

CSD INGENIEURE AG

Belpstrasse 48

CH-3007 Bern

+41 31 970 35 35

bern@csd.ch

www.csd.ch

CSD INGENIEURE+

VON GRUND AUF DURCHDACHT



Neubau EMV Anlage

Naturgefahrengutachten

Bern, 01.11.2023 / Naturgefahrengutachten

Inhaltsverzeichnis

1	Projekt und Aufträge	1
1.1	Verwendete Grundlagen	2
2	Situation	2
2.1	Bauvorhaben	2
2.2	Gefahrensituation gemäss Gefahrenkarte und Ereigniskataster	4
3	Gefahrenanalyse	5
3.1	Hochwasser.....	5
3.2	Rutschungen und Hangmuren	6
3.2.1	Szenarien	7
3.2.2	Einwirkungen	7
3.3	Steinschlag.....	8
3.3.1	Szenarien und Einwirkungen.....	8
4	Massnahmenkonzept	9
4.1	Hochwasser.....	9
4.2	Rutschungen und Hangmuren	10
4.3	Steinschlag.....	10
5	Schlussfolgerungen	10
6	Impressum	11
7	Disclaimer	11

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektperimeter (rot).....	1
Abbildung 2: Darstellung des Bauvorhabens: Situation (Ausrichtung Osten) und Fassadeplan [20].....	3
Abbildung 3: Synoptische Gefahrenkarte.....	4
Abbildung 4: Ereigniskataster Wasser (blau)	5
Abbildung 5: Naturgefahrenkarte mit Metrierung der Wasserspiegellagen. Km 36.5 befindet sich auf Höhe des geplanten Bauvorhabens (Rot umrandet) und wurde extrapoliert	6
Abbildung 6: Bestehende Anrisszone (Hangneigung: ca. 50°).	7
Abbildung 7: Remobilisierbare Steine und Blöcke.....	8

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:Wasserspiegellagen gem. Fachgutachten [18], Jährlichkeiten HQ30, HQ100 und HQ300. Die Werte für Metrierung 36.500 (Standort Bauprojekt) wurden extrapoliert.	5
---	---

Tabelle 2: Darstellung der Volume und Tiefe der potenziellen ungünstigen Anrisszone.7
Tabelle 3: Ergebnisse der RAMMS-Modellierung vor Massnahmen.....8
Tabelle 4: Verwendete Parameter für das trajektographisches Modell9
Tabelle 5: Ergebnisse der Rockyfor3D-Modellierung vor Massnahmen.....9

Anhangsverzeichnis

Anhang A Hangneigungskarte
Anhang B Oberflächenabflusskarte
Anhang C Beurteilung Eintretenswahrscheinlichkeit und Einwirkung Hangmuren
Anhang D Beurteilung Einwirkung Steinschlag

1 Projekt und Auftrage

Die ARA Worblental muss mit einer zusätzlichen Stufe zur EMV (Elimination Mikroverunreinigungen) ausgebaut werden. Dazu ist als Verfahren eine Ozonung gefolgt von einer Sandfiltration geplant. Für die zusätzliche Anlage ist ein neuer Anlageteil notwendig. Dieser ist nördlich der bestehenden Anlage als Neubau geplant.

CSD Ingenieure AG hat im Jahr 2000 eine Baugrundabklärung zur Anlageerweiterung «Biologie» durchgeführt, sowie bei der Planung und Umsetzung der Renaturierung des Aareufers mitgewirkt. Im Jahr 2022 hat CSD Ingenieure AG ergänzende Baugrunduntersuchungen für den Bau der EMV-Anlage durchgeführt. Für die Phase 32 Bauprojekt sowie zur Erarbeitung des Uferschutzplanes (USP-C) ist die Erstellung eines Naturgefahrengutachtens (Hochwasser- und Sturz-/Rutschgefahr) notwendig.



Abbildung 1: Projektperimeter (rot)

Das Ziel des Fachgutachtens besteht darin, für das Projekt verbindliche Vorgaben zum Schutz des Bauvorhabens gegen die Hangmuren-, Steinschlag- und Wassergefahren zu erarbeiten.

Dazu werden im vorliegenden Fachgutachten:

- ◆ die in der Gefahrenkarte festgehaltene Naturgefahr Hochwasser, Steinschlag und Rutschung am Standort der Parzelle analysiert;
- ◆ mögliche Gefährdungsbilder und Schadenszenarien aufgezeigt;
- ◆ die zu erwartende Einwirkung auf den Neubau ermittelt;
- ◆ Objektschutzmassnahmen – sofern notwendig – definiert.

1.1 Verwendete Grundlagen

Folgende Grundlagen wurden für die Gefahrenbeurteilung verwendet:

- [1] Erweiterung Biologie 2001, Plan des ausgeführten Bauwerks, 1 :200, Stand 26.06.2008
- [2] Ausführungsplan Festbetтанlage, Querschnitt 1 :50, Stand 24.11.2003
- [3] Bericht Geotest Nr. 66012E, Baugrunduntersuchung (Phase 1) Schlammbehandlung und Rohrleitungsgang (1997)
- [4] Bericht CSD BE05127 und BE05127.A Baugrundabklärung Ausbau Biologie und Zulaufkanal Biologie (2000)
- [5] Bericht CSD BE05127 Zustand Aare im Bereich der ARA (2001) und Renaturierung Aareufer (2007)
- [6] Bericht CSD BE10448.100 Baugrund- und Grundwasserverhältnisse, 27.07.2023
- [7] Geoportal des Kantons Bern
- [8] Geoportal der Landestopografie
- [9] Bauarbeitenverordnung BauAV vom 18. Juni 2021, Stand am 1. Januar 2022
- [10] Grundrisse und Schnitte, 1:100, Hunziker Betatech vom 25.05.2022
- [11] Dossier Vorprojekt, Stand 2023
- [12] Bundesamt für Landestopografie swisstopo (2022) : swissALTI3D
- [13] Bundesamt für Landestopografie swisstopo (2022) : swissIMAGE
- [14] Bundesamt für Landestopografie swisstopo (2018) : Oberflächenabflusskarte
- [15] Kanton Bern (2023): Gefahrenhinweiskarten Sturz, Rutsch, Wasser, Lawinen
- [16] Kanton Bern (2023): Gefahrenkarten Sturz, Rutsch, Wasser, Lawinen
- [17] Kanton Bern (2023): Naturgefahrenereigniskataster Sturz, Rutsch, Wasser, Lawinen
- [18] Fachgutachten Wassergefahren, Schlammentwässerungsanlage, ARA Worblental, Worblaufen, Kissling + Zbinden AG, 20.07.2015
- [19] Hochwassernotfallplanung ARA Worblental, Betriebsleitung, 21.06.2013
- [20] Übersichts- und Fassadenplan, Hunziker Betatech AG, 01.02.2023

