Südlich des Staubereichs konnten keine möglichen Geschiebeherde beobachtet werden. Somit wird es nicht als notwendig erachtet, den Staubereich oder die Wehranlage technisch gegen Hangmuren zu sichern.

Im „Bereich Ost“ erreichen die simulierten Hangmuren das Betriebsgebäude mit einer maximalen Fließhöhe von ca. 0,2 m. Dies sollte keine Gefahr für die Standsicherheit des Gebäudes darstellen. Allerdings ist an der Anprallseite (West) der Zugang zum Gebäude geplant (Tor/Tür). Hier wird empfohlen, ein verstärktes bzw. dichtes Bauteil (im geschlossenen Zustand) zu verwenden, um ein mögliches Eindringen von Wasser- und Erdmassen in das Betriebsgebäude zu verhindern.

6.2. STEIN- / BLOCKSCHLAG WEHRANLAGE

Die geplante Wehranlage selbst ist grundsätzlich gegenüber möglichem Stein- / Blockschlag technisch sicherbar. Es wird empfohlen, die südlich gelegenen Felsbereiche oberhalb der geplanten Wehranlage und Teile des Felsentores im Zuge der Ausführung zu beräumen und mittels einer Vernetzung aus hochfestem Stahldraht zu sichern (siehe Abbildung 23). Im Bereich der Böschungsschulter der südlichen Vernetzung kann zusätzlich eine 1,0 – 1,5 m hohen Fangschürze ausgebildet werden, um ggf. abrollendes Material von den Hängen oberhalb (Hangschutt) zurückzuhalten (vgl. Abbildung 23A). Die Vernetzung im Bereich des Felsentores kann hier direkt an die bestehende Vernetzung zum Schutz der Bundesstraße anschließen (vgl. Abbildung 23B).

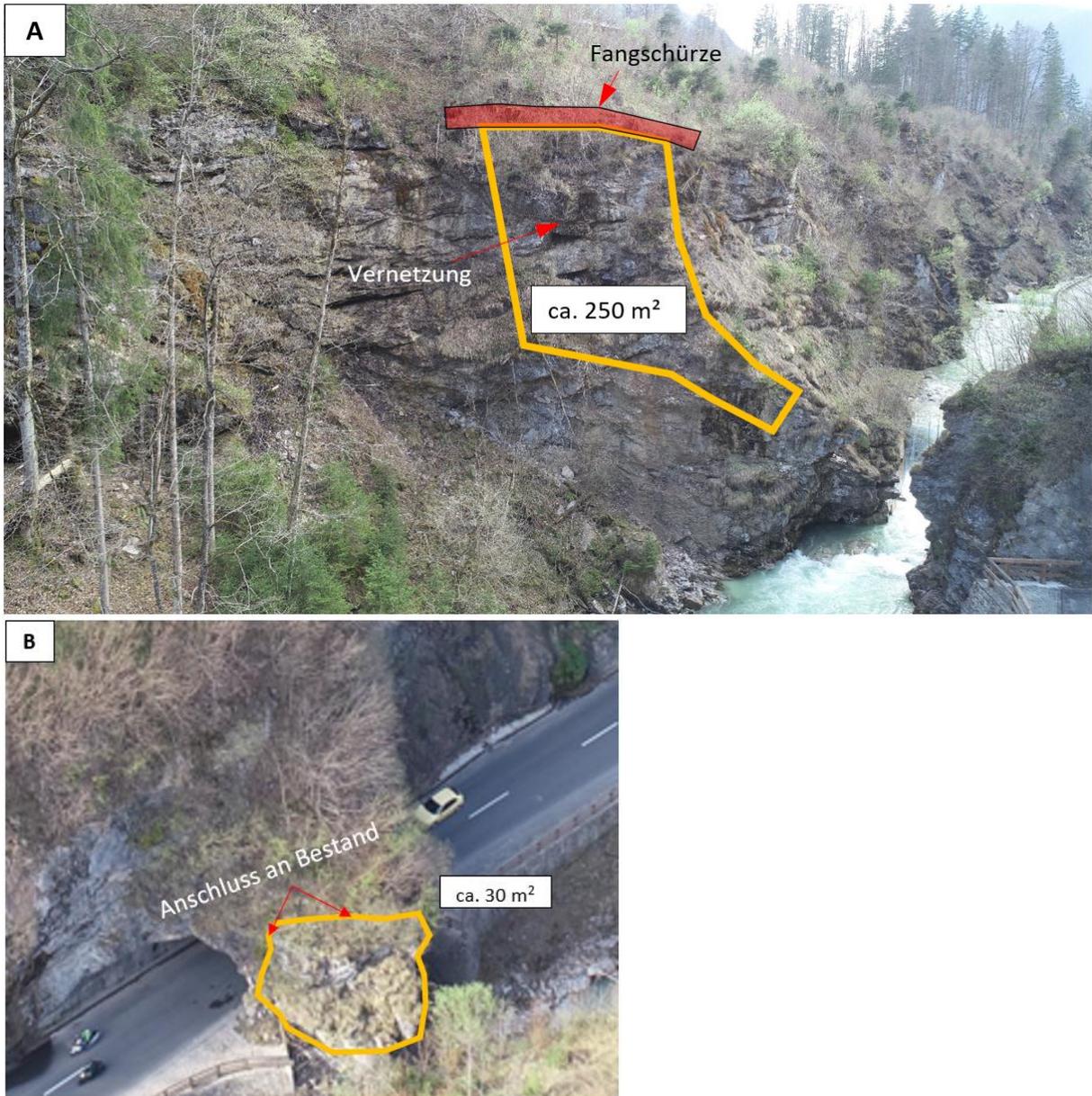


Abbildung 23A + B Empfohlene Sicherung der südlichen Felswand und des Felsentores im Bereich der geplanten Wehranlage – Beräumung und Vernetzung mit hochfestem Stahldraht (orange umrandete Bereiche)

6.3. STEIN- / BLOCKSCHLAG STAUBEREICH

Aufgrund der angrenzenden Felswand besteht auch im Staubereich grundsätzlich eine Steinschlaggefährdung, die bei der Ausführung zu beachten ist. Vor dem Einstau sollte die gesamte Felswand daher überstiegen und loses / leicht zu lösendes Material beräumt werden.

Bei den zwei Bereichen entlang des Einstaus, bei denen ein Ausbruch größerer Mengen Gesteinsmaterial nicht ausgeschlossen werden kann (Monitoring Bereich A und B siehe Annex 5), ist im Zuge der Bauausführung zu entscheiden, ob diese ebenfalls abgeräumt werden. Denkbar wäre auch eine Sicherung mittels Lisenen / Ankerbalken, oder ein Monitoring mit Felsspionen / Extensometern und einer jährlichen Übersteigung der südlichen Felswand analog zur Vorgehensweise bei der gegenüberliegenden Felswand zum Schutz der Bundesstraße.

7. FAZIT

Auf der Basis der durchgeführten Untersuchungen ist festzuhalten, dass die geplanten baulichen Anlagen keiner, bzw. nur einer sehr geringen Gefährdung durch Hangmuren ausgesetzt sind. Eine Verklauung der Ramsauer Ache durch Hangmuren die im Bereich des geplanten Kraftwerkes entstehen / abgehen, ist aufgrund der mobilisierbaren Volumina ebenfalls sehr unwahrscheinlich.

Bezüglich einer Steinschlaggefährdung ist festzuhalten, dass aus dem gesamten Wandbereich südlich der Wehranlage und auch des Staubereiches grundsätzlich Sturzereignisse möglich sind. Die modellierten Energien (bis ca. 290 kJ) der Sturzblöcke sind allerdings moderat und durch technische Maßnahmen (Beräumung und Vernetzung) beherrschbar.

Zwei Bereiche entlang des Einstaus, bei denen ein Ausbruch größerer Mengen Gesteinsmaterial nicht ausgeschlossen werden kann, sollten ebenfalls im Zuge der Umsetzung abgeräumt bzw. gesichert werden. Die genaue Vorgehensweise (Beräumung oder Sicherung/ jährl. Übersteigung) ist hier mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

Unter Beachtung der angeführten Punkte, erscheint in Bezug auf die bestehenden Georisiken im Bereich der geplanten Anlage eine Umsetzung möglich.

