
Bericht Nr. 1918063.5a

Markus Anliker, Trubschachen

Trubschachen, Gefahrenbeurteilung Vorder Weg

Ueberbauungsordnung Vorder Weg 2

Beurteilung Naturgefahren

Zollikofen, 10. November 2022

GEOTEST AG
BERNSTRASSE 165
CH-3052 ZOLLIKOFEN
T +41 (0)31 910 01 01
F +41 (0)31 910 01 00
zollikofen@geotest.ch
www.geotest.ch

Autor(en)	Bearbeitete Themen / Fachbereiche
Morgane Surdez	Gefahrenbeurteilung Hangmuren
Patrick Baer	Gefahrenbeurteilung Wassergefahren, Gesamtbericht
Rachel Riner	Gefahrenbeurteilung Sturzgefahren
Supervision	Visierte Inhalte
Rachel Riner	Gefahrenbeurteilung Hangmuren
Severin Schwab	Gefahrenbeurteilung Wassergefahren, Gesamtbericht
Hinweise	
Dieser Bericht ergänzt und ersetzt den Bericht Nr. 1918063.5 vom 31.01.2022	

GEOTEST AG

Rachel Riner

Patrick Baer

Inhaltsverzeichnis

1.	Ausgangslage	5
2.	Ausgeführte Arbeiten	5
3.	Verwendete Grundlagen	5
4.	Untersuchungsperimeter und Gefahrenkarte	6
4.1	Perimeter der Ueberbauungsordnung	6
4.2	Gefahrenkarte	7
4.3	Bedeutung der Gefahrenstufen und baurechtliche Konsequenzen	9
5.	Detaillierte Gefahrenbeurteilung Hangmuren	10
5.1	Geologisch-geomorphologische Situation	10
5.2	Geländebefunde	11
5.2.1	Feldaufnahmen	11
5.2.2	Anrissgebiet	11
5.2.3	Transitgebiet	12
5.2.4	Stumme Zeugen/Ereignisse	13
5.3	Gefährdungsbild und Beurteilung	14
5.4	Einwirkungen	16
6.	Detaillierte Gefahrenbeurteilung Sturz	16
6.1	Gefährdungsbild und Beurteilung der Situation	16
6.2	Einwirkungen	16
7.	Detaillierte Gefahrenbeurteilung Wassergefahren	17
7.1	Gefährdung im aktuellen Zustand	17
7.2	Wasserbauprojekt am Vorder Weggräbli	17
7.3	Gefährdung nach Umsetzung Hochwasserschutz	18
8.	Bedeutung für die Überbauungsordnung	19
8.1	Hangmurengefährdung	19
8.2	Steinschlaggefährdung	19
8.3	Wassergefahren	20
9.	Mögliche Schutzmassnahmen	20
9.1	Baufeld A	20
9.2	Baufeld B	21
9.3	Baufeld C	21

Anhang

Hangneigungskarte 1:1'000	1
Charakteristische Längenprofile	2
Einwirkungen Hangmuren	3
Massnahmen Baufeld A (Bauernhaus)	4
Massnahmen Baufeld B (Nebenhaus)	5

1. Ausgangslage

Die GEOTEST AG erhielt von Herrn Markus Anliker (Bauherr) den Auftrag für die Ausarbeitung einer Gefahrenbeurteilung für das Planungsgebiet der Ueberbauungsordnung Vorder Weg in Trubschachen.

Mit dem vorliegenden Gutachten soll die Gefährdung des geplanten Perimeters der UeO Vorder Weg durch Hangmuren, Steinschlag und Hochwasser aufgezeigt werden.

2. Ausgeführte Arbeiten

Für die vorliegende Beurteilung wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

- Auswertung bestehender Unterlagen (Gefahrenkarte, Projektpläne);
- Geländebegehung zur Überprüfung der Gefährdungssituation und zur Erhebung der relevanten Prozessparameter;
- Berechnung der möglichen Einwirkungen durch Hangmuren (Druckeinwirkung, Stau- und Fließhöhen);
- Beurteilung Einwirkungen durch Steinschlag als Sekundärprozess.

3. Verwendete Grundlagen

- [1] Truberholz AG (2021): Diverse Pläne, Stand 30.06.2021
- [2] ARGE Hunziker, Zarn & Partner, Kellerhals + Haefeli AG (2021): Revision Gefahrenkarte – Gemeinde Trubschachen. Bericht Nr. A-1266, September 2021.
- [3] GEOTEST AG (2021): Wasserbauplan Vorder Weggräbli und Under Wegmattgräbli. Technischer Bericht und Pläne, Stand Vorprüfung. Bericht Nr. 1918063.4. 23.08.2021.
- [4] Bundesamt für Landestopographie Swisstopo (2021): Diverse Karten (Gefährdung Oberflächenabfluss, Geologischer Atlas der Schweiz), www.map.geo.admin.ch; Datenstand: Oktober 2021.
- [5] Geoportal des Kantons Bern (2021): Ereigniskataster www.map.apps.be.ch; Datenstand: Oktober 2021.
- [6] BAFU (2021): StorMe 3.0 – Erstmeldungen von Naturereignissen, <https://storme.bafu.admin.ch>; Datenstand: Oktober 2021.

- [7] AGN (2004): Gefahreneinstufung Rutschungen – Permanente Rutschungen, spontane Rutschungen und Hangmuren. Entwurf. Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren – BWG. Zollikofen, 24.03.2004.
- [8] Abteilung Naturgefahren, Amt für Wald des Kantons Bern (2017). Objektschutzgutachten Hangmuren – Empfehlung.
- [9] AG NAGEF (2016): Arbeitshilfe zu Art. 6 BauG, Bauen in Gefahrengebieten. Kantonale Arbeitsgruppe Naturgefahren, 22.06.2016.
- [10] BAFU (2016): Schutz von Massenbewegungsgefahren. Vollzugshilfe für das Gefahrenmanagement von Rutschungen, Steinschlag und Hangmuren. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1608: 98 S.
- [11] Bründl Michael (2009): Risikokzept für Naturgefahren – Leitfaden. Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern. 420 S.
- [12] Perla R., Cheng T., McClung D. (1980): A Two-Parameter Model of Snow-Avalanche Motion. Journal of Glaciology, Bd. 26 (94), S. 197-207.
- [13] VKF und kantonale Gebäudeversicherung (2005): Wegleitung - Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren.
- [14] Bundesamt für Landestopographie (swisstopo) (2021): swissALTI3D, digitales Höhenmodell der Schweiz ohne Bewuchs und Bebauung.

4. Untersuchungsperimeter und Gefahrenkarte

4.1 Perimeter der Ueberbauungsordnung

Im Perimeter der Ueberbauungsordnung sind drei Baufelder geplant (siehe Abbildung 1):

- Baufeld A: Bestehendes Bauernhaus
- Baufeld B: Neubau Mehrfamilienhaus geplant
- Baufeld C: Errichtung von Kleinhäusern geplant

Auf Baufeld A soll der Wohnteil des bestehenden Bauernhauses (Vorder Weg 31) abgebrochen und wiederaufgebaut werden. Beim bergseitigen Ökonomieteil des Gebäudes sollen zudem das Dach verlängert, die Zufahrt angepasst sowie neue Stützmauern erstellt werden.

Auf Baufeld B soll das Nebenhaus (Vorder Weg 32) abgerissen und durch den Neubau eines Mehrfamilienhauses ersetzt werden.

Auf Baufeld C sollen mehrere Kleinhäuser in Massivholzbauweise erstellt werden.



Abbildung 1: Überbauungsplan mit Bauernhaus (A), Nebenhaus (B) und Baufeld (C) gemäss [1]. Die Kleinhäusernummern (im Baufeld C) wurden von uns hinzugefügt; Stand: Sommer 2021. Unmassstäbliche Darstellung.

4.2 Gefahrenkarte

Die Gefahrenkarte der Gemeinde Trubschachen wurde im Jahr 2021 einer Gesamtrevision unterzogen. In diesem Zusammenhang wurde die Hangmurengefährdung neu ausgeschieden. Zudem wurde anlässlich der Revision der Gefahrenkarte für das Gebiet Vorder Weg neu eine Prozessquelle für Sturzprozesse als Sekundärprozesse infolge Windwurf ausgeschieden. Die Gefährdung durch Wasserprozesse wurde im Rahmen des laufenden Hochwasserschutzprojektes am Vorder Weggräbli [3] im Jahr 2020 neu ausgeschieden und in die Gefahrenkarte übernommen. Die revidierte Gefahrenkarte ist mit Anerkennungsschreiben des OIK vom 5.10.2021 rechtskräftig festgesetzt.

Sämtliche Baufelder liegen aktuell im blauen und gelben Gefahrenbereich für Hangmuren (HM5 bzw. HM2) sowie im blauen Gefahrengebiet für Steinschlag (SS3). Die Baufelder A und C liegen zudem im blauen Gefahrenbereich für Hochwasser (Ü6 bzw. Ü3). Das Baufeld B ist von der Hochwassergefährdung nicht betroffen (siehe Abbildung 2).