2 Situation

2.1 Bauvorhaben

Das Bauvorhaben umfasst den Neubau eines neuen Anlageteils, nördlich der bestehenden Anlage, und ist in ähnlichen Dimensionen geplant, wie die bestehende Anlage (zwei Untergeschosse und zwei Obergeschosse, Grösse von ungefähr 29 m x 28 m).

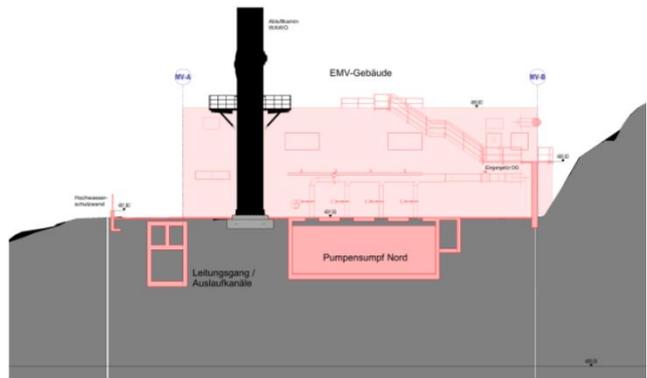
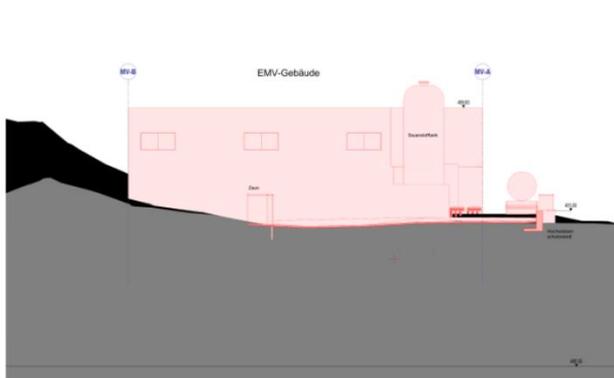
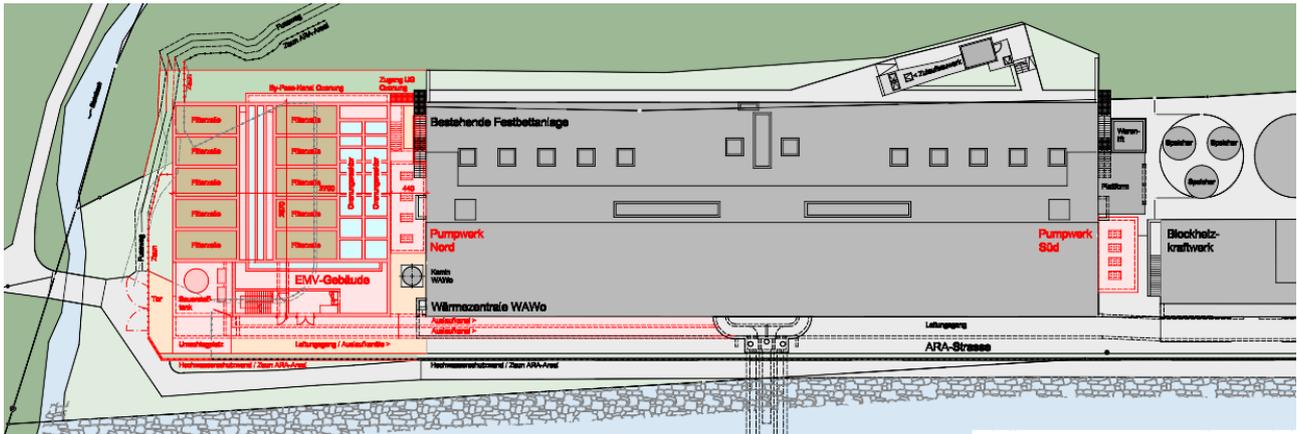


Abbildung 2: Darstellung des Bauvorhabens: Situation (Ausrichtung Osten) und Fassadeplan [20].

2.2 Gefahrensituation gemäss Gefahrenkarte und Ereigniskataster

Gemäss der Gefahrenkarte (Abbildung 3) befindet sich das Bauprojekt zum Teil im gelben Gefahrenbereich für die Steinschläge und im blauen Gefahrenbereich für die Rutschungen sowie für die Hochwassergefahren.

Gemäss Ereigniskataster (Abbildung 4) war der Projektperimeter bisher noch nie von Naturgefahren betroffen.