8. SCHLUSSBEMERKUNG

Vorstehende Modellierungen und Analysen beruhen auf den verwendeten Datensätzen (Punkt 2) und den Ergebnissen der durchgeführten Geländebegehungen.

Durch natürliche (Windwurf, fortschreitende Verwitterung, etc.) oder anthropogene (Felsberäumungen, Sprengungen, Holzeinschlag, etc.) Einflüsse können sich maßgebliche Änderungen in der Stabilität der Felswände / Böschungen / Hangbereiche, der Morphologie, etc. ergeben, die eine Neubewertung der Situation erforderlich machen können.

Bergheim, am 16.05.2022

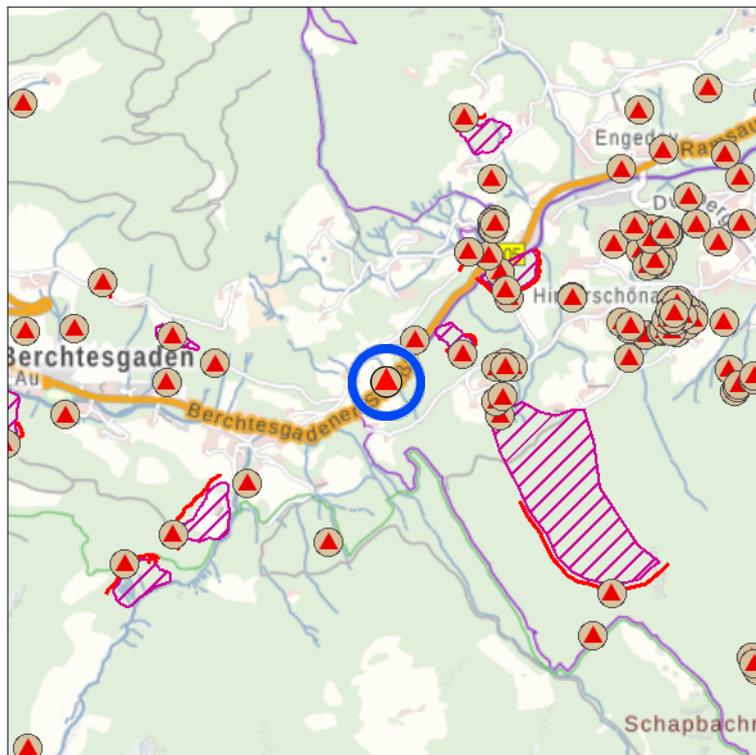
Bernd Rauscher, Aurelia Liegler

ANNEX 1

Auszug aus GEORISK-Datenbank des LfU

Angewandte Geologie

Georisk-Objekt B305, E Ramsauer Felsentor



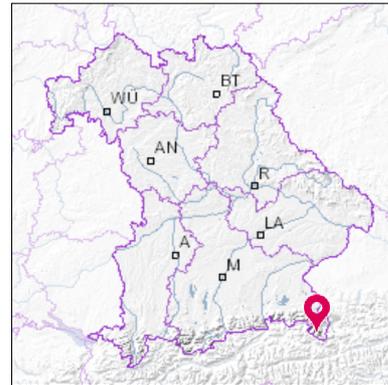
1000 Meter

Maßstab 1:40.000

[UmweltAtlas Bayern: Angewandte Geologie](#)



ausgewähltes Georisk-Objekt



UTM-Koordinaten (Zone 32):

Ostwert: 795.686

Nordwert: 5.279.886

Geographische Koordinaten (WGS84)

Breitengrad: 47.604857° N

Längengrad: 12.934181° E

Legende



Georisk-Objekt



Anbruchkante



Doline



Rutschablagerung

Objekt-ID: 8343GR016095

Bayerisches Bodeninformationssystem (Stand: März 2022)

Objektlage

Gemeinde: Ramsau b. Berchtesgaden

Landkreis: Berchtesgadener Land

Geländehöhe: 635 m NN

TK25: 8343 Berchtesgaden West

Lokalität: B305, E Ramsauer Felsentor

Exposition: südöstlich exponiert (150°)

Beschreibung des Georisk-Objektes

Hauptbewegungsprozess: Steinschlag, groß (0,6 - 10 cbm)

Aktivität der Massenbewegung: abgeschlossener Prozess, weiterer möglich

Entstehungszeit: 2016-2020

Datum der Aktivität: 01.07.2017

Informationsgrad: Grunddaten erfasst

Aufnahmedatum: 03.07.2017

Erstaufnahme-Institution: Bayerisches Landesamt für Umwelt - Geologischer Dienst

Schichtdaten

Petrographie	Petrogenese	Stratigraphie	Gesteinsansprache
Sedimentäres Festgestein o. ä.		Obere Werfen-Formation	

Informationsquellen:

Medienberichte

Geologie:

Laut GK25 stehen im Anbruchbereich Obere Werfener Schichten an.

Art und Ausdehnung:

Laut Medienberichten stürzten am Abend des 1.7.2017 insgesamt etwa 6 bis 8 m³ Gestein aus etwa 50 m Höhe auf die B305 östlich des "Unteren Felsentors" und verfehlten dabei nur knapp ein Auto. Der größte Brocken hatte etwa 4 m³ Volumen. Eine Stützmauer, die Straße und der seitliche Zaun wurden beschädigt.

Beschreibung, Alter und Entwicklung:

Die Felsen wurden beseitigt,

Topographische Karte



500 Meter

Maßstab 1:10.000

 **ausgewähltes Georisk-Objekt**

UTM-Koordinaten (Zone 32):
 Ostwert: 795.686
 Nordwert: 5.279.886

Geographische Koordinaten (WGS84)
 Breitengrad: 47.604857° N
 Längengrad: 12.934181° E

Legende

-  Georisk-Objekt
-  Anbruchkante
-  Doline
-  Rutschablagerung

Bild(-er)



Derzeit noch kein
Bild verfügbar

Impressum:

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Telefon: 0821 9071-0
Telefax: 0821 9071-5556

Postanschrift:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg
E-Mail: postfach@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Bearbeitung:

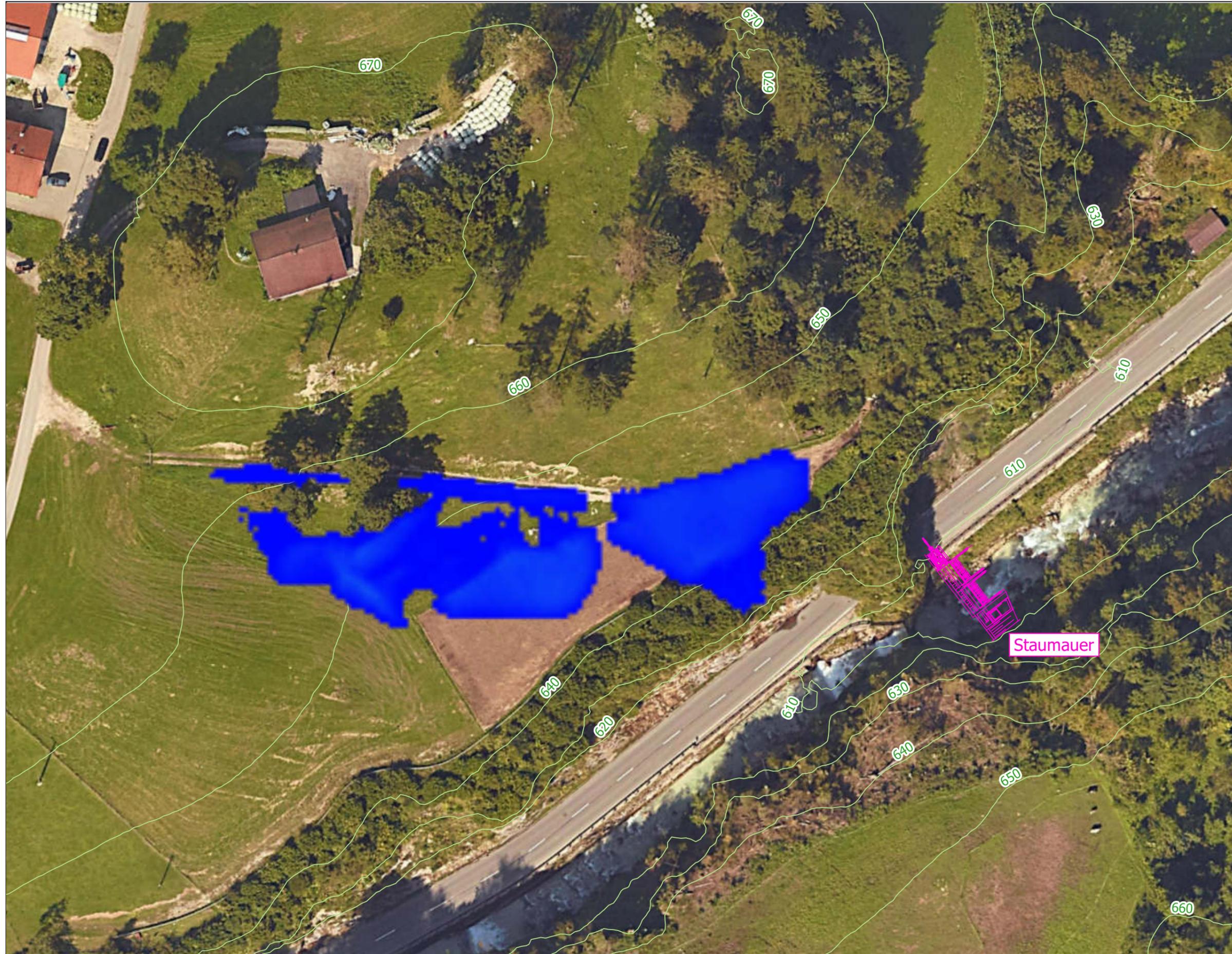
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)

