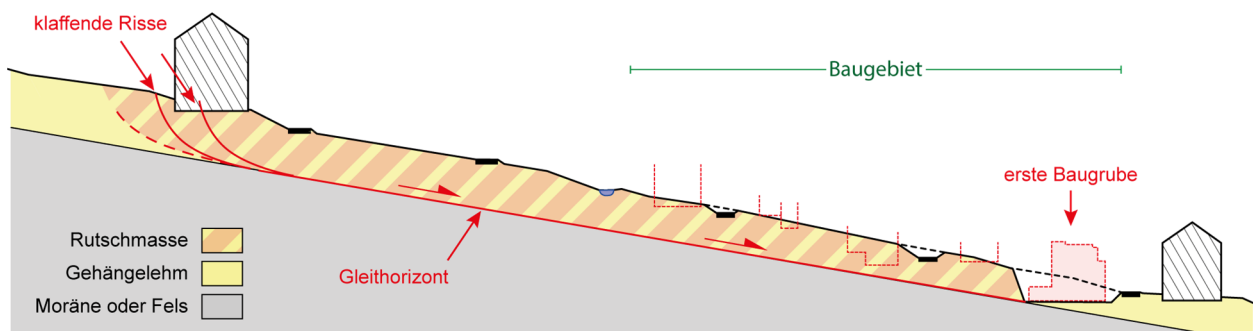


Praxishilfe

Bauen im Rutschgebiet – Hinweise für Bauherrschaften und Baubehörden



1. September 2023

Auftraggeber:

Bundesamt für Umwelt BAFU
Abteilung Gefahrenprävention
3003 Bern

Autoren:

Pierre Gander, Jäckli Geologie AG, Goldau (Projektleitung)
Lukas Inderbitzin, Amt für Wald und Natur, Schwyz
Markus Liniger, Geotest AG, Horw
Klaus Louis, Louis Ingenieurgeologie GmbH, Weggis

Bezugsquelle:

<https://www.inggeol.ch/publikationen>

Inhalt

1. Vorwort	3
2. Einleitung	3
3. Was sind Rutschungen?	3
4. Rutschungen in der Naturgefahrenkarte	5
5. Warum sind Bauvorhaben in Rutschgebieten gefährlich?	6
6. Schäden beim unvorsichtigen Bauen in Rutschgebieten	6
7. Massnahmen zur Risikominderung bei Bauvorhaben	7
8. Literatur	8
9. Glossar	8

Anhänge

Anhang 1, Fallbeispiele:

positive Fallbeispiele

Fallbeispiel 1, Neubau in rutschanfälligem Gebiet (geringe Gefährdung)

Fallbeispiel 2, Überbauung rutschanfälliges Gebiet (mittlere Gefährdung)

Fallbeispiel 3, Überbauung tiefgründiger Rutschhang (geringe Gefährdung)

negative Fallbeispiele

Fallbeispiel 4, Baugrube löst weiträumige Rutschung aus

Fallbeispiel 5, Faches Bauvorgehen destabilisiert Rutschhang

Fallbeispiel 6, Baugrube löst weiträumige Hangdeformationen aus

Anhang 2, Hinweise für Fachpersonen

Anhang 3, «Auflagen betreffend Hangstabilität für Bauten im Gebiet Stockenmatt» (Muster)

Die Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren (AGN) von inggeol.ch – Ingenieurgeologie Schweiz (ehemals Schweizerische Fachgruppe für Ingenieurgeologie SFIG) ist eine Expertenvereinigung von Geologen, welche u.a. die Verbesserung des Umgangs der Schweiz mit Massenbewegungsprozessen zum Ziel hat.

Die AGN will das Bewusstsein für «heikle Baugebiete im gelben Gefahrenbereich» fördern. Behörden, Bauherrschaften und Planer sollen dazu angehalten werden, in Rutschgebieten umsichtig zu bauen. Hierfür wurde die vorliegende Praxishilfe «Bauen im Rutschgebiet» verfasst (Bezugsquelle: <https://www.inggeol.ch/publikationen>).

1. Vorwort

Die Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren (AGN-DNG) von inggeol.ch – Ingenieurgeologie Schweiz will das Bewusstsein wecken, dass Bauvorhaben im gelben Gefahrenbereich tückisch sein können. Baubehörden und Planer sollen Bauherren dazu anhalten, in Rutschgebieten angemessen und umsichtig zu projektieren und zu bauen.

Die vorliegende Praxishilfe richtet sich an Nicht-Fachleute (wie z.B. Bauherrschaften, Architekten und Behörden), die mit Rutschprozessen nicht vertraut sind. Sie zeigt auf, weshalb Bauen in Rutschgebieten anspruchsvoll ist und wie Risiken dank fachgerechtem Vorgehen reduziert werden können. Fallbeispiele veranschaulichen die Problematik. Der *Anhang für Fachleute* gibt Hinweise, macht konzeptionelle Vorschläge und enthält musterhafte Auflagen, welche die adäquate Planung von Bauvorhaben, Einzonung von Baugebieten oder Bewilligung von Baugesuchen erleichtern. Auf besonders sensible Objekte (z.B. Stauanlagen, Druckleitungen) mit hohem Schadenpotenzial wird nicht eingegangen.

Die Erarbeitung dieser Praxishilfe wurde durch das Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Gefahrenprävention beauftragt und von der Stiftung suisse.ing finanziell unterstützt. Die Gemeinde Sarnen und die Dr. Vollenweider AG stellen musterhafte Auflagen zur Verfügung (Anhang 3). Diese Beiträge werden freundlich verdankt.

2. Einleitung

Bauvorhaben in Rutschgebieten können die Geschwindigkeit von natürlichen Hangbewegungen beschleunigen oder Teile des Hanges destabilisieren. Dies kann weitreichende Folgen für das Bauvorhaben selber, aber auch für umliegende Grundstücke haben.

Rutschgebiete mit langsamen, natürlichen Hangbewegungen sind in den kantonalen Naturgefahrenkarten meist als Gebiete mit geringer (gelbe Gefahrenstufe) bis mittlerer (blaue Gefahrenstufe) Gefährdung ausgeschieden. Die Naturgefahrenkarten zeigen die Gefährdung im ungestörten, natürlichen Zustand und liefern wichtige Informationen wie z.B. die natürliche Rutschgeschwindigkeit. Bauliche Eingriffe sind oft verbunden mit Veränderungen der Topografie oder der Wasserverhältnisse und stellen daher eine *Zustandsänderung* dar. Baueingriffe in solchen labilen Hängen sind heikel und können Rutschungen beschleunigen oder aktivieren. Dieses Gefahrenpotenzial ist in der Gefahrenkarte nicht ersichtlich und ist projektabhängig. Baubehörden erlassen Auflagen vielfach nur bei blauer Gefahrenstufe. Bei gelber Gefahrenstufe erfolgt meist ein genereller Hinweis auf die Gefährdung durch Rutschungen.

Deshalb ist die tatsächliche Gefährdung für Bauvorhaben im gelben Gefahrenbereich für Nichtfachleute kaum erkennbar. Die Risiken werden unterschätzt. Dies obschon einschlägige Normen für Bauvorhaben geologisch-geotechnische Untersuchungen vorschreiben und bezüglich der Gefährdung durch Rutschungen entsprechende Hinweise machen (z.B. Sicherheitsnachweise für besonderen Lastfall; vgl. Kapitel 8). Als Folge davon entstehen immer wieder erhebliche baubedingte Schäden mit langwieriger juristischer Aufarbeitung.

Mit einer sachgerechten Planung, Projektierung und Bauausführung kann das Schadenrisiko jedoch auf ein akzeptables Mass reduziert werden.

3. Was sind Rutschungen?

Rund 6% der Gesamtfläche der Schweiz sind instabile Hänge. Sie werden in der Fachsprache als permanente Rutschungen bezeichnet. Die Bewegungen sind das Ergebnis eines Bruches im Untergrund und der Ausbildung eines Gleithorizonts. Eine bedeutende Rolle spielen die Wasserverhältnisse im Untergrund, welche massgeblich von der Witterung beeinflusst werden. In solchen Gebieten können vermeintlich stabile Hänge ins Rutschen kommen.

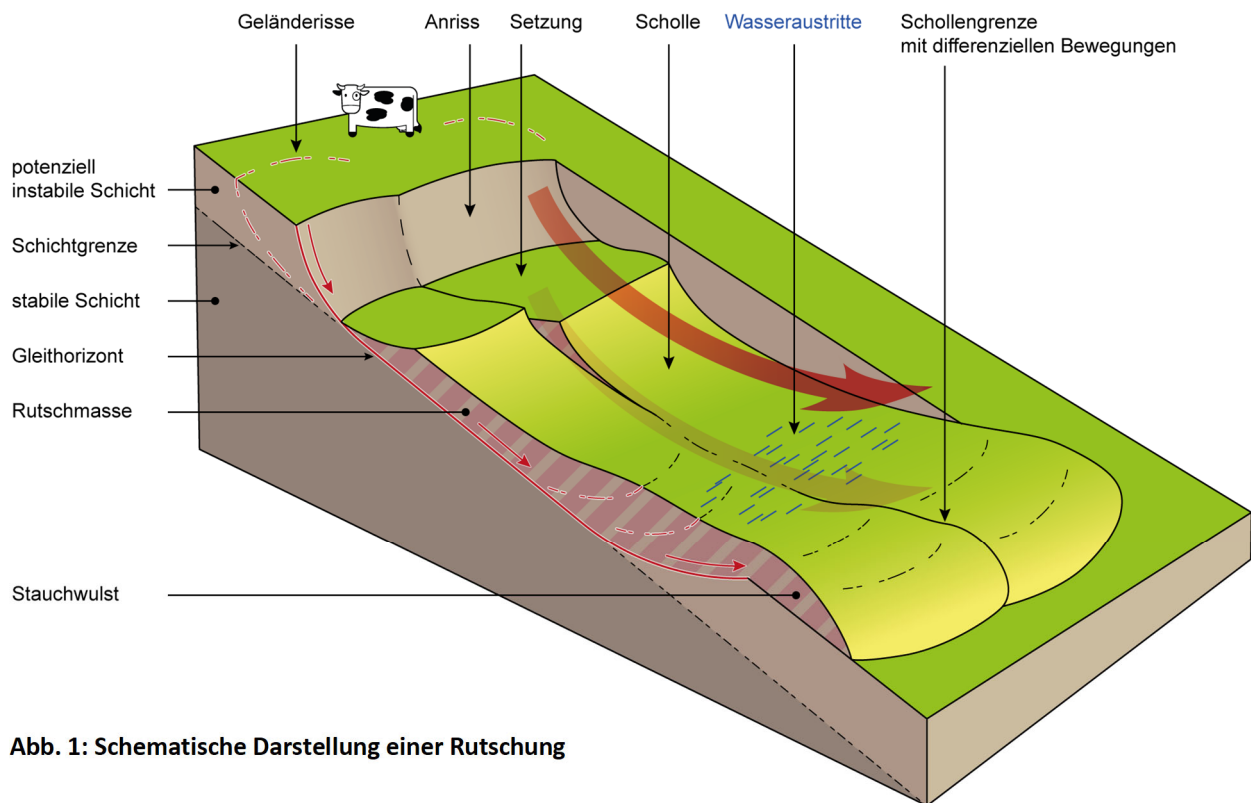


Abb. 1: Schematische Darstellung einer Rutschung

Viele Rutschhänge sind alt und heute scheinbar stabil oder bewegen sich nur langsam. Die treibenden sind mit den rückhaltenden Kräften im Gleichgewicht. Dieses labile Gleichgewicht kann durch kleine natürliche oder künstliche Veränderungen wie etwa Starkniederschläge oder Baueingriffe empfindlich gestört werden. Dies kann zu einer Aktivierung der Rutschung führen, wobei im Extremfall die Rutschgeschwindigkeiten rasch von Null auf viele Meter pro Jahr anwachsen können. Ein besonderes Phänomen bei permanenten Rutschungen sind Schollen innerhalb der Rutschung, welche sich unterschiedlich schnell bewegen und damit an Übergängen zu Zerscherungen mit differentiellen Bewegungen führen.



