
Bericht Nr. 1421124.1

Graf Architekten+Planer AG, Oberried am Brienersee

Wengen, OSG Lawine Parz. 1727

Objektschutzgutachten Lawinen- und Wassergefahren

Zollikofen, 21. Dezember 2021

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
Anna Haberkorn	Berichtsteil Lawinengefahren, Gesamtbericht
Livio Dreyer	Berichtsteil Wassergefahren
Supervision	Visierte Inhalte
Rachel Riner	Gesamtbericht
Patrick Baer	Berichtsteil Wassergefahren
Isabelle Kull	Berichtsteil Lawinengefahren
Hinweise	

GEOTEST AG



Rachel Riner



Anna Haberkorn

Inhaltsverzeichnis

1.	Ausgangslage, Auftrag	5
2.	Bauprojekt	6
3.	Gefahrenkarte	8
3.1	Lawinengefahren	8
3.2	Wassergefahren	9
4.	Schutzziele und Umgang mit Gefahrenstufen	10
5.	Geländebefunde	11
6.	Ereignis- und Geländeanalyse	13
6.1	Ereignisanalyse	13
6.2	Geländeanalyse	13
6.2.1	Lawinen	13
6.2.2	Wasser	15
7.	Gefahrenbeurteilung	15
7.1	Lawinenmodellierung	15
7.1.1	Schneehydrologie	15
7.1.2	Wahl der Anrissgebiete und Modellierungsparameter	16
7.1.3	Modellierungsergebnisse Fließlawinen	17
7.2	Gefährdungssituation Hochwasser am Gebäude	18
7.2.1	Spitzenabflüsse	18
7.2.2	Hydraulische Kapazität	18
7.2.3	Szenarien und Gefährdungsbilder	19
7.2.4	Zu erwartende Fliesstiefen	20
8.	Bedeutung für das Bauprojekt	20
8.1	Prozess Lawinen	20
8.2	Prozess Hochwasser	22
9.	Schutzmassnahmen Gebäude	22
9.1	Prozess Lawinen	22
9.1.1	Schutzmassnahmen Nordost-Fassade und Dachvorsprung	22
9.1.2	Schutzmassnahmen Südost-Fassade	23
9.2	Prozess Wasser	24
9.2.1	Schutzmassnahmen Türe Nordost-Fassade	24
9.2.2	Schutzmassnahmen Anbau Nordwest-Fassade	25
10.	Mehrgefährdung von Nachbarparzellen	25
11.	Auswirkungen auf die aktuelle Gefahrenkarte	25

12. Schlussfolgerung.....	26
13. Verwendete Unterlagen	27

Anhang

Anhang 1	Ansichten des Gebäudes
Anhang 2	Lawinenkataster
Anhang 3	Potenzielle Lawinenanrissgebiete
Anhang 4	Resultate Lawinenmodellierung
Anhang 5	Modellierte Lawinenanströmung auf das Objekt

1. Ausgangslage, Auftrag

Am 24. November 2021 erteilte uns der Architekt F. Graf den Auftrag zur Ausarbeitung eines Objektschutzgutachtens für einen geplanten Um- und Anbau der Innenräume und der Fassaden des Grafhuus (Skischule) auf Parzelle Nr. 1727 in Wengen (Abbildung 1).

Im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens sollen die Gefährdungssituation für die Prozesse Lawinen (Fließ- und Staublawinen) und Hochwasser/Überschwemmung abgeklärt und geeignete Objektschutzmassnahmen vorgeschlagen werden. Die Parzelle liegt gemäss Gefahrenkarte [4] im blauen Gefahrenbereich für Fließlawinen und Wasser und im gelben Gefahrenbereich für Staublawinen. Der Standort ist hauptsächlich von Fließ- und Staublawinen der mittleren und inneren Eggigrabenloui betroffen. Ausserdem können auch Überflutungen aus dem äusseren Eggigraben den Gebäudestandort gefährden. Der dominante Prozess sind hier die Fließlawinen. Die Zuweisung zum blauen Gefahrenbereich macht Objektschutzmassnahmen für Um- und Anbauten notwendig.

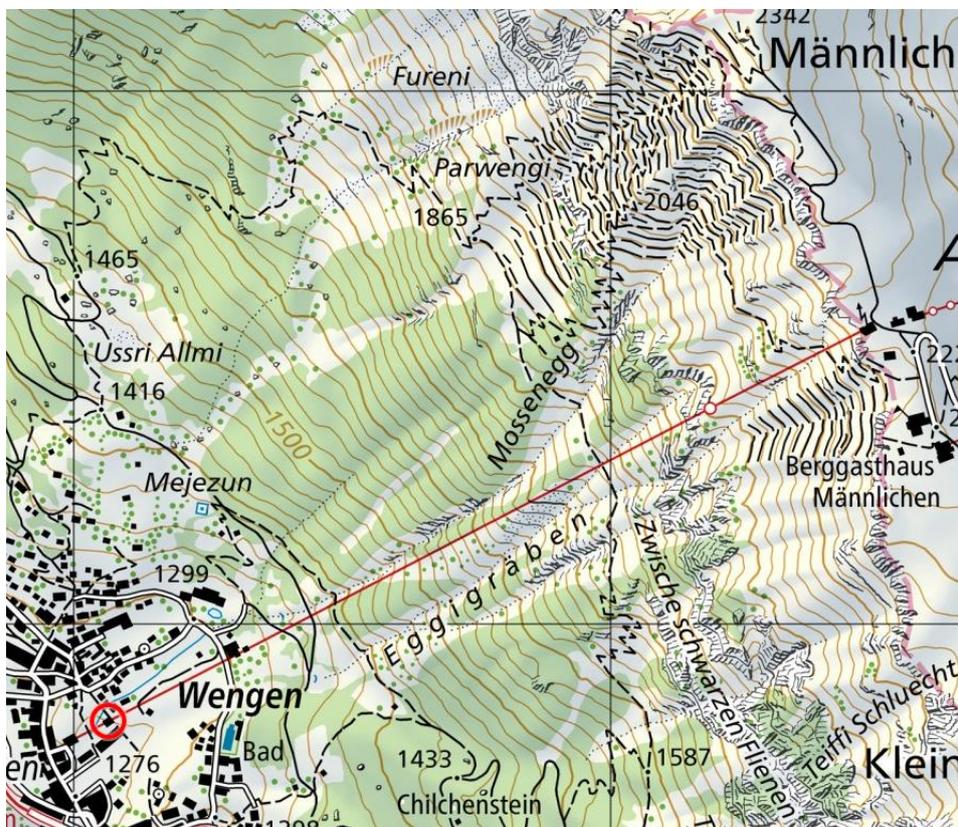


Abbildung 1: Lage des Objektes auf Parzelle Nr. 1727 in Wengen (rote Markierung). (Quelle: map.geo.admin.ch, Karte unmassstäblich)

2. Bauprojekt

Im Rahmen des geplanten Umbaus des bestehenden Gebäudes soll die Nordwest-Fassade mit einem Anbau erweitert werden, was zur Folge hat, dass im Bereich des Anbaus auch die Nordost- und Südwest-Fassaden umgebaut werden. Ausserdem ist eine umfassende Änderung der Raumverteilung im Innenbereich geplant (Abbildung 2, Anhang 1).

Nordwest-Fassade: Dieser Bereich wird durch einen 5 m langen Anbau Richtung Parzelle Nr. 4587 erweitert. Im Erdgeschoss werden die beiden Garagentore durch zwei Fenster ersetzt. Zwei Fenster und eine Tür entstehen an der gleichen Stelle wie vorher. Ausserdem wird an der Nordwest-Fassade eine neue Abwasserrinne erstellt.

Nordost-Fassade (bergseitige Fassade): Hier soll im 1. Obergeschoss (OG) ein Balkon erstellt werden. Das an diesem Ort schon bestehende Fenster wird vergrössert und zur Balkontür umfunktioniert. Im Bereich des Anbaus verlängert sich die Nordost-Fassade um 5 m. Die direkt an den Altbau angrenzenden ersten 3 m des Anbaus weisen keine Öffnungen in der Fassade auf. Für die nordöstlichsten 2 m des Anbaus sind im 1. OG und im Dachgeschoss Balkone geplant. Das aus Beton gefertigte Erdgeschoss weist keine Öffnungen auf.

Südwest-Fassade (talseitige Fassade): Im Bereich des Anbaus verlängert sich die Südwest-Fassade um 5 m. Die direkt an den Altbau angrenzenden ersten 3 m des Anbaus werden im Erdgeschoss mit zwei Fenstern und im 1. OG mit Balkontüren ergänzt. Für den nordwestlichsten 2 m breiten Bereich des Anbaus sind im 1. OG und im Dachgeschoss Balkone geplant. Im Erdgeschoss soll ein Fenster entstehen.

Südost Fassade: Hier sind keine Umbauten geplant.

Lukarne und Kreuzfirst: Der Kreuzfirst wird abgerissen und neugestaltet. Die Lukarne wird umgebaut.