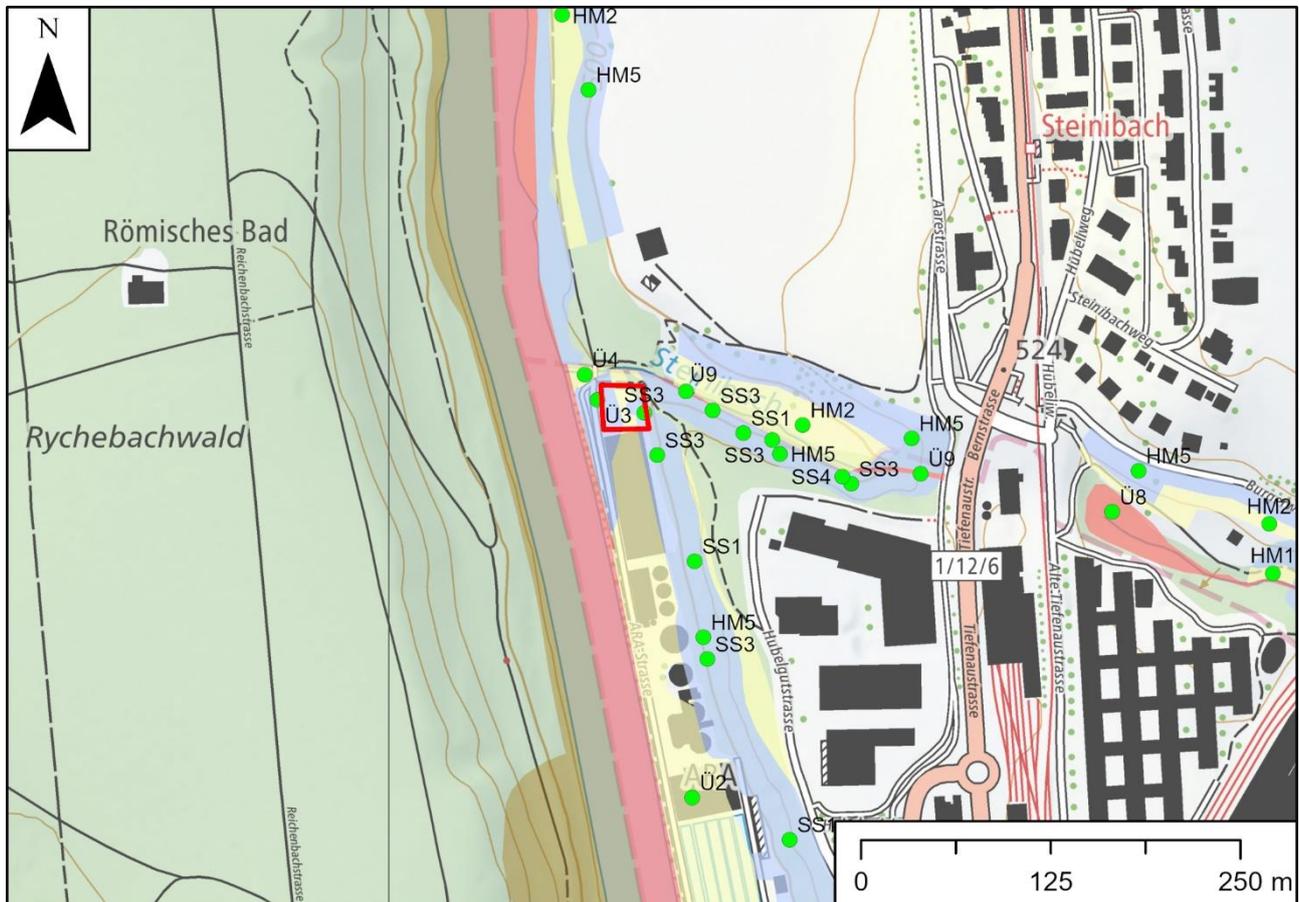


Abbildung 3: Synoptische Gefahrenkarte

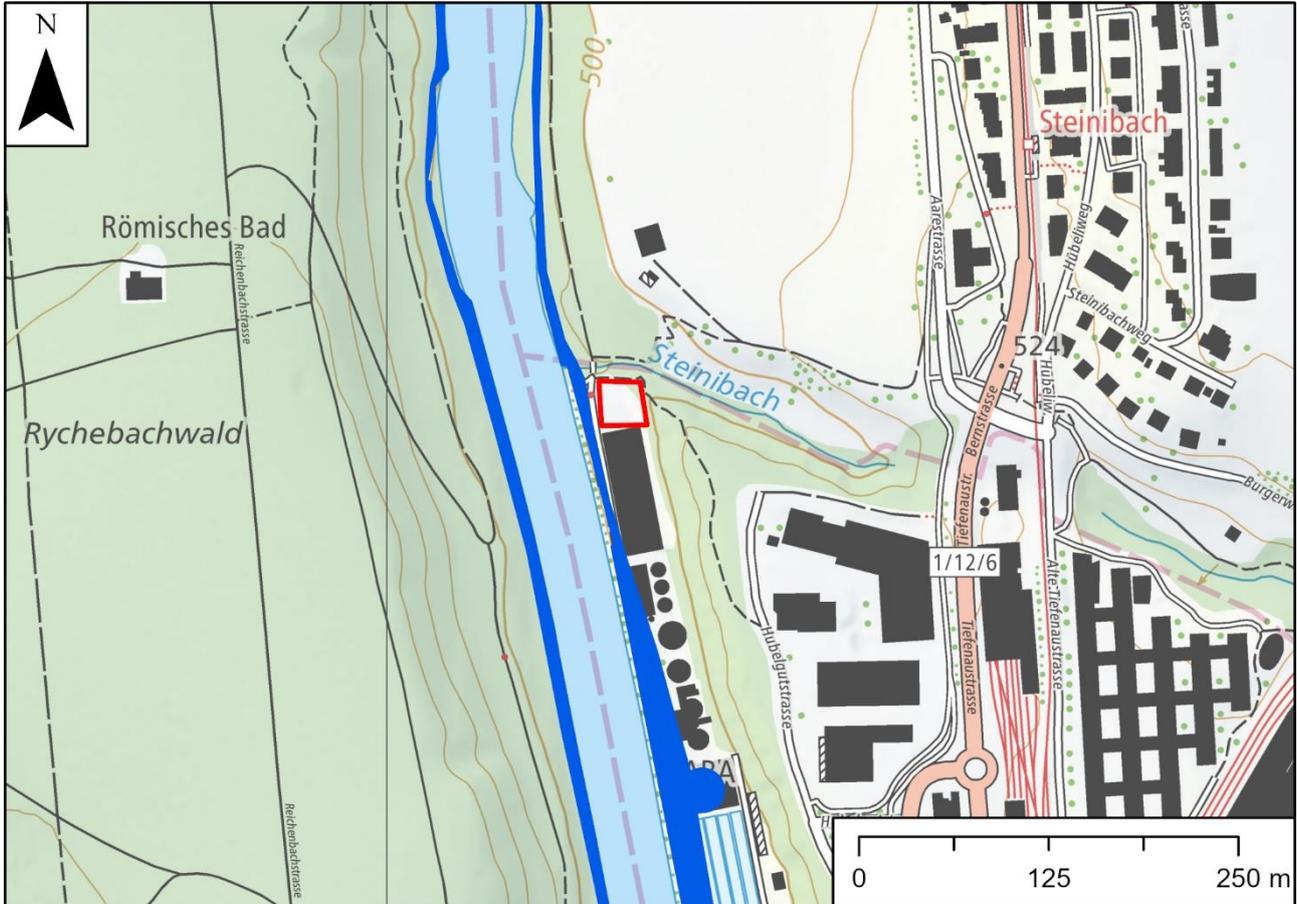


Abbildung 4: Ereigniskataster Wasser (blau)