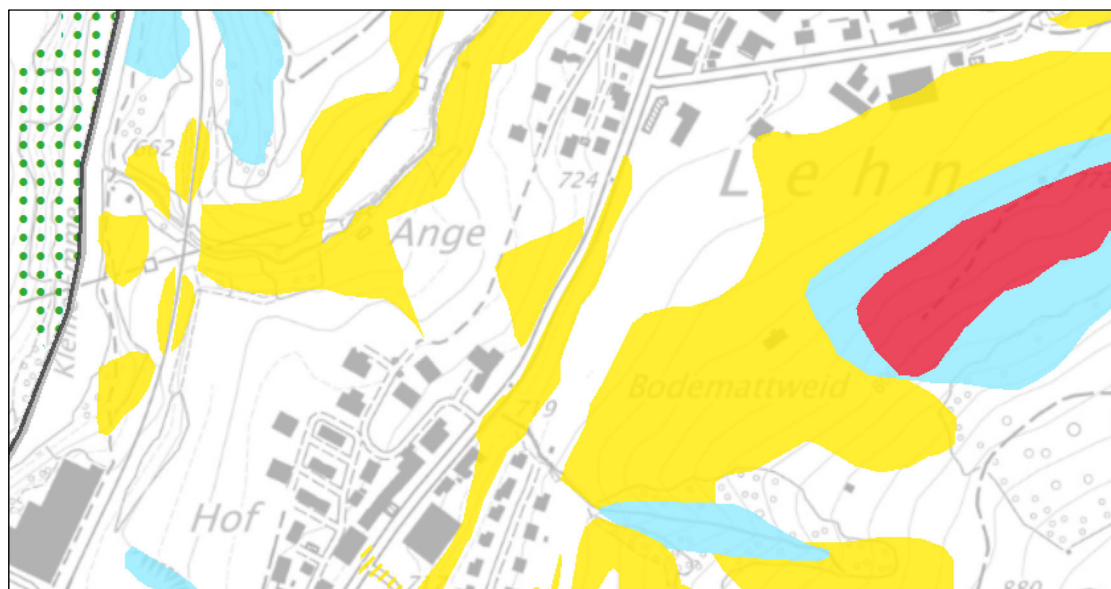
Abb. 2: Baubedingt ausgelöste Instabilität in einem rutschanfälligen Gebiet

Rutschungen sind nicht auf steile Hanglagen beschränkt, sondern treten auch in relativ flachem Gelände mit 10–15°, in Extremfällen unter 10° Neigung auf. Sie können wenige Aren bis mehrere Quadratkilometer gross sein.

Die Tiefe eines Gleithorizonts und damit die Mächtigkeit einer Rutschmasse variiert stark. Während flachgründige Rutschungen maximal wenige Meter mächtig sind, reichen mittelgründige Rutschungen bis in 10 m Tiefe. Tiefgründige und sehr tiefgründige Rutschungen können mehrere Zehnermeter bis hunderte Meter mächtig sein. Naturgefahrenkarten machen dazu meist keine klaren Angaben.

4. Rutschungen in der Naturgefahrenkarte

Naturgefahrenkarten und die dazugehörigen erläuternden technischen Berichte zeigen, wo Naturgefahrenprozesse vorkommen können. Sie bilden in erster Linie eine fachliche Grundlage für die Ausarbeitung kommunaler Zonen- und Nutzungspläne. Die Naturgefahrenkarte zeigt die Gefährdung von Rutschungen in drei Stufen bzw. Farben (vgl. Abb. 3). Sie zeigen hingegen nicht, welche Risiken mit den dargestellten Gefahrenprozessen verbunden sind.



Gefahrenstufe	Gefährdung	Rutschgeschwindigkeit	Zu erwartende Schäden an Bauten (raumplanerische Bedeutung)
weiss	keine	–	–
gelb	gering	≤ 2 cm / Jahr	gering («Hinweisbereich»)
blau	mittel	2–10 cm / Jahr	mittel («Gebotsbereich»)
rot	erheblich	> 10 cm / Jahr	stark / Zerstörung («Verbotsbereich»)

Abb. 3: Beispielhafter Ausschnitt einer Naturgefahrenkarte für Rutschprozesse

Bei einer Rutschung erfolgt die Zuweisung zu einer Gefahrenstufe im Wesentlichen aufgrund der durchschnittlichen, natürlichen Rutschgeschwindigkeit. Berücksichtigt werden aber auch das Potenzial für natürliche Reaktivierungen und Differenzialbewegungen, welche verschärfend wirken. Die Mächtigkeit der Rutschmasse spielt ebenfalls eine Rolle.

Ist in der Naturgefahrenkarte eine geringe Gefährdung (gelbe Gefahrenstufe) ausgeschieden, bedeutet dies, dass die durchschnittliche langjährige Geschwindigkeit höchstens zwei Zentimeter pro Jahr beträgt und kaum mit Beschleunigungen und Differenzialbewegungen gerechnet werden muss.

Die Gefahreneinstufung bezieht sich nur auf natürliche, ungestörte Verhältnisse. Eine Naturgefahrenkarte berücksichtigt keine künftigen baulichen Eingriffe. Die Informationen, welche aus der Naturgefahrenkarte entnommen werden können, sind als Grundlage für die Projektierung von Bauvorhaben ungenügend. Hierfür sind projektbezogene geologisch-geotechnische Untersuchungen unerlässlich.

5. Warum sind Bauvorhaben in Rutschgebieten gefährlich?

Rutschungen können über lange Zeit scheinbar stabil sein. Die drohende Gefahr ist auch für Fachpersonen nicht einfach zu erkennen. Eine Störung des labilen Gleichgewichts kann eine Rutschung aktivieren. Nasse und regnerische Perioden können dazu führen, dass der Wassergehalt, der Hangwasserspiegel bzw. der Porenwasserdruck im Untergrund ansteigen und Rutschungen aktiviert werden.

Bauliche Eingriffe in den Untergrund, wie Baugruben oder Schüttungen stören das labile Gleichgewicht eines Hanges und können diesen ins Rutschen bringen. Baulich ausgelöste Rutschprozesse treten meist unmittelbar auf und sind intensiv. Typische baubedingte Ursachen sind die folgenden:

- talseitiges Abgraben (z.B. Baugrube)
- hangseitige Auflasten (z.B. Aushubdepot)
- Eintrag von Wasser in den Untergrund/Gleitfläche (z.B. Abhumusieren, Drainagen, Lecks)

Anhang 1 zeigt in drei konkreten negativen Fallbeispielen auf, welche Folgen unvorsichtige Bautätigkeit in Rutschgebieten haben kann.

6. Schäden beim unvorsichtigen Bauen in Rutschgebieten

Rutschungen bedrohen nur selten Leib und Leben. Für Bauwerke selbst und bestehende Nachbarbauten können sie aber weitreichende Folgen haben und grosse Schäden verursachen. Diese Schäden sind zunächst meist Rissbildungen sowie vertikale und horizontale Versätze in Gebäuden, Strassen oder Werkleitungen. Bei fortschreitenden Geländebewegungen kommt bei Gebäuden die Gefahr einer Verkippung dazu. Schäden können soweit führen, dass Strassen unpassierbar und Gebäude aufgrund von Einsturzgefahr unbewohnbar werden. Besonders tückisch sind unsichtbare Schäden im Untergrund, z.B. eine auseinandergerissene Wasserleitung, welche ihrerseits Folgegefahren, wie z.B. Hangmuren, auslösen kann.

Schadenfälle haben fast immer ein juristisches Nachspiel. Die Klärung der Ursache und der Verantwortlichkeiten ist sehr aufwändig. Oft ist die rechtliche und versicherungstechnische Aufarbeitung anspruchsvoller als die eigentliche Sicherung des reaktivierten Rutschhangs.

7. Massnahmen zur Risikominderung bei Bauvorhaben

Auch in gutmütigem Baugrund sind beim Bauen gewisse Immissionen (z.B. Lärm, Erschütterungen) und kleinere Schäden (z.B. lokale Setzungen) zu erwarten und müssen von der Bauherrschaft und deren Nachbarn – solange zumutbar – akzeptiert werden (Zivilgesetzbuch, ZGB). Aber auch in den meisten Rutschgebieten lassen sich Bauvorhaben mit der nötigen Umsicht mit vertretbaren Risiken und Schäden planen und realisieren. Die fachgerechte Projektierung und Bauausführung eines Bauvorhabens in einem Rutschhang kostet Zeit und Geld. Angesichts der möglichen Bauschäden lohnt sich dieser Aufwand jedoch allemal.

Für die Baubehörden sind die folgenden Punkte von zentraler Bedeutung:

- Bei der Einzonung: Ausscheiden von Bereichen mit speziellen Auflagen im Bau- und Zonenreglement zum Umgang mit Rutschprozessen (vgl. *Anhang 3*).
- Stabilitätsnachweise und Überwachungskonzepte sollten im Bau- und Zonenreglement als auflagenrelevant definiert sein.
- Bei der Baubewilligung: Verlangen von Stabilitätsnachweisen für Bau- und Endzustände basierend auf detaillierten, projektspezifischen geologisch-geotechnischen Baugrunduntersuchungen.
- Für die Baueingabe: Einforderung eines Konzeptes für Überwachung, Kontrolle und Intervention während der Bauphase.