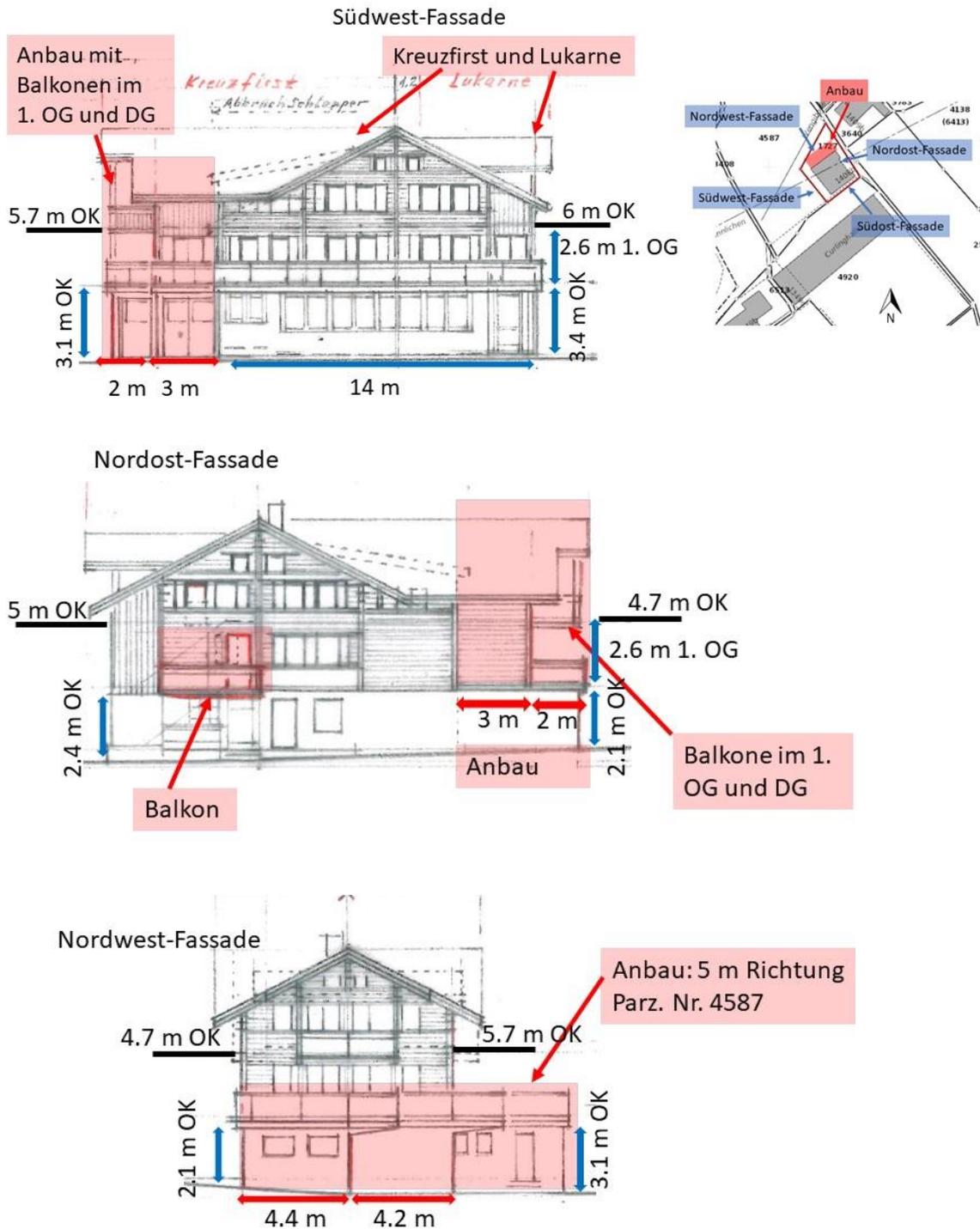


Abbildung 2: Ansichten des vom Umbau betroffenen Gebäudes [1]. Gebäudeteile: grau = bestehend und rot = neu. Blaue Pfeile markieren Hausbreiten und Höhen der einzelnen Geschosse (Detailpläne siehe Anhang 1). OG = Obergeschoss, DG = Dachgeschoss, OK = ab Terrainoberkante.

3. Gefahrenkarte

Die Gefahrenkarte Lauterbrunnen [6] wurde im Jahr 2013 durch die GEOTEST AG aktualisiert. Sie unterscheidet gemäss Richtlinien des Bundes fünf Gefahrenstufen (rot, blau, gelb, gelb-weiss und weiss), in Abhängigkeit von Intensität und Wahrscheinlichkeit des jeweiligen Prozesses. Gefahrenkarten werden grundsätzlich parzellenscharf ausgeschieden.

3.1 Lawinengefahren

Die Gefahrenkarte Lauterbrunnen [4] zeigt, dass sich das Objekt im blauen Gefahrenbereich von Fliesslawinen (LF4) und im Gefahrenbereich von Staublawinen (LS2) befindet (Abbildung 3). Entsprechend ist hier mit seltenen (100- bis 300-jährlichen) Fliesslawinen mittlerer Intensität ($3 \text{ kN/m}^2 \geq \text{Druck} < 30 \text{ kN/m}^2$) sowie mit Staublawinen schwacher Intensität ($\text{Druck} < 3 \text{ kN/m}^2$) und mittlerer Eintretenswahrscheinlichkeit (30- bis 100-jährlich) zu rechnen (s. Abbildung 4 für Lawinenindices LF4, LS2).

In der momentan gültigen Gefahrenkarte für den Prozess Lawinen [6] ist die Wirksamkeit, der zwischen 2009 und 2015 neu erstellten Lawinenverbauung Mossenegg noch nicht berücksichtigt. Zum aktuellen Zeitpunkt wird die Gefahrenkarte Lawinen für den Ortsteil Wengen von der GEOTEST AG teilrevidiert. Das Grafhuus liegt im zu revidierenden Perimeter. Die neusten Ergebnisse bestätigen die aktuell gültige Lawinen-Gefahrensituation für Parz. Nr. 1727, wobei die Wirkung der Lawinenverbauungen nach PROTECT [9] als voll wirksam beurteilt wurde.

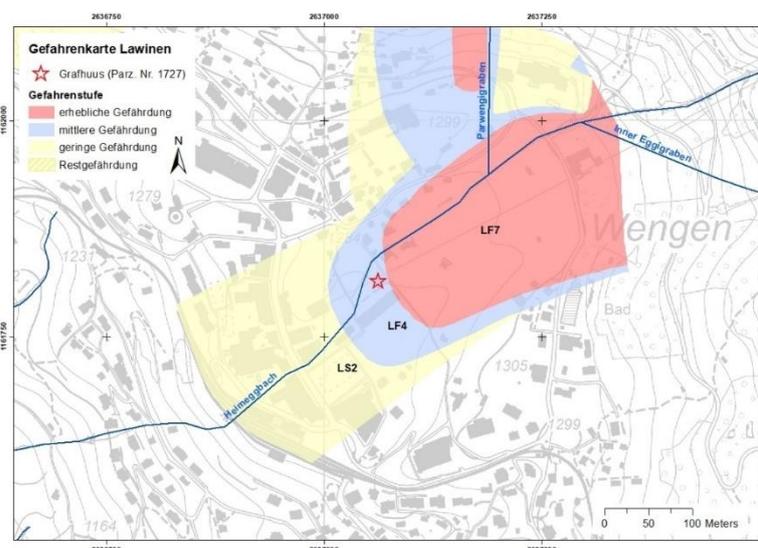


Abbildung 3: Ausschnitt aus der Gefahrenkarte Lawinen der Gemeinde Lauterbrunnen (Stand 2013) [4], [6]. Der Standort des Bauvorhabens ist mit einem roten Stern markiert.

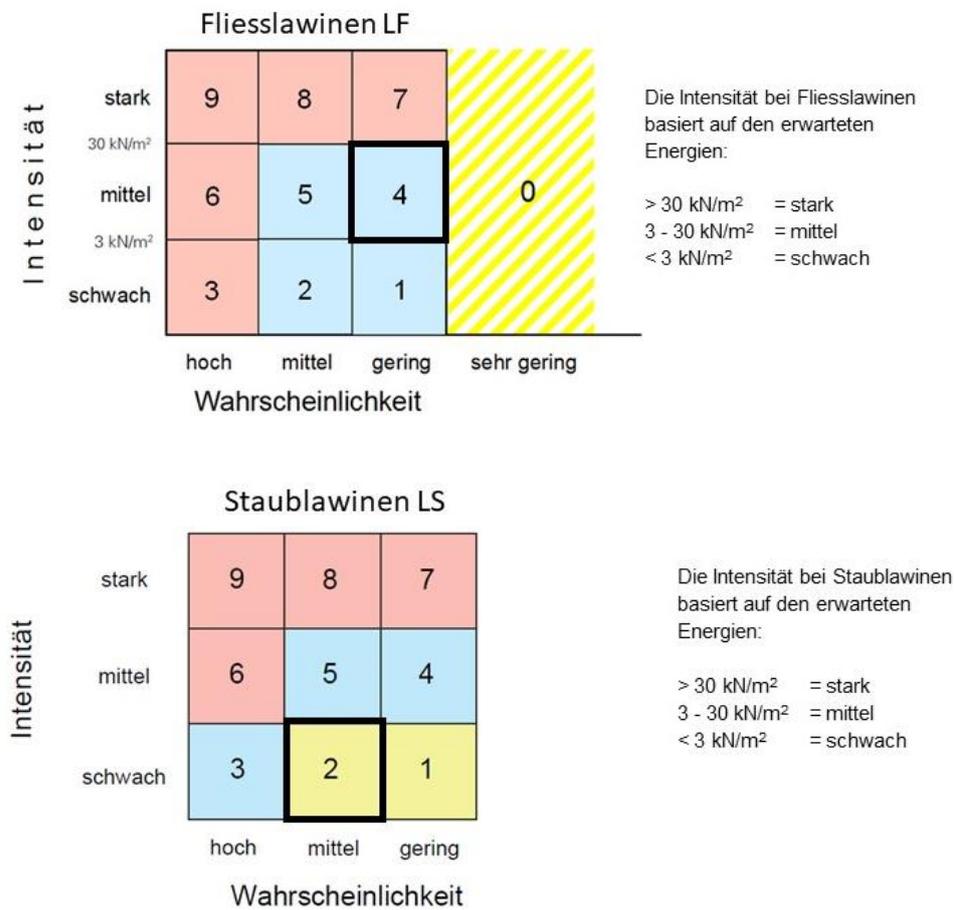


Abbildung 4: Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm für Fliesslawinen (LF) und Staublawinen (LS). Die für das vorliegende Baugesuch relevanten Felder sind schwarz hervorgehoben.

3.2 Wassergefahren

Das Grafhuus liegt im Gefahrenbereich Ü3 für Hochwasserprozesse (siehe Abbildung 5). Bei häufigen Ereignissen (Wiederkehrperiode bis 30 Jahre) ist mit schwachen Überflutungsintensitäten (max. 0.5 m Fliesstiefe oder max. 0.5 m²/s Strömungsdruck¹) zu rechnen (vgl. auch Gefahrenstufendiagramm, Abbildung 6).