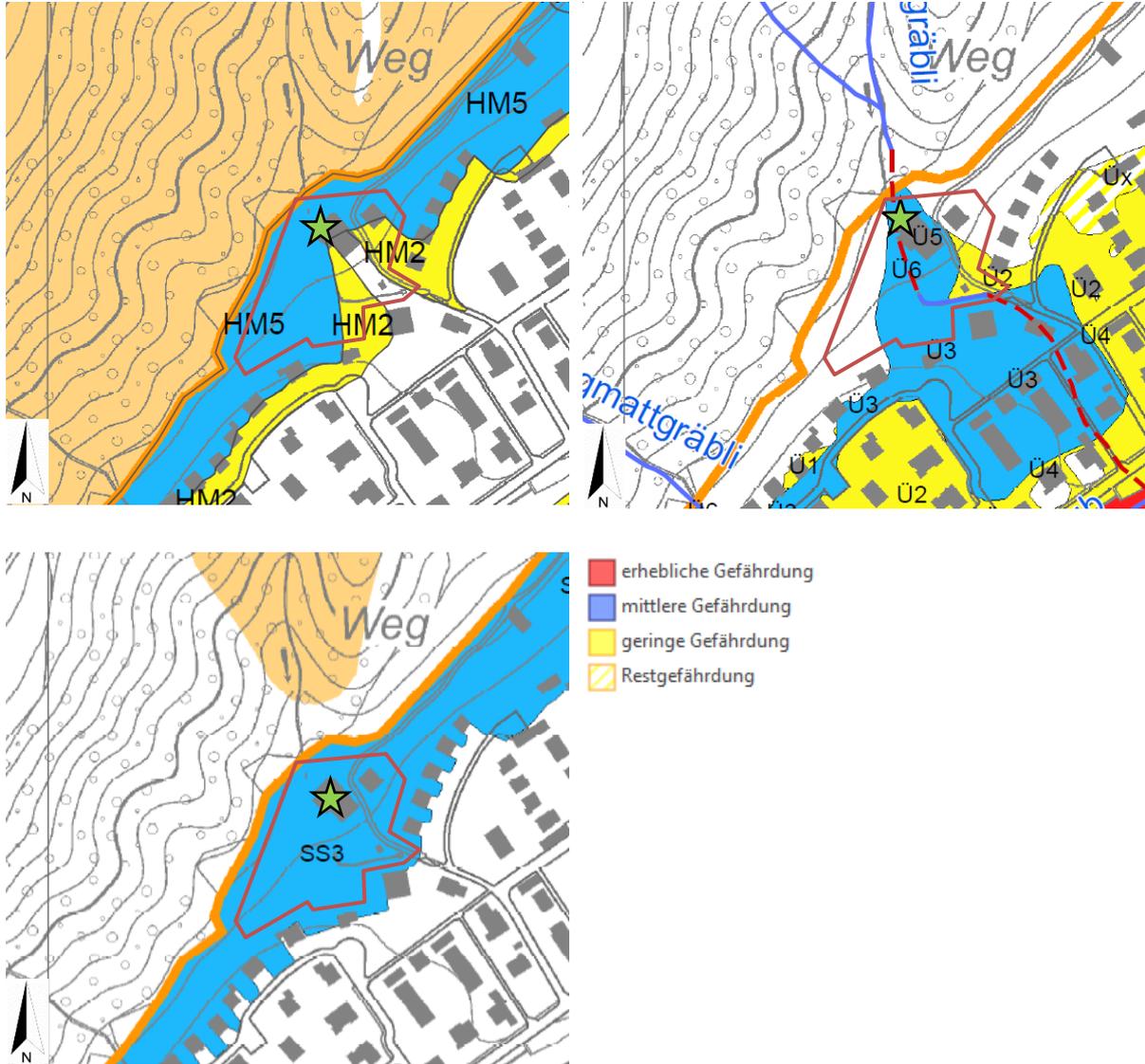


Abbildung 2: Unmasstäblicher Ausschnitt aus der Gefahrenkarte [2] für die Gemeinde Trubschachen im Bereich der UeO Vorder Weg. Oben links: Hangmuren. Oben rechts: Wasserprozesse. Unten links: Steinschlag. Grüner Stern: Gebäude Vorder Weg 31. Rot umrandet: Ungefährer Perimeter der UeO Vorder Weg (skizziert).

5. Detaillierte Gefahrenbeurteilung Hangmuren

5.1 Geologisch-geomorphologische Situation

Das Bauernhaus, das Nebenhaus und das Baufeld C befinden sich leicht erhöht auf dem Bachschuttkegel des Weggräblis (ca. Kote 752 m ü. M.; Abbildung 4). Im Abstand von rund 15 bis 30 m bergseits des Bauernhauses erhebt sich die bis zu 140 Hm hohe, südostexponierte, trichterförmig angelegte Flanke des Heidenbühls. Das Relief innerhalb des Untersuchungsperimeters ist geprägt durch markante Rücken und Gräben. In den steilen Bacheinhängen ist der Fels untief anstehend. Im Übergang zum Talboden bestehen lokale Gehängeschuttfelder, welche zum Talboden hin mächtiger werden. Zwischen dem Weggräbli und den Gebäuden befindet sich ein Retentionsbecken mit Geschiebesammler. Auf dem Geländerücken östlich des Weggräblis wurden kürzlich zwei Quellfassungen und nordwestlich des Bauernhauses eine Hangdrainage sowie ein Unterhaltsweg erneuert.

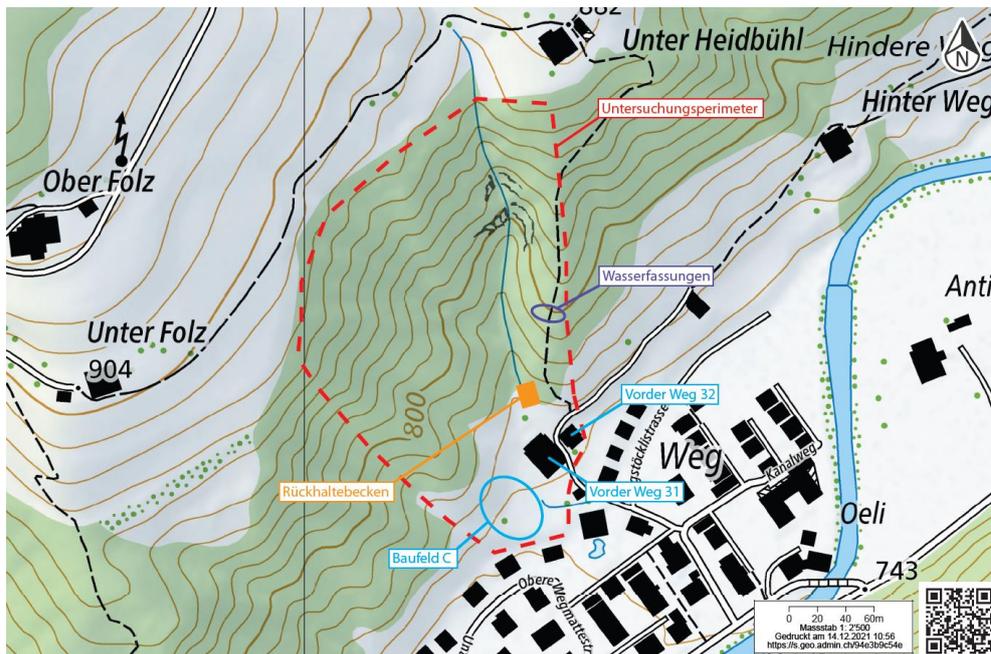


Abbildung 4: Übersicht Untersuchungsperimeter inkl. Gebäudestandorte, Geschiebesammler und Quellfassung (Bildquelle: map.admin.ch, nicht massstäblich).

Gemäss dem geologischen Atlas [4] besteht der Untergrund im Untersuchungsperimeter aus der Schüpferegg-Nagelfluh (Untere bis Obere Süsswassermolasse) mit einer flachgründigen Lockergesteinsbedeckung.

5.2 Geländebefunde

5.2.1 Feldaufnahmen

Die Feldaufnahmen für das Objektschutzgutachten Hangmuren erfolgten am 23.09.2020. Am 11.10.2021 erfolgte eine Besichtigung der zwischenzeitlich erneuerten Hangdrainagen und Quelfassungen.

5.2.2 Anrissgebiet

Die potentiellen Anrissgebiete für Hangmuren liegen in den mehrheitlich bewaldeten, zwischen 22 und 40° steilen Bacheinhängen und lokalen Gehängeschuttablagerungen bergseits der Gebäude und des Baufeldes C. Der Waldbestand ist überaltert; forstliche Massnahmen zur Verjüngung und Waldpflege sind durch die Bauherrschaft vorgesehen. Der Bereich der Gehängeschuttablagerungen wird als Weideland genutzt.

Der untief anstehende Fels besteht aus einer Wechsellagerung von mittelbankigen Nagelfluh- und Sandsteinbändern und ist an zahlreichen Stellen aufgeschlossen. Darüber liegt eine geringmächtige (< 0.5 m) Verwitterungsschicht aus Sand mit wenig Silt und Kies. Der Übergang vom Felsen zur Deckschicht ist graduell (vgl. Abbildung 5). Gegen den Hangfuss hin nimmt die Mächtigkeit der Lockergesteinsbedeckung kontinuierlich zu.



Abbildung 5: Aufschluss oberhalb vom Gebäude Vorder Weg 31. Foto vom 11.10.2021.

Die bestehenden Quellfassungen und Drainagen deuten auf einen erhöhten Schicht- und Kluftwasserandrang hin. Vernässungen wurden zum Zeitpunkt der Begehung nicht gesichtet. Der untief anstehende Fels fungiert als oberflächennahe Durchlässigkeitsdiskontinuität. Der Gehängeschuttkegel nordwestlich des Bauernhauses ist durch die Drainagen in den oberen Metern entwässert.

Das hydrologische Einzugsgebiet ist für die Hangmuren von untergeordneter Bedeutung, da das Oberflächenwasser durch diverse vorhandene Runsen kanalisiert weggeleitet wird (Abbildung 6).



Abbildung 6: Gefährdungskarte Oberflächenabfluss (nicht massstäblich, [4]). Der grüne Stern zeigt das Gebäude Vorder Weg 31.

5.2.3 Transitgebiet

Als Transitgebiet einer Hangmure wird der Bereich zwischen dem Anrissgebiet und dem Ablagerungsgebiet definiert. In diesem Abschnitt entwickelt die Hangmure ihr charakteristisches Fliessverhalten, bevor sie am Hangfuss beim Beginn des Ablagerungsgebietes aufgrund des abnehmenden Gefälles allmählich zum Stillstand kommt.

Das Transitgebiet im Bereich Vorder Weg ist durch die ausgeprägten Runsenstrukturen charakterisiert. Potenzielle Hangmuren, welche im Einzugsgebiet (EZG) des Weggräblis losbrechen, werden kanalisiert in den bestehenden Geschiebesammler geleitet. Die für die Gebäude relevanten Anrissgebiete liegen somit in der

Geländekammer westlich resp. im Geländerücken östlich des EZG Weggräbli. Die Transitzone ist ca. 20 m lang (Wieshang direkt hinter dem Bauernhaus). Die Neigung beträgt zwischen 3° und 20°. Beim Baufeld C ist der Hang kontinuierlich auslaufend und flacht gegen das Weggräbli hin stark ab. Auf Kote ca. 773 sowie 757 m ü. M. verlaufen zwei ca. 2 – 3 m breite Wege. Das potenzielle Ablagerungsgebiet befindet sich unmittelbar hinter der Nordwest- und Südwestfassade des leicht erhöhten Bauernhauses, hinter der Nordwest- und Nordostfassade des Nebenhauses und beim Baufeld C rund 10 bis 20 m vom Hangfuss entfernt. Die Oberflächenrauigkeit im Wald ist mittel und im Wiesland gering. Charakteristische Längensprofile sind in Anhang 2 einsehbar.



Abbildung 7: Blick von den relevanten Anrissgebieten zu den bestehenden Gebäuden. Links: Oberhalb des Bauernhauses; rechts: oberhalb des Nebenhauses. Foto vom 11.10.2021.

5.2.4 Stumme Zeugen/Ereignisse

Weder im Wald und noch im Wiesland konnten rezente Spuren von Hangmuren oder oberflächlichen Rutschphänomenen beobachtet werden. Gemäss Ereigniskataster (Abbildung 8, [5]) haben sich 1935 und 1953 am Hang südwestlich vom Bauvorhaben zwei Rutschungen (1935-R-0002 und 1953-R-0001) und in Hinter Weg eine Rutschung und eine Hangmure ereignet (BE-2005-R-0968). Diese Ereignisse liegen rund 150 m bzw. 360 m vom Untersuchungsperimeter entfernt. Allerdings ist

die Disposition aufgrund des Schichtaufbaus (mittelgründiger Gehängeschutt, grösseres hydrologisches Einzugsgebiet) nur bedingt vergleichbar.