Referenzen/Bildnachweis:

Geogefahren
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Hintergrundkarte
[© Bayerische Vermessungsverwaltung](#)
[© Bundesamt für Kartographie und Geodäsie](#)

ANNEX 2

Ergebnisse der 3D Hangmurensimulation mit RAMMS::DebrisFlow



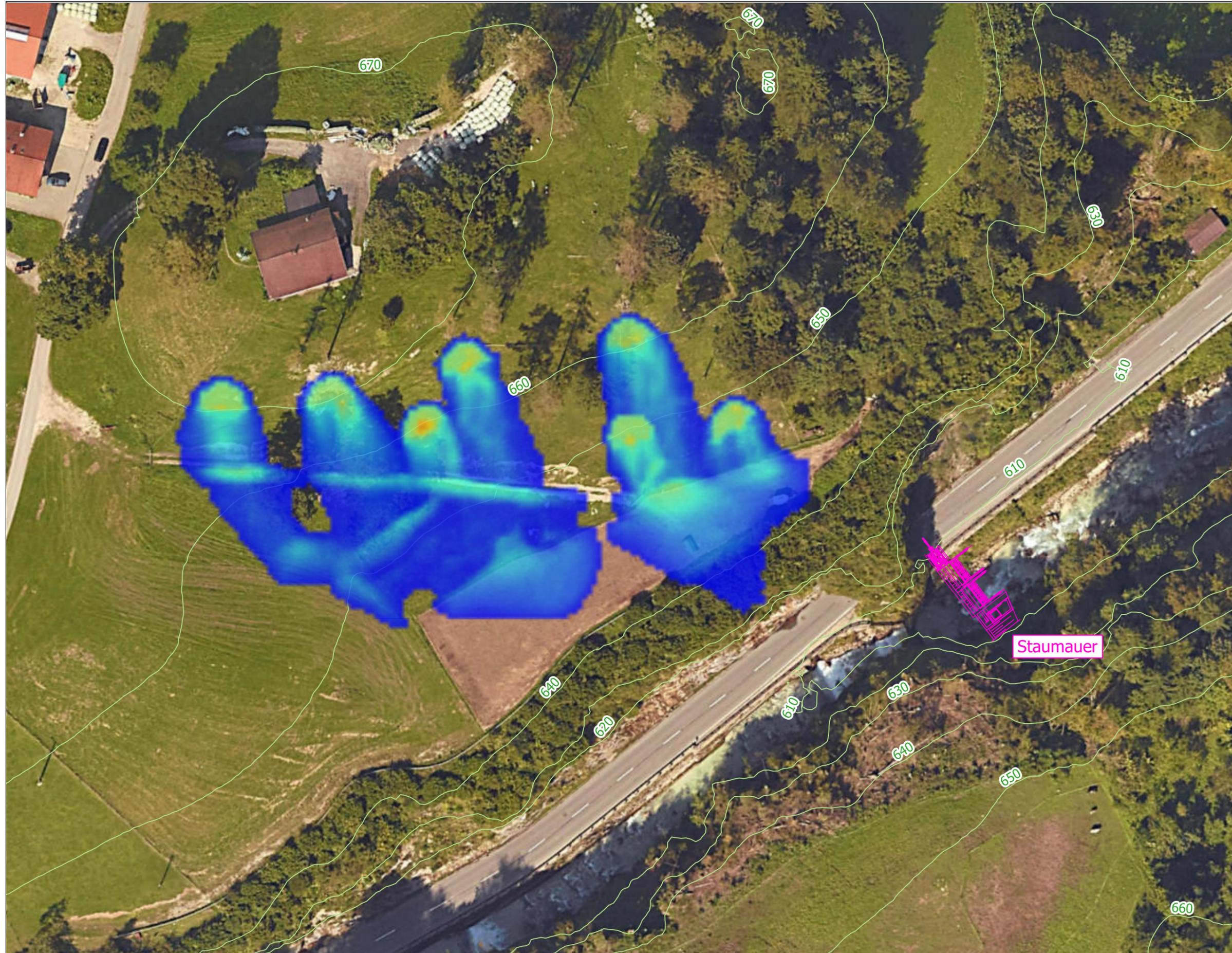
Legende	
Ablagerungshöhe (m)	
	0
	0.5
	1
	2
	Geplante Anlagen (Kraftwerk)
	Höhe mNN
Luftbild © Google	



ic consulenten
 Niederlassung Salzburg
 ic consulenten Ziviltechniker Ges.m.b.H
 Zollhausweg 1, 5101 Bergheim, Österreich
 T +43 862 45 07 73-0, F +43 862 45 07 73-5
 office@salzburg@ic-group.org

Bearbeiter:	lie
Geprüft:	ski
Gezeichnet:	lie
Datum:	26.04.2022
Dateiname:	
Projektnummer:	17x220140

Planinhalt:	ABLAGERUNGSHÖHE (Hangmure)	
WKW Felsentor - Bereich West (Staumauer)		
Maßstab: 1:750		ANLAGE 2.1



Legende

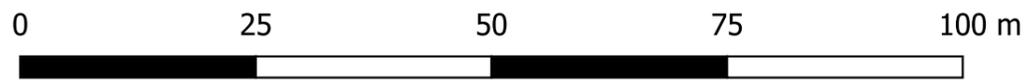
Max. Fließhöhe (m)

- 0
- 0.3
- 0.7
- 1

— Geplante Anlagen (Kraftwerk)

— Höhe mNN

Luftbild © Google



ic consulenten
 Niederlassung Salzburg
 ic consulenten Ziviltechniker Ges.m.b.H
 Zollhausweg 1, 5101 Bergheim, Österreich
 T +43 862 45 07 73-0, F +43 862 45 07 73-5
 office@salzburg@ic-group.org

Bearbeiter:	lie
Geprüft:	ski
Gezeichnet:	lie
Datum:	26.04.2022
Dateiname:	
Projektnummer:	17x220140

Planinhalt:	MAX. FLIESSHÖHE (Hangmure)	
WKW Felsentor - Bereich West (Staumauer)		
Maßstab: 1:750		ANLAGE 2.2

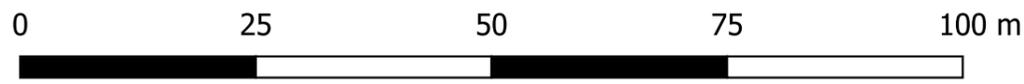


Legende

Ablagerungshöhe (m)