¹ Strömungsdruck = Fließgeschwindigkeit * Fliesstiefe.

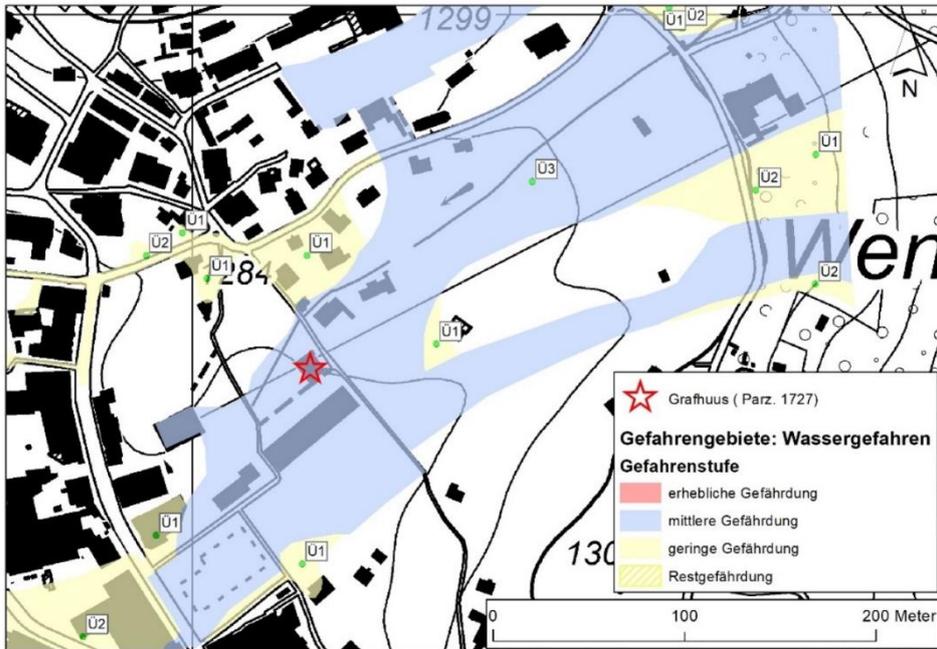


Abbildung 5: Ausschnitt aus der Gefahrenkarte Wasser der Gemeinde Lauterbrunnen [4]. Der Standort des Bauvorhabens ist mit einem roten Stern markiert.

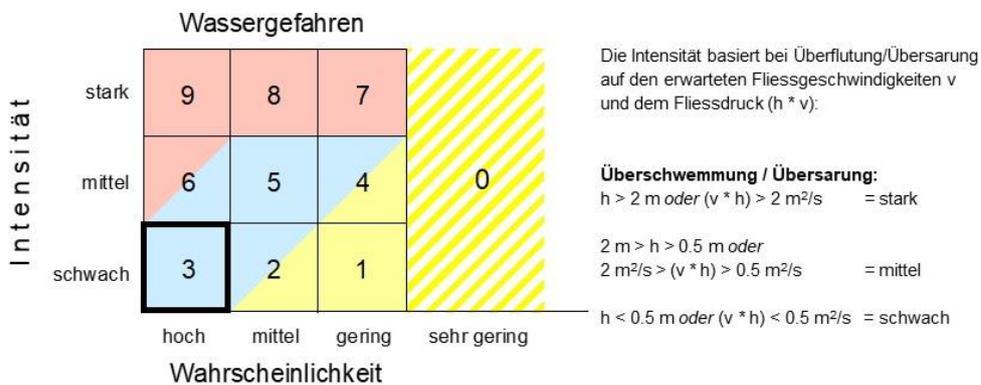


Abbildung 6: Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm für Wassergefahren. Das für das vorliegende Baugesuch relevante Feld ist schwarz hervorgehoben.

4. Schutzziele und Umgang mit Gefahrenstufen

Im Kanton Bern gilt bei Wohngebäuden für alle Gefahrenprozesse generell das 300-jährliche Ereignis als Schutzziel, d. h. Schutzmassnahmen müssen auch sehr seltenen Naturgefahrenereignissen standhalten können.

In blauen Gefahrenbereichen sind Personen ausserhalb von Gebäuden grundsätzlich gefährdet und es ist mit Schäden am Gebäude, jedoch nicht mit plötzlichen Gebäudezerstörungen zu rechnen [8]. Gemäss Vorgabe des Kantons ist ein Bauvorhaben im blauen Gefahrenbereich, der gemäss Gefahrenkarte für das vorliegende Bauprojekt massgebend ist, bewilligungsfähig, wenn folgende Kriterien eingehalten werden [7]:

Personenrisiko: Umbauten, Zweckänderungen und Erweiterungen sind erlaubt, sofern sichergestellt ist, dass durch Objektschutzmassnahmen Menschen und Tiere im Gebäude nicht gefährdet sind. Bei Umbauten, Zweckänderungen und Erweiterungen müssen nur Bauteile des Umbaus, welche durch den Gefahrenprozess beeinflusst sind, durch Objektschutzmassnahmen geschützt werden. Wenn keine Veränderungen an der Fassade vorgenommen werden, sind keine Objektschutzmassnahmen nötig, werden aber empfohlen.

Sachrisiko: Wesentliche Wertsteigerungen sind erlaubt, sofern die vom Gefahrenprozess betroffenen Bauteile des Umbaus durch Objektschutzmassnahmen geschützt sind.

Fazit: Die vom Umbau betroffenen Gebäudeteile des Grafhuus müssen mit geeigneten Objektschutzmassnahmen geschützt werden. Zusätzlich muss darauf geachtet werden, dass durch das Bauvorhaben keine relevante Mehrgefährdung auf Nachbarparzellen verursacht wird.

5. Geländebefunde

Das Grafhuus befindet sich auf der flachen Geländeterrasse Wengiboden auf Kote 1280 m ü. M. Folgende Erkenntnisse von der Geländebegehung vom 24. November 2021 sind für die Beurteilung der Lawinen- und Wassergefahren auf Parzelle Nr. 1727 relevant:

- Das Erdgeschoss des Grafhuus ist aus Beton gefertigt. Die Obergeschosse und das Dach sind aus Holz.
- Entlang der Südost-, Nordost- und Nordwest-Fassade besteht eine kleine Schutzmauer gegen Wassergefahren.
- Der Gebäudeeingang an der Nordost-Fassade liegt tiefer als das Niveau der Schutzmauer.

- Am Gebäude sind keine Lichtschächte vorhanden. An den restlichen Fassaden sind ebenfalls keine Schwachstellen sichtbar oder durch den Umbau geplant.
- Für das Objekt sind die Lawinenzüge der mittleren und inneren Egggrabenlauri massgebend.
- Die in der Gefahrenkarte ausgeschiedenen grossräumigen Fließwege und Intensitäten für Lawinen sind plausibel.



Abbildung 7: Bildaufnahmen des Grafhuus von unterschiedlichen Seiten aufgenommen bei der Geländebegehung vom 24. November 2021: (oben links) Nordost-Fassade, (oben rechts) Südwest- und Südost-Fassade, (unten links) Nordwest-Fassade.

6. Ereignis- und Geländeanalyse

6.1 Ereignisanalyse

Vergangene Lawinenereignisse in Wengen sind sehr gut im Ereigniskataster ([2]; Anhang 2) dokumentiert. In den letzten 250 Jahren fanden im Gebiet des mittleren und inneren Eggigrabens 13 grosse Lawinenereignisse statt. Die Wiederkehrperiode einer Lawine für das Erreichen des Siedlungsgebiets liegt bei 25 Jahren. Am 3. Februar 1978 wurde das Grafhuus von einer grossen Fliess- und Staublawine betroffen, die aus den Teilanrissflächen der mittleren und inneren Eggigrabenlauri (A4 – A7 in Abbildung 8) niederging.

Dokumentierte Hochwasser- bzw. Überschwemmungsereignisse aus den Eggigräben traten in den Jahren 1981 (Kat.-Nr. 1981-W-0006), 1986 und 1990 auf [3]. Dabei wurde der Skiübungshang teilweise bis zu den Tennisplätzen übersart. Die Überflutungen versickerten jedoch meist im Bereich des Skiübungshangs oberhalb der Kunsteisbahn. Es wurden Schäden an Sachwerten, Strassen, Landwirtschafts- und Waldflächen dokumentiert.

6.2 Geländeanalyse

6.2.1 Lawinen

Das Grafhuus auf Parz. Nr. 1727 befindet sich am Fuss der knapp 40° steilen und 1 km breiten Südwest exponierten Flanke des Männlichen. Die Flanke umfasst mehrere grosse und teilweise felsdurchzogene Lawinen-Anrissgebiete, welche zwischen 2000 und 2200 m ü. M. liegen (Abbildung 8, Anhang 3). Diese werden durch markante Kreten unterteilt und verfügen über tief eingeschnittene Sturzbahnen. Mehrere Anrissgebiete (Schnürlauri, Mossenegg, Gratlücke) wurden zwischen 1979 und 2015 mit Stahlschneebrücken permanent verbaut (Abbildung 8, Anhang 3, [5]), um die Lawinenkubaturen und somit die Lawinenschäden zu reduzieren. Winterbeobachtungen zeigen, dass die Werkhöhen der Lawinenverbauungen genügend und die Schutzverbauungen somit voll wirksam sind [9]. Zudem finden eine regelmässige Kontrolle und Unterhalt der Schutzbauten statt.