3 Gefahrenanalyse

3.1 Hochwasser

Für das Gebäude der Schlammmentwässerung, welches sich rund 140 m südlich des geplanten Bauvorhabens befindet, hat die Kissling + Zbinden AG bereits im Jahr 2015 ein Fachgutachten Naturgefahren erstellt [18]. Das Gutachten wird als Grundlage für das bestehende Bauprojekt verwendet, da sich dieses in die bestehende Gesamtanlage einfügen wird.

Gemäss [18] wird die Abflusskapazität der Aare im Bereich südlich des geplanten Bauvorhabens bereits bei einem HQ100 überschritten (Ü2).

Die Wasserspiegellagen werden aus [18] entnommen und für den Projektstandort bei Metrierung 36.500 extrapoliert:

Wasserspiegellagen			
Metrierung	WSP HQ ₃₀ (490 m ³ /s) [m ü. M.]	WSP HQ ₁₀₀ (600 m ³ /s) [m ü. M.]	WSP HQ ₃₀₀ (660 m ³ /s) [m ü. M.]
36.200	490.41	490.86	491.11
36.400	490.33	490.78	491.03
36.500 (extrapoliert)	490.29	490.74	490.99

Tabelle 1: Wasserspiegellagen gem. Fachgutachten [18], Jährlichkeiten HQ30, HQ100 und HQ300. Die Werte für Metrierung 36.500 (Standort Bauprojekt) wurden extrapoliert.



Abbildung 5: Naturgefahrenkarte mit Metrierung der Wasserspiegellagen. Km 36.5 befindet sich auf Höhe des geplanten Bauvorhabens (Rot umrandet) und wurde extrapoliert

3.2 Rutschungen und Hangmuren

Am 30.08.2023 wurde eine Feldbegehung durchgeführt. Der Hang, an den sich die neue Anlage anlehnen wird, besteht aus einer dünnen Schicht Alluvionen (maximal 60 cm), die direkt auf der Molasse aufliegen.

Der Hang ist steil, zeigt lokal Spuren von Instabilität auf (Abbildung 6).



Abbildung 6: Bestehende Anrisszone (Hangneigung: ca. 50°).

Zur Prüfung der Gefährdungsstufe wurde eine Analyse nach dem Diagramm der AGN 2004 durchgeführt (Anhang C). Es zeigte sich, dass die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Hangmure bei dem Baustandort gering ist. Unter der Annahme, dass die mobilisierbare Mächtigkeit zwischen 0.5 bis 2 m beträgt, würde die Anlage in HM4, d.h. im gelben oder blauen Gefahrenbereich liegen. Zur Prüfung, ob es für die Aufnahme des Drucks auf die Fassade entsprechende Massnahmen benötigt, würden entsprechende Modellierungen durchgeführt.

3.2.1 Szenarien

Für die Beurteilung und Dimensionierung der Schutzmassnahmen wurde ein 300-jährliches Ereignis als massgebend betrachtet.

Für das 300-jährliche Szenario wurden das Volumen und die Tiefe der potenziell ungünstigsten Anrisszone aufgrund der Hanggeometrie und basierend auf unseren Erfahrungen ausgewertet und in Tabelle 2 zusammengestellt.

Szenario	300 J
Anrissmächtigkeit (Durchschnitt)	0.6 Meter
Anrissvolumen	67 m ³

Tabelle 2: Darstellung der Volume und Tiefe der potenziellen ungünstigen Anrisszone.

3.2.2 Einwirkungen

Da keine speziellen Ansätze zur Bestimmung der Geschwindigkeiten, der Fliesshöhen und der aufgetretenen Druckeinwirkungen am Objekt von Hangmuren bestehen, wurde für dieses Projekt die Software RAMMS Debris Flow eingesetzt.

Die Modellierungsparameter wurden aufgrund unserer Erfahrungen ausgewertet:

- ◆ Dichte: 1'800 kg/m³;
- ◆ Xi: 200 m/s²;
- ◆ Mu: 0.4.

Die Ergebnisse der Modellierung sind im Anhang C dargestellt und in Tabelle 3 ausgewertet.

Szenario	300 J
Maximale Fliesshöhe am Gebäude	1.13 Meter
Maximale Fliessgeschwindigkeit	5.1 m/s
Maximaler Druck	63.8 kPa

Tabelle 3: Ergebnisse der RAMMS-Modellierung vor Massnahmen

Die Modellierungen zeigen, dass die Ostfassade Hangmuren ausgesetzt ist. Die Drücke gegen die Mauer sind nicht vernachlässigbar (in der Grössenordnung von 60 kN/m^2 , vor allem wegen der starken Hangneigung).

Allerdings ist diese Mauer aus Beton geplant und weist keine Öffnungen auf. Die Plattform wiederum ist hoch genug, um ausserhalb des Gefahrenbereichs durch Hangmuren zu liegen.

3.3 Steinschlag

Der Hang zeigt keine Klippen, aber die Steine und kleinen Blöcke in der Alluvion könnten insbesondere im Falle einer Rutschung remobilisiert werden (Abbildung 7).



Abbildung 7: Remobilisierbare Steine und Blöcke

3.3.1 Szenarien und Einwirkungen

Für die Beurteilung und Dimensionierung der Schutzmassnahmen wurde ein 300-jährliches Ereignis als massgebend betrachtet.