- 0
- 0.5
- 1
- 2
- Geplante Anlagen (Kraftwerk)
- Höhe mNN

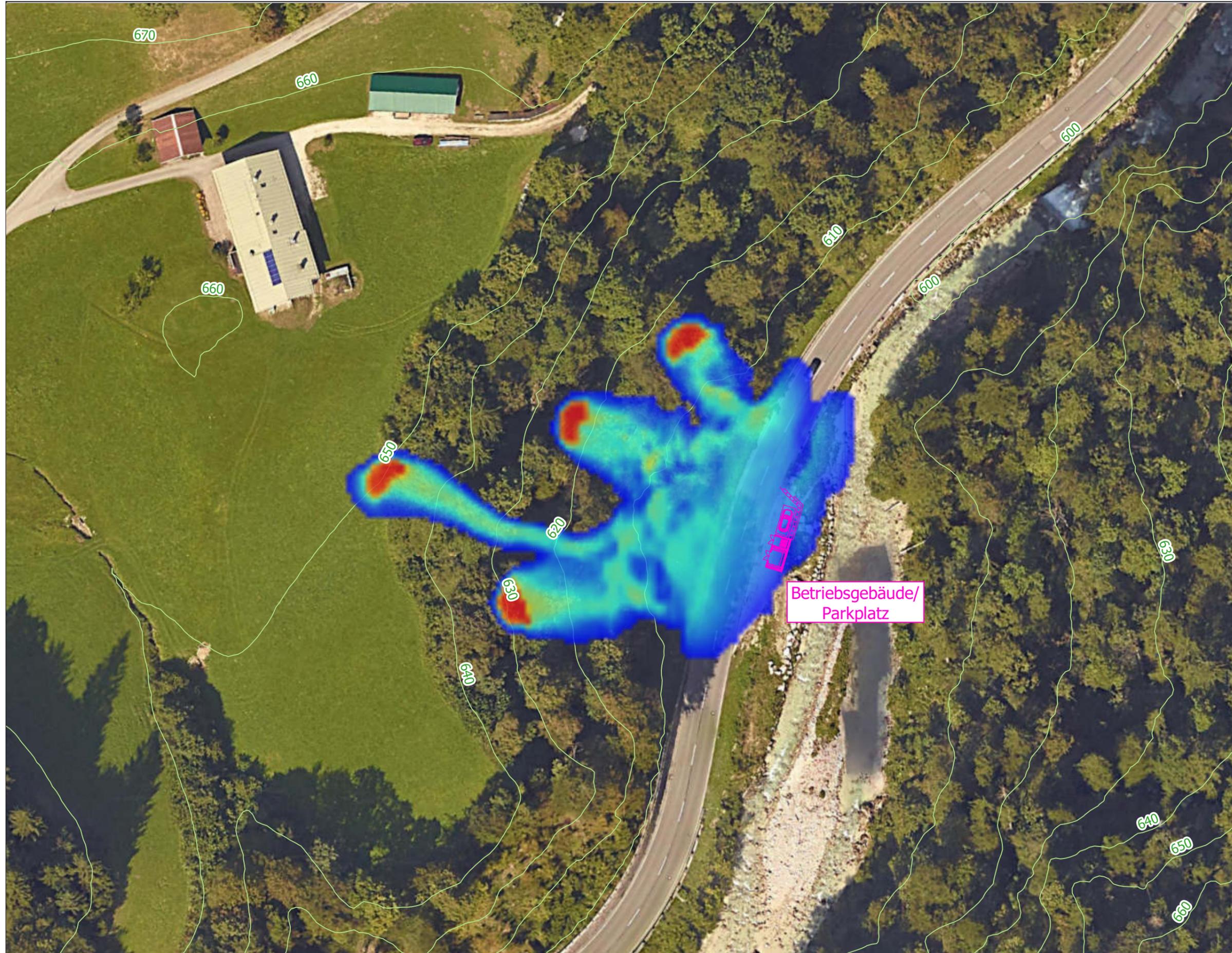
Luftbild © Google



ic consulenten
 Niederlassung Salzburg
 ic consulenten Ziviltechniker Ges.m.b.H
 Zollhausweg 1, 5101 Bergheim, Österreich
 T +43 662 45 07 73-0, F +43 662 45 07 73-5
 office.salzburg@ic-group.org

Bearbeiter:	lie
Geprüft:	ski
Gezeichnet:	lie
Datum:	26.04.2022
Dateiname:	
Projektnummer:	17x220140

Planinhalt:	ABLAGERUNGSHÖHE (Hangmure)	
WKW Felsentor - Bereich Ost (Betriebsgebäude)		
Maßstab: 1:750		ANLAGE 2.3



Legende

Max. Fließhöhe (m)

- 0
- 0.3
- 0.7
- 1

— Geplante Anlagen (Kraftwerk)

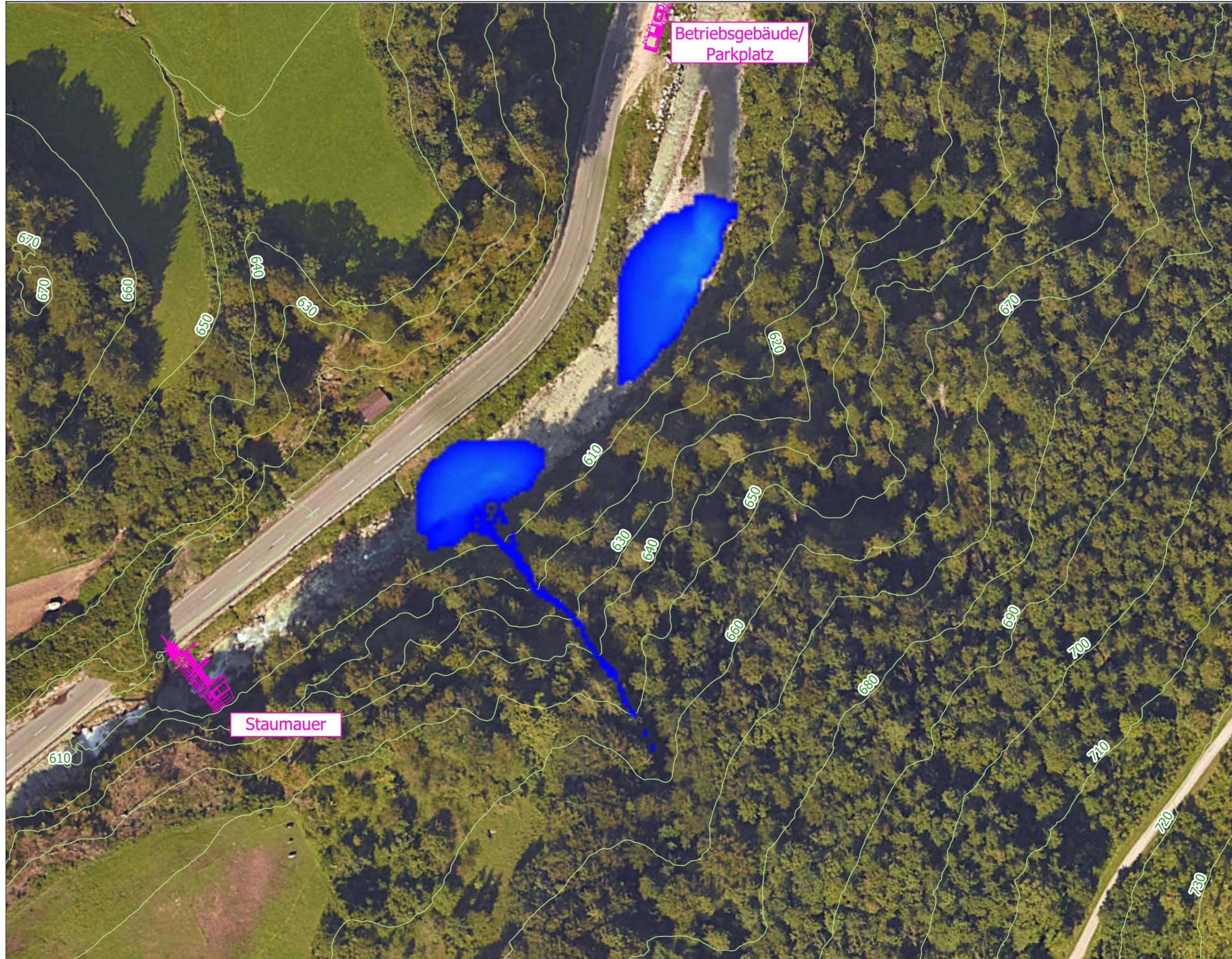
— Höhe mNN

Luftbild © Google

0 25 50 75 100 m

Niederlassung Salzburg
 ic consulenten Ziviltechniker Ges.m.b.H
 Zollhausweg 1, 5101 Bergheim, Österreich
 T +43 662 45 07 73-0, F +43 662 45 07 73-5
 office@salzburg@ic-group.org