Für Bauherrschaften und deren Planer sind zur Minimierung des Schadenrisikos folgende Punkte essenziell:

- Umsichtige Planung unter Beizug von ausgewiesenen Fachpersonen (Bauingenieure/Geotechniker und Geologen mit einschlägiger Erfahrung).
- Detaillierte Kenntnisse der Baugrundverhältnisse gestützt auf aussagekräftigen geologisch-geotechnischen Baugrunduntersuchungen.
- Robuste Konzipierung und Bemessung des Bauvorhabens.
- Adäquate Bauüberwachung gemäss einem Konzept für Überwachung, Kontrolle und Intervention während der Bauphase.

Die Bauherrschaften sind letztlich auch dafür verantwortlich, dass die erforderlichen Fachpersonen für die Planung und Ausführung eines Bauvorhabens beauftragt werden. Folgende Rollenverteilung ist typisch und hat sich bewährt:

- Eine Architekturfirma oder eine Generalunternehmung haben die Gesamtprojektleitung inne und stellen während der Bauphase die Bauleitung. Die Bauleitung ist für die Bauüberwachung verantwortlich.
- Ein Bauingenieurbüro verfasst die Projektpläne und die erforderlichen Sicherheitsnachweise (Projektverfasser). Während der Bauphase hat es die geotechnische Fachbauleitung inne.
- Ein Geologiebüro liefert die geologisch-geotechnischen Grundlagen (Spezialist). Während der Bauphase berät es die Bauleitung gemäss Aufgebot.

Anhang 1 zeigt in drei konkreten *positiven Fallbeispielen* auf, dass auch in potentiell heiklen Rutschgebieten erfolgreich gebaut werden kann.

Der *Anhang 2* enthält weitergehende Hinweise und Empfehlungen für Fachleute.

8. Literatur

- www.planat.ch/de/wissen/rutschung-und-felssturz
- BAFU (Hrsg.) 2016: Schutz vor Massenbewegungsgefahren. Vollzugshilfe für das Gefahrenmanagement von Rutschungen, Steinschlag und Hangmuren. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1608:98 S.
- Tobler Daniel (ML), Riner Rachel, Huwiler Andreas, Wohlwend Stephan 2019: Skript Modul Rutschungen. Praxiskurs Gefahrenbeurteilung gravitative Naturgefahren. Fachleute Naturgefahren Schweiz FAN. V. 0.1, 44 S.
- Schweizer Norm 505 267, Geotechnik
- Schweizer Norm 505 267/1, Geotechnik - Ergänzende Festlegungen
- Schweizer Norm 505 261, Einwirkungen auf Tragwerke
- Schweizer Norm 505 261/1, Einwirkungen auf Tragwerke, Ergänzende Festlegungen
- Schweizer Norm 670 305, Überwachung von Bauwerken in nicht stabilem Gelände, inkl. Anhang Liste der häufigsten Beobachtungsinstrumente

9. Glossar

- | | |
|--------------------------|--|
| - artesischer Druck | Druckniveau, welches über Terrain liegt |
| - Baugrundwert | Kennwert für Eigenschaften des Baugrunds |
| - Differenzialbewegungen | unterschiedlich starke Bewegungen |
| - Hangmure | untiefe Rutschung aus Boden, Vegetation und Wasser («Schlipf») |
| - Hangwasserspiegel | Wasserspiegel im Untergrund |
| - Inklinometer | Messrohr in Bohrung zur Messung von Geländebewegungen |
| - labiles Gleichgewicht | Gegensatz zu stabilem Gleichgewicht |
| - Lockergestein | Untergrundmaterial; Gegensatz zu Fels |
| - Porenwasserdruck | Wasserdruck in Poren im Untergrund |
| - Rühlwand, gespriesste | Baugrubensicherung |
| - Scherfestigkeit | Festigkeit (des Untergrunds) gegen Zerschierung |
| - Systemvernagelung | Baugrubensicherung |

Praxishilfe

Bauen im Rutschgebiet – Hinweise für Bauherrschaften und Baubehörden

1. September 2023

Anhang 1, Fallbeispiele

Inhalt

positive Fallbeispiele

- Fallbeispiel 1, Neubau in rutschanfälligem Gebiet (geringe Gefährdung)
- Fallbeispiel 2, Überbauung in rutschanfälligem Gebiet (mittlere Gefährdung)
- Fallbeispiel 3, Überbauung in tiefgründigem Rutschhang (geringe Gefährdung)

negative Fallbeispiele

- Fallbeispiel 4, Baugrube löst weiträumige Rutschung aus
- Fallbeispiel 5, Forisches Bauvorgehen destabilisiert Rutschhang
- Fallbeispiel 6, Baugrube löst weiträumige Hangdeformationen aus

Bauen im Rutschgebiet – Hinweise für Bauherrschaften und Baubehörden

Fallbeispiel 1

Neubau in rutschanfälligem Gebiet (geringe Gefährdung)

Zusammenfassung

Die Überbauung in einem leicht geneigten Grundstück in einem geologisch heiklen, rutschanfälligen Gebiet wurde umsichtig projektiert und ohne Schäden realisiert.

Ausgangslage

Das Projektgebiet ist in der Naturgefahrenkarte des Kantons als Rutschung mit geringer (gelb) Gefährdung klassiert. Hier besteht der Untergrund aus mächtigen, tonig-siltigen («lehmigen») eiszeitlichen Seeablagerungen. Diese wurden mehrfach durch einen Gletscher überfahren und sind heute massiv vorbelastet, steif und wirken wie kompakter, guter Baugrund. Sie enthalten jedoch alte, glazial angelegte Gleitflächen. Diese sind heute zwar inaktiv, können aber durch baubedingte Eingriffe leicht reaktiviert werden, wodurch Rutschungen ausgelöst werden können. Der Baugrund im Projektgebiet ist somit tückisch. Bereits kleine (Baugruben-)Böschungen sind stabilitätsmässig äusserst kritisch. In der Vergangenheit kam es hier bei verschiedenen Bauvorhaben zu Böschungsversagen, was zu Bauverzögerungen und Schäden führte.

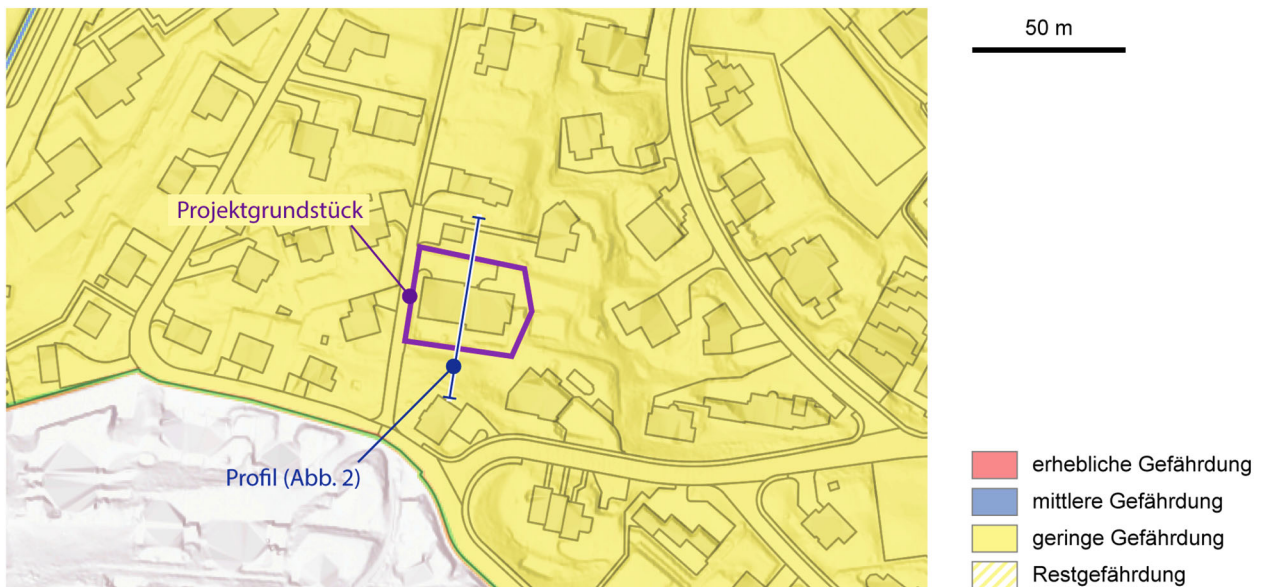


Abb. 1: Ausschnitt aus kantonaler Naturgefahrenkarte

Ablauf

Im vorliegenden Fallbeispiel wurde inmitten eines Wohngebiets auf einem Grundstück in Hanglage ein Mehrfamilienhaus mit 5 Geschossen inklusive 2 Untergeschossen erstellt. Die hierfür erforderliche Baugrube war 8 m tief und reichte hangseits unmittelbar an die Nachbarparzelle heran.

Für die Projektierung der Tiefbauarbeiten wurde ein Geologiebüro mit der geologisch-geotechnischen Baugrunduntersuchung mit Kernbohrungen und Rammsondierungen beauftragt. Der Geologe erkannte

in den gewonnenen Bohrkernen alte Gleitflächen. Die Bohrungen wurden für die spätere Bauüberwachung mit Inklinometerrohren ausgerüstet. Im geologisch-geotechnischen Bericht wurden die heiklen geologischen Baugrundverhältnisse ausgewiesen und die kritischen Stabilitätsverhältnisse beschrieben. Wegen des Vorhandenseins alter Gleitflächen wurden Baugrundwerte mit entsprechend reduzierten Scherfestigkeiten angegeben. Der Bericht enthielt zudem bautechnische Hinweise, insbesondere zur sicheren Konzeption der Baugrubensicherung. Weiter wurde darauf hingewiesen, dass eine Bauüberwachung mit einem Überwachungs- und Kontrollplan zwingend erforderlich sei. Für die Überwachung wurden u.a. weitere Inklinometermessungen empfohlen, womit sich allfällige, evtl. baubedingt ausgelöste Kriech- und Rutschbewegungen des hangseitigen Geländes frühzeitig erkennen lassen. Dies ist essentiell, um ggf. rechtzeitig Gegenmassnahmen ergreifen zu können.

Der projektierende Bauingenieur konzipierte in Absprache mit dem Geologiebüro die hangseitige Baugrubensicherung mit einer rückverankerten und gespriessten Rühlwand. Zur Überwachung wurden Inklinometer sowie diverse geodätische Messpunkte installiert und regelmässig vermessen.