In den 1980er Jahren hat sich eine spontane Rutschung am Waldrand 80 m südwestlich vom Untersuchungsperimeter ereignet (SWISSIMAGE Zeitreise, [4]). Dieses Ereignis wurde nicht im Ereigniskataster dokumentiert. Nach historischen Fotos beträgt die Reichweite ca. 34 m und die Breite ca. 8 m. Die Kubatur wird auf 50 m³ geschätzt.

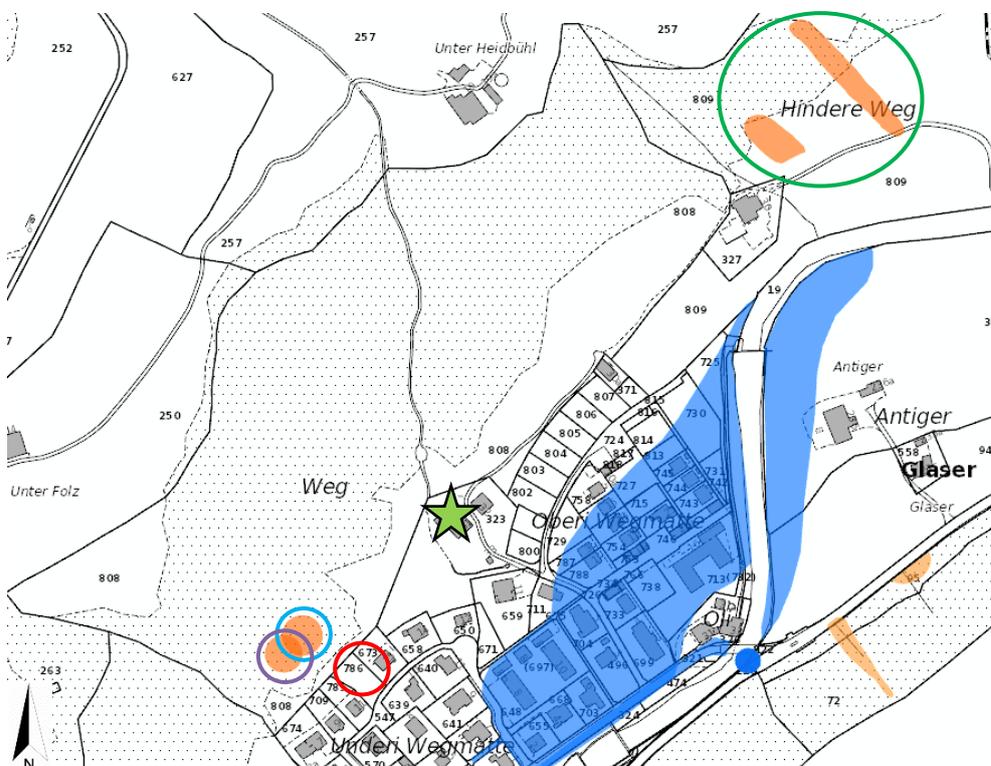


Abbildung 8: Auszug aus dem Ereigniskataster (nicht massstäblich, [5]) mit Rutschereignissen von 1935 (blau), 1953 (violett) und 2005 (grün). Die Lage des Ereignisses in den 1980er Jahren ist rot markiert. Der grüne Stern zeigt das Gebäude Vorder Weg 31 an.

5.3 Gefährdungsbild und Beurteilung

Als Hangmure wird ein oberflächennahes Gemisch aus Lockergestein (inkl. Humus, Grasnarbe) und Wasser bezeichnet, welches sich vorwiegend in fließender Form hangabwärts bewegt. Dieser brutale Prozess erfolgt relativ schnell (1-10 m/s) und kann zu Personen- und Gebäudeschäden führen. In Gebieten mit sehr hoher Prädisposition können Hangmuren bereits in Hängen mit einer mittleren Neigung von 20° auftreten [10]. Gemäss dem technischen Bericht zur Revision der

Gefahrenkarte Trubschachen [2] beträgt die kritische Hangneigung im Untersuchungsperimeter 22°.

Aufgrund der Geologie, des beobachteten Schichtaufbaus sowie der gut drainierten Gehängeschuttfächer wird die mobilisierbare Mächtigkeit auf weniger als 0.5 m geschätzt und die Anrissfläche auf ca. 120 m² (12 x 10 m). Der Einfluss der Förderfaktoren ist «klein» (oberflächennahe Durchlässigkeitsdiskontinuität, ungünstige Bestockung). Die Intensität ist als schwach und die Wiederkehrperiode als mittel (100-jährlich) einzustufen. Hangmuren können somit mit mittlerer Wiederkehrperiode (100-jährlich) und schwacher Intensität auftreten (HM2, blau und gelb).

Das Verflüssigungspotential von Hangmuren wird aufgrund der hydrologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten, der Hanggeometrie (Geländerücken, ausgeprägte Gräben), der Materialeigenschaften (Sand und Kies mit sehr wenig Feinanteil) sowie der Oberflächenrauigkeit als gering bis mittel eingestuft. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine Hangmure schnell entwässert und dadurch bereits im eigentlichen Transitgebiet Material abgelagert wird. Es werden die nordwestliche Ecke des Bauernhauses, der nordwestliche und nordöstliche Teil des Nebengebäudes sowie die Gebäude 1, 3 und 4 im Baufeld C durch Hangmuren geringer Intensität (HM2, blau) tangiert (siehe Abbildung 1). Die restlichen Gebäude(teile) liegen im Auslaufgebiet (HM2, gelb).

In diesem Punkt weicht die Hangmurenbeurteilung (HM2, blau) von der revidierten Gefahrenkarte [2] (HM5, blau) ab (Abbildung 9).

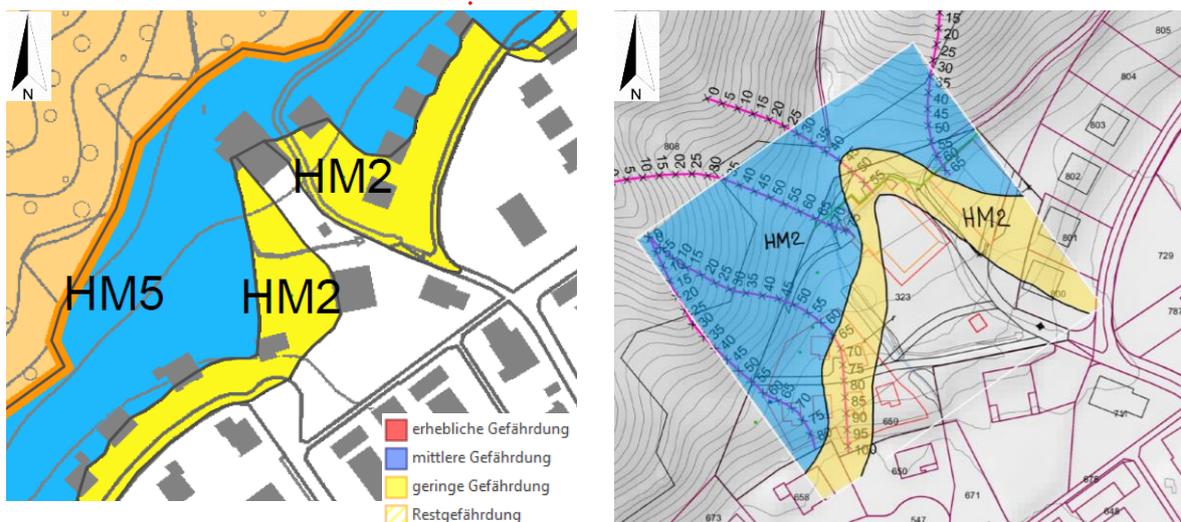


Abbildung 9: Vergleich der Gefahrenkarte (2021, [2], links) und der detaillierten Gefahrenbeurteilung für den Projektperimeter (rechts). Unmassstäbliche Darstellung.

5.4 Einwirkungen

Die für das gesamte Gebiet gültige Charakteristik der zu berücksichtigenden Hangmure ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Parameter einer charakteristischen Hangmure im Bereich der UeO Vorder Weg (Baufelder A bis C).

Parameter	Grösse	Bemerkungen
Potenzielle	22°	[2]
Anrissbereiche:		
Anrissmächtigkeit:	< 0.5 m	Mobilisierung der obersten Bodenschichten
Fliesshöhe:	< 0.5 m	Entspricht der mittleren Anrissmächtigkeit
Ausbruchvolumen:	60 m ³	Geschätzt anhand der Feldbeobachtung (Länge 10 m, Breite 12 m, Tiefe 0.5 m).
Dichte:	1800 kg/m ³	Feinkörniges Lockergestein

Die detaillierte Berechnung der Einwirkungen für die verschiedenen Bauwerke ist in Anhang 3 aufgeführt. Diese Informationen bilden die Grundlage für die Dimensionierung der Massnahmen in Kapitel 9.

6. Detaillierte Gefahrenbeurteilung Sturz

6.1 Gefährdungsbild und Beurteilung der Situation

Gemäss dem technischen Bericht der Gefahrenkarte Trubschachen [2] ist mit Steinschlag als Sekundärprozess infolge Windwurf zu rechnen. Steine (ca. 0.2 x 0.2 x 0.2 m) gelangen dabei rollend bis in den Talboden. Die Intensität ist schwach (< 30 kJ).

Im Baufeld C ist davon auszugehen, dass die beiden Gebäude Nr. 5 und 6 nach Umsetzung des Bauvorhabens nicht mehr durch Sturzprozesse tangiert werden.

6.2 Einwirkungen

Aufgrund des in Kapitel 6.1 beschriebenen Gefährdungsbildes ist mit folgenden Einwirkungen zu rechnen:

Tabelle 2: Sturzeinwirkungen im Bereich der UeO Vorder Weg (Baufelder A bis C).

Parameter	Grösse	Bemerkungen
Max. Blockachse	0.2 m	gem. [2]
Sprunghöhe	0.2 m	Rollend gem. [2]
Wirkungshöhe	0.4 m	Blockachse + Sprunghöhe
Energie	< 30 kJ Auslaufbereich: < 10 kJ	Geringe Intensität; Aufgrund der Morphologie (kontinuierlich auslaufende Hänge) darf davon ausgegangen werden, dass die Energien sukzessive abnehmen und im talseitigen Bereich der Baufelder unter 10 kJ liegen.

7. Detaillierte Gefahrenbeurteilung Wassergefahren

7.1 Gefährdung im aktuellen Zustand

Die lokale Gefährdung durch Wassergefahren wird in [3] detailliert beschrieben.