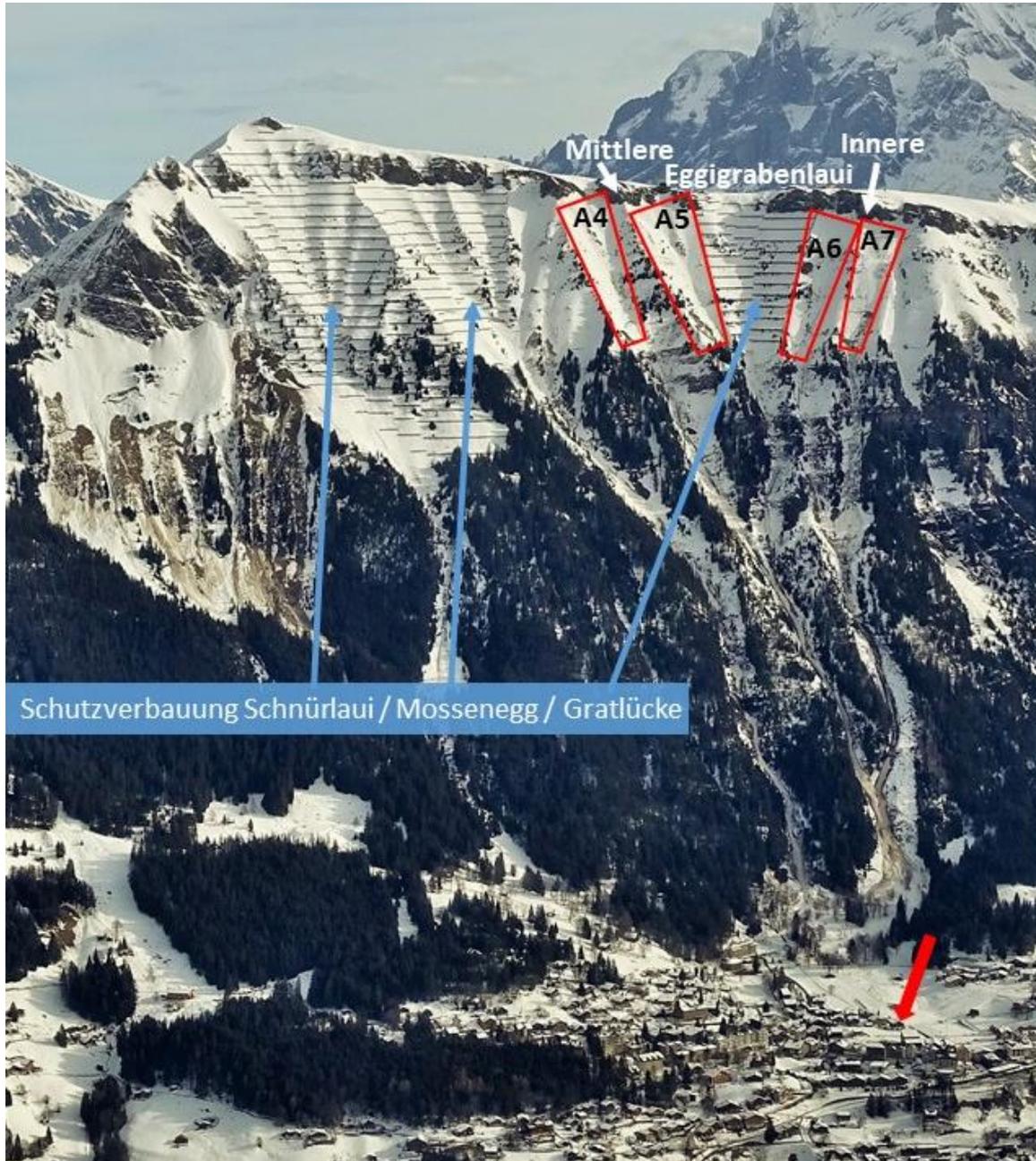


Abbildung 8: Übersicht über die Südwest-Flanke des Männlichen mit den für das Grafhuus (roter Pfeil) relevanten Anrissgebieten A4 – A7 der mittleren und inneren Eggigrabenlauri. Die blauen Pfeile markieren die Gebiete mit Lawinenschutzverbauungen. Bild Quelle: Amt für Wald- und Naturgefahren (AWN)

6.2.2 Wasser

Das Gerinne des Äusseren Egggrabens führt bei der Kote 1340 m ü. M. durch einen im Jahr 2008 erstellten Geschiebesammler mit einem Fassungsvermögen von ca. 400 m³. Sonst befinden sich keine weiteren wasserbaulichen Schutzbauten im Einzugsgebiet.

Die für das Grafhuus relevante Schwachstelle des Äusseren Egggrabens befindet sich auf der nördlich angrenzenden Parzelle Nr. 3640. Das Gerinne besteht hier aus einer Beton-Halbschale, welche auf einer Länge von ca. 20 m mit einem Gitter überdeckt ist. Als relevantes Szenario wurden Wasseraustritte aufgrund der ungenügenden hydraulischen Abflusskapazität des Gerinnes sowie Kapazitätsminderungen aufgrund einer Vollverkläuserung durch Schwemmgut beim Abdeckgitter angenommen.

7. Gefahrenbeurteilung

7.1 Lawinenmodellierung

Zur Definition der erforderlichen Schutzmassnahmen für den Standort Grafhuus wurde die Einwirkung von 300-jährlichen Fließlawinen mit dem Programm RAMMS::AVALANCHE [13] simuliert. Auf Staublawinen-Simulationen wurde verzichtet, da deren Einwirkungen auf das Grafhuus im Vergleich zu den Einwirkungen der Fließlawinen untergeordnet sind. Anhand der Lawinenmodellierungen können die maximale Fließgeschwindigkeit, der Druck sowie die dazugehörigen Fließhöhen für die massgebenden Lawinen lokal detailliert bestimmt werden. Die plausibilisierten Modellierungsergebnisse dienen als Grundlage für die Berechnung der Prozesseinwirkungen auf das Objekt und bestimmen somit die Dimensionierung von Schutzmassnahmen.

7.1.1 Schneehydrologie

Die Region Wengen weist im landesweiten Vergleich mittlere Schneedeckenzuwachswerte auf. Intensive Schneefälle können insbesondere bei Nordweststaulagen entstehen. Der 3-tägige Schneedeckenzuwachswert (ΔH_{S_3}) dient als Grundlage für die Berechnung der Anrissmächtigkeit von Lawinen. Zur Bestimmung der Anrissmächtigkeiten für das 300-jährige Ereignis wurden die Kantonsvorgaben des Basiswerts d_0^* des östlichen Berner Oberlandes (Tabelle 1; [12]) genutzt.

Tabelle 1: Basiswert d_0^* des 3-tägigen Schneedeckenzuwachs welcher auf 28° Hangneigung korrigiert ist für das Berner Oberland Ost und das 300-jährige Ereignis.

Beobachterstation	Bezugshöhe m ü. M.	Basiswert d_0^* (ΔHS_DIF3D_{Sz300} auf 28°)
Berner Oberland Ost	2000 m	200 cm

7.1.2 Wahl der Anrissgebiete und Modellierungsparameter

Aufgrund der Geländetopographie wurden verschiedene Lawinen-Anrissgebiete ausgeschieden. Die Wahl der Anrissgebiete ist von grosser Bedeutung für die Grösse der Lawinen, welche auf das Objekt einwirken können. Für das Grafhuus sind die grossen, nicht bewaldeten und unverbauten Anrissflächen A4 bis A7 auf einer Höhe zwischen 1980 m und 2230 m ü. M. ein Quellgebiet für grosse Fliess- und Staublawinen (Abbildung 8, Anhang 3).

Mit dem Model RAMMS::AVALANCHE wurden Lawinenmodellierungen für alle potenziellen Anrissgebiete (A1 – A7) sowie für verschiedene Kombinationen von Anrissflächen oberhalb des geplanten Umbaus simuliert. Als massgebend für das Objekt wird das gleichzeitige Anreissen der Teilflächen A4 und A5 betrachtet. Das gleichzeitige Anreissen der Teilflächen A4 bis A7 sowie das vollständige Einschneien der Lawinenschutzverbauung Gratlücke (Abbildung 8) wird als Restgefährdung betrachtet. Die Waldwirkung ist vernachlässigbar.

In der Folge wird deshalb nur auf das massgebende Anrisszenario A4 + A5 eingegangen. Die gewählten Lawinenparameter sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Gewählte Parameter für RAMMS-Modellierung.

Parameter	Parameterwahl	Bemerkungen
Anrissgebiet	A4 + A5	Für Gebäude relevante Anrissgebiete
Anrissmächtigkeit d_0, s_{z300}	1.2 m	Wert basierend auf Berner Oberland Ost; Annahmen in den Anrissgebieten für mittlere Höhenstufe / Hangneigung / Trieb-schnee: 2110 m ü. M. / 41° / 0 cm
Volumen	76'393 m ³	
Wiederkehrdauer	300 Jahre	
Reibungsparameter	300 M	Volumenbedingt; hier in Rücksprache mit SLF optimistisch gewählt, da das Lawinen-volumen im Grenzbereich zwischen M und L liegt
Reibungsparameter μ/ξ	Default	Standardwerte von RAMMS
Dichte	300 kg/m ³	Mittlere Dichte, Standardwert
Kohäsion	0 Pa	Kohäsion; hier pessimistische Annahme für trockene, hochwinterliche Lawinen mit grosser Reichweite
Momentum	5 %	Pessimistisch in Bezug auf Reichweite

7.1.3 Modellierungsergebnisse Fliesslawinen

Die Lawinenmodellierung mit einer Wiederkehrperiode von 300 Jahren bestätigt die Gefahrenkarte für Fliesslawinen. Das im blauen Gefahrenbereich liegende Objekt wird mit Drücken bis 18 kN/m² getroffen (Abbildung 9, Anhang 4). Die Modellierungsergebnisse in Anhang 5 zeigen, dass Lawinen nahezu rechtwinklig auf die Nordost-Fassade (bergseitig) auftreffen. Die Südost-Fassade wird parallel angeströmt, so dass gemäss Vorgaben ein Ablenkungswinkel von 20° angenommen wird [10].