Die Tiefbauarbeiten verliefen ohne nennenswerte Probleme und der Neubau wurde fertig gestellt.

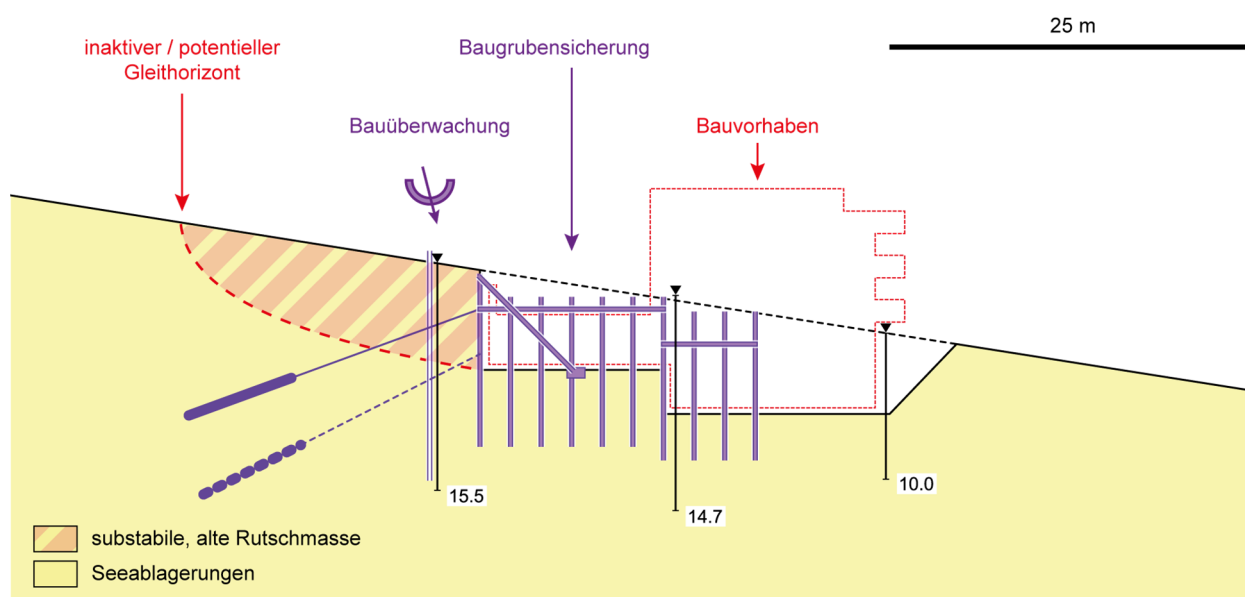


Abb. 2: Längsprofil mit Baugruben- und Bauüberwachungskonzept

Die Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren (AGN) von inggeol.ch – Ingenieurgeologie Schweiz (ehemals Schweizerische Fachgruppe für Ingenieurgeologie SFIG) ist eine Expertenvereinigung von Geologen, welche u.a. die Verbesserung des Umgangs der Schweiz mit Massenbewegungsprozessen zum Ziel hat.

Die AGN will das Bewusstsein für «heikle Baugebiete im gelben Gefahrenbereich» fördern. Behörden, Bauherrschaften und Planer sollen dazu angehalten werden, in Rutschgebieten umsichtig zu bauen. Hierfür wurde die vorliegende Praxishilfe «Bauen im Rutschgebiet» verfasst (Bezugsquelle:

<https://www.inggeol.ch/publikationen>).

Bauen im Rutschgebiet – Hinweise für Bauherrschaften und Baubehörden

Fallbeispiel 2

Überbauung in rutschanfälligem Gebiet (mittlere Gefährdung)

Zusammenfassung

In einem bis zu 30° steil geneigten Hang war der Neubau von 12 EFH geplant. Der Untergrund ist aus Gängeablagerungen mit nur geringen Scherfestigkeiten aufgebaut, die empfindlich auf Wasser reagieren. Hier besteht eine bekannte und ausgewiesene, mittel- bis tiefgründige Rutschung, die in der kantonalen Naturgefahrenkarte als «blaues Gefahrengebiet» ausgemessen ist.

Angesichts dieser bautechnisch ungünstigen topografischen und geologischen Verhältnisse könnte bei unvorsichtigen Aushubarbeiten die Rutschung reaktiviert werden. Deshalb hat die Gemeinde im Baugesuchsverfahren strikte Auflagen erlassen, welche im Rahmen von umfassenden geologisch-geotechnischen Baugrunduntersuchungen noch weiter zu konkretisieren waren.

Vor, während und nach der Bauphase wurden die behördlichen Auflagen sowie die von den Geologen empfohlenen Massnahmen gewissenhaft und sorgfältig umgesetzt. Der Hang ist mittlerweile fast vollständig überbaut und es sind keine relevanten (Re-)Aktivierungen der Rutschung und daraus resultierende Schäden aufgetreten.

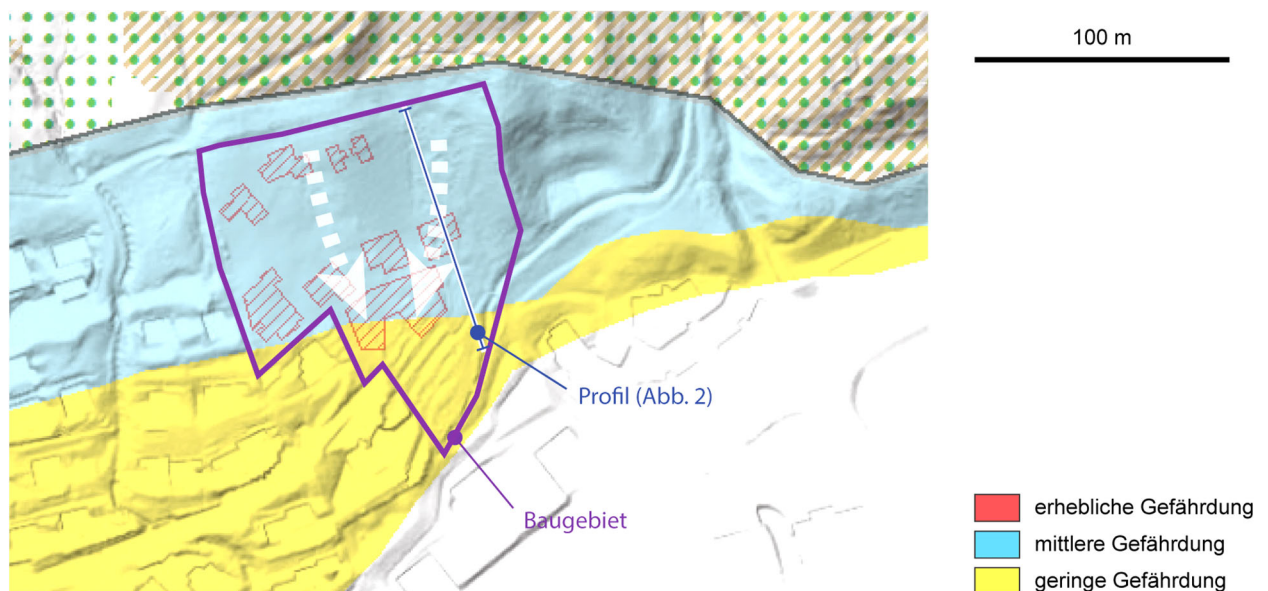


Abb. 1: Ausschnitt aus kantonaler Naturgefahrenkarte

Ausgangslage

Der bis zu 30° steile Hang liegt gemäss der kantonalen Naturgefahrenkarte aufgrund von Rutschprozessen geringer Intensität und Reaktivierungspotenzial im «blauen Gefahrenbereich».

Die 10–20 m mächtige Rutschmasse besteht aus überwiegend tonigem Silt («Lehm») mit Sand- und Kies und organischen Resten bis hin zu ganzen Baumstämmen. Sie ist in verschiedenen Tiefen mit alten, potenziell reaktivierbaren Gleithorizonten durchsetzt. Die Hangoberfläche neigt bei starker Durchnässung zu spontanen Sekundärrutschungen und Hangmuren. Der Hang ist somit nur in einem labilen Gleichgewicht.