Das Vorder Weggräbli und das Under Wegmattgräbli stellen eine relevante Gefährdung für das dicht überbaute Siedlungsgebiet von Trubschachen dar. Der bestehende Geschiebesammler mit einer Rückhaltekapazität von < 100 m³ am Kehls des Vorder Weggräbli ist für die zu erwartenden Geschiebemengen deutlich unterdimensioniert. Zahlreiche Gebäude liegen dadurch im blauen und gelben Gefahrenbereich von Überflutungen / Übersarungen (siehe Abbildung 2, rechts).

7.2 Wasserbauprojekt am Vorder Weggräbli

Um das Siedlungsgebiet im Quartier Vorder Weg vor Überflutungen aus dem Vorder Weggräbli zu schützen, wurde die Erarbeitung eines Hochwasserschutzprojektes gestartet. Mit dem Projekt soll ein 100-jährliches Ereignis aus dem Vorder Weggräbli schadlos abgeleitet werden können. Der Hochwasserschutz am Vorder Weggräbli beinhaltet die folgenden Elemente:

- Oberhalb der Parzellen Nr. 323 soll ein Geschiebesammler mit einem Rückhaltevolumen von rund 800 m³ erstellt werden.
- Ab dem Geschiebesammler bis zum Spielplatz an der Oberen Wegmattstrasse (Parzelle 671) wird der Bach offengelegt und auf ein 100-jährliches Ereignis ausgebaut. Das offene Gerinne wird als Trapezprofil mit Kiessohle ausgestaltet.

- Ab der Grenze von Parzelle 671 soll der Bach schliesslich unter der Oberen Wegmattestrasse in einer neu zu erstellenden Eindolung bis in die Trub verlaufen.

Das Projekt ist in [3] detailliert beschrieben und wird im Plangenehmigungsverfahren durch die Leitbehörde (Oberingenieurkreis (OIK) IV) begleitet. Aktuell (Stand November 2022) ist die Vernehmlassung bei den kantonalen und nationalen Fachstellen sowie die öffentliche Auflage des Projektes abgeschlossen. Es sind keine Einsprachen gegen das Projekt eingegangen. Es kann mit einer Festsetzung des Projektes durch den Kanton im Lauf des ersten Quartals 2023 gerechnet werden, womit das Projekt als rechtlich gesichert gilt. Die Umsetzung der Massnahmen ist für die Jahre 2023/2024 geplant.

7.3 Gefährdung nach Umsetzung Hochwasserschutz

Nach Umsetzung des Hochwasserschutzes am Vorder Weggräbli ist bis zum 100-jährlichen Ereignis nicht mehr mit Wasseraustritten auf eines der Baufelder zu rechnen. Bei einem 300-jährlichen Ereignis ist mit Wasseraustritten schwacher und lokal mittlerer Intensität zu rechnen (gelb, Ü1 bez. Ü4). Die im Rahmen des Wasserbauprojekts skizzierte Gefahrenkarte nach Massnahmen ist in Abbildung 10 dargestellt.



Abbildung 10: Skizzierte Gefahrenkarte nach Umsetzung der Hochwasserschutzmassnahmen am Vorder Weggräbli gemäss [3]. Rot: Ungefährer Perimeter der UeO Vorder Weg. Unmassstäbliche Darstellung.

8. Bedeutung für die Überbauungsordnung

8.1 Hangmurengefährdung

Bezüglich Hangmurengefährdung liegen alle Baufelder der Ueberbauungsordnung Vorder Weg zumindest teilweise in der blauen Gefahrenstufe. Somit sind Gebäude auf diesen Baufeldern auf die in Kapitel 9 festgelegten Schutzhöhen und Einwirkungen zu schützen. Die Objektschutzmassnahmen sind im Rahmen der Baugesuche nachzuweisen, anschliessend umzusetzen und werden schliesslich baupolizeilich geprüft.

8.2 Steinschlaggefährdung

Im direkten Wirkungsbereich von Sturz- und Hangmurenprozessen sind die Gebäude der Baufelder A und B sowie die Gebäude Nr. 1, 3 und 4 des Baufeldes C. Bei diesen Gebäuden sind Hangmurenschutzmassnahmen vorgesehen, welche ebenfalls gegen die Sturzprozesse wirksam sind. Es sind keine weitergehenden Massnahmen notwendig.

Die Gebäude Nr. 5 und 6 des Baufeldes C werden im Wirkungsschatten der Gebäude Nr. 1 und 2 zu liegen kommen und sind somit nicht mehr durch Sturzprozesse tangiert. Es sind keine weiteren Massnahmen notwendig.

Beim Gebäude Nr. 2 des Baufeldes C sind Objektschutzmassnahmen gegen die Steinschlaggefährdung erforderlich. Aufgrund der geringen Einwirkungen (Wirkungshöhe: 0.4 m; Energien < 10 kJ) kann der Objektschutz beispielsweise mittels eines einfachen Schutzzauns (z.B. Stahlstützen mit Stahlträger oder Fichtenrundholz (vgl. [13])) erfolgen.

8.3 Wassergefahren

Solange das geplante Wasserbauprojekt noch nicht umgesetzt ist, muss für die Beurteilung eines Bauvorhabens der aktuelle Zustand der Gefährdung betrachtet werden. Für Bauvorhaben auf den Baufeldern A und C wären somit ebenfalls Objektschutzgutachten zu erstellen und die Hochwassergefährdung mit geeigneten Massnahmen und ohne Gefahrenverlagerung auf Nachbarparzellen abzuwenden. Für Bauvorhaben auf Baufeld B sind aktuell bezüglich Wasserprozessen keine Massnahmen zu treffen.

Sobald das Wasserbauprojekt baulich umgesetzt ist, darf für die Beurteilung von Bauvorhaben die Situation nach Umsetzung der Massnahmen beigezogen werden, auch wenn die Gefahrenkarte noch nicht revidiert wurde. In diesem Fall ist für keines der Baufelder mit Auflagen bezüglich Objektschutz zu rechnen, ausser es werden Objekte erstellt, die als «sensibel» eingestuft werden.

9. Mögliche Schutzmassnahmen

9.1 Baufeld A

Beim Bauernhaus auf Baufeld A ist ein Objektschutz am Gebäude umsetzbar. Dieser besteht aus der Erhöhung der Flügelmauer sowie entweder einer Verlängerung der Flügelmauer oder einer Verstärkung des Laufstalltores (vgl. auch Anhang 4).

Die nordwestliche Ecke des Bauernhauses, die Flügelmauer sowie das Laufstalltor müssen bergseitig eine Höhe 0.8 m ab Terrain aufweisen sowie einer Druckeinwirkung von 10 kN/m² standhalten. Hierfür kann das Laufstalltor in der Verlängerung der Flügelmauer als massive Stahlkonstruktion ausgebildet und bergseits

angeschlagen werden, so dass die Tür durch die Hangmureneinwirkung automatisch geschlossen wird.

Zusätzlich muss die Betonplatte vor dem Bauernhaus (aktuell als Mistplatz genutzt) einer vertikalen Auflast von mind. 14 kN/m^2 standhalten.

9.2 Baufeld B

Das Nebenhaus auf Baufeld B kann mittels Verstärkung der Nordwest- und Teilen der Nordostfassade vor Hangmuren geschützt werden (vgl. Anhang 5). Die Verstärkung der Nordwestfassade muss eine Wirkungshöhe von mindestens 0.7 m über Terrain aufweisen und auf dynamische Drücke von 8 kN/m^2 dimensioniert werden. Gebäudeöffnungen an dieser Fassade sind erst ab 0.7 m über Terrain möglich.

Um die Nordostfassade zu schützen, muss die vorgesehene, parallel zur Fassade verlaufende Flügelmauer (gemäss [1]), verlängert, erhöht und verstärkt werden (Höhe: mind. 0.7 m, Gesamtlänge: mind. 7 m, Druck: mind. 8 kN/m^2).

9.3 Baufeld C

Die drei Kleinhäuser in der blauen Gefahrenstufe für Hangmuren (Objekte Nr. 1, 3, 4) liegen im Übergang vom Transit- zum Ablagerungsbereich und es empfehlen sich Objektschutzmassnahmen am Gebäude (z.B. Verstärkung der bergseitigen Fassade, Ablenkkeile, etc.). Zudem liegt das Gebäude Nr. 2 im Wirkungsbereich der Sturzprozesse. Die einzuhaltenden minimalen Schutzhöhen sind in Tabelle 3 aufgeführt. Die minimale Schutzhöhe berücksichtigt die Fliesshöhe, Stauhöhe sowie den notwendigen Retentionsraum (Ausbruchsvolumen) gemäss Tabelle 1 resp. das notwendige Freibord bei den Sturzprozessen.

Tabelle 3: Parameter für die Dimensionierung der Massnahmen an Objekte im Baufeld C.

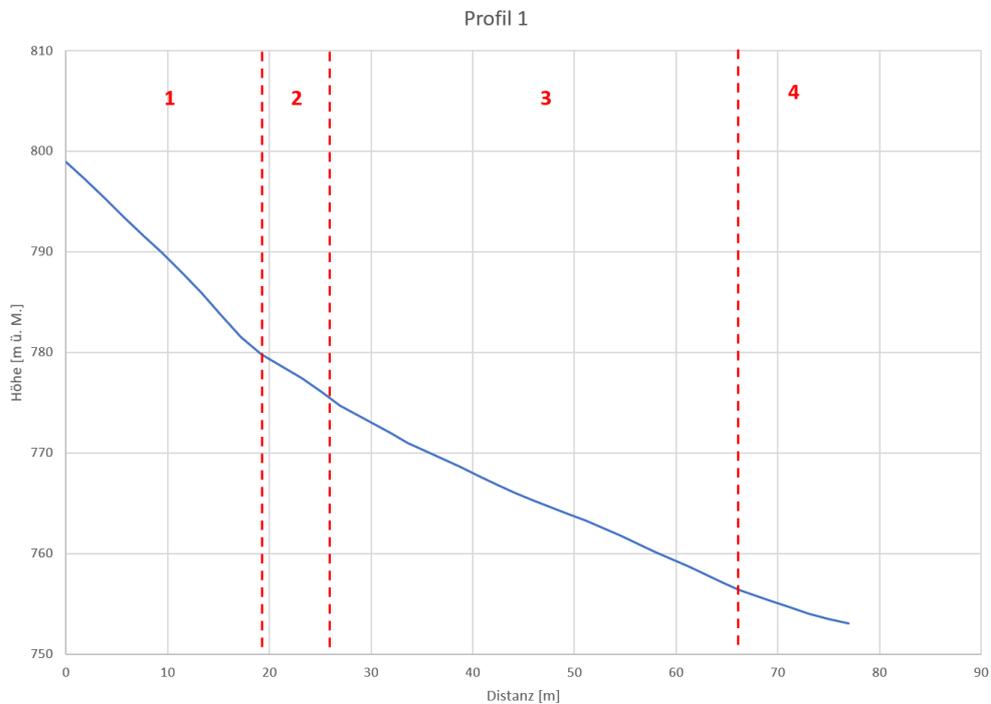
Objekt Nr.	1	2	3	4
Minimale Schutzhöhe [m] (bergseitig)	1.8	0.4	1.0	0.8
Dynamische Druckeinwir- kung [kN/m²]	11	-	10	6
Energie [kJ]	< 10	< 10	< 10	< 10

Bei Bedarf können die Schutzhöhen bei Vorliegen des Detailprojektes für die Gebäude nochmals überprüft und angepasst werden. Die restlichen Kleinhäuser liegen in der gelben resp. weissen Gefahrenstufe und es bestehen keine Auflagen für Objektschutz.