Bearbeiter:	lie	Planinhalt:	MAX. FLIESSHÖHE (Hangmure)
Geprüft:	ski	WKW Felsentor - Bereich Ost (Betriebsgebäude)	
Gezeichnet:	lie		
Datum:	26.04.2022	Maßstab: 1:750	ANLAGE 2.4
Dateiname:			
Projektnummer:	17x220140		



Legende

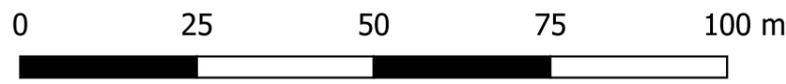
Ablagerungshöhe (m)

- 0
- 0.3
- 0.7
- 1

— Geplante Anlagen (Kraftwerk)

— Höhe mNN

Luftbild © Google



ic consulenten
 Niederlassung Salzburg
 ic consulenten Ziviltechniker Ges.m.b.H
 Zollhausweg 1, 5101 Bergheim, Österreich
 T +43 662 45 07 73-0, F +43 662 45 07 73-5
 officesalzburg@ic-group.org

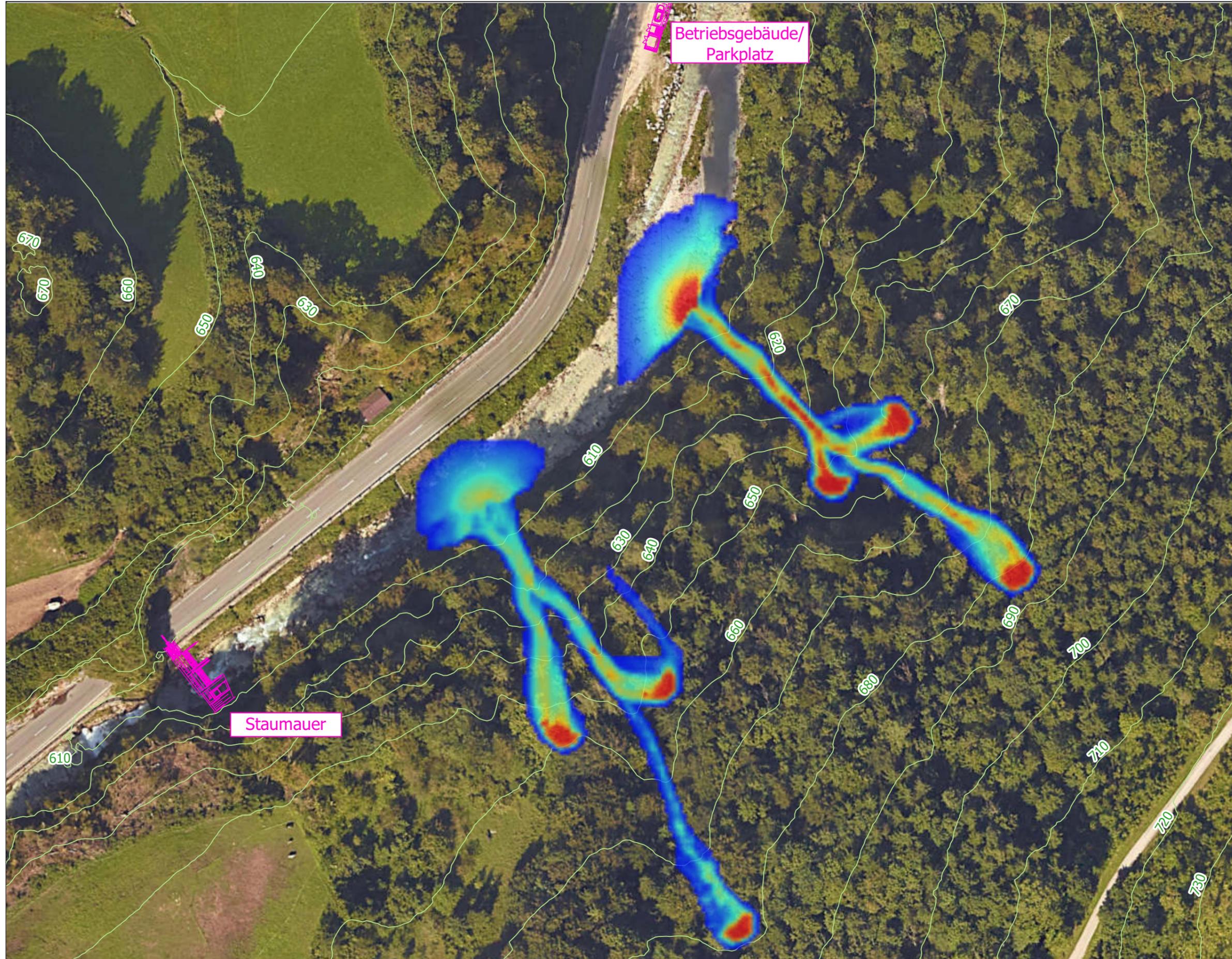
Bearbeiter:	lie
Geprüft:	ski
Gezeichnet:	lie
Datum:	26.04.2022
Dateiname:	
Projektnummer:	17x220140

Planinhalt: ABLAGERUNGSHÖHE (Hangmure)

WKW Felsentor - Bereich Süd

Maßstab: 1:1.000

ANLAGE 2.5



Legende

Max. Fließhöhe (m)

- 0
- 0.3
- 0.7
- 1

— Geplante Anlagen (Kraftwerk)

— Höhe mNN

Luftbild © Google



ic consulenten
 Niederlassung Salzburg
 ic consulenten Ziviltechniker Ges.m.b.H
 Zollhausweg 1, 5101 Bergheim, Österreich
 T +43 662 45 07 73-0, F +43 662 45 07 73-5
 officesalzburg@ic-group.org

Bearbeiter:	lie
Geprüft:	ski
Gezeichnet:	lie
Datum:	26.04.2022
Dateiname:	
Projektnummer:	17x220140