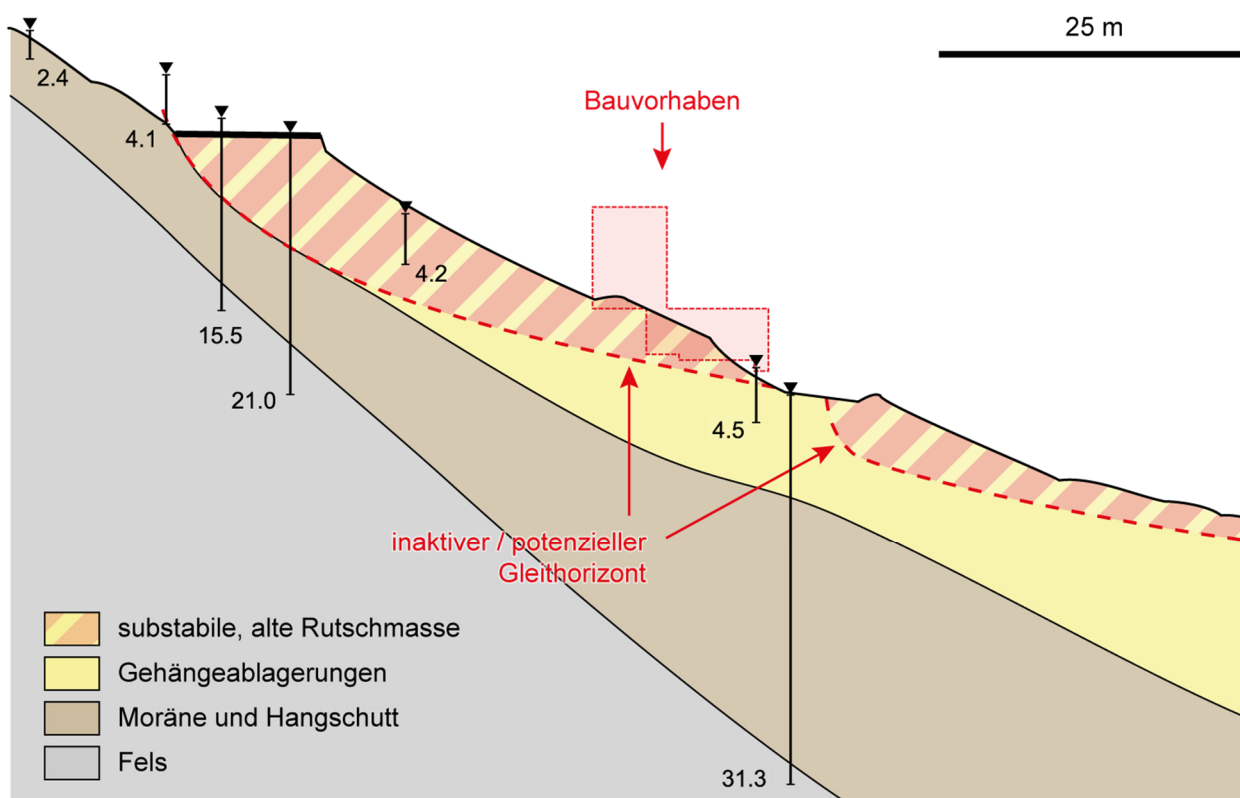


Abb. 2: Schematisches, geologisches Längsprofil durch Baugebiet bzw. Rutschhang

Das Lockergestein ist vorwiegend schlecht wasserdurchlässig; es gibt aber auch geringmächtige durchlässigere Zwischenschichten. Diese Verhältnisse führen bei Starkniederschlägen zu hohen Porenwasserdrücken im Untergrund, wodurch die Scherfestigkeit der Rutschmasse herabgesetzt und Kriech- und Rutschbewegungen ausgelöst werden können. Unsachgemässe bauliche Eingriffe, wie z.B. hohe ungesicherte Hanganschnitte oder Aufschüttungen, können latente Gleitflächen reaktivieren oder bestehende Rutschbewegungen beschleunigen. Solche Rutschprozesse können bis weit hangauf- und hangabwärts über den eigentlichen Baubereich hinausgreifen.

Gemäss dem Bau- und Zonenreglement waren unter anderem für jedes einzelne Bauprojekt folgende Auflagen zu befolgen (Auflistung nicht abschliessend):

- Es ist ein projektspezifisches geologisch-geotechnisches Baugrundgutachten von einer ausgewiesenen Fachperson zu erstellen. Dieses muss für das Projekt eine Beurteilung der Baugrundverhältnisse und der Rutschgefahr enthalten.
- Die Gesamtstabilität des Hangs im Bau- und Endzustand ist rechnerisch nachzuweisen.

- Für den Endzustand ist eine ausgeglichene Massenbilanz anzustreben, d.h. das Gewicht des entfernten Aushubmaterials und das der neuen Bauten sollen möglichst gleich gross sein.
- Baumethoden und Arbeitsabläufe sind so zu wählen, dass die baubedingten Hangverschiebungen minimiert werden.
- Die Gebäude sollen nach Möglichkeit auf dem Felsen oder zumindest unter die Gleitfläche der Rutschung fundiert werden.
- Für die Dimensionierung der Gebäudehülle ist mit erhöhten Erddrücken zu rechnen.
- Die gleichzeitige Erstellung von grösseren Baugruben auf neben- oder übereinander liegenden Parzellen ist nicht zulässig.
- Ein Überwachungskonzept für die Baugrube ist mit Berücksichtigung der Rutschgefährdungen und den damit verbundenen Risiken zu konzipieren.
- Das Bauvorhaben ist durch einen Geotechniker oder Geologen eng zu begleiten.

Vorgehen bei der Projektierung

Für jede Bauparzelle wurden projektspezifische geologisch-geotechnische Baugrunduntersuchungen durchgeführt. Von den einzelnen Bauherrschaften der 12 Bauparzellen wurden insgesamt 4 verschiedene Geologiebüros mit der Erstellung der Baugrundgutachten beauftragt. Die Bauherren pflegten einen vorbildlichen Informationsaustausch, so dass die geologischen Gutachten und wichtige Erkenntnisse und Informationen z.B. aus der Bauphase unter den beauftragten Geologen ausgetauscht werden konnten.

Ablauf

Die behördlichen Auflagen sowie die Empfehlungen der Geologen wurden bei allen Bauvorhaben sachgemäss umgesetzt. Alle Bauvorhaben konnten ohne nennenswerte Zwischenfälle und ohne unvorhergesehene finanzielle Mehraufwendungen zum Abschluss gebracht werden.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Probleme mit der Baugruben- und/oder der Hangstabilität sowie damit verbundene Terminverzögerungen, Mehrkosten und juristische Streitereien können verhindert werden, wenn in der Planungsphase ausreichend Zeit und Geld für eine sach- und fachgerechte Abklärung der geologischen Verhältnisse in einem Rutschhang investiert und die Bauvorhaben von Fachleuten eng begleitet werden.

Die Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren (AGN) von inggeol.ch – Ingenieurgeologie Schweiz (ehemals Schweizerische Fachgruppe für Ingenieurgeologie SFIG) ist eine Expertenvereinigung von Geologen, welche u.a. die Verbesserung des Umgangs der Schweiz mit Massenbewegungsprozessen zum Ziel hat.

Die AGN will das Bewusstsein für «heikle Baugebiete im gelben Gefahrenbereich» fördern. Behörden, Bauherrschaften und Planer sollen dazu angehalten werden, in Rutschgebieten umsichtig zu bauen. Hierfür wurde die vorliegende Praxishilfe «Bauen im Rutschgebiet» verfasst (Bezugsquelle:

<https://www.inggeol.ch/publikationen>).

Bauen im Rutschgebiet – Hinweise für Bauherrschaften und Baubehörden

Fallbeispiel 3

Überbauung in tiefgründigem Rutschhang (geringe Gefährdung)

Zusammenfassung

Eine bestehende Bauzone liegt am Fuss einer tiefgründigen Rutschung. Aufgrund der gemessenen Hangbewegungen ist in der Bauzone eine geringe Gefährdung («gelbe Gefahrenstufe») ausgeschieden.

Im Wissen, dass bei unvorsichtigem Bauvorgehen Rutschungen ausgelöst werden können, verlangt die Gemeinde bei Baugesuchen im Gefahrenraum von Rutschprozessen (Baugebiete in der gelben Gefahrenstufe) jeweils ausreichende geologisch-geotechnische Untersuchungen (z.B. Sondierungen bis unter die Baugrubensohle), ein gestaffeltes Bauvorgehen, statische Nachweise für den Bau- und Endzustand sowie einen Risikoplan mit Kontroll- und Interventionskonzept für die Ausführung.

Mit diesen Auflagen ist das Bauen in diesem anspruchsvollen Rutschhang möglich.

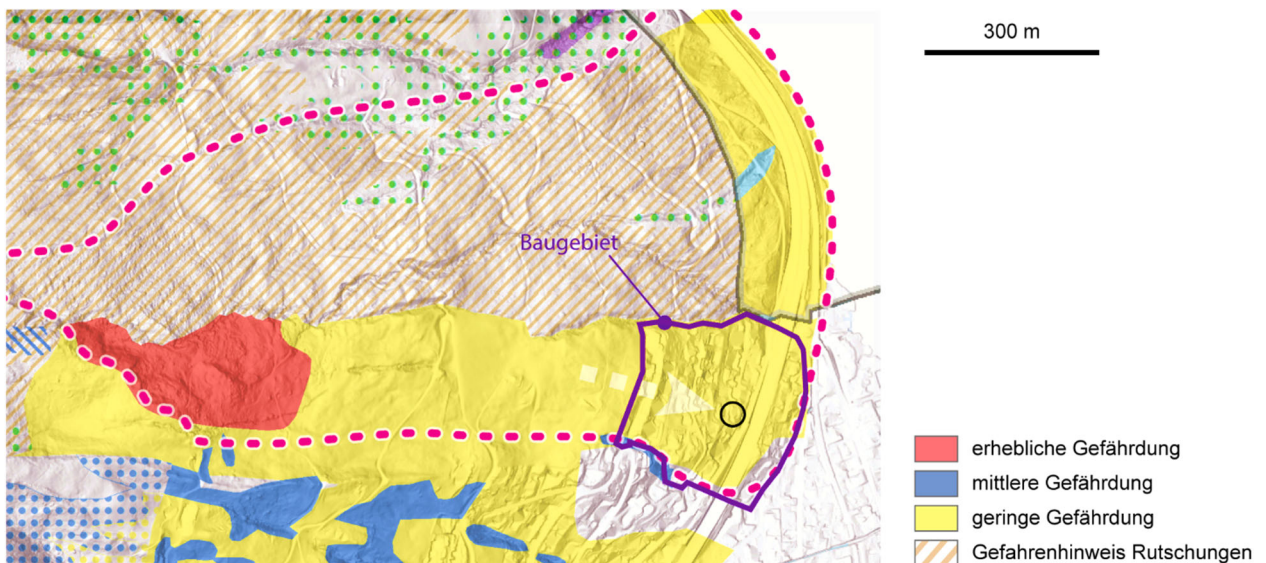


Abb. 1: Ausschnitt aus kantonaler Naturgefahrenkarte; pink gepunktet tiefgründige Rutschung; schwarzer Kreis markiert das erläuterte Bauprojekt

Ausgangslage

Ein Teil der Bauzone liegt am Fuss einer sehr grossen tiefgründigen Rutschung. Messungen am Hangfuss zeigen geringe Rutschbewegungen (0.2 bis 0.5 cm/Jahr, «gelbe Gefahrenstufe»). Jedoch ist hier bekannt, dass das Rutschmaterial, z.B. bei Baugruben-Einschnitten oder bei Schüttungen, sehr leicht reaktivierbar ist.

Das Bauprojekt in einem vollständig bebauten Gebiet sah den Abbruch eines Altbaus und den Neubau eines grösseren, 4-geschossigen Hauses mit einer Tiefgarage vor. Hierfür war ein bergseitiger Hangeschnitt von 10 m erforderlich.

Vorgehen bei der Projektierung

Für die Detailprojektierung der Baugrube wurde durch ein Ingenieurteam in Absprache mit dem Geologen ein Risikoplan mit Kontroll- und Interventionskonzept erstellt. In Ergänzung zu den bestehenden älteren Sondierungen wurde eine zusätzliche Sondierbohrung oberhalb der Baugrube abgeteuft und mit einem Inklinometerrohr versehen. Vor Baubeginn wurden eine Nullmessung des neuen Inklinometers durchgeführt und eine geodätische Überwachung der umliegenden Bauten eingerichtet.

Ablauf

Die mit einer Systemvernagelung gesicherte Baugrube wurde in Etappen erstellt und die Geländebewegungen in der Umgebung gemäss Kontroll- und Interventionskonzept überwacht. Beim Aushubstand in 8 m Tiefe wurden in den Inklinometern Bewegungen in ca. 5 m Tiefe gemessen. Sofort wurden gemäss Interventionskonzept vordefinierte zusätzliche Sicherungsmassnahmen ergriffen, wodurch die Bewegungen umgehend gestoppt werden konnten. Danach konnten der restliche Aushub und der Neubau fertig gestellt werden.