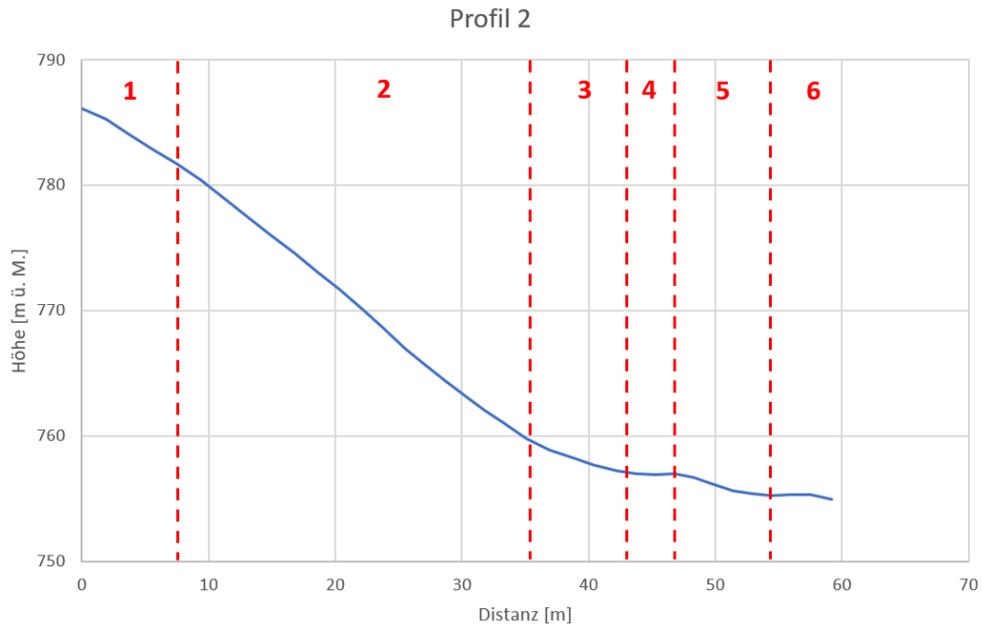
Anhang 2 Profile

Höhenprofile entlang des Hanges oberhalb des Bauprojekts basierend auf einem digitalen Terrainmodell (DTM) von Swisstopo [14]. Die Profillinie ist in Anhang 1 eingezeichnet.

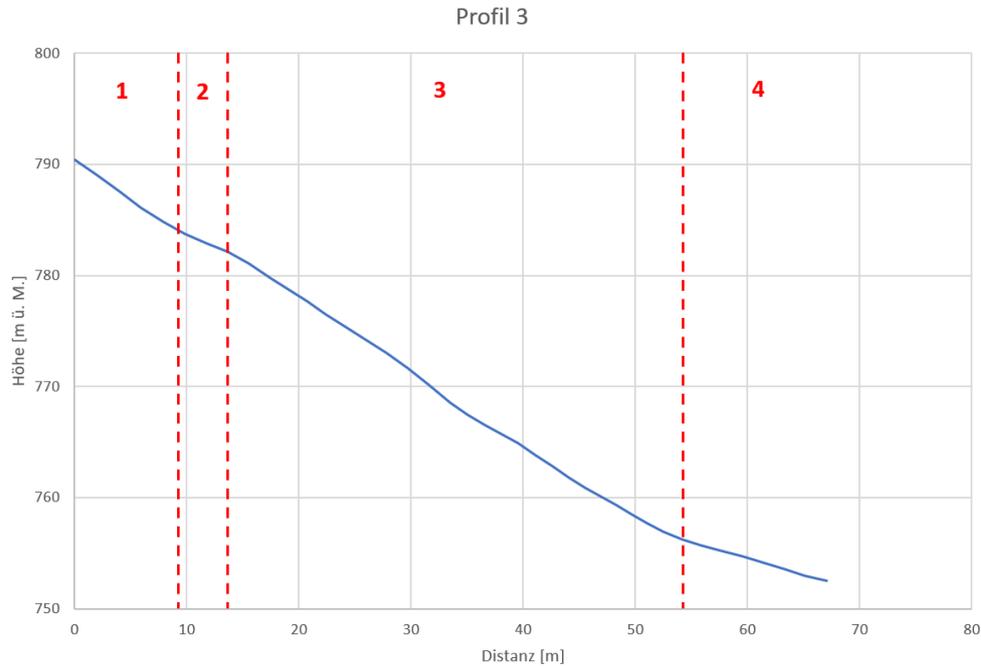
Die Tabellen zeigen die mittlere Hangneigung und Länge der Hangabschnitte.



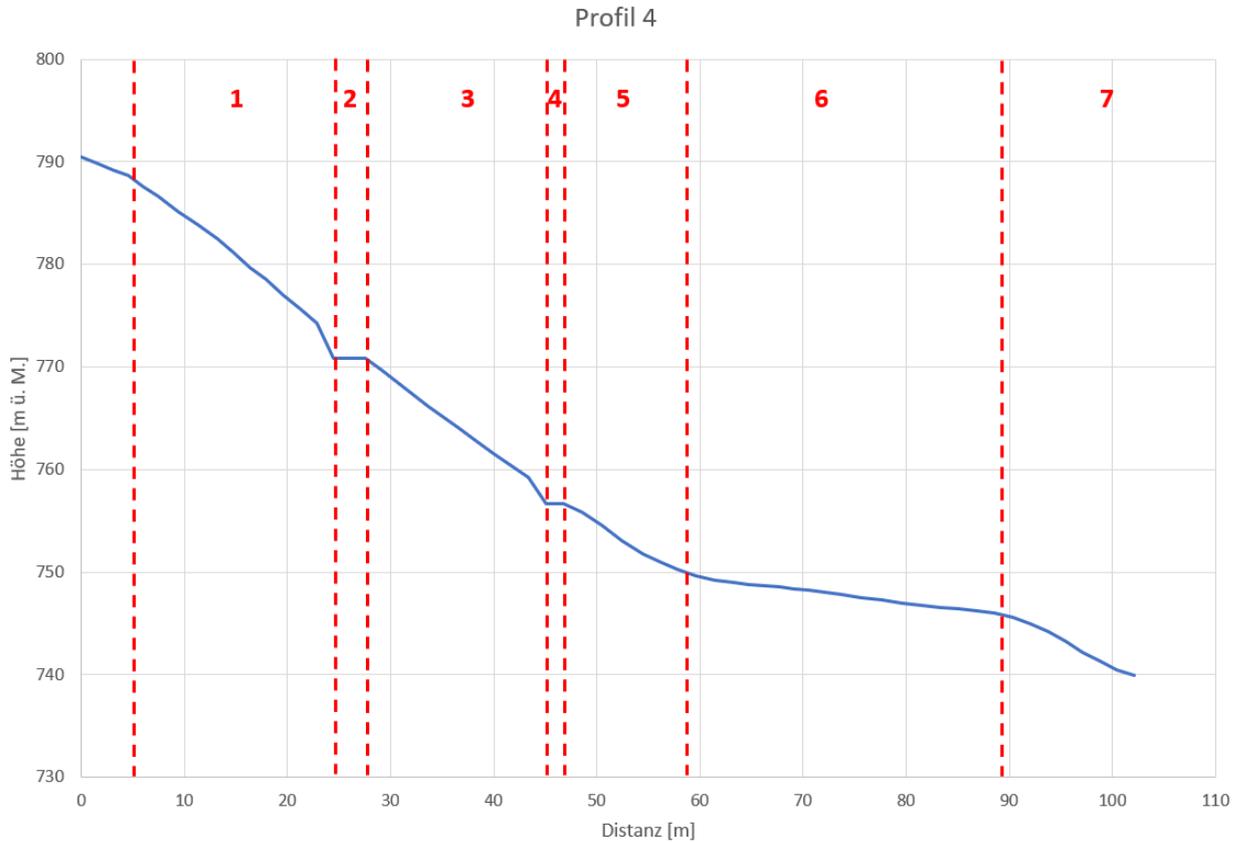
Abschnitt Nr.	Mittl. Hangneigung [°]	Länge [m]	Beschreibung	Fliessgeschwindigkeit [m/s]
1	42	26	Anriss	6.2
2	34	9	Anriss	5.4
3	25	43	Anriss	4
4	17	11	Transit / Ablagerung	2.4



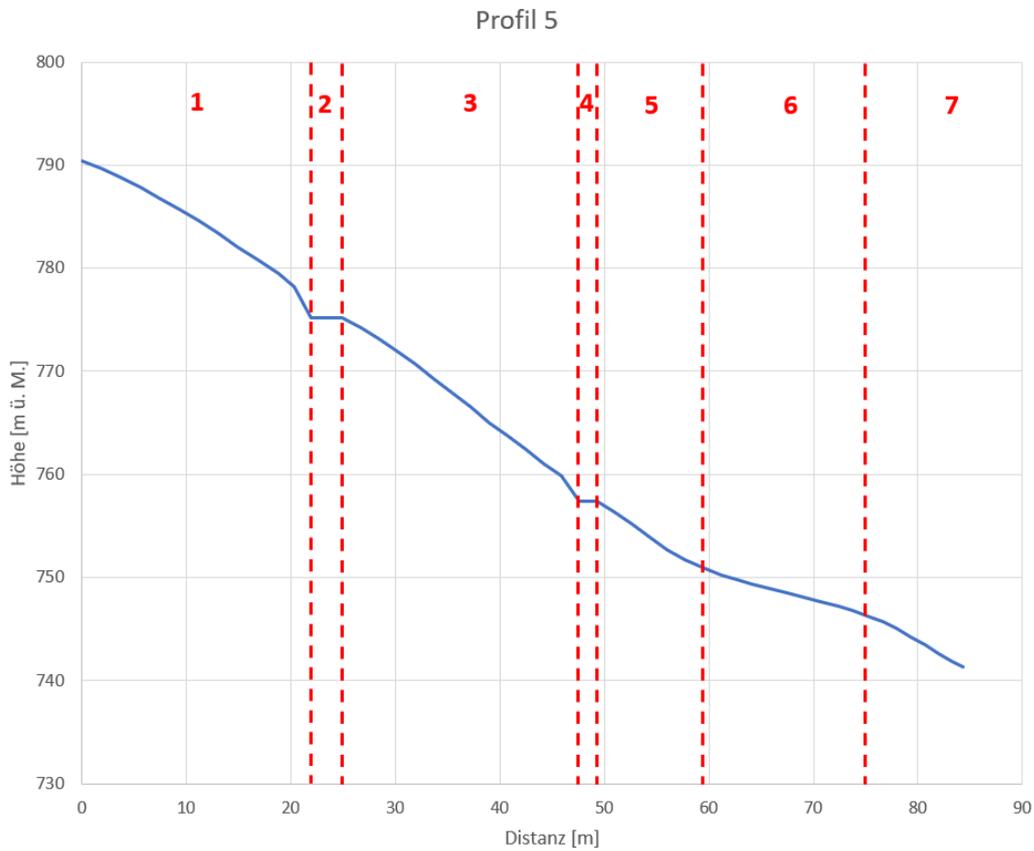
Abschnitt Nr.	Mittl. Hangneigung [°]	Länge [m]	Beschreibung	Fließgeschwindigkeit [m/s]
1	31	9	Anriss	4.7
2	38	21	Anriss	5.8
3	20	35	Transit/Ablagerung	3
4	3	5	(nicht erreicht)	/
5	13	8	(nicht erreicht)	/
6	5	5	(nicht erreicht)	/