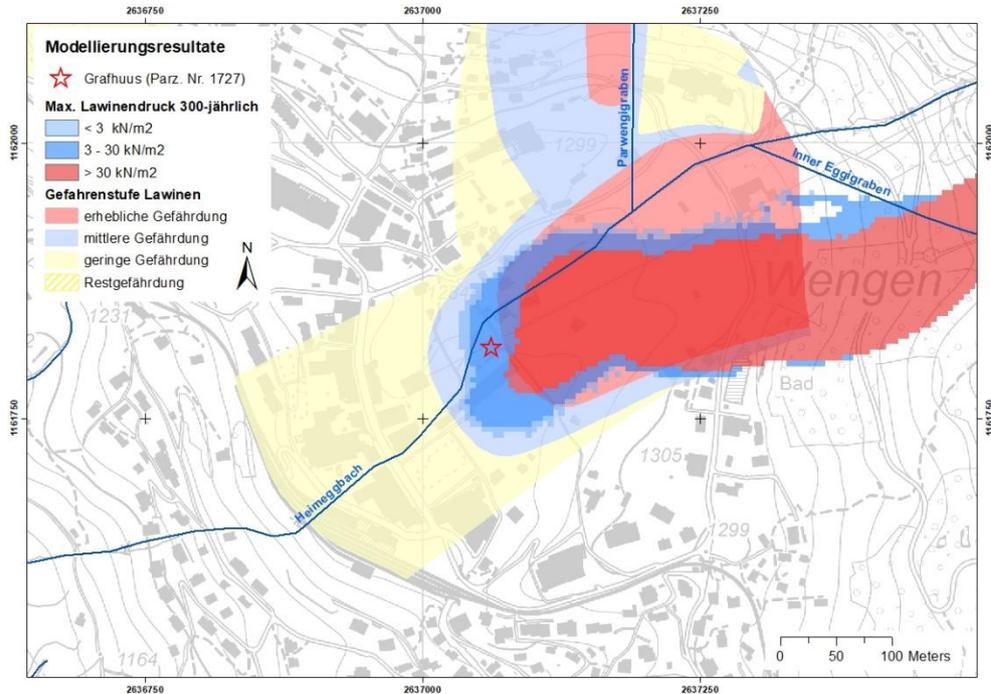


Abbildung 9: Die Resultate der Lawinenmodellierung (Anrissgebiete A4 + A5) zeigen, dass das umzubauende Objekt (roter Stern) im Gefahrenbereich blau liegt.

7.2 Gefährdungssituation Hochwasser am Gebäude

7.2.1 Spitzenabflüsse

Die Spitzenabflüsse bei der relevanten Schwachstelle wurden aus [6] übernommen und sind in Tabelle 3 dargestellt. Der massgebliche 300-jährliche Spitzenabfluss beträgt 5.1 m³/s.

Tabelle 3: Spitzenabflüsse des Äusseren Eggigraben.

Spitzenabflüsse	HQ ₃₀	HQ ₁₀₀	HQ ₃₀₀
Gesamteinzugsgebiet (0.35 km ²)	2.3 m ³ /s	3.5 m ³ /s	5.1 m ³ /s

7.2.2 Hydraulische Kapazität

Die hydraulische Kapazität des Gerinnes sowie die zu erwartende Austrittswassermenge wurden mit der Fließformel nach Strickler sowie unter Berücksichtigung der Verkläusungsszenarien berechnet (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Berechnung der hydraulischen Kapazität des Gerinnes bei der für das vorliegende Bauprojekt relevanten Schwachstelle welche auf Parzelle 3640 liegt.

Parameter	Wert
B x H [m]	0.45 x 0.2
Längsgefälle [%]	5
Rauigkeit k_{st} ca. [$m^{1/3}/s$]	60
Hydraulische Kapazität ca. [m^3/s]	0.2
Reduktion Abflusskapazität infolge Verklausung durch Schwemmgut	100 %
Abflussspitze 300-jährliches Hochwasserereignis [m^3/s]	5.1
<u>Austrittswassermenge 300-jährliches Hochwasserereignis [m^3/s]</u>	<u>5.1</u>

7.2.3 Szenarien und Gefährdungsbilder

Die resultierenden Fliesswege bei einem Wasseraustritt bei der Schwachstelle auf Parzelle Nr. 3640 sind in Abbildung 10 dargestellt. Austretendes Wasser fliesst zunächst auf dem Zufahrtsweg der Parzelle Nr. 3640 Richtung Südwesten. Durch das natürliche Gefälle fliesst ein Grossteil des Wassers (Annahme: 75 %) an der Nordwest-Fassade des Grafhuus entlang weiter in Richtung Südwesten. Die restlichen rund 25 % der anfallenden Wassermenge fließen auf dem Fussweg entlang der Nordost-Fassade ab. Unter Berücksichtigung der Fliessbreite (7.5 m) entlang der Nordost-Fassade ergibt dies eine **Fliesstiefe von 15 cm**. Die Fliessgeschwindigkeiten können aufgrund der Gefällsverhältnisse entlang der Nordost-Fassade als gering eingestuft werden (ca. 1 m/s).

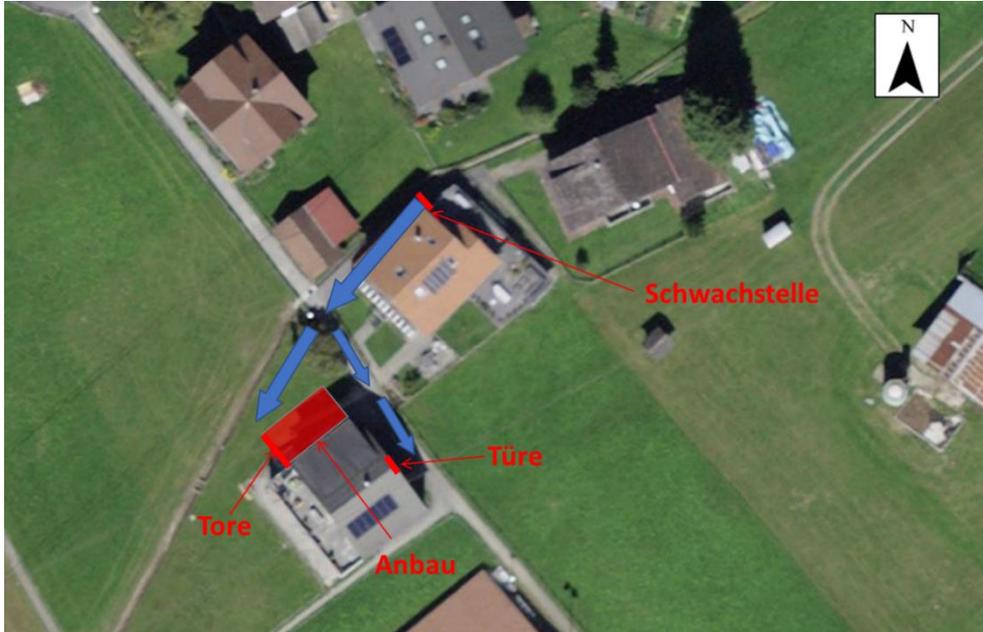


Abbildung 10: Anhand der Feldbegehung verifizierte lokale Fließwege für Wasser. Unmassstäbliche Darstellung. Bildquelle: swissimage

7.2.4 Zu erwartende Fliesstiefen

Aus den vorangehend hergeleiteten Fliesstiefen können unter Berücksichtigung eines Freibords für die Energiehöhe sowie für die auftretenden Prozessunsicherheiten folgende Schutzhöhen ab der Kote des bestehenden Fussweges für die Türe an der Nordost-Fassade festgelegt werden:

Tabelle 5: Schutzhöhen für die Tür an der Nordost-Fassade.

	Maximale Fliesstiefe [cm]	Freibord [cm]	Schutzhöhe ab Terrain [cm]
Türe Nordost-Fassade	15	10	25

8. Bedeutung für das Bauprojekt

8.1 Prozess Lawinen

Die auf die Gebäudefassaden (Nordost und Südost) einwirkenden Kräfte und die erforderlichen Schutzhöhen wurden gemäss [10] berechnet und sind in Tabelle 6

aufgeführt. Die bergseitige (Nordost) Fassade und der Anbau werden von Fliesslawinen rechtwinklig (90°) angeströmt. Die auf die Südost-Fassade wirkenden Kräfte sind für einen Anströmungswinkel der Fliesslawine von 20° berechnet (siehe Kapitel 7.1.3). Alle Höhen beziehen sich jeweils auf das gewachsene Terrain.

Zum Druck der Fliesslawinen müssen auch die Druck- und Sogwirkungen durch Staublawinen von bis zu 3 kN/m^2 (Tabelle 6, s. Kapitel 3.1, [4]), welche auf das gesamte Gebäude und Dach wirken, beachtet werden.

Tabelle 6: Einwirkende Kräfte, berechnete Lastfälle und erforderliche Schutzhöhen für Lawinen, welche auf die bergseitige Nordost- und Südost Fassade wirken.

Fliesslawinen (Umströmen des Gebäudes)	Einwirkung lawinenseitige Fassaden		
Max. Fliessgeschwindigkeit	v_f	8	m/s
Fliesshöhe (bei max. Fliessgeschwindigkeit und Druck)	h_f	0.9	m
Anströmungswinkel Nordost-Fassade	α	90°	$^\circ$
Anströmungswinkel Südost-Fassade	α	20°	$^\circ$
Höhe natürliche Schneedecke, 30 Jahre (aus [14])	h_{n30}	1.5	m
Max. Stauhöhe bei Anströmung 90° (Nordost-Fassade)	h_{Stau}	1.6	m
Max. Stauhöhe bei Anströmung 20° (Südost-Fassade)	h_{Stau}	0.2	m
Einwirkungshöhe Aufprall (Höhe natürliche Schneedecke, Fliess- und Stauhöhe der Lawine am Objekt)			
Einwirkungshöhe bei Anströmung 90° (Nordost-Fassade)	h_{total}	4	m
Einwirkungshöhe bei Anströmung 20° (Südost-Fassade)	h_{total}	2.6	m
Maximaler Druck Fliesslawine			
Druck Fliesslawine bei 90° Anströmung (Nordost-Fassade)	q_f	18	kN/m^2
Druck Fliesslawine bei 20° Anströmung (Südost-Fassade)	q_f	8	kN/m^2
Druck auf Dachvorsprung (Nordost-Fassade)	q_{fv}	7	kN/m^2
Auflast Lawinenschnee auf Balkone (Nordost-Fassade)	$q_a + q_n$	15	kN/m^2
Einzellast bzw. Anprallkraft (z.B. durch Baumstämme mit Durchmesser 0.3 m) auf Fassaden [11]	A_k	30	kN
Maximaler Druck Staublawine			
Staudruck und Sogwirkung Staublawine (gesamtes Gebäude inkl. Dach)	q_s	3	kN/m^2

8.2 Prozess Hochwasser

Alle in Kapitel 9.2 beschriebenen Massnahmen sind auf die nachfolgend angegebenen Kräfte zu dimensionieren. Die Berechnungen basieren auf [10]. Parameter wie die Fliesstiefe und Fließgeschwindigkeit wurden vor Ort gutachterlich festgelegt. Für die Tür an der Nordost-Fassade ist von folgenden Parametern auszugehen (Tabelle 7):

Tabelle 7: Berechnete Lastfälle und Schutzhöhen für Wassergefahren.