Der Geologe war als Subakkordant der Bauleitung beauftragt. Er hatte eine beratende Funktion bei der Erstellung des Kontroll- und Interventionskonzeptes und beurteilte zusammen mit der Bauleitung die Überwachungsergebnisse während des Baus.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Bauen in Rutschhängen birgt grundsätzlich erhebliche Risiken. Im vorliegenden Fall trägt aber die Gemeinde mit der Forderung von Nachweisen und einem Risikoplan mit Kontroll- und Interventionskonzept im Rahmen einer Baubewilligung zu einem Projektablauf bei, bei welchem diese Risiken reduziert werden. Sie erwirkt, dass Bauherrschaften sich eine angemessene Projektorganisation aufbauen. Solche oder ähnliche Auflagen sichern somit ein sachgerechtes Bauvorgehen, womit auch der Bau von komplexen Bauten in bebauter Umgebung und in problematischem Baugrund zu akzeptablen Restrisiken durchführbar ist.

Die Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren (AGN) von inggeol.ch – Ingenieurgeologie Schweiz (ehemals Schweizerische Fachgruppe für Ingenieurgeologie SFIG) ist eine Expertenvereinigung von Geologen, welche u.a. die Verbesserung des Umgangs der Schweiz mit Massenbewegungsprozessen zum Ziel hat.

Die AGN will das Bewusstsein für «heikle Baugebiete im gelben Gefahrenbereich» fördern. Behörden, Bauherrschaften und Planer sollen dazu angehalten werden, in Rutschgebieten umsichtig zu bauen. Hierfür wurde die vorliegende Praxishilfe «Bauen im Rutschgebiet» verfasst (Bezugsquelle: <https://www.inggeol.ch/publikationen>).

Bauen im Rutschgebiet – Hinweise für Bauherrschaften und Baubehörden

Fallbeispiel 4

Baugrube löst weiträumige Rutschung aus

Zusammenfassung

Bei der Überbauung eines leicht geneigten Baugebiets wurden dessen deklarierte, heikle Stabilitätsverhältnisse unterschätzt und diesbezügliche Empfehlungen missachtet. In der Folge destabilisierte die erste Baugrube den Hang, der dadurch 200 m weit hangaufwärts akut ins Rutschen geriet. Nur mit grossen Anstrengungen, massiven baulichen Massnahmen und wohl auch mit Glück gelang es, den Hang in nützlicher Frist wieder zu stabilisieren.

Ausgangslage

Ein rund 150×120 m grosses Baugebiet am Fusse eines Rutschhanges wurde eingezont, parzelliert und überbaut (vgl. Abb. 1). Der Rutschhang wurde bereits Jahre zuvor als mittelgründige Rutschung kartiert und in der integralen Naturgefahrenkarte des Kantons als Gebiet mit geringer (gelb) bis mittlerer (blau) Gefährdung klassiert.

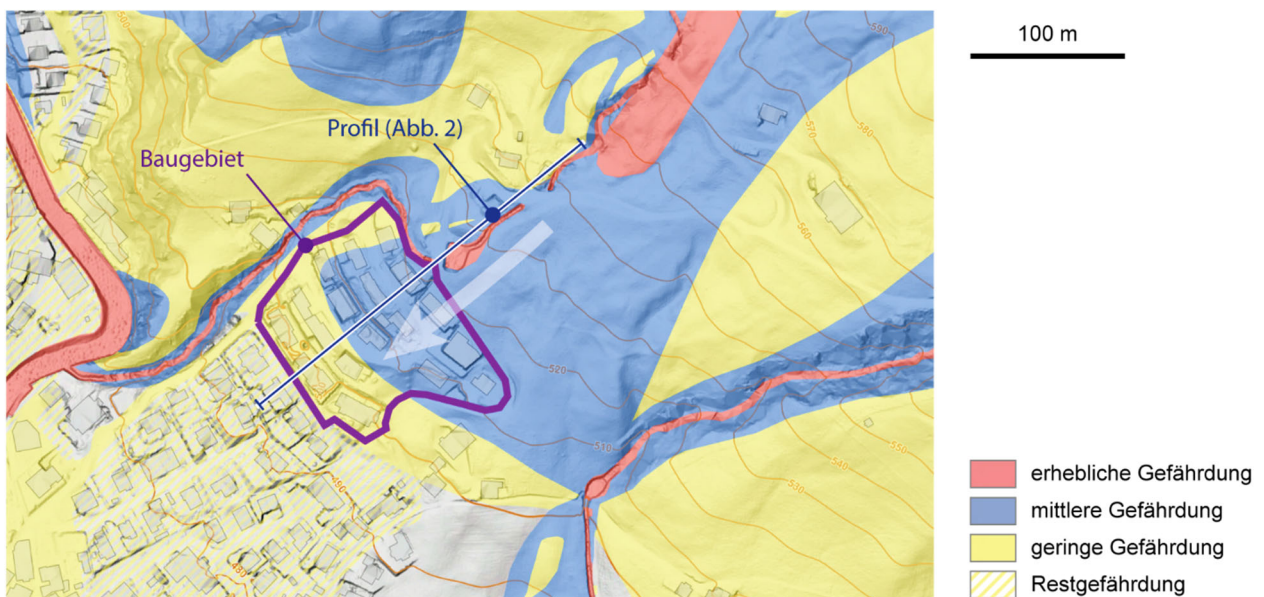


Abb. 1: Ausschnitt aus kantonaler Naturgefahrenkarte

Für den Gestaltungsplan des Baugebiets wurden im Auftrag der Grundeigentümer generelle geologische Baugrunduntersuchungen durchgeführt. Im entsprechenden Bericht wurden der geologische Schichtaufbau beschrieben (Gehängelehm über Moräne/Fels) und auf die bekannte Rutschung hingewiesen. Die Stabilitätsverhältnisse des Geländes und die Baueingriffe wurden als prinzipiell heikel beschrieben (bisher unbekannte Rutschaktivität, reduzierte Scherfestigkeiten auf alten Gleitflächen zu erwarten, Nachweis Gesamtstabilität erforderlich). Im Hinblick auf konkrete Bauprojekte wurden vertiefte Baugrunduntersuchungen sowie die frühzeitige messtechnische Erfassung und Überwachung von Geländebewegungen empfohlen.

Vorgehen bei der Projektierung

Nach erfolgter Einzonung des Baugebiets beauftragten die Grundeigentümer einen Architekten und ein Ingenieurbüro mit der Projektierung der ersten Neubauten zuunterst im Baugebiet. Der generell gehaltene geologische Bericht zur Einzonung war diesen bekannt. Für die darin empfohlenen, ergänzenden geologischen Abklärungen für konkrete Bauprojekte wurde von einem lokalen Geologiebüro eine Offerte eingeholt, dann aber kein Auftrag erteilt. Die Projektierung erfolgte ohne weitere geologische Abklärungen.

Ablauf

Zwei Jahre nach der Einzonung des Baugebiets lagen Baubewilligungen für die Erschliessung des Baugebiets und für die ersten Neubauten vor. Die Baubewilligungen enthielten zwar einen Hinweis auf das Risiko einer baubedingten Reaktivierung der Rutschung, jedoch keine speziellen Auflagen. Im Sommer starteten die Tiefbauarbeiten mit dem Bau einer Erschliessungsstrasse und dem Aushub der rund 7 m tiefen Baugrube für die ersten Neubauten zuunterst im Baugebiet bzw. am Fusse des Rutschhangs.

Im Dezember öffneten sich rund 200 m oberhalb der Baugrube klaffende Risse um ein bestehendes Wohnhaus, in Fundamenten, Strassen, Plätze und im Gelände. Die Gemeinde sistierte vorläufig weitere Baubewilligungen und verlangte von den Grundeigentümern die Durchführung von geologischen Untersuchungen des vermutlich baubedingt aktivierten Rutschhangs mittels Kernbohrungen, Inklinometermessungen und geodätischer Vermessung von Fixpunkten. Hierfür wurde ein lokales Geologiebüro beigezogen. Diese unter Hochdruck ausgeführten geologischen und messtechnischen Untersuchungen beanspruchten mit Weihnachten rund 3 Monate. Sie zeigten, dass die rund 7 m mächtige Baugrube zuunterst im Baugebiet ein ebenso mächtiges Schichtpaket aus Gehängelehm destabilisiert hatte. Diese Rutschmasse gleit auf einer Gleitfläche bzw. auf der Obergrenze des darunter liegenden stabilen Untergrunds (Moräne oder Fels) mit Bewegungsraten von bis zu 20 cm pro Jahr talwärts (vgl. Abb. 2).

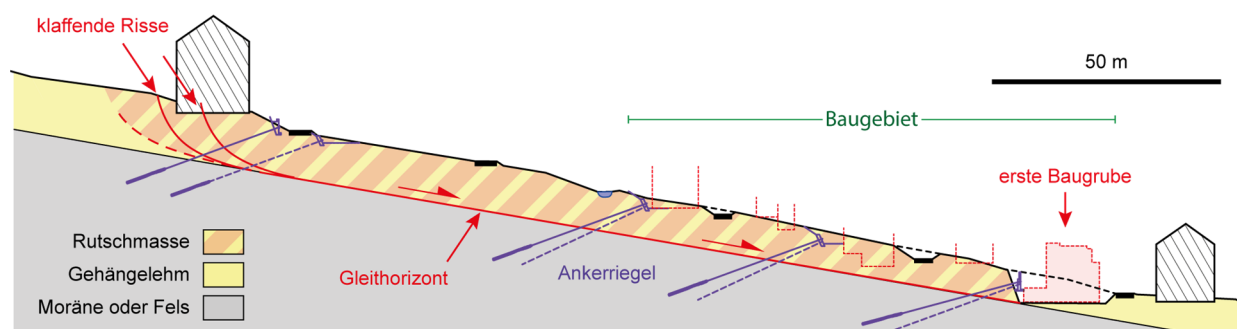


Abb. 2: Schematisches, geologisches Längsprofil durch Baugebiet bzw. reaktivierten Rutschhang