Ab-schnitt Nr.	Mittl. Hang-neigung [°]	Länge [m]	Beschreibung	Fliessgeschwindigkeit [m/s]
1	34	12	Anriss	5.2
2	23	4	Anriss	4.3
3	33	48	Anriss	5.2
4	16	13	Transit / Ablagerung	2.1



Abschnitt Nr.	Mittl. Hangneigung [°]	Länge [m]	Beschreibung	Fließgeschwindigkeit [m/s]
1	39	25.5	Anriss	5.9
2	2	3.5	Weg	2.3
3	35	22	Anriss	5.4
4	5	2	Weg	3.6
5	30	14	Ablagerung	4.8
6	7	31	(nicht erreicht)	/
7	24	14	(nicht erreicht)	/



Abschnitt Nr.	Mittl. Hangneigung [°]	Länge [m]	Beschreibung	Fliessgeschwindigkeit [m/s]
1	30	26	Anriss	4.8
2	2	3	Weg	1.5
3	35	28.5	Anriss	5.4
4	5	2	Weg	3.6
5	32	11.5	Transit	5
6	15	17	Transit / Ablagerung	1.6
7	25	11	Transit / Ablagerung	3.9

Anhang 3 Charakteristische Einwirkungswerte

Tabelle 1: Parameter und charakteristische Einwirkungswerte (**fett**) von Hangmuren auf die **nordwestliche Ecke des Bauernhauses** (Profil 1, Anhänge 1 und 2).

Parameter	Grösse	Bemerkungen
Potenzielle Anrissbereiche:	22°	[2]
Anrissmächtigkeit:	< 0.5 m	Mobilisierung der obersten Bodenschichten
Fliesshöhe:	< 0.5 m	Entspricht der mittleren Anrissmächtigkeit
Ausbruchvolumen:	60 m ³	Geschätzt anhand der Feldbeobachtung (Länge 10 m, Breite 12 m, Tiefe 0.5 m).
Fliessgeschwindigkeit:	2.4 m/s	Berechnet nach [12] für ein vereinfachtes Geländeprofil mit 4 Abschnitte (siehe Anhang 2) sowie $\mu = 0.24$ [-] und $M/D = 8$ [m]; Annahme: geringe Verflüssigung
Dichte:	1800 kg/m ³	Feinkörniges Lockergestein
Berechnete Stauhöhe:	0.3 m	Auf Höhe der Rückwand des Gebäudes. Gemäss Berechnung aus [13].
Notwendige Schutzkote nordwestliche Ecke:	0.8 m	Fliesshöhe + berechnete Stauhöhe
Benötigtes Rückhaltevolumen:	5 m³ / m'	Berechnet unter der Annahme eines mittleren Ausbruchvolumens von 60 m ³ und einer Anströmbreite von ca. 12 m.
Dynamische Staudrücke:	10 kN/m²	Berechnet gemäss [13] unter der Annahme eines empirischen Druckkoeffizienten von 1 und einem Anströmwinkel von 90°. Der dynamische Erddruck ist der minimale Druck, der auf die Ecke des Hauses wirkt, die statische Komponente wird dabei nicht berücksichtigt.
Statische Staudrücke:	7 kN/m²	Berechnet gemäss [7].
Vertikale Auflast auf Wasserverteilung Quellwasser	14 kN/m²	Berechnet gemäss [13].

Die Berechnung der Einwirkungswerte für Profil 2 (Anhänge 1 und 2) zeigt, dass die mögliche Hangmuren das Bauernhaus nicht erreichen. Potentielle Hangmuren kommen im Bereich von Profilmeter 44 zum Stillstand.

Tabelle 2: Parameter und charakteristische Einwirkungswerte (**fett**) von Hangmuren auf die **Nordwestfassade des Nebenhauses** (Profil 3, Anhänge 1 und 2).

Parameter	Grösse	Bemerkungen
Potenzielle Anrissbereiche:	22°	[2]
Anrissmächtigkeit:	< 0.5 m	Mobilisierung der obersten Bodenschichten
Fliesshöhe:	< 0.5 m	Entspricht der mittleren Anrissmächtigkeit
Ausbruchvolumen:	60 m ³	Geschätzt anhand der Feldbeobachtung (Länge 10 m, Breite 12 m, Tiefe 0.5 m).
Fliessgeschwindigkeit:	2.1 m/s	Berechnet nach [12] für ein vereinfachtes Gelände-profil mit 4 Abschnitte (siehe Anhang 2) sowie $\mu = 0.24$ [-] und $M/D = 8$ [m]; Annahme: geringe Verflüs-sigung
Dichte:	1800 kg/m ³	Feinkörniges Lockergestein
Berechnete Stauhöhe:	0.2 m	Auf Höhe der Rückwand des Gebäudes. Gemäss Berechnung aus [13].
Notwendige Schutz-kote Nordwestfas-sade:	0.7 m	Fliesshöhe + berechnete Stauhöhe
Benötigtes Rückhalte-volumen:	5 m³ / m'	Berechnet unter der Annahme eines mittleren Aus-bruchvolumens von 60 m ³ und einer Anströmbreite von ca. 12 m.
Dynamische Staudrü-cke:	8 kN/m²	Berechnet gemäss [13] unter der Annahme eines empirischen Druckkoeffizienten von 1 und einem Anströmwinkel von 90°. Der dynamische Erddruck ist der minimale Druck, der auf die Fassade wirkt, die statische Komponente wird dabei nicht berück-sichtigt.
Statische Staudrücke:	6 kN/m²	Berechnet gemäss [7].

Tabelle 3: Parameter und charakteristische Einwirkungswerte (**fett**) von Hangmuren auf das **Kleinhaus 1 auf Baufeld C** (Profilmeter 62 m, Profil 4, Anhänge 1 und 2).

Parameter	Grösse	Bemerkungen
Potenzielle Anrissbereiche:	22°	[2]
Anrissmächtigkeit:	< 0.5 m	Mobilisierung der obersten Bodenschichten
Fliesshöhe:	< 0.5 m	Entspricht der mittleren Anrissmächtigkeit
Ausbruchvolumen:	60 m ³	Geschätzt anhand der Feldbeobachtung (Länge 10 m, Breite 12 m, Tiefe 0.5 m).
Fliessgeschwindigkeit:	2.4 m/s	Berechnet nach [12] für ein vereinfachtes Geländeprofil mit 6 Abschnitte (siehe Anhang 2) sowie $\mu = 0.24$ [-] und $M/D = 8$ [m]; Annahme: geringe Verflüssigung
Dichte:	1800 kg/m ³	Feinkörniges Lockergestein
Berechnete Stauhöhe:	0.3 m	Auf Höhe des Schutzbauwerkes. Gemäss Berechnung aus [13].
Notwendige Schutzkote:	0.8 m	Fliesshöhe + berechnete Stauhöhe
Benötigtes Rückhaltevolumen:	5 m³ / m'	Berechnet unter der Annahme eines mittleren Ausbruchvolumens von 60 m ³ und einer Anströmbreite von ca. 12 m.
Dynamische Staudrücke:	11 kN/m²	Berechnet gemäss [13] unter der Annahme eines empirischen Druckkoeffizienten von 1 und einem Anströmwinkel von 90°. Der dynamische Erddruck ist der minimale Druck, der auf das Bauwerk wirkt, die statische Komponente wird dabei nicht berücksichtigt.
Statische Staudrücke:	7 kN/m²	Berechnet gemäss [7].

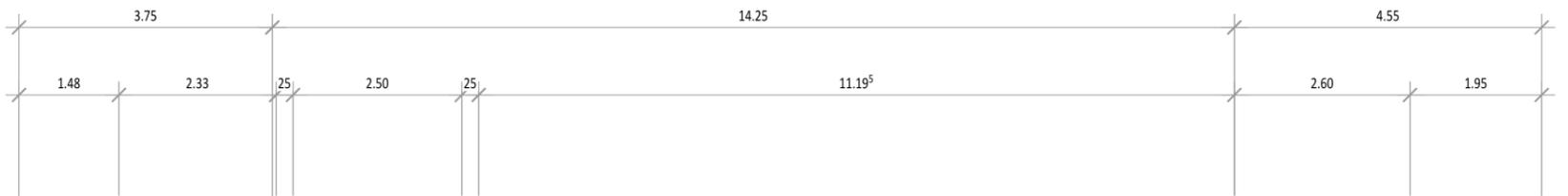
Tabelle 4: Parameter und charakteristische Einwirkungswerte (**fett**) von Hangmuren auf das **Kleinhaus 3 auf Baufeld C** (Profilmeter 67 m, Profil 5, Anhänge 1 und 2).