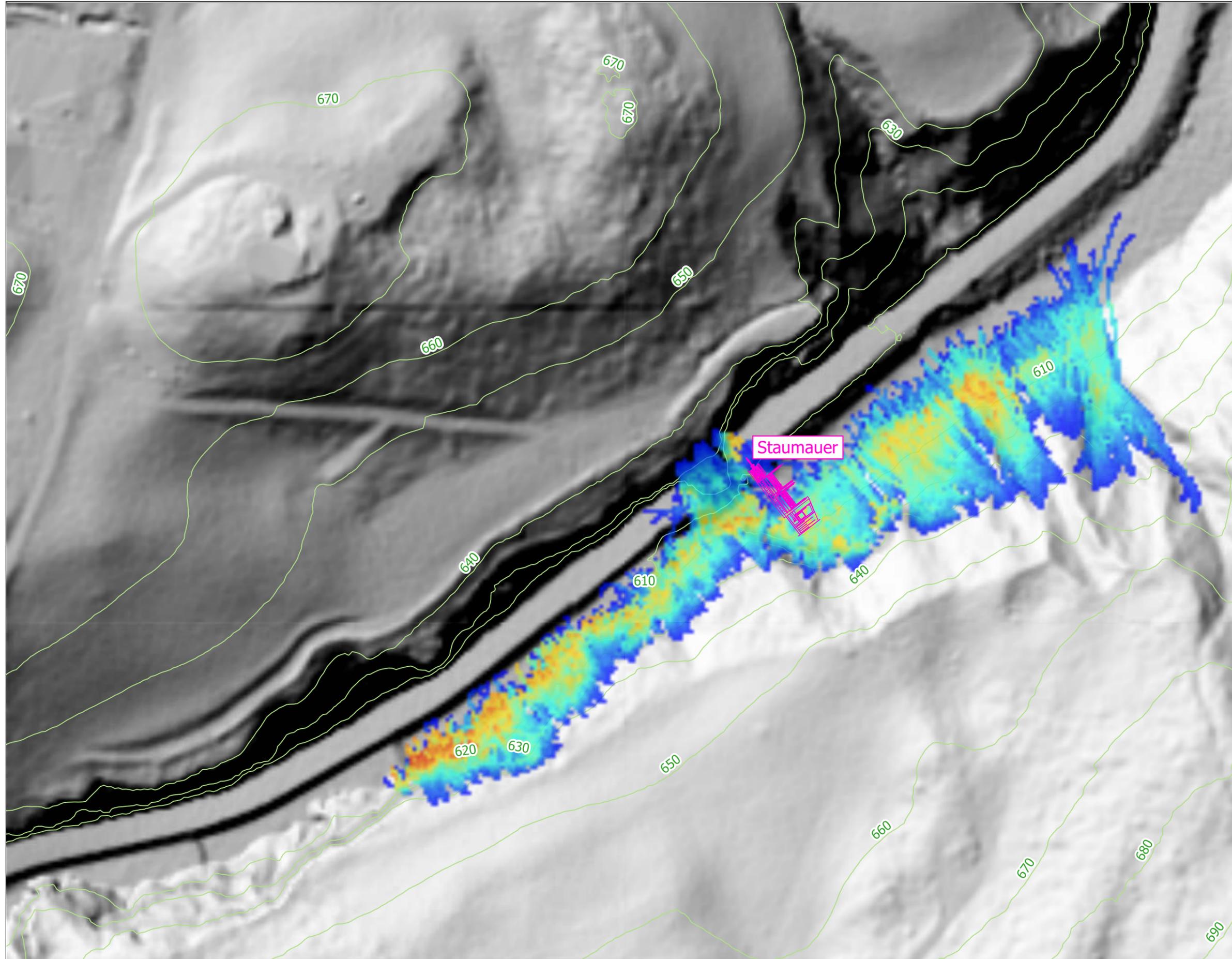
Planinhalt: MAX. FLIESSHÖHE (Hangmure)

WKW Felsentor - Bereich Süd

Maßstab: 1:1.000

ANNEX 3

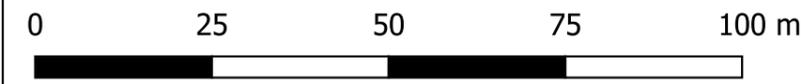
Ergebnisse der 3D Steinschlagsimulation mit RAMMS::Rockfall



Legende

Kinetische Energie (kJ)

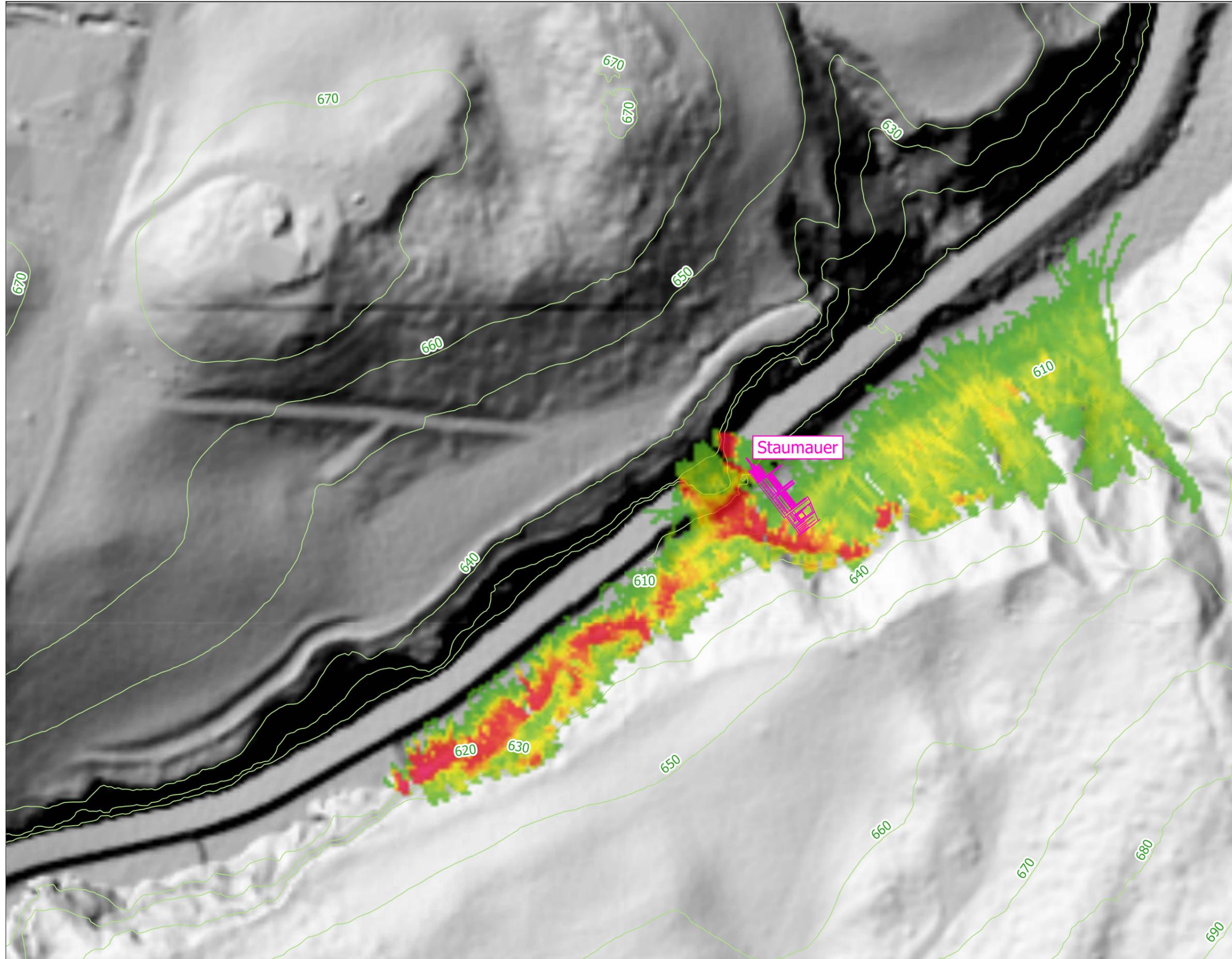
- 0
- 100
- 200
- 300
- Geplante Anlagen (Kraftwerk)
- Höhe mNN



ic consulenten
 Niederlassung Salzburg
 ic consulenten Ziviltechniker Ges.m.b.H
 Zollhausweg 1, 5101 Bergheim, Österreich
 T +43 662 45 07 73-0, F +43 662 45 07 73-5
 officesalzburg@ic-group.org

Bearbeiter:	lie
Geprüft:	ski
Gezeichnet:	lie
Datum:	26.04.2022
Dateiname:	
Projektnummer:	17x220140

Planinhalt:	ENERGIEWERTE (Steinschlag)	
WKW Felsentor - Staubereich und Wehranlage		
Maßstab: 1:1.000		ANLAGE 3.1



Legende

Sprunghöhen (m)

- 0
- 5
- 10
- >10

— Geplante Anlagen (Kraftwerk)