Angesichts dieser alarmierenden Befunde erliess die Gemeinde für das Baugebiet einen vorläufigen Bau-stopp. Behörden, Grundeigentümer und das beigezogene Geologiebüro bildeten eine Taskforce mit dem Ziel, die baubedingt ausgelöste, akute Rutschung wieder zu stabilisieren. Innert nur drei Monaten wurde ein Grobkonzept für eine Hangsicherung mittels verschiedener Ankerriegel (in Abb. 2 violett dargestellt) erarbeitet und dessen Umsetzung für 2 Mio. CHF von den Grundeigentümern genehmigt. Für deren Finanzierung und Bau wurde gleichzeitig eine Genossenschaft gebildet. Bereits neun Monate später waren die Ankerriegel fertig erstellt. Danach klangen die Rutschbewegungen im Baugebiet und oberhalb rasch und nachhaltig ab. Das Rutschgebiet wird seither im Auftrag der Gemeinde langfristig messtechnisch überwacht. Kontrolle und Unterhalt der Ankerriegel obliegen der Genossenschaft.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Das Gefahrenpotenzial von harmlos wirkenden, flachen Hängen wird von Nichtfachleuten oft unterschätzt. Bei Rutschhängen widerspiegeln flache Hangneigungen oft prekäre Stabilitätsverhältnisse. Der

Untergrund eines Rutschhangs beinhaltet aufgrund früherer Rutschbewegungen meist «weiches» Material und alte Gleitflächen (Stichwort: reduzierte Scherfestigkeit), womit dieser – ähnlich wie ein Kuhfladen – gar kein steiles Gelände bilden kann. Auch die kantonalen Naturgefahrenkarten werden teils falsch interpretiert, da solche Gebiete mit geringer Rutschgeschwindigkeit und nur geringer Gefährdung («gelb») als vergleichsweise harmlos verstanden werden. Die Naturgefahrenkarte gibt jedoch die Gefährdung eines Geländes im *natürlichen und ungestörten Zustand* an. Dieser ist für gestörte Zustände bzw. für *Bauzustände nicht massgebend*.

Der vorliegende Fall zeigt exemplarisch auf, wie die bekannten und explizit deklarierten, kritische Stabilitätsverhältnisse im Baugebiet von den involvierten Parteien unterschätzt wurden. Die Bauherrschaft wollte die mehrfach explizit genannten Risiken nicht wahrhaben und löste daher die empfohlenen, vermeintlich teuren und zeitraubenden geologisch-geotechnischen Untersuchungen zur Projektierung ihres Bauvorhabens nicht aus. Obschon diese Informationen auch der kommunalen Baubehörde und den Planern vorlagen, wurden die ersten Neubauten geplant, bewilligt und gebaut, als ob ein Baugebiet mit sicheren Stabilitätsverhältnissen vorläge.

In der Folge destabilisierte der Aushub einer Baugrube am Fusse des Rutschhangs das Gelände rasch bis zu 200 m (!) hangaufwärts und führte im Bereich der Anrisse zu grossen Schäden an bestehenden Bauten, Strassen und Werkleitungen, darunter einer wichtigen Wasserleitung. Die sehr grossen Bewegungsraten der Rutschmasse von hochgerechnet bis zu 20 cm pro Jahr widerspiegeln, wie akut und kritisch die Situation unverhofft plötzlich geworden war. Der ganze Hang drohte abzurutschen – mitsamt den bestehenden Wohngebäuden und Infrastrukturen.

Nur mit sehr grossem Effort und unter grossem mentalem Druck aller Beteiligten gelang es, den akut ins Rutschen geratenen Hang wieder zu stabilisieren. Dies beanspruchte 1.5 Jahre und kostete 2 Mio. CHF. Zwar hätte ein kleinerer Teil dieser Kosten auch bei sachgerechter Planung für vorbeugende Sicherungsmassnahmen aufgewendet werden müssen. Im aktuellen Fall mussten die rund 20 betroffenen Grundeigentümern grossen Stress aushalten, weil sie sich unverhofft mit einem abrutschenden Grundstück und damit verbundenen, finanziellen und teils auch existentiellen Sorgen konfrontiert sahen. Nicht alle waren diesem Druck gewachsen. Auch die Behördenmitglieder, Bauherren, Ingenieure und Geologen, welche die akute Situation in kürzester Zeit erfassen und meistern mussten, arbeiteten zeitweise unter immensem Druck. Jahre nach der inzwischen vollständigen Überbauung des Baugebiets ist die juristische Aufarbeitung des Schadensfalls immer noch im Gange.

Die Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren (AGN) von inggeol.ch – Ingenieurgeologie Schweiz (ehemals Schweizerische Fachgruppe für Ingenieurgeologie SFIG) ist eine Expertenvereinigung von Geologen, welche u.a. die Verbesserung des Umgangs der Schweiz mit Massenbewegungsprozessen zum Ziel hat.

Die AGN will das Bewusstsein für «heikle Baugebiete im gelben Gefahrenbereich» fördern. Behörden, Bauherrschaften und Planer sollen dazu angehalten werden, in Rutschgebieten umsichtig zu bauen. Hierfür wurde die vorliegende Praxishilfe «Bauen im Rutschgebiet» verfasst (Bezugsquelle: <https://www.inggeol.ch/publikationen>).

Bauen im Rutschgebiet – Hinweise für Bauherrschaften und Baubehörden

Fallbeispiel 5

Forsches Bauvorgehen destabilisiert Rutschhang

Zusammenfassung

Eine bestehende kommunale Bauzone wurde um ein Gebiet erweitert, das in der kantonalen Naturgefahrenkarte eine geringe Rutschgefährdung («gelber Gefahrenstufe») auswies. Polygonvermessungen zeigten dementsprechend Verschiebungen von ≤ 2 cm/Jahr. Für das neu ausgeschiedene Gebiet wurde eine Überbauung mit Ein- und Mehrfamilienhäusern bewilligt.

Vor Baubeginn wurde eine ergänzende projektspezifische Sondierung bis unter die Baugrubensohle abgeteuft. Auf vorsorgliche Messungen (Inklinometer und Geodäsie) allfälliger Hangbewegungen wurde trotz Empfehlung verzichtet. Ein Risikoplan, eine Projektbasis oder eine Nutzungsvereinbarung lagen bei Baubeginn nicht vor. Beim Aushub der Baugrube wurden Rutschungen aktiviert, welche eine bisher unbekannte, tiefliegende Gleitfläche in die Baugrube umleiteten. Spätere Sondierungen zeigten, dass die tiefliegende Gleitfläche im Baugebiet an die Oberfläche ausbiss. Zur Sicherung und Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes waren aufwändige Massnahmen erforderlich.

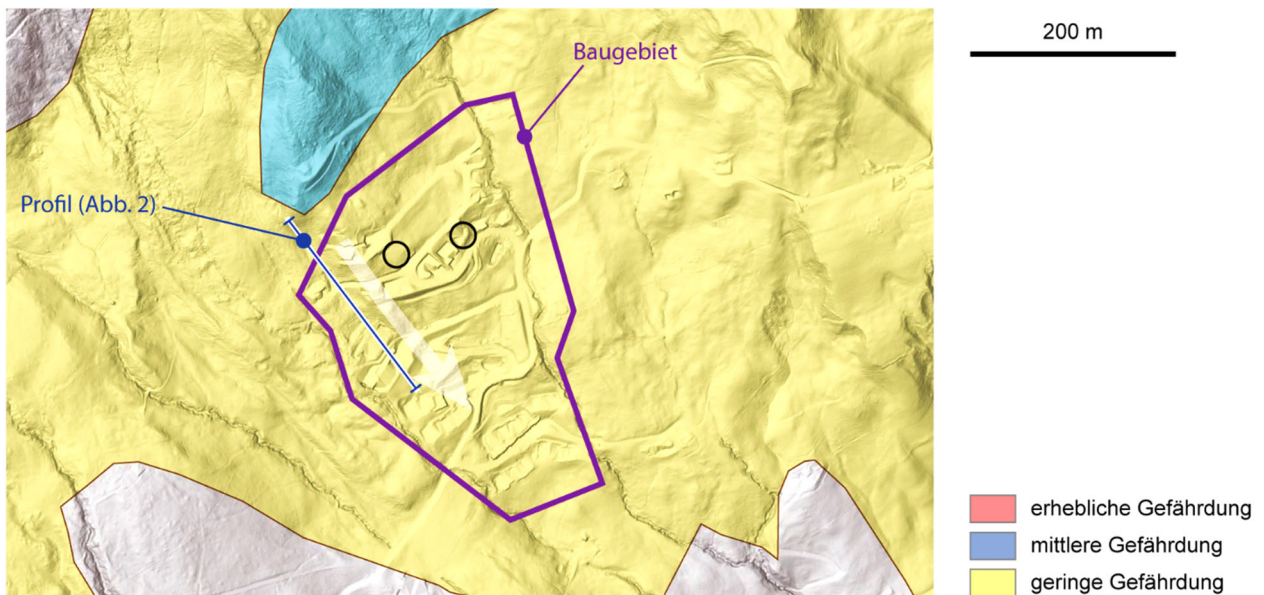


Abb. 1: Ausschnitt aus kantonalen Naturgefahrenkarte (permanente Rutschung, Stand 2017, inzwischen revidiert), schwarze Kreise markieren Instabilitäten

Erst in der Folge dieses und weiterer Ereignisse wurden umfassende geologisch-geotechnische Untersuchungen über das Baugebiet mittels Seismik, Bohrungen, Inklinometermessungen, Geodätische Messungen durchgeführt. Diese zeigten komplexe geologische Verhältnisse. Infolge nachgewiesener Scherbebewegungen musste nachträglich ein Teil des Baugebiets der «roten Gefahrenstufe» zugewiesen werden, wodurch zwei Bauparzellen unbebaubar wurden. Das übrige Baugebiet wurde mehrheitlich der blauen Gefahrenstufe zugewiesen und mit strengen Auflagen für Baugesuche belegt, wie etwa dem Gebot für detaillierte geologisch-geotechnische Untersuchungen, Stabilitätsnachweise und Überwachungskonzept.

Mit der nun etablierten Praxis sind seither keine Probleme bei Bauvorhaben mehr aufgetreten.

Ausgangslage

Eine ältere Feriensiedlungszone wurde erweitert. In der zwischenzeitlich erstellten Naturgefahrenkarte war eine geringe Rutschgefährdung («gelbe Gefahrenstufe») ausgeschieden. Die Polygonvermessungen zwischen 1935 und 2015 zeigten durchschnittliche Geländeverschiebungen zwischen 0.9 bis 1.7 mm pro Jahr, was mit der ausgeschiedenen gelben Gefahrenstufe kompatibel ist.

Gestützt darauf genehmigte die Gemeinde ein Überbauungsprojekt mit verschiedenen Ein- und mehreren grösseren Mehrfamilienhäusern. Das Projekt für die Mehrfamilienhäuser basierte auf 2 Bohrungen von maximal 14 m Tiefe sowie 6 Bagger-Sondierschächten. Inklinometermessungen zeigten Verschiebungen in 5 m und 7 m Tiefe von rund 10 mm pro Jahr.