Die Wirkungsanalyse basiert auf den Ergebnissen von 3D Sturz-Modellierungen.

Die Intensitäts-, Geschwindigkeits- sowie die Sprunghöhenkarten wurden unter Verwendung von 3D-Trajektmodellen mit der Software RockyFor3D entwickelt, die auf der Grundlage der Analyse von Blöcken und stummen Zeugen vor Ort kalibriert wird.

Rockyfor3D erfordert die Einführung der sechs Parameter im Raster-Format:

- ◆ Topografie: Die Topografie des Untersuchungsgebietes wird durch das hochauflösende digitale Modell (DTM) resp. Die Modelle der beiden vorgesehenen Varianten definiert. In Übereinstimmung mit den von Dorren und Heuvelink (2004) durchgeführten Studien über den Einfluss der DTM auf die

Qualität des trajektographischen Modells wurde ein 0.5-Meter-Raster als topographische Grundlage für alle Modelle gewählt.

- ◆ **Blockdichte:** Dieser Parameter wurde in Übereinstimmung mit den im Untersuchungsgebiet vorhandenen Lithologien auf 2'500 kg/m³ festgelegt.
- ◆ **Blockabmessungen:** Dieser Parameter beeinflusst die Energie und den Ausbreitungsabstand der Blöcke. Generell gilt: Je grösser die Blöcke sind, desto weiter neigen sie zur Ausbreitung. Für diese Studie wird die Blockgrösse im Modell durch die Länge der drei Achsen (in Metern) des grössten Blocks definiert (300 J Szenario)
- ◆ **Blockform:** Die Blockform stellt einen wichtigen Parameter dar, der den Ausbreitungsabstand direkt beeinflusst. In dieser Studie wurde unter Berücksichtigung der Lithologien und eine abgerundete Form als Standardparameter gewählt. Diese Wahl erlaubt es uns, realistische Ergebnisse in Bezug auf die maximale Ausbreitungsdistanz zu erhalten.
- ◆ **Mechanische Eigenschaften des Bodens:** Die Software erfordert die Einführung des normalen Restitutionskoeffizienten (Parameter, der das Eindringen des Blocks in Bodenhöhe und den daraus resultierenden Rückprall definiert) und die Rauheit der Transitfläche (ausgedrückt durch die Höhe der Hindernisse entlang des Blockwegs). Jede Bodenart hat spezifische mechanische Eigenschaften. Für die Zwecke dieser Studie wurde die Verteilung der verschiedenen Bodentypen innerhalb der modellierten Gebiete aus den Ergebnissen der Felduntersuchungen abgeleitet. Dann werden für jeden Bodentyp die Restitutions- und Rauheitskoeffizienten auf der Grundlage von in der Literatur vorgeschlagenen Werten ermittelt.

Die nachstehende Tabelle fasst die allgemeinen Parameter zusammen, die für die Modellierungen angenommen wurden.

DTM-Netzgrösse	0.5 m x 0.5 m
Blockdichte	2,5 t/m ³
Blockform	Kugelförmig
Blockgrösse	0.2 * 0.2 * 0.15 m
Normal-Restitutionskoeffizient (Rn)	Definiert auf der Basis von Felduntersuchung und Literatur
Rauheit	Definiert auf der Basis von Felduntersuchung und Literatur
Anzahl Simulationen	1'000
Variation des Blockvolumens	+/- 20%

Tabelle 4: Verwendete Parameter für das trajektographische Modell

Die Ergebnisse der Modellierung sind im Anhang D dargestellt und in Tabelle 5 ausgewertet.

Szenario	300 J
Maximale Energie am Gebäude	≤ 3 kJ
Maximale Geschwindigkeit	6.4 m/s
Maximale Sprunghöhe	0.5 m

Tabelle 5: Ergebnisse der Rockyfor3D-Modellierung vor Massnahmen

Die Modellierungen zeigen, dass die Nordfassade von Steinschlag mit sehr geringer Intensität (max. 3 kJ) betroffen sein kann. Da keine Fenster vorhanden sind, stellt Steinschlag somit keine Gefahr für das Gebäude dar.

4 Massnahmenkonzept

4.1 Hochwasser

Gemäss [18] wird als Schutzziel der Schlammentwässerungsanlage ein HQ300 definiert. Die dort erforderliche Schutzkote wird auf 492.05 m ü. M. festgelegt (491.05 m ü. M + 1.0 m Freibord). Auf den Standort des geplanten

Bauvorhabens bei km 36.500 ergibt sich eine Schutzkote vom 492.00 m ü. M. (491.00 m ü. M (gerundet) + 1.0 m Freibord). Die Schutzkote gemäss [19] beträgt 492.20 m ü. M. und übersteigt jene beim geplanten Bauvorhaben um rund 20 cm. Wir empfehlen für das neue Bauvorhaben die Schutzkote von 492.20 m ü.M. weiterzuziehen und die Massnahmen (Schutzmauer und mobile Massnahmen) auf diese Kote auszuliegen.

Gemäss [18] besteht ein Hochwasserschutzkonzept, resp. eine Hochwasserschutzplanung [19], in welchem die Grundsätze zum Hochwasserschutz der ARA Worblental definiert sind. Dieses sieht vor, dass ab dem Erreichen einer Wasserspiegellage von 489.30 m ü. M. der Aare im Bereich der ARA ein Alarm ausgelöst und der Pikett-Dienst informiert wird. Danach wird entschieden, ob und welche mobilen Massnahmen umzusetzen sind.

Dabei werden drei Schutzstufen unterschieden:

- ◆ Schutzstufe 1
Erstens wird das ganze Areal rundherum mittels fixer Schutzmauer und mobilen Massnahmen (Einsatz von Dammbalken, manueller Verschluss von Entwässerungsöffnungen) gegen Hochwasser geschützt. In Kombination mit der Schutzstufe 3 wird ein kompletter Hochwasserschutz bis zur Kote 491.80 m ü. M. auf dem ganzen Areal gewährleistet.
- ◆ Schutzstufe 2
Zusätzlich werden einzelne Gebäudeöffnungen abgedichtet (Einsatz von fixen und mobilen Massnahmen). Beim geplanten Gebäude werden analog dem Gebäude «Schlammabwasseranlage» im Hochwasserfall Dammbalken eingesetzt, um alle Öffnungen im Erdgeschoss wasserdicht auszubilden. Damit kann ein Hochwasserschutz bis zur Kote 492.40 m ü. M. erreicht werden.
- ◆ Schutzstufe 3
Das Gebäudeinnere wird mittels Entwässerungspumpen gegen Grundwassereindringungen vor Hochwasser geschützt. Die Pumpen können über ein Notstromaggregat betrieben werden. [18].