Parameter	Grösse	Bemerkungen
Potenzielle Anrissbereiche:	22°	[2]
Anrissmächtigkeit:	< 0.5 m	Mobilisierung der obersten Bodenschichten
Fliesshöhe:	< 0.5 m	Entspricht der mittleren Anrissmächtigkeit
Ausbruchvolumen:	60 m ³	Geschätzt anhand der Feldbeobachtung (Länge 10 m, Breite 12 m, Tiefe 0.5 m).
Fliessgeschwindigkeit:	2.3 m/s	Berechnet nach [12] für ein vereinfachtes Geländeprofil mit 6 Abschnitte (siehe Anhang 2) sowie $\mu = 0.24$ [-] und $M/D = 8$ [m]; Annahme: geringe Verflüssigung
Dichte:	1800 kg/m ³	Feinkörniges Lockergestein
Berechnete Stauhöhe:	0.3 m	Auf Höhe des Schutzbauwerkes. Gemäss Berechnung aus [13].
Notwendige Schutzkote:	0.8 m	Fliesshöhe + berechnete Stauhöhe
Benötigtes Rückhaltevolumen:	5 m³ / m'	Berechnet unter der Annahme eines mittleren Ausbruchvolumens von 60 m ³ und einer Anströmbreite von ca. 12 m.
Dynamische Staudrücke:	10 kN/m²	Berechnet gemäss [13] unter der Annahme eines empirischen Druckkoeffizienten von 1 und einem Anströmwinkel von 90°. Der dynamische Erddruck ist der minimale Druck, der auf das Bauwerk wirkt, die statische Komponente wird dabei nicht berücksichtigt.
Statische Staudrücke:	7 kN/m²	Berechnet gemäss [7].

Tabelle 5: Parameter und charakteristische Einwirkungswerte (**fett**) von Hangmuren auf das **Kleinhaus 4 auf Baufeld C** (Profilmeter 73 m, Profil 5, Anhänge 1 und 2).

Parameter	Grösse	Bemerkungen
Potenzielle Anrissbereiche:	22°	[2]
Anrissmächtigkeit:	< 0.5 m	Mobilisierung der obersten Bodenschichten
Fliesshöhe:	< 0.5 m	Entspricht der mittleren Anrissmächtigkeit
Ausbruchvolumen:	60 m ³	Geschätzt anhand der Feldbeobachtung (Länge 10 m, Breite 12 m, Tiefe 0.5 m).
Fliessgeschwindigkeit:	1.7 m/s	Berechnet nach [12] für ein vereinfachtes Geländeprofil mit 6 Abschnitte (siehe Anhang 2) sowie $\mu = 0.24$ [-] und $M/D = 8$ [m]; Annahme: geringe Verflüssigung
Dichte:	1800 kg/m ³	Feinkörniges Lockergestein
Berechnete Stauhöhe:	0.2 m	Auf Höhe des Schutzbauwerkes. Gemäss Berechnung aus [13].
Notwendige Schutzkote:	0.7 m	Fliesshöhe + berechnete Stauhöhe
Benötigtes Rückhaltevolumen:	5 m³ / m'	Berechnet unter der Annahme eines mittleren Ausbruchvolumens von 60 m ³ und einer Anströmbreite von ca. 12 m.
Dynamische Staudrücke:	6 kN/m²	Berechnet gemäss [13] unter der Annahme eines empirischen Druckkoeffizienten von 1 und einem Anströmwinkel von 90°. Der dynamische Erddruck ist der minimale Druck, der auf das Bauwerk wirkt, die statische Komponente wird dabei nicht berücksichtigt.
Statische Staudrücke:	6 kN/m²	Berechnet gemäss [7].

Anhang 4 **Massnahmenskizzen Baufeld A (Bauernhaus)**

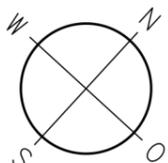
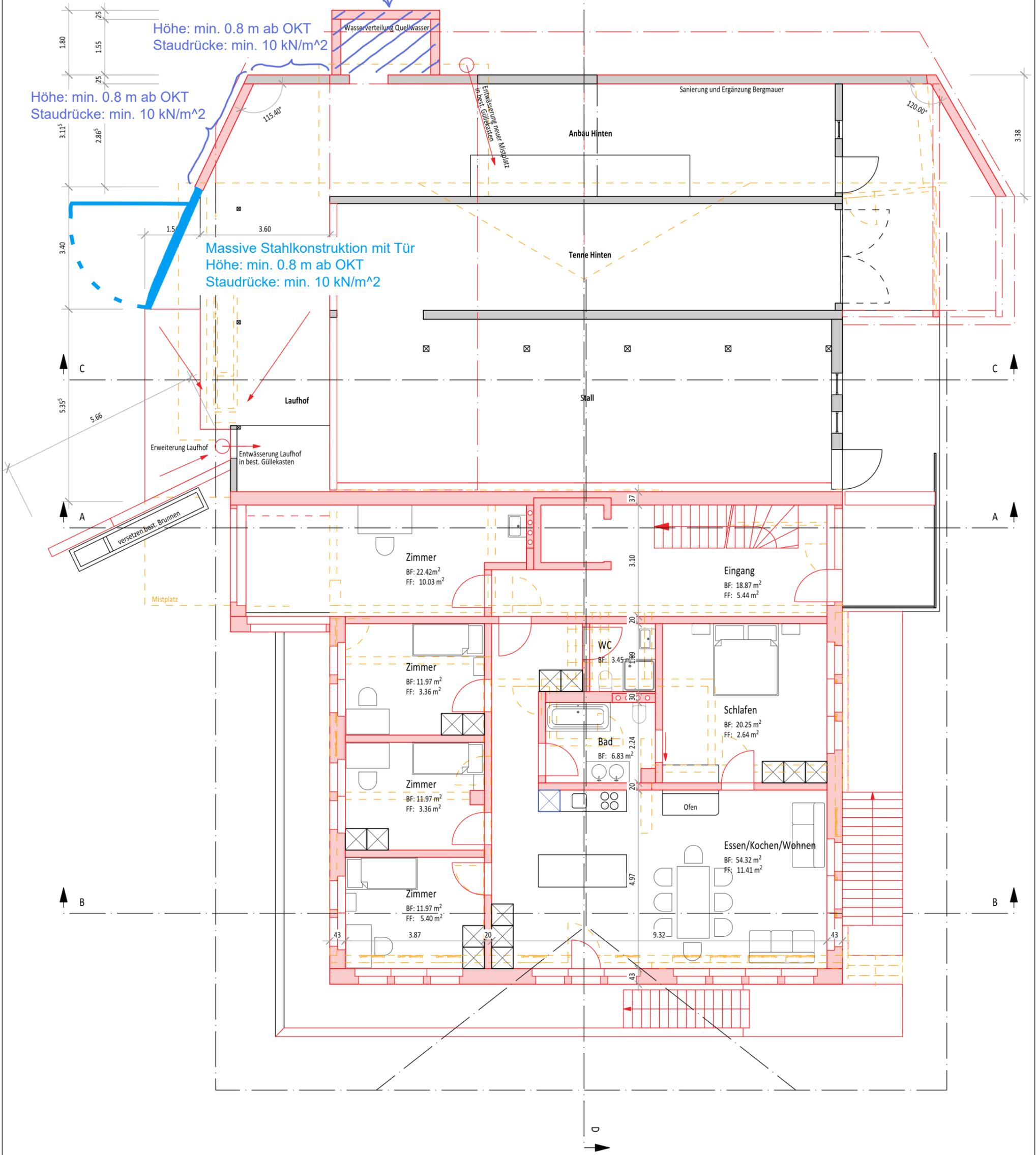


Vertikale Auflast: min. 14 kN/m²

Höhe: min. 0.8 m ab OKT
Staudrücke: min. 10 kN/m²

Höhe: min. 0.8 m ab OKT
Staudrücke: min. 10 kN/m²

Massive Stahlkonstruktion mit Tür
Höhe: min. 0.8 m ab OKT
Staudrücke: min. 10 kN/m²



- Bestehend
- Sanierung
- Neu
- Abbruch

Trubschachen, xx.xx.xxxx
 Bauherrschafft: _____
 Projektverfasser: _____

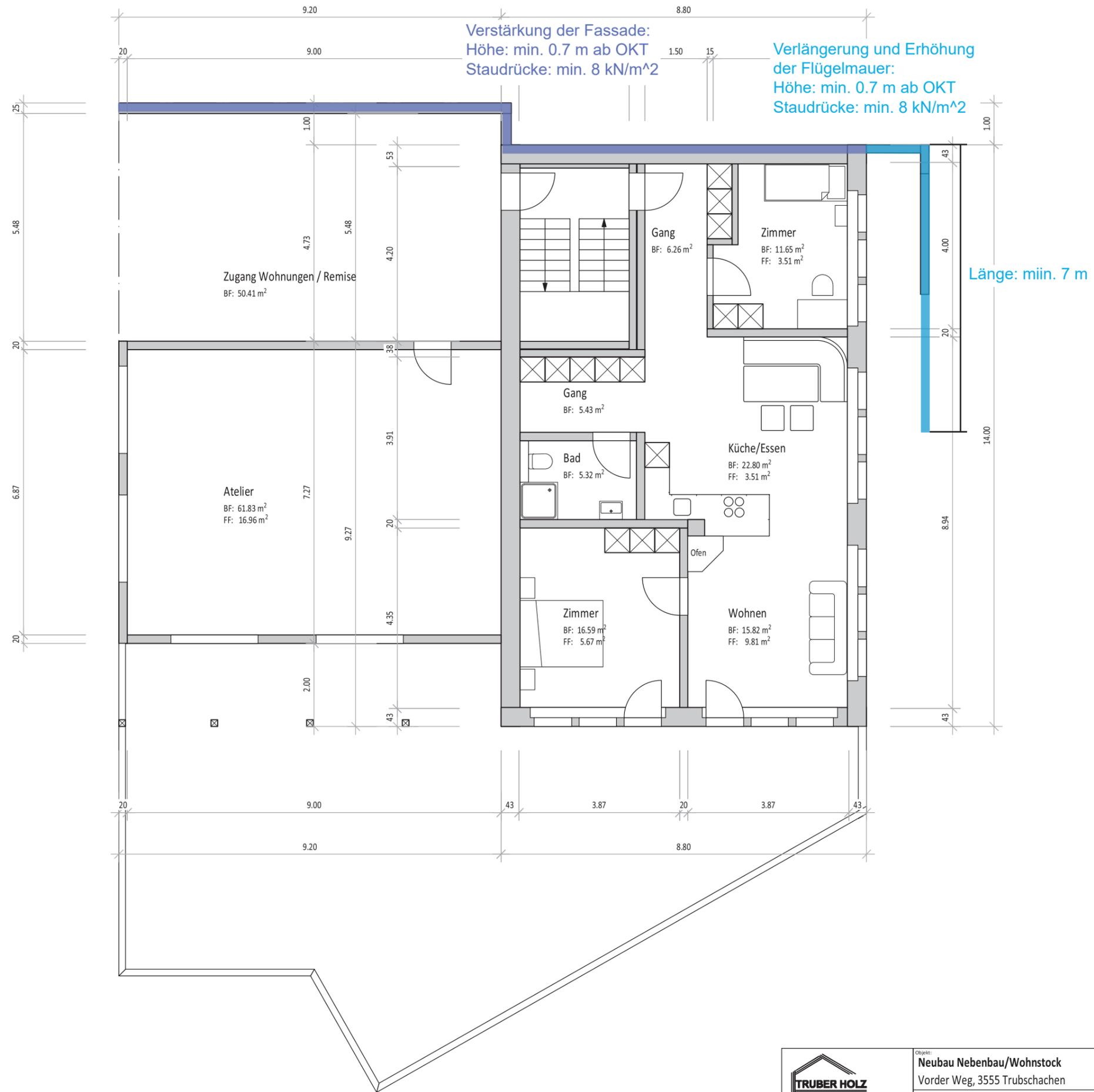
ENTWURF

TRUBER HOLZ
 Truberholz AG
 Längengrund 8
 3556 Trub
 info@truberholz.ch
 T 034 495 20 50