Standort: Türe Nordostfassade		
maximale Fließgeschwindigkeit *	[m/s]	1
maximale Fließhöhe *	[m]	0.15
Empfohlenes Freibord	[m]	0.1
Minimale Schutzhöhe ab Terrain (massgebend: Kote des Fussweges nordöstlich des Gebäudes)	[m]	0.25
Druck aus hydrodynamischer Beanspruchung	[kN/m ²]	0.8
Druck aus hydrostatischer Beanspruchung	[kN/m ²]	1.6
Massgebende Druckbelastung	[kN/m²]	1.6

* gutachterlich festgelegte Werte

9. Schutzmassnahmen Gebäude

Basierend auf den vorliegenden Resultaten aus Kapitel 8 müssen gegen die Einwirkung von Lawinen Schutzmassnahmen am Gebäude sowie Vorkehrungen gegen Wassergefahren getroffen werden. Für alle geplanten Massnahmen ist der statische Nachweis des Bauwerks vom planenden Ingenieur zu erbringen.

9.1 Prozess Lawinen

9.1.1 Schutzmassnahmen Nordost-Fassade und Dachvorsprung

Das Gebäude wird von Fließlawinen umflossen. Die Einwirkungshöhe von Fließlawinen beim rechtwinkligen Aufprall auf die Gebäudefassade beträgt 4 m ab Terrainoberkante (Tabelle 6). Objektschutzmassnahmen direkt an der Nordost-

Fassade inklusive des neuen Anbaus sind so zu dimensionieren, dass sie bis 4 m Fassadenhöhe ab gewachsenem Terrain einer dynamischen Beanspruchung der Fliesslawine von 18 kN/m^2 und gleichzeitig wirkenden Anprallkräften von mitgeführten Baumstämmen, Felsbrocken, etc. [11] von bis zu 30 kN standhalten (Abbildung 11). Durch die Druck- und Sogwirkungen von Staublawinen muss zudem der Dachvorsprung, der Kreuzfirst und die Lukarne (alle aus Holz) sowie die Nordost-Fassade oberhalb von 4 m ab gewachsenem Terrain (EG aus Beton, 1. Ober- und Dachgeschoss aus Holz; Anhang 1) einem Druck von 3 kN/m^2 standhalten.

Zwei geplante Balkone im 1. OG werden von Fliesslawinen überflossen: ein direkt bergseitig (Nordosten) ausgerichteter Balkon und ein nach Nordwesten ausgerichteter Balkon im Anbau. Auf beide Balkone wirken Fliesslawinendrücken von 18 kN/m^2 bis in eine Höhe von 4 m ab gewachsenem Terrain. Darüber wirken Druck- und Sogwirkungen durch Staublawinen von 3 kN/m^2 (bis zum Dach). Die Balkone müssen den Drücken von bis zu 18 kN/m^2 standhalten und abgestützt werden oder kraftschlüssig mit der Nordost-Fassade bzw. dem Anbau verbunden sein. Zudem kann bis 4 m Gebäudehöhe Lawinenschnee auf den Balkonen abgelagert werden, welcher mit einer Auflast von bis zu 15 kN/m^2 auf die Balkone wirkt. Es wird empfohlen die Beschädigung bzw. Zerstörung der Balkonbrüstungen durch Lawinen in Kauf zu nehmen (z.B. mit Sollbruchstellen). Die Brüstungen können jederzeit erneuert werden, sind allerdings nicht versichert. Es gilt zu beachten, dass beide Balkone bei grosser Lawinengefahr nicht zu nutzen sind.

Die geplanten Fenster, Fensterrahmen und Balkontüren sind so zu dimensionieren, dass sie bis zu einer Höhe von 4 m ab gewachsenem Terrain einer dynamischen Beanspruchung von 18 kN/m^2 standhalten und darüber von 3 kN/m^2 . Die Nutzung von teilvorgespanntem Glas und fassadenbündige Fensterläden, welche bei grosser Lawinengefahr zu schliessen sind, wird empfohlen. Generell wird empfohlen alle bestehenden bergseitig exponierten Fenster mit fassadenbündigen Fensterläden zu schützen. Des Weiteren wird empfohlen, die Eingangstür nach aussen anzuschlagen und so zu dimensionieren, dass sie einem dynamischen Druck von 18 kN/m^2 standhält.

9.1.2 Schutzmassnahmen Südost-Fassade

Die Südost-Fassade wird mit einem Anströmungswinkel von ca. 20° angeströmt (Kapitel 7.1.3, Abbildung 11, Anhang 5). Somit wirkt auf die Gebäudefassade ein maximaler dynamischer Druck von 8 kN/m^2 bis zu einer Einwirkungshöhe von 2.6 m ab gewachsenem Terrain beim Aufprall der Fliesslawine (Tabelle 6).

An der Südost-Fassade werden keine Umbauarbeiten vorgenommen, weshalb dieser Hausteil nicht zwingend zu schützen ist. Es wird trotzdem empfohlen alle Fensteröffnungen mit fassadenbündigen Fensterläden zu schützen, welche bei grosser Lawinengefahr zu schliessen sind.



Abbildung 11: Skizze der Anströmungsrichtungen von Lawinen sowie der vorgeschlagenen Objektschutzmassnahmen Lawinen. OK = Terrainoberkante

9.2 Prozess Wasser

9.2.1 Schutzmassnahmen Türe Nordost-Fassade

Im aktuellen Zustand befindet sich die Türschwelle ca. 12 cm über der Kote des bestehenden Fussweges nordöstlich des Gebäudes. Somit ist die Schutzhöhe nicht erreicht. Zum Erreichen der in Tabelle 7 angegebenen Schutzhöhe empfehlen wir entweder ein Höherlegen der bestehenden Tür um mind. 13 cm gegenüber dem heutigen Zustand oder eine Absenkung des Fussweges um rund 15 cm. Durch eine lokale Absenkung des Fussweges könnte der bestehende Fliessweg akzentuiert werden, damit das Wasser die Hausfassade nicht mehr erreichen kann. Alternativ kann für diesen Gebäudezugang eine druckwasserfeste Türe eingebaut werden. Die Dimensionierungsgrössen sind Tabelle 7 zu entnehmen.

Die weiteren geplanten oder bestehenden Gebäudeöffnungen an dieser Fassade liegen über der Schutzhöhe, weshalb keine Massnahmen notwendig sind.

9.2.2 Schutzmassnahmen Anbau Nordwest-Fassade

Die geplanten Tore am Anbau werden nicht direkt angeströmt und liegen gemäss aktueller Terraingestaltung höher als der hauptsächliche Fliessweg im Falle von Überflutungen. Es ist darauf zu achten, dass das bestehende Gefälle an der Nordwest-Fassade erhalten bleibt. Wir empfehlen dabei ein Gefälle von mindestens 3 % im Bereich der geplanten Tore, damit das Wasser abfliessen kann. Ausserdem empfehlen wir, die Fassade des geplanten Anbaus bis auf die definierte Schutzkote wasserunempfindlich auszugestalten.

10. Mehrgefährdung von Nachbarparzellen

Da die vorgeschlagenen Schutzmassnahmen am beziehungsweise nahe am Gebäude geplant sind und weitgehend bereits bestehen (Ablenkmauer), ist nicht von einer massgeblichen Konzentrierung des Lawinen- oder Wasserabflusses auszugehen. Die Fliesswege der Lawinen und der Überflutungen werden ausserdem nicht verändert. Gemäss der Arbeitshilfe des Kanton Bern [15] verursachen die vorgeschlagenen Objektschutzmassnahmen somit keine unzulässige Gefahrenverlagerung auf Nachbarparzellen.

11. Auswirkungen auf die aktuelle Gefahrenkarte

Die Feldbegehung und die Gefahrenbeurteilung für die Prozesse Lawinen und Wasser (Kapitel 5 und 7) bestätigen die Einschätzung der aktuellen Gefahrenkarte für Parz. Nr. 1727 und deren unmittelbaren Umgebung. Da nur Objektschutzmassnahmen dicht bzw. direkt am Gebäude umgesetzt werden, bleibt die aktuelle Gefahrenkarte bestehen.

12. Schlussfolgerung

Mit der Realisierung der in Kapitel 9 beschriebenen Massnahmen und deren Dimensionierung gemäss Tabelle 6 und Tabelle 7 können die geplanten Um- und Anbauten am Grafhuus vor Lawinen und Wassergefahren zuverlässig geschützt werden.

Zusammenfassend empfehlen wir:

- Kraftschlüssige Verbindung der Balkone mit der Nordost-Fassade,
- Ausreichende Dimensionierung von geplanten Fenstern, Fensterrahmen und Balkontüren sowie Nutzung von teilvorgespanntem Glas und fassadenbündigen Fensterläden,
- Schutz bestehender Fenster der Nordost- und Südost-Fassade mit fassadenbündigen Fensterläden,
- Ausreichende Dimensionierung der Eingangstür, nach aussen angeschlagen,
- Ausreichende Dimensionierung auf Druck- und Sogwirkungen von Dachvorsprung, Kreuzfirst und Lukarne,
- Absenkung des Geländes an der Nordost-Fassade,
- Erhaltung des natürlichen Gefälles entlang der Nordwest-Fassade.