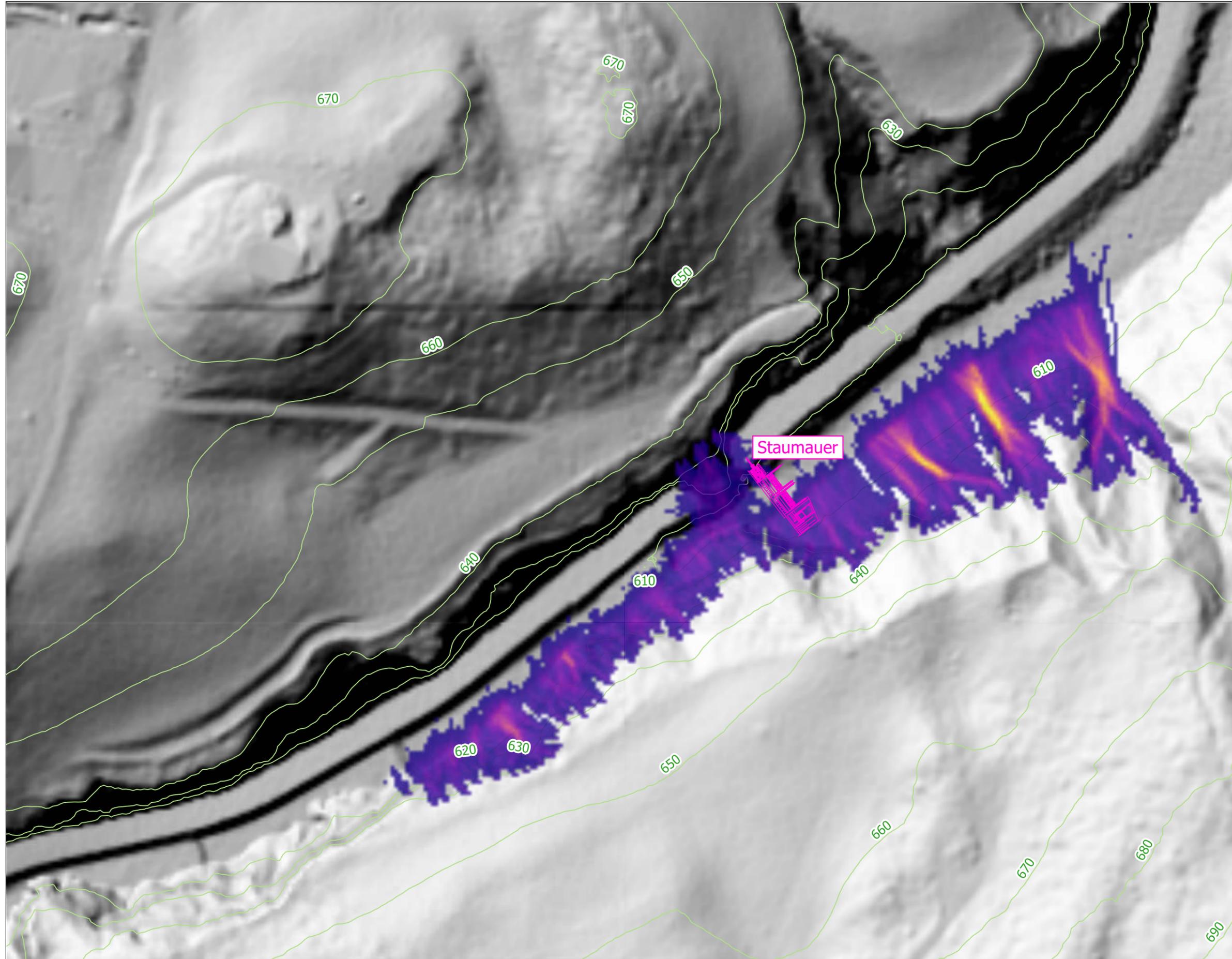
— Höhe mNN



ic consulenten
 Niederlassung Salzburg
 ic consulenten Ziviltechniker Ges.m.b.H
 Zollhausweg 1, 5101 Bergheim, Österreich
 T +43 662 45 07 73-0, F +43 662 45 07 73-5
 officesalzburg@ic-group.org

Bearbeiter:	lie
Geprüft:	ski
Gezeichnet:	lie
Datum:	26.04.2022
Dateiname:	
Projektnummer:	17x220140

Planinhalt:	SPRUNGHÖHEN (Steinschlag)	
WKW Felsentor - Staubereich und Wehranlage		
Maßstab: 1:1.000		ANLAGE 3.2



Legende	
Anzahl Trajektorien	
	0
	50
	100
	150
	Geplante Anlagen (Kraftwerk)
	Höhe mNN



ic consulenten
 Niederlassung Salzburg
 ic consulenten Ziviltechniker Ges.m.b.H
 Zollhausweg 1, 5101 Bergheim, Österreich
 T +43 662 45 07 73-0, F +43 662 45 07 73-5
 officesalzburg@ic-group.org

Bearbeiter:	lie
Geprüft:	ski
Gezeichnet:	lie
Datum:	26.04.2022
Dateiname:	
Projektnummer:	17x220140

Planinhalt:	TRAJEKTORIEN (Steinschlag)	
WKW Felsentor - Staubereich und Wehranlage		
Maßstab: 1:1.000		ANLAGE 3.3

ANNEX 4

Aufschlussbeschreibung nach EN ISO 14689-1

Lage/ Koordinaten:	UTM 32N 795676 / 5279809	Höhe:	610 mNN	Datum:	14.04.2022	Geotechn. Bearb.	Rauscher/ Liegler
Beschreibung des Aufschlusses: Felswand südöstlich des Felsentores, auf der gegenüberliegenden Bachseite (südl. Ende der geplanten Staustufe)							

Lithologie/ Einheit bzw. Formation:
 Skythisch-anisische Karbonatserie - kalkiger Dolomit

Struktur ¹⁾: Beschreibung:	sedimentär Karbonatgestein		metamorph			magmatisch			
Verwitterung: ¹⁾	frisch		verfärbt		zerfallen		zersetzt		
	V0 (frisch)	V1 (schwach)	V2 (mäßig)	V3 (stark)	V4 (vollst.)	V5 (zersetzt)			
Festigkeit: ¹⁾ [Mpa]	außerordentlich gering < 1	sehr gering 1- 5	gering 5- 25	mäßig hoch 25- 50	hoch 50- 100	sehr hoch 100- 250	außerordentlich hoch > 250		
Veränderlichkeit ¹⁾:	nicht veränderlich (Grad 1)		veränderlich (Grad 2- 3)		stark veränderlich (Grad 4- 5)		Grad (1-5):	1	
Schichtmächtigkeit	sehr dick (> 2m)	dick (0,6- 2m)	mittel (20- 60 cm)	dünn (6- 20 cm)	sehr dünn (2- 6 cm)	grob laminiert (6 mm- 2 cm)	fein laminiert (< 6 mm)		
Kluft- und sf- Flächen	sehr weitständig (> 2m)	weitständig (0,6- 2 m)	mittelständig (20- 60 cm)	engständig (6- 20 cm)	sehr engständig (2- 6 cm)	außerordentlich engst. (< 2 cm)			
Zerlegung: ¹⁾/ Größe der Gesteinskörper (mm):	sehr klein < 60	klein 60- 200	mittel 200- 600	groß 600- 2000	sehr groß > 2000				
Gesteinskörperform:	a) Vielflächig	b) tafelförmig	c) prismatisch	d) gleichmäßig	e) rhombisch	f) säulenförmig			
GSI:			RMR:				Q:		

Trennflächen:		2) st,we,eb/ ra,gl,po					1) Feldeinschätzung der Parameter gemäß EN ISO 14689-1			
TF- Schar	Typ	Orientation (n. CLAR)		Rauigkeit ²⁾	Abstand [cm]	Persistenz [m]	Öffnung [mm]	Füllung	Wasser	Andere
TF1	Schichtung	292	10	ra	20-60	2-6	0,5-1	Verw.lehm	ja	Sinter
TF1	Schichtung	235	10	ra	20-60	2-6	0,5-1	Verw.lehm	ja	Sinter
TF1	Schichtung	280	20	ra	20-60	2-6	0,5-1	Verw.lehm	ja	Sinter
TF1	Schichtung	252	10	ra	20-60	2-6	0,5-1	Verw.lehm	ja	Sinter
TF2	Kluft	90	89	gl-we	20-60	0,1-0,3	0	keine	nein	
TF2	Kluft	90	90	gl-we	20-60	0,1-0,3	0	keine	nein	
TF2	Kluft	88	60	gl-we	20-60	0,1-0,3	0	keine	nein	
TF3	Kluft	340	85	ra	20-60	0,1-0,3	0	keine	nein	
TF3	Kluft	342	85	we	20-60	0,1-0,3	0	keine	nein	