4.2 Rutschungen und Hangmuren

Gegen Rutschungen und Hangmuren sind keine Massnahmen erforderlich, sofern auf der Rückseite des Gebäudes im Bereich der möglichen Rutschung keine Gebäudeöffnungen geplant werden

4.3 Steinschlag

Gegen Steinschlag sind keine Massnahmen erforderlich, sofern auf der Rückseite des Gebäudes im Bereich werden

5 Schlussfolgerungen

Die Gefahrenanalyse hat gezeigt, dass nur Überschwemmungen die Aktivitäten der neuen Anlage tatsächlich gefährden können. Rutschungen und Steinschlag können die Ostfassade treffen, aber keine Schäden verursachen.

Die Massnahmen, die zum Schutz vor Überschwemmungen ergriffen werden müssen, sind ähnlich wie die, die bereits für die anderen Gebäude umgesetzt wurden.

6 Impressum

Bern, 01.11.2023

Projektbeteiligte

Sara Ruchti (Projektleiterin, MSc Bauingenieurin)

Séverine Boll (StV-Projektleiterin, MSc Angewandte Geologie und Hydrogeologie)

Sandro Marolf, (Sachbearbeitung, BSc Bauingenieur)

Ronny Lehmann (Sachbearbeitung, BSc Erdwissenschaften)

CSD INGENIEURE AG

Sara Ruchti
Projektleiterin

Séverine Boll
StV.-Projektleiterin

7 Disclaimer

CSD bestätigt hiermit, dass bei der Abwicklung des Auftrages die Sorgfaltspflicht angewendet wurde, die Ergebnisse und Schlussfolgerungen auf dem derzeitigen und im Bericht dargestellten Kenntnisstand beruhen und diese nach den anerkannten Regeln des Fachgebietes und nach bestem Wissen ermittelt wurden.

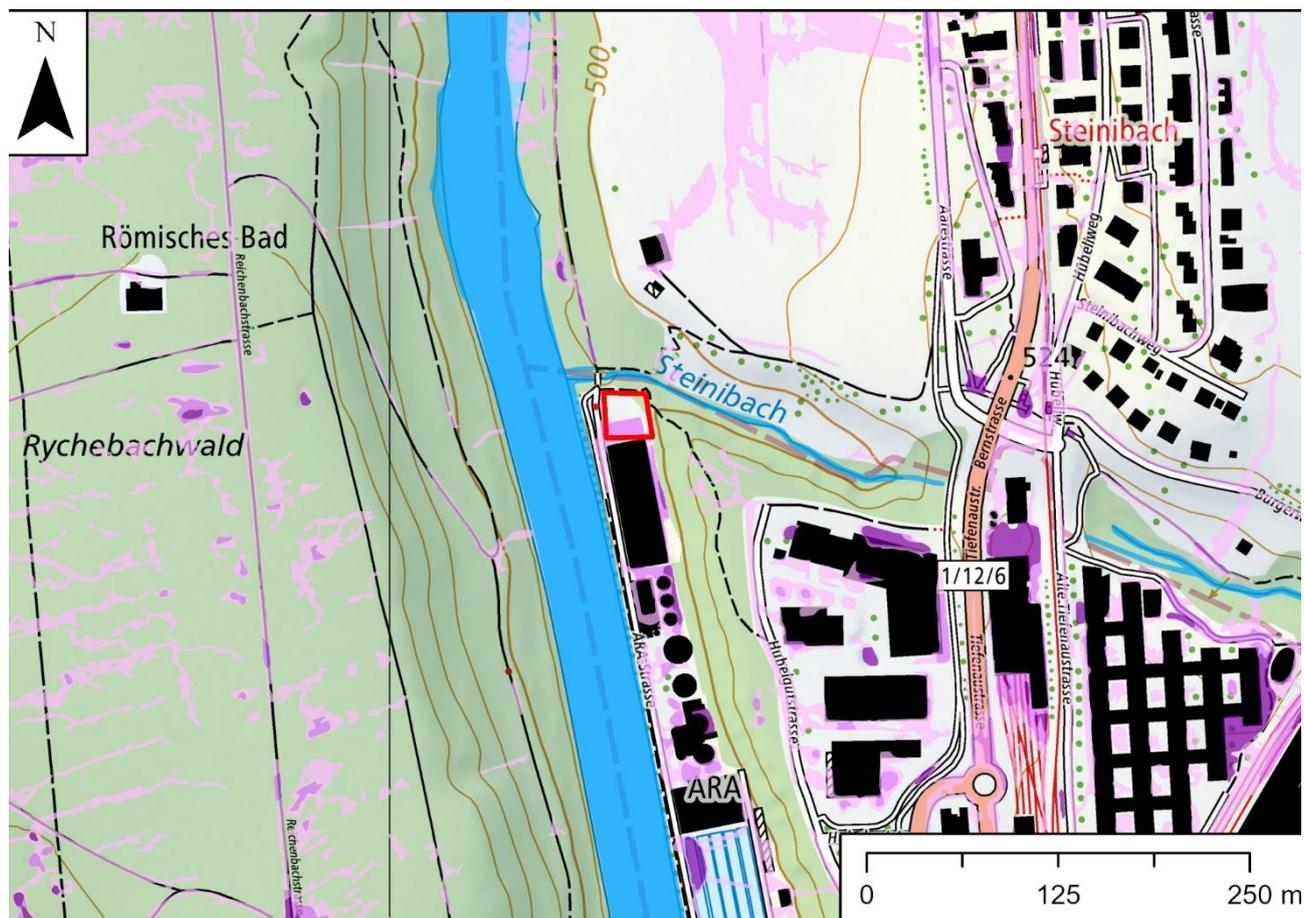
CSD geht davon aus, dass

- ◆ ihr seitens des Auftraggebers oder von ihm benannter Drittpersonen richtige und vollständige Informationen und Dokumente zur Auftragsabwicklung zur Verfügung gestellt wurden
- ◆ von den Arbeitsergebnissen nicht auszugsweise Gebrauch gemacht wird
- ◆ die Arbeitsergebnisse nicht unüberprüft für einen nicht vereinbarten Zweck oder für ein anderes Objekt verwendet oder auf geänderte Verhältnisse übertragen werden.