Mit der Umsetzung der Massnahmen sind aus unserer Sicht die formellen Auflagen für ein Baugesuch erfüllt. Im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens ist zu Handen der zuständigen Behörden (Kt. Amt für Wald und Naturgefahren AWN, Oberingenieurkreis) darzulegen, dass die oben formulierten Massnahmen umgesetzt werden. Wir empfehlen Ihnen, dem Baugesuch folgende Unterlagen beizulegen:

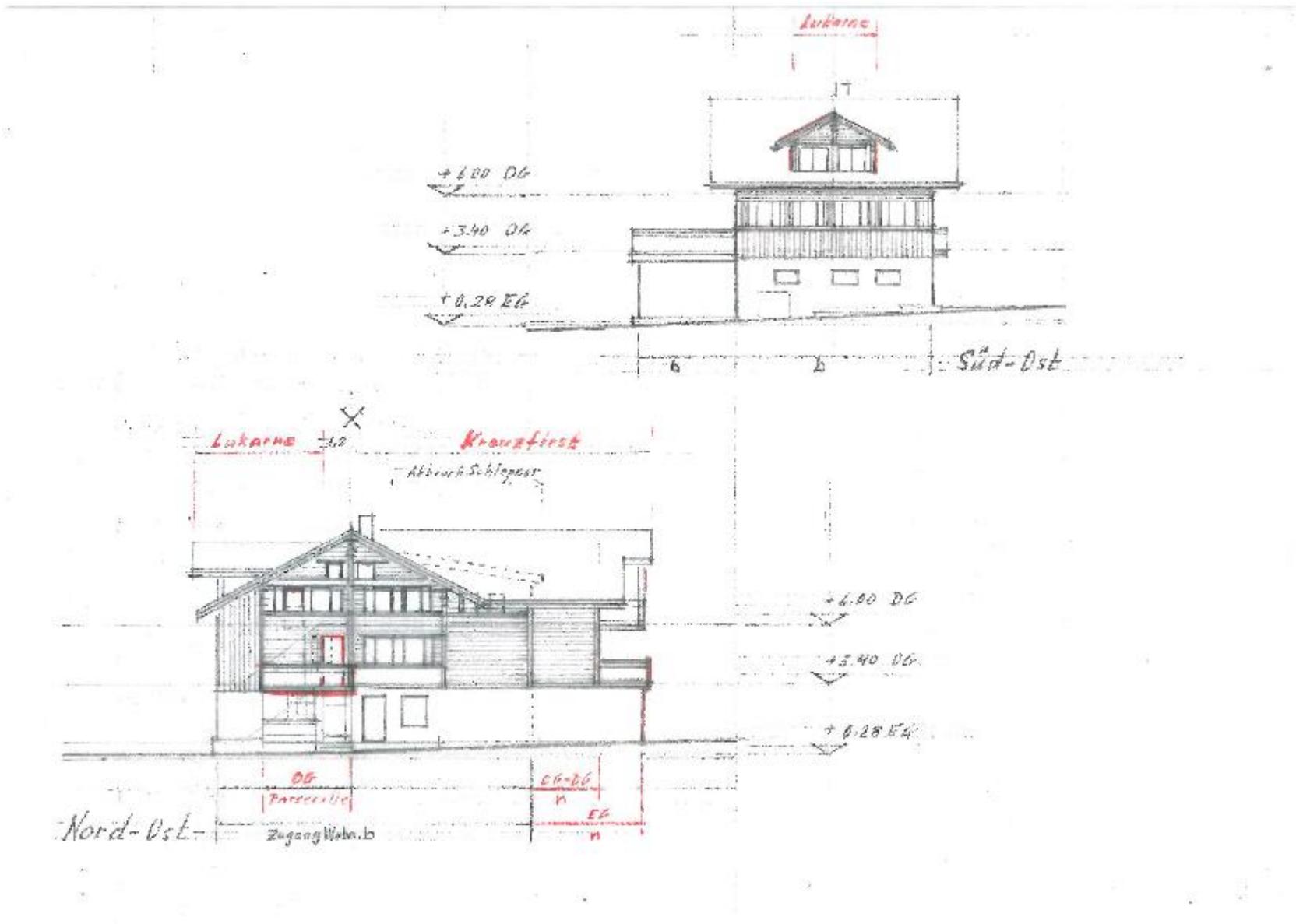
- Vorliegendes Gutachten Objektschutz
- Formular Naturgefahren (Beilage)
- Projektpläne mit integrierten Objektschutzmassnahmen (inkl. Plan der Umgebungsgestaltung)

13. Verwendete Unterlagen

- [1] Graf Architekten + Planer AG (2021): Baupläne (Grundrisse, Schnitte und Fassaden). Planstand 15.10.2021
- [2] Geoportal des Kantons Bern (2021): Lawinen-Ereigniskataster, Kanton Bern, Abteilung Naturgefahren, www.map.apps.be.ch
- [3] Geoportal des Kantons Bern (2021): Ereigniskataster, Kanton Bern, Abteilung Naturgefahren, www.map.apps.be.ch
- [4] Geoportal des Kantons Bern (2021): Gefahrenkarte der Gemeinde Lauterbrunnen für Lawinen und Wasser, www.map.apps.be.ch
- [5] Schutzbautenkataster (2021): Kanton Bern, Abteilung Naturgefahren.
- [6] GEOTEST AG (2013): Gefahrenkarte Lauterbrunnen. Aktualisierter Bericht zur Gefahrenkarte. Bericht Nr. 1412151.1, 11.07.2013
- [7] Kantonale Arbeitsgruppe Naturgefahren AGNagef (2016): Arbeitshilfe zu Art. 6 Baugesetz – Bauen in Gefahrengebieten. 22.06.2016
- [8] Bundesamt für Forstwesen / Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung (1984): Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten
- [9] Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT (2008): Beurteilung der Wirkung von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren als Grundlage für ihre Berücksichtigung in der Raumplanung, Teil B: Lawinen. 43 – 46.
- [10] Egli, Th. (2005): Wegleitung Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren, Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF (Hrsg.), Bern, 2005.
- [11] SIA 261/1 (2020): Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (Hrsg.), Zürich, 01.11.2020, 72 Seiten.
- [12] AWN & SLF (2019): Anrissmächtigkeiten Lawinen Berner Oberland Ost.
- [13] WSL Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF (2015): RAMMS User Manual V1.7 Avalanche.
- [14] SLF (2021): Gumbel Statistik der Beobachterstation Wengen (1WE)
- [15] Tiefbauamt des Kantons Bern (2017): Umgang mit Gefahrenverlagerungen bei Bauten und Anlagen im Überflutungsbereich. Arbeitshilfe vom 17.11.2017

1421124.1
Wengen, OSG Lawine Parz. 1727

Anhang 1 Ansichten des Gebäudes



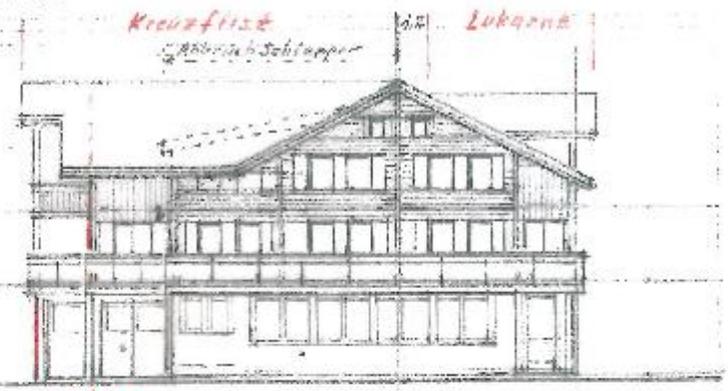
GRATHUUS' Wengiboden 3888 Wengen
 Schweizer Skischule Wengen: Gek.-Nr. 1464b, Parz. Nr. 1727