Störungen: 250/45, sichtbar auf 5 - 10 m Länge

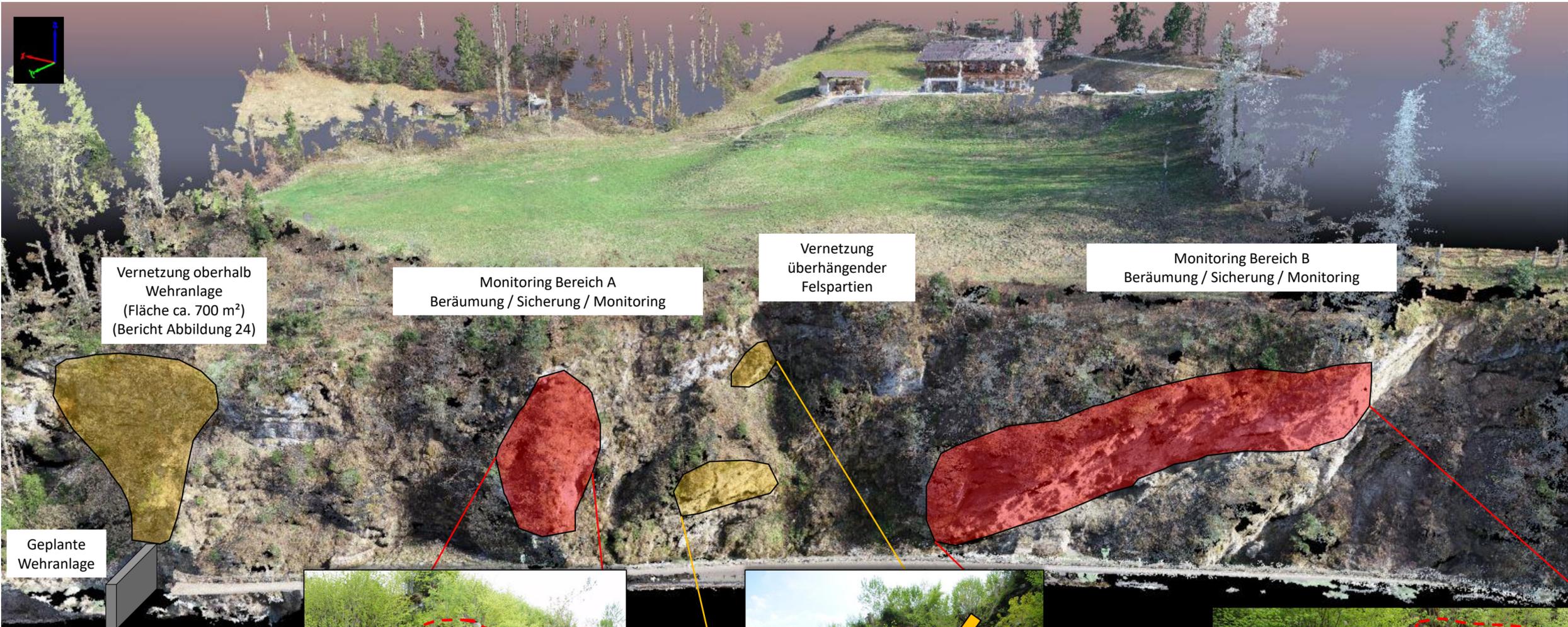
Skizze/ Foto:



Bemerkungen:	Proben: keine	Fotos: s.o.
---------------------	----------------------	--------------------

ANNEX 5

Georisiken Staubereich



3D-Punktwolke aus
Drohnenbefliegung
vom 14.04.2022

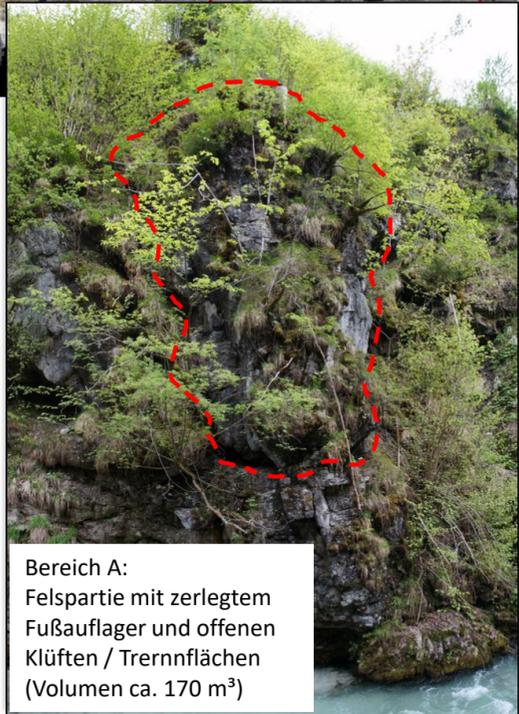
Vernetzung oberhalb
Wehranlage
(Fläche ca. 700 m²)
(Bericht Abbildung 24)

Monitoring Bereich A
Beräumung / Sicherung / Monitoring

Vernetzung
überhängender
Felspartien

Monitoring Bereich B
Beräumung / Sicherung / Monitoring

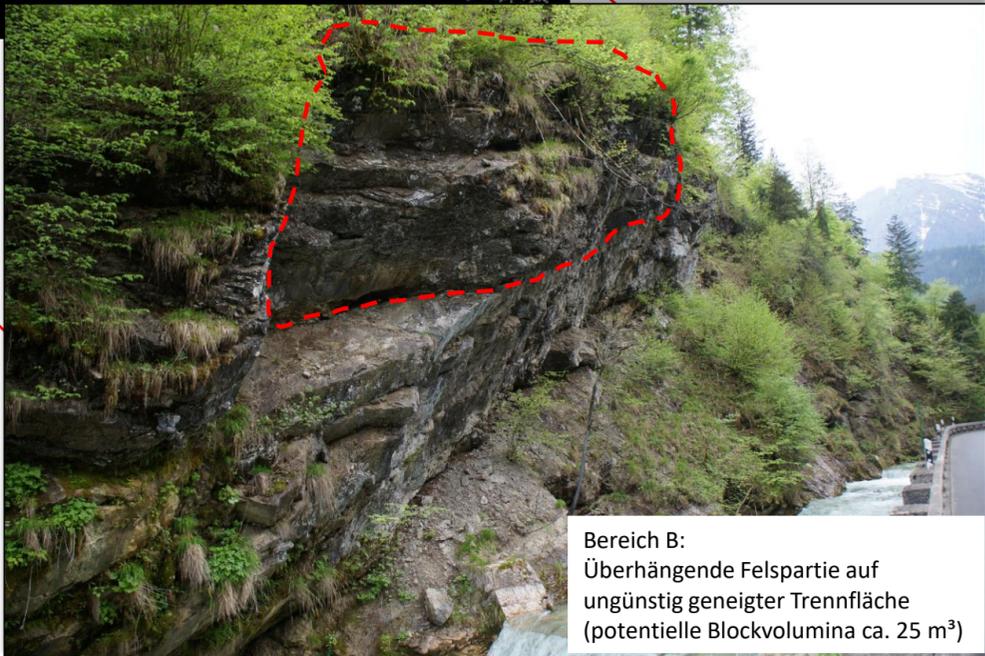
Geplante
Wehranlage



Bereich A:
Felspartie mit zerlegtem
Fußauflager und offenen
Klüften / Trennflächen
(Volumen ca. 170 m³)



Überhängende Felsschuppen
rückankern / vernetzen
(Fläche gesamt ca. 100 m²)



Bereich B:
Überhängende Felspartie auf
ungünstig geneigter Trennfläche
(potentielle Blockvolumina ca. 25 m³)

Auftraggeber:
WKW Felsentunnel GmbH & Co. KG

Projekt:
WKW Felsentunnel
Neubau einer Wasserkraftanlage
Georisiken Analyse
Staubereich

	Bearbeitet	Gezeichnet	Geprüft	Plannummer	Rev.	Maßstab
Name:	ski, lie	ski		Annex 5		n.a.
Datum:	10.05.2022					
Projekt:	WKW Felsentunnel					