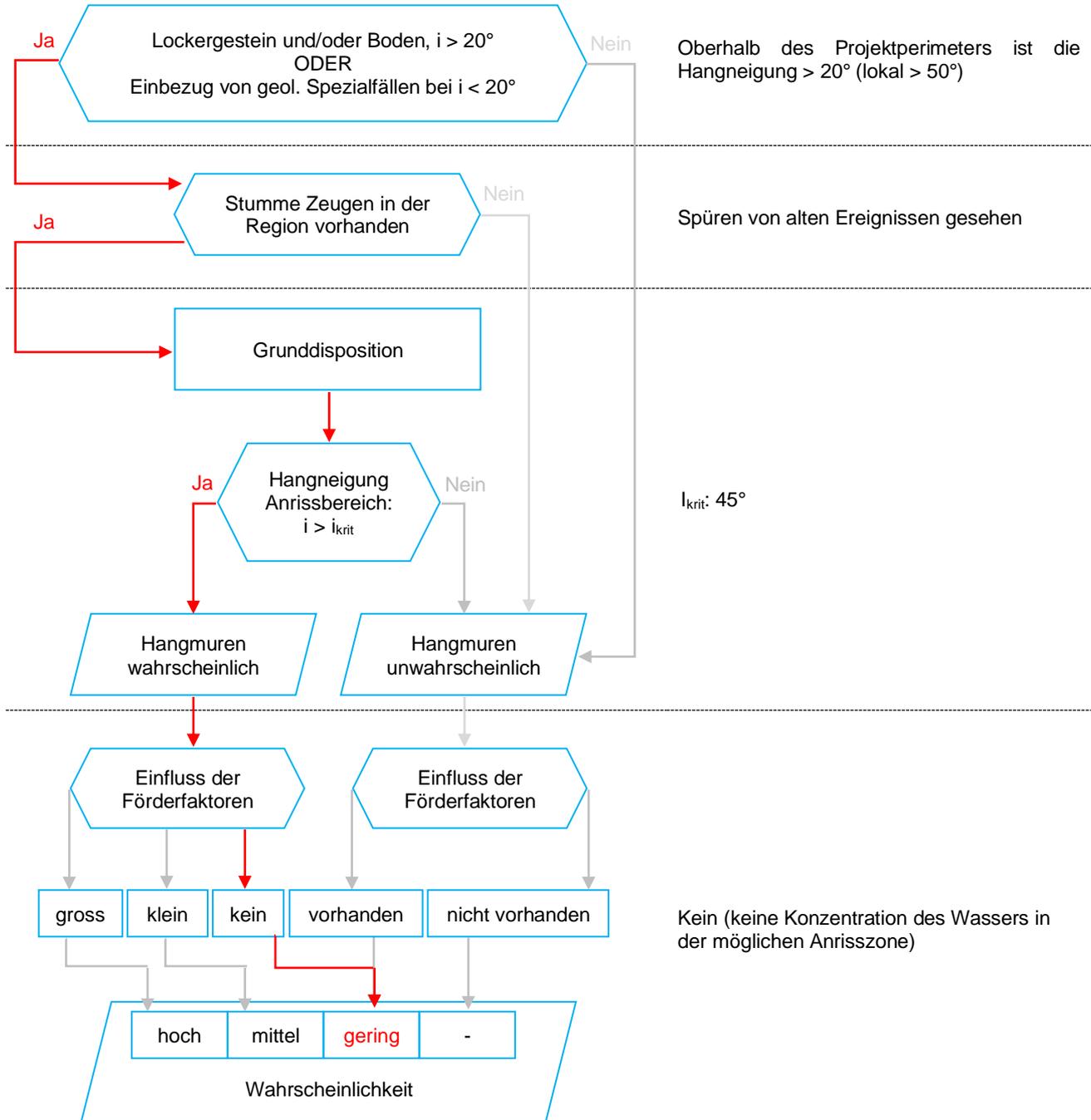
Andernfalls lehnt CSD gegenüber dem Auftraggeber jegliche Haftung für dadurch entstandene Schäden ausdrücklich ab.

Macht ein Dritter von den Arbeitsergebnissen Gebrauch oder trifft er darauf basierende Entscheidungen, wird durch CSD jede Haftung für direkte und indirekte Schäden ausgeschlossen, die aus der Verwendung der Arbeitsergebnisse allenfalls entstehen.