FASSADEN: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 m

- b. Bestand
- a. Abbruch
- n. Neu

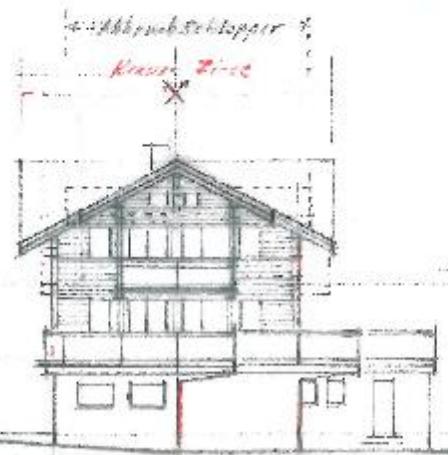
15. DEZ. 2024
 f. graf@grafarch.ch

+ 6.00 DG
 + 3.40 OG
 + 0.20 EG



Süd-West

2.0 3.0 14.00
 n n b

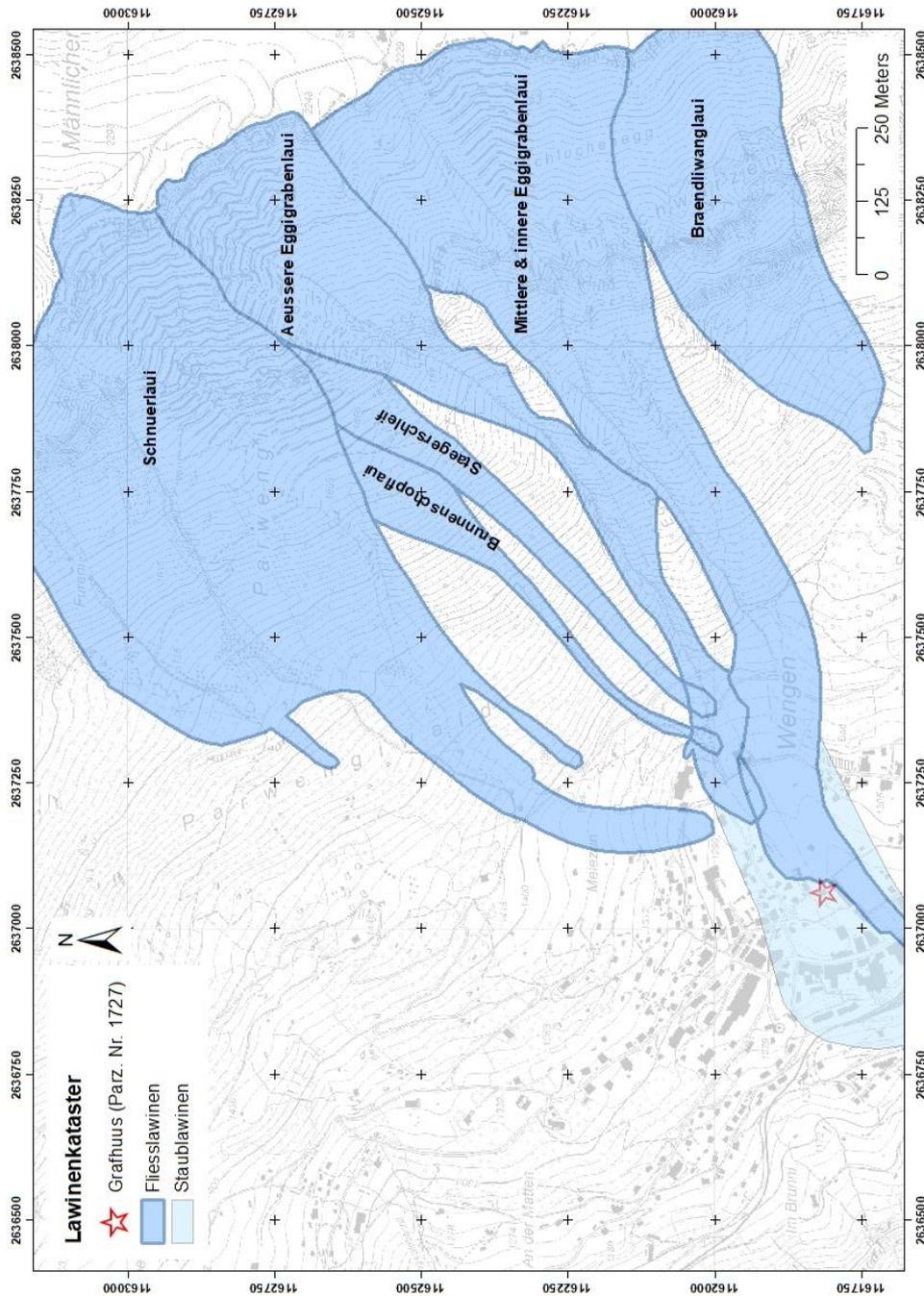


Nord-West

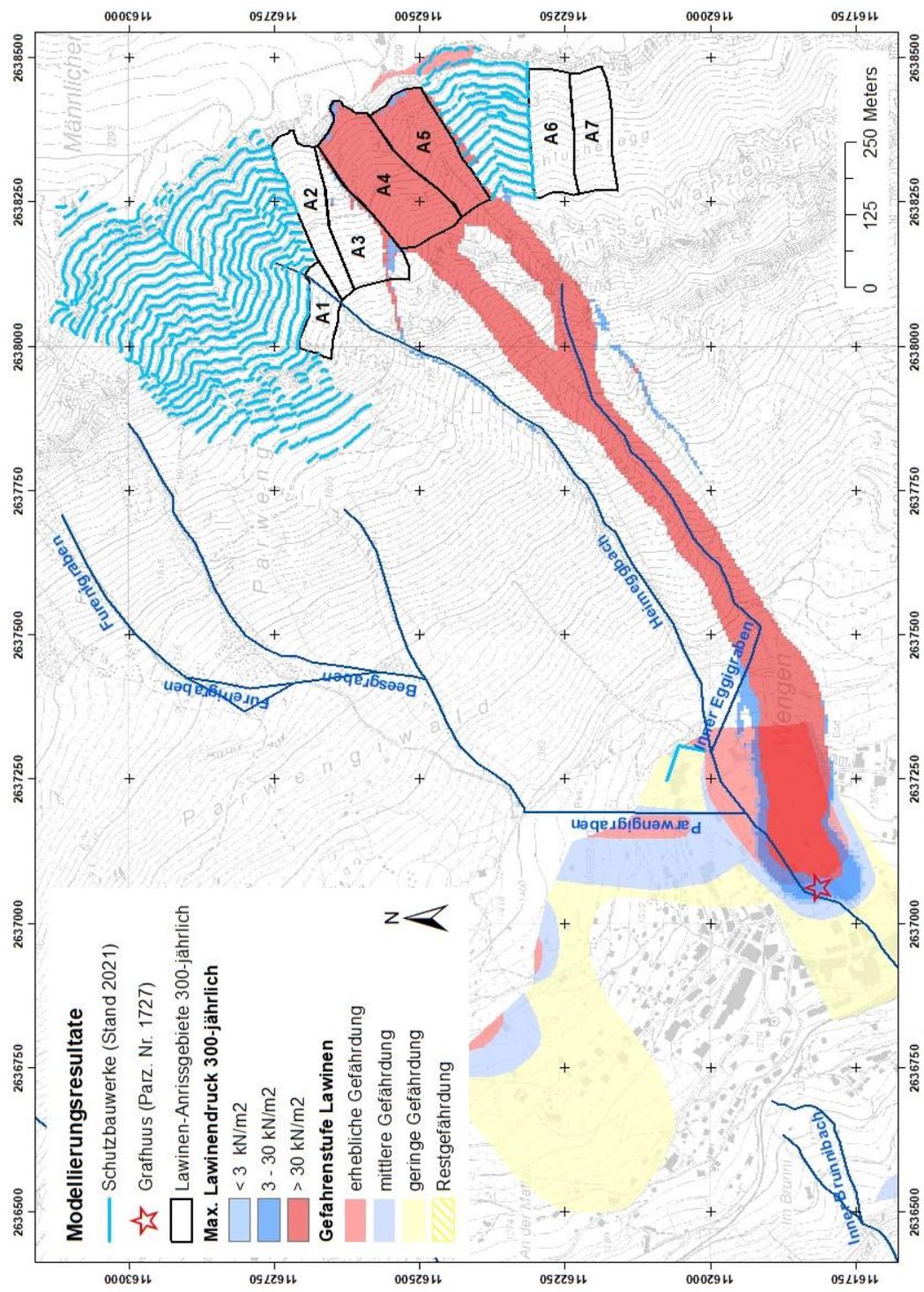
4.4 4.2 b
 n n

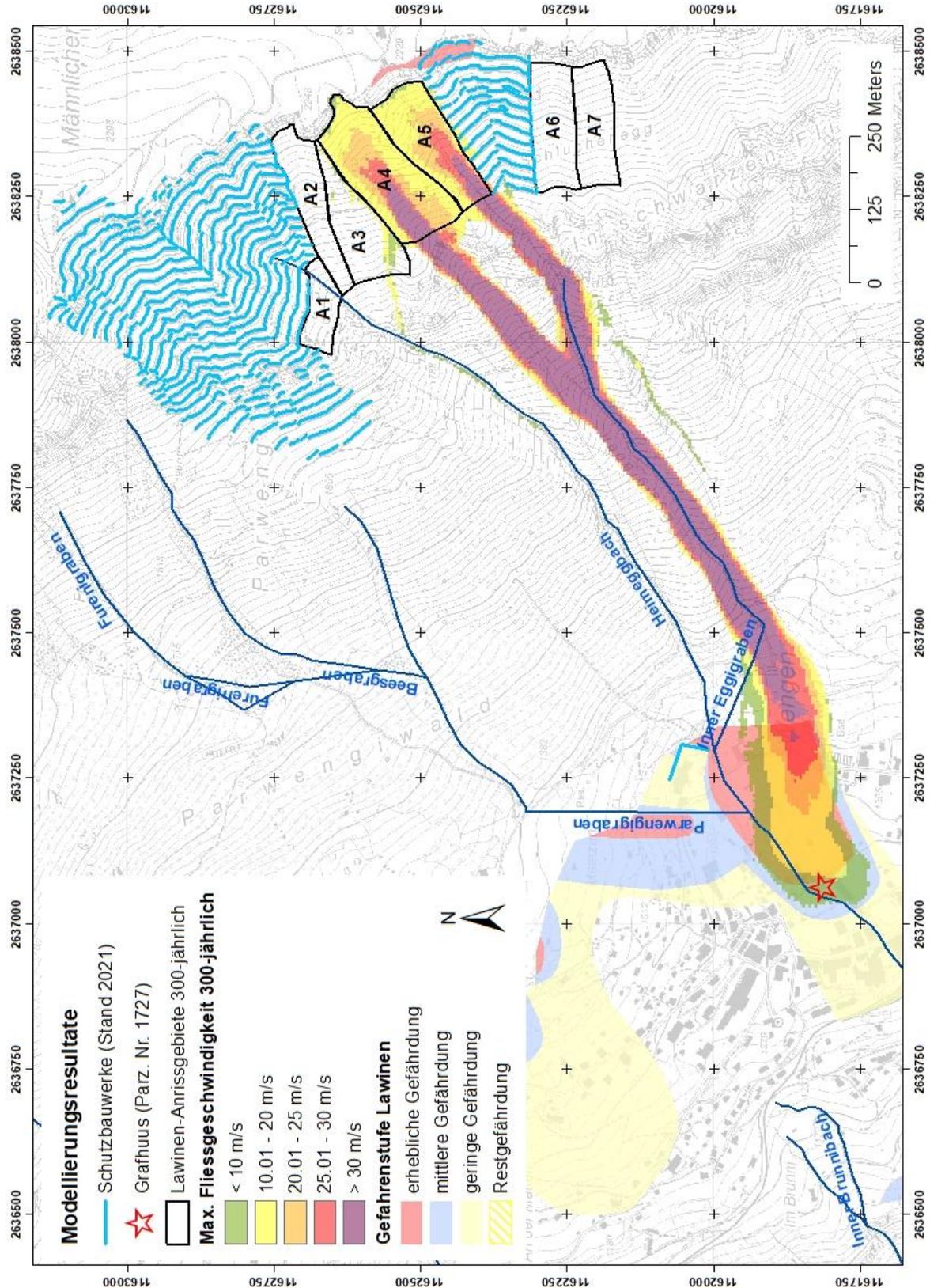
+ 6.00 DG
 + 3.40 OG
 + 0.20 EG

Anhang 2 Lawinenkataster



Anhang 4 Resultate Lawinenmodellierung





Anhang 5 Modellierter Lawinenanströmung auf das Objekt