Objekt: **Ersatzneubau Wohnteil**
 voder Weg, 3555 Trubschachen
 Bauherrschafft: Halibut Immo AG, Markus Anliker
 Kirchmattweg 6, 6340 Baar
 Arch.: Truberholz AG
 Längengrund 8, 3556 Trub

Bautitel: Grundriss EG		
Projekt: 850019	Plannr.: --	Dat.: 30.06.21
Projektabschnitt: Projektplan		
Gez.: fb/jr	Ausdr.: 30.06.21	
Mst.: 1:100	Plan Gr.: A3	Plan A.: 0.50 m ²

Anhang 5 **Massnahmenskizzen Baufeld B (Nebenhaus)**



TRUBER HOLZ
 Truberholz AG
 Längengrund 8
 3556 Trub
 info@truberholz.ch
 T 034 495 20 50

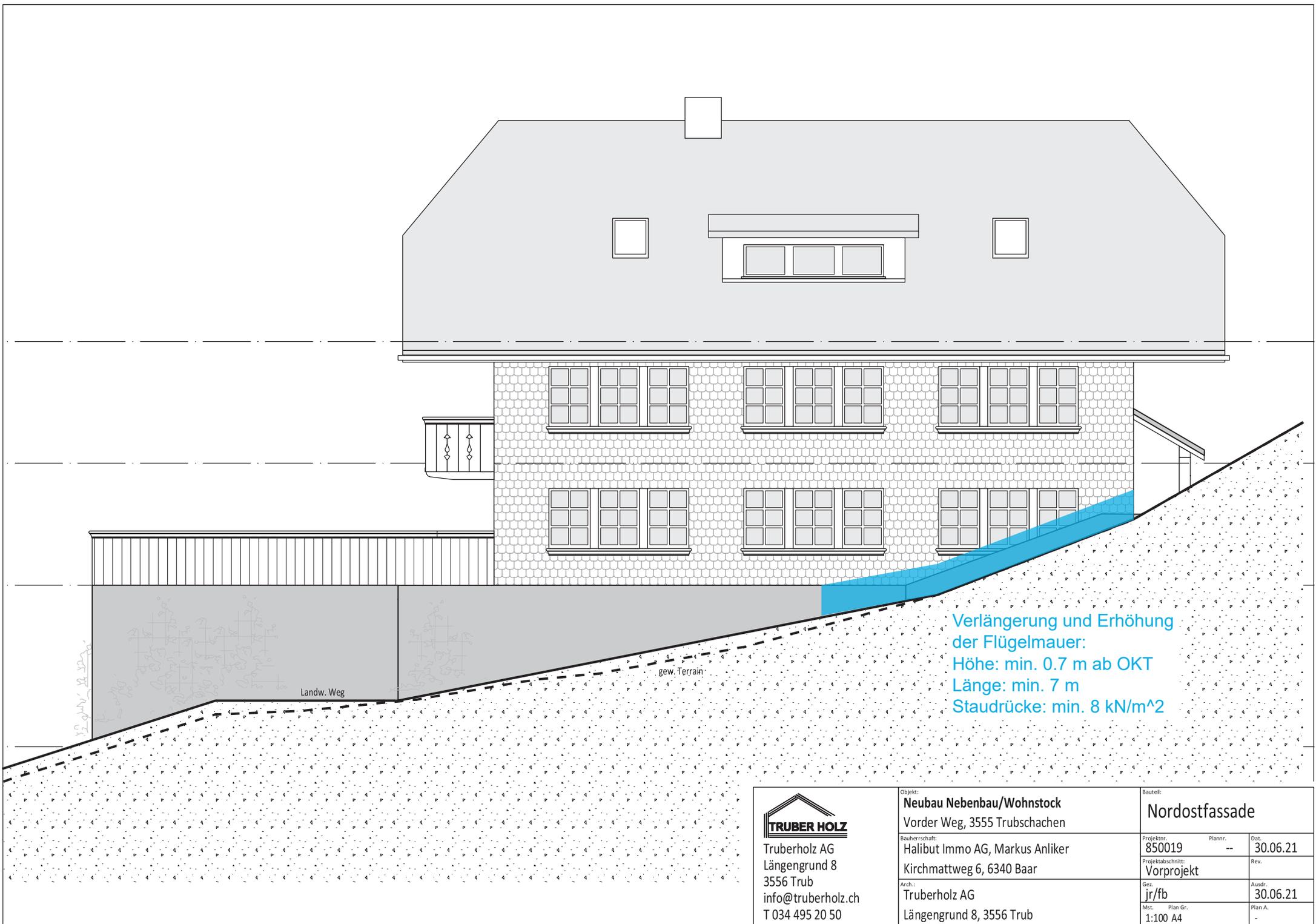
Objekt: **Neubau Nebenbau/Wohnstock**
 Vorder Weg, 3555 Trubschachen

Bauherrschaft: Halibut Immo AG, Markus Anliker
 Kirchmattweg 6, 6340 Baar

Arch.: Truberholz AG
 Längengrund 8, 3556 Trub

Bauteil: **Grundriss EG**

Projekt Nr.	Plannr.	Dat.
850019	--	30.06.21
Projektabschnitt:		Rev.
Vorprojekt		
Gez.	Ausdr.	
jr/fb	30.06.21	
Mst. Plan Gr.	Plan A.	
1:100 A4	-	

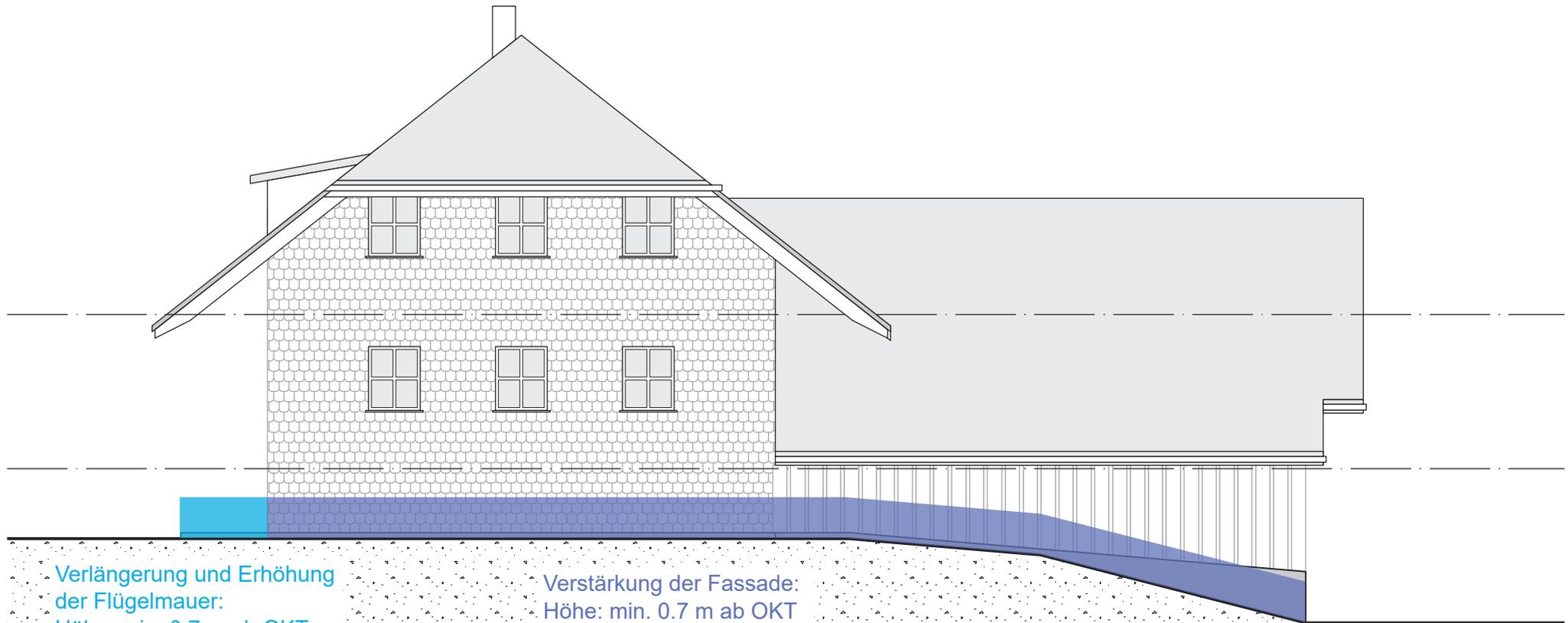


Verlängerung und Erhöhung
der Flügelmauer:
Höhe: min. 0.7 m ab OKT
Länge: min. 7 m
Staudrücke: min. 8 kN/m²

TRUBER HOLZ
Truberholz AG
Längengrund 8
3556 Trub
info@truberholz.ch
T 034 495 20 50

Objekt:
Neubau Nebenbau/Wohnstock
Vorder Weg, 3555 Trubschachen
Bauherrschaft:
Halibut Immo AG, Markus Anliker
Kirchmattweg 6, 6340 Baar
Arch.:
Truberholz AG
Längengrund 8, 3556 Trub

Bauteil:
Nordostfassade
Projektor:
850019
Plannr.:
--
Dat.:
30.06.21
Projektabschnitt:
Vorprojekt
Rev.:
Gez.:
jr/fb
Ausdr.:
30.06.21
Mst. Plan Gr.:
1:100 A4
Plan A:
-



Verlängerung und Erhöhung
der Flügelmauer:
Höhe: min. 0.7 m ab OKT
Staudrücke: min. 8 kN/m²

Verstärkung der Fassade:
Höhe: min. 0.7 m ab OKT
Staudrücke: min. 8 kN/m²

 Truberholz AG Längengrund 8 3556 Trub info@truberholz.ch T 034 495 20 50	Objekt: Neubau Nebenbau/Wohnstock Vorder Weg, 3555 Trubschachen	Bauteil: Nordwestfassade		
	Bauherrschaft: Halibut Immo AG, Markus Anliker Kirchmattweg 6, 6340 Baar	Projektor.: 850019	Planr.: --	Dat.: 30.06.21
	Arch.: Truberholz AG	Projektabschnitt: Vorprojekt		Rev.:
	Mst. Plan Gr.: 1:100 A4	Gez.: jr/fb	Ausdr.: 30.06.21	Plan A.: -