Anhang B Oberflächenabflusskarte

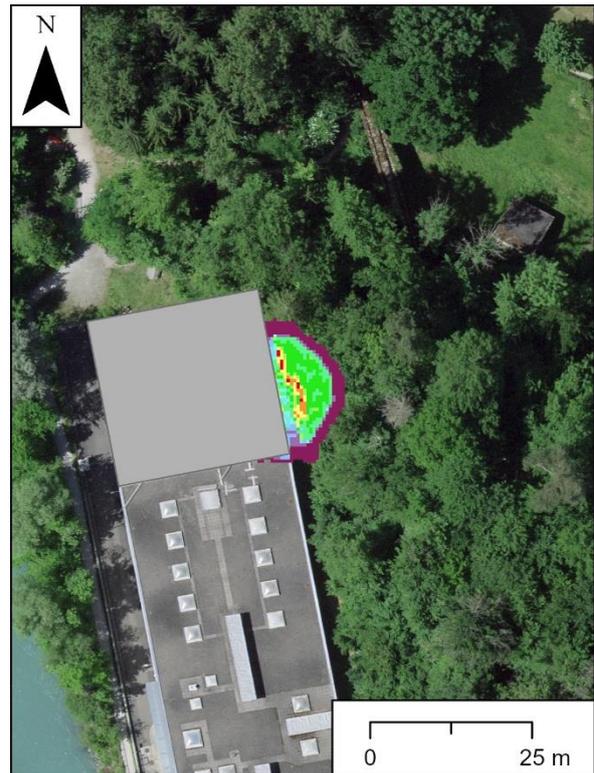


Anhang C Beurteilung Eintretenswahrscheinlichkeit und Einwirkung Hangmuren



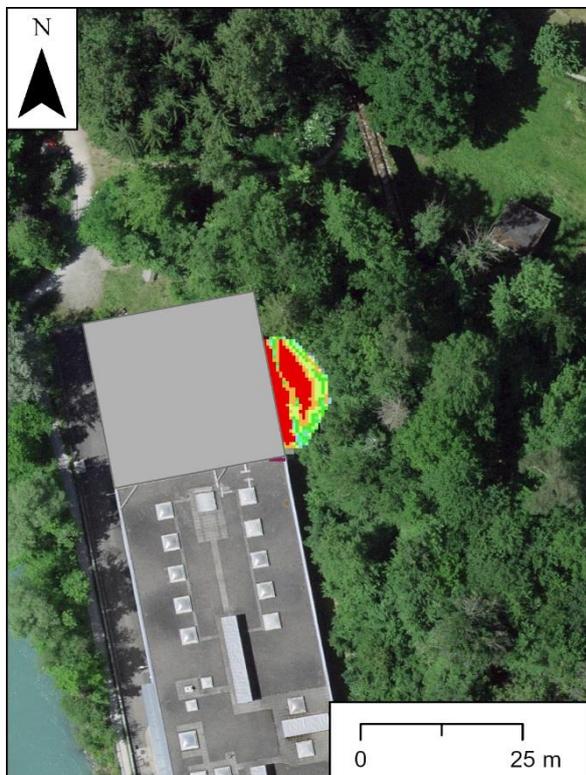


Anrisszone
 Anlage



Fließhöhe (m)

	0.2 - 0.3		0.5 - 0.6		0.8 - 0.9
	< 0.1		0.3 - 0.4		0.6 - 0.7
	0.1 - 0.2		0.4 - 0.5		0.7 - 0.8
	0.9 - 1		1.0 - 1.1		



Fließgeschwindigkeit (m/s)

	< 0.5		2.0 - 2.5		3.5 - 4
	0.5 - 1		2.5 - 3		4.0 - 4.5
	1.0 - 1.5		3.0 - 3.5		Anlage



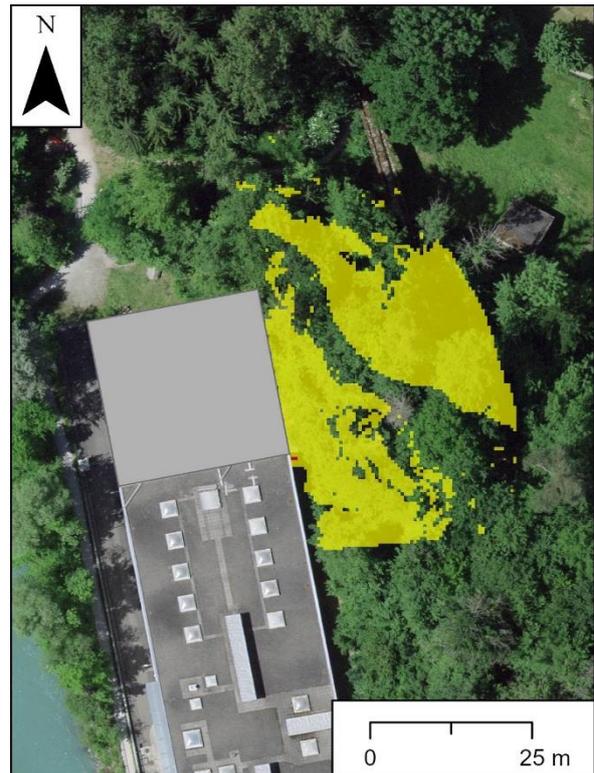
Druck (kN/m²)

	10 - 15		25 - 30
	< 5		15 - 20
	5 - 10		20 - 25
	30 - 35		35 - 40

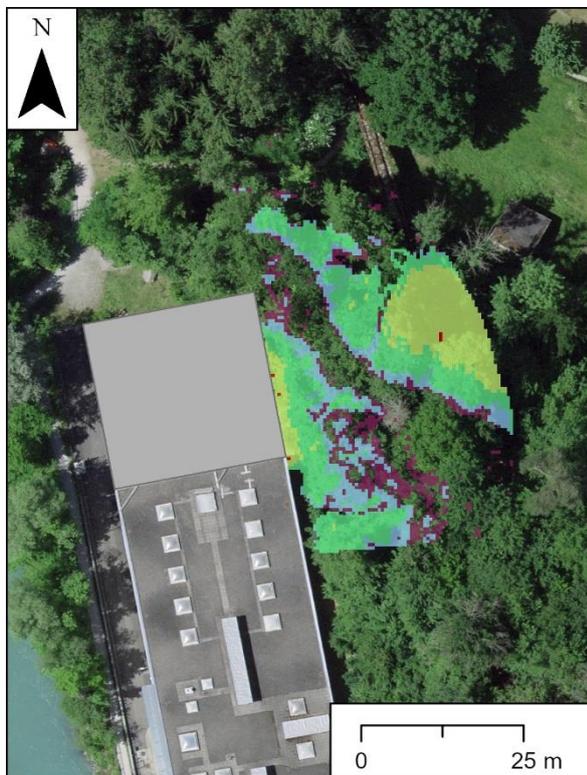
Anhang D Beurteilung Einwirkung Steinschlag



Energie (kJ) Anlage
 3



Sprunghöhe (m) Anlage
 < 0.5



Geschwindigkeit (m/s)

 2 - 5	 5 - 10
 < 1	 > 15
 1 - 2	