Vorgehen bei der Projektierung

Für die Detailprojektierung der Baugrube eines Mehrfamilienhauses wurde noch eine ergänzende Sondierbohrung oberhalb der grössten Baugrube abgeteuft und mit Inklinometer versehen. Die Bohrung bestätigte weitestgehend das bestehende Baugrundmodell. Vor Baubeginn erfolgte lediglich eine Nullmessung des neuen Inklinometers.

Ablauf

Aus zeitlichen und finanziellen Gründen wurde eine Woche nach Abgabe des geologisch-geotechnischen Ergänzungsberichtes mit den Aushubarbeiten gestartet. Eine empfohlene Inklinometerfolgemesung und die Einrichtung eines geodätischen Messnetzes vor Baubeginn zur Beweissicherung wurden nicht ausgeführt. Eine Projektbasis und Nutzungsvereinbarung sowie ein Risikoplan des Bauingenieurs, welcher die Bauleitungsfunktion für die Tiefbauarbeiten hatte, lagen bei Baubeginn nicht vor.

Der Geologe war als Subakkordant der Bauleitung beauftragt und hatte eine beratende Funktion nach Aufgebot durch die Bauleitung. Er wurde erstmals nach Fertigstellung der ersten Aushubetappe mit versetzter erster Ankerreihe aufgeboden. Die sofort angeordnete Messung des Inklinometers zeigte, dass sich in 14 m Tiefe bereits ein Gleithorizont ausgebildet hatte. Die deshalb angeordneten weiteren Zusatzsondierungen (vgl. Abb. 2), Zusatzanker und Pfähle, sowie die Wiederanschüttung der Baugrube führten nicht zur gewünschten vollständigen Beruhigung der aktivierten Bewegungen. Erst zwei massive, tief verankerte Betonriegel oberhalb des Bauwerkes führten dazu, dass sich die aktivierte Gleitfläche wieder stabilisierte. Es entstanden grosse Mehrkosten für die Baugrubensicherung von mehr als 1.4 Mio. CHF, Schäden infolge Verschiebungen und Verkippungen an bestehenden Gebäuden und sehr viel Unruhe bei den Nachbarn. Zudem rutschte es auch bei weiteren Baustellen in anderen Bereichen des Baugebietes. Grundstückbesitzer, Gemeinde und Kanton starteten in der Folge eine grossangelegte Sondierkampagne mit Seismik, diversen tiefen Sondierbohrungen, Porenwasserdruckgebern, Inklinometer- und geodätischen Messungen über das Gebiet (ca. 0.25 Mio. CHF). Mit dem erweiterten geologischen Modell wurde die Naturgefahrenkarte überarbeitet. Es resultierten teilweise «rote Gefahrenstufen» infolge einer an der Geländeoberfläche ausbeissenden, von Lockermaterial verdeckten Scherzone. Konsequenterweise mussten einige Bauparzellen mit einem Bauverbot belegt werden. Ein Teil des übrigen Baugebietes wurden wegen der Reaktivierbarkeit der Rutschmasse der mittleren, «blauen Gefahrenstufe» zugeordnet. Die Gemeinde verfügte zudem für alle noch unbebauten Parzellen – auch bei nur geringer Gefährdung «gelbe Gefahrenstufe» – strenge Auflagen für Baubewilligungen.

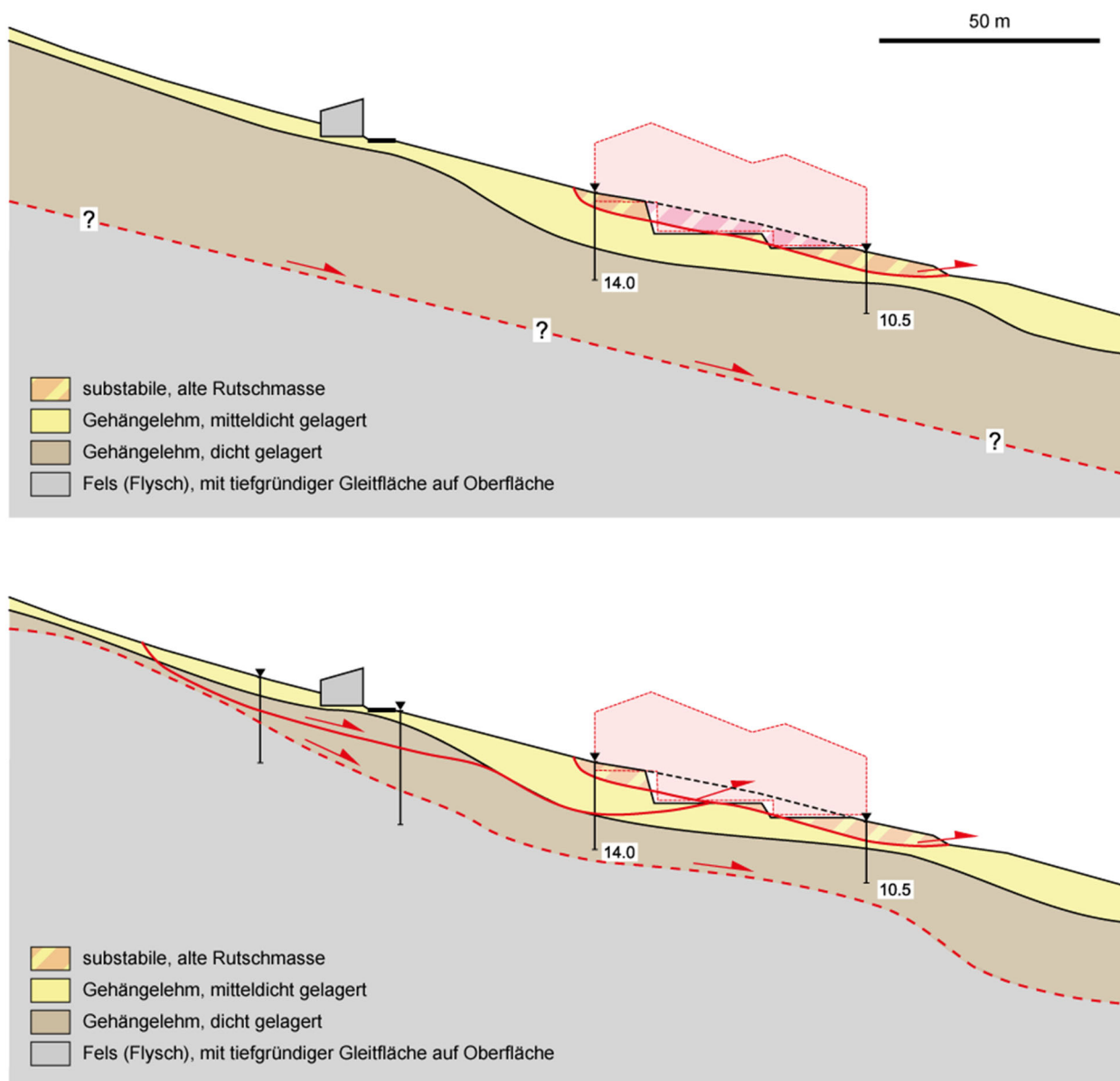


Abb. 2, Bild oben: Baugrundkenntnis vor Baubeginn; Bild unten: Baugrundkenntnis nach Schaden und vertieften Untersuchungen

Diskussion und Schlussfolgerungen

Im vorliegenden Beispiel sind die geologischen Verhältnisse komplex. Erst im Verlauf der grösseren Bauvorhaben traten diese zu Tage. Den Behörden kann eine unsachgemässe Einzonung hinsichtlich Naturgefahren aufgrund der ehemals vorhandenen Kenntnisse nicht vorgeworfen werden. Jedoch wäre vermutlich bei sachgerechtem Projektablauf mit bauphasengerechten geologisch-geotechnischen Baugrunduntersuchungen und eine Ausführung nach der Beobachtungsmethode gemäss SIA 267 mit vorgängiger Installation der Überwachung die Problematik wohl bereits vor Baubeginn erkannt worden.

Die Gemeinde hat mit strengen Auflagen reagiert. Grosse Bauobjekte mit erheblichen Geländeeingriffen werden nicht mehr bewilligt. Sämtliche geforderten Stabilitätsnachweise für neue Bauobjekte werden von einem unabhängigen Ingenieurbüro für die Gemeinde überprüft.

Seither sind bei keinem Bauprojekt mehr nennenswerte Schäden aufgetreten. Die juristische Aufarbeitung der ersten Schäden und der nachträglich verfüzten roten Gefahrenstufe für einige Bauparzellen beschäftigen die Gemeinde- und Kantonsbehörden aber länger.

Die Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren (AGN) von inggeol.ch – Ingenieurgeologie Schweiz (ehemals Schweizerische Fachgruppe für Ingenieurgeologie SFIG) ist eine Expertenvereinigung von Geologen, welche u.a. die Verbesserung des Umgangs der Schweiz mit Massenbewegungsprozessen zum Ziel hat.

Die AGN will das Bewusstsein für «heikle Baugebiete im gelben Gefahrenbereich» fördern. Behörden, Bauherrschaften und Planer sollen dazu angehalten werden, in Rutschgebieten umsichtig zu bauen. Hierfür wurde die vorliegende Praxishilfe «Bauen im Rutschgebiet» verfasst (Bezugsquelle: <https://www.inggeol.ch/publikationen>).

Bauen im Rutschgebiet – Hinweise für Bauherrschaften und Baubehörden

Fallbeispiel 6

Baugrube löst weiträumige Hangdeformationen aus

Zusammenfassung

Im unteren Teil einer schwach aktiven permanenten Rutschung wurde eine Überbauung mit vier mehrstöckigen MFH und grosser Einstellhalle realisiert. Für die in der Falllinie aufgereihten Baugruben waren jeweils mehrere Meter hohe Hanganschnitte erforderlich, mit einer Aushubkubatur von total 30'000 m³.

Für die Projektierung wurde eine «einfache» Baugrunduntersuchung durchgeführt. Der Baugrund besteht aus einer mehr als 20 m mächtigen alten Rutschmasse (toniger Silt mit Holzresten) und nur geringen Scherfestigkeitswerten. Es wurde kein freies Hangwasser angetroffen.

Die im Untersuchungsbericht empfohlenen Massnahmen (detailliertere Untersuchungen, messtechnische Überwachung, Etappierung Baugrubenaushub etc.) wurden nicht befolgt. Durch die Aushubarbeiten wurde der Rutschhang weiträumig aktiviert. Das Bauprojekt wurde dadurch um Jahre verzögert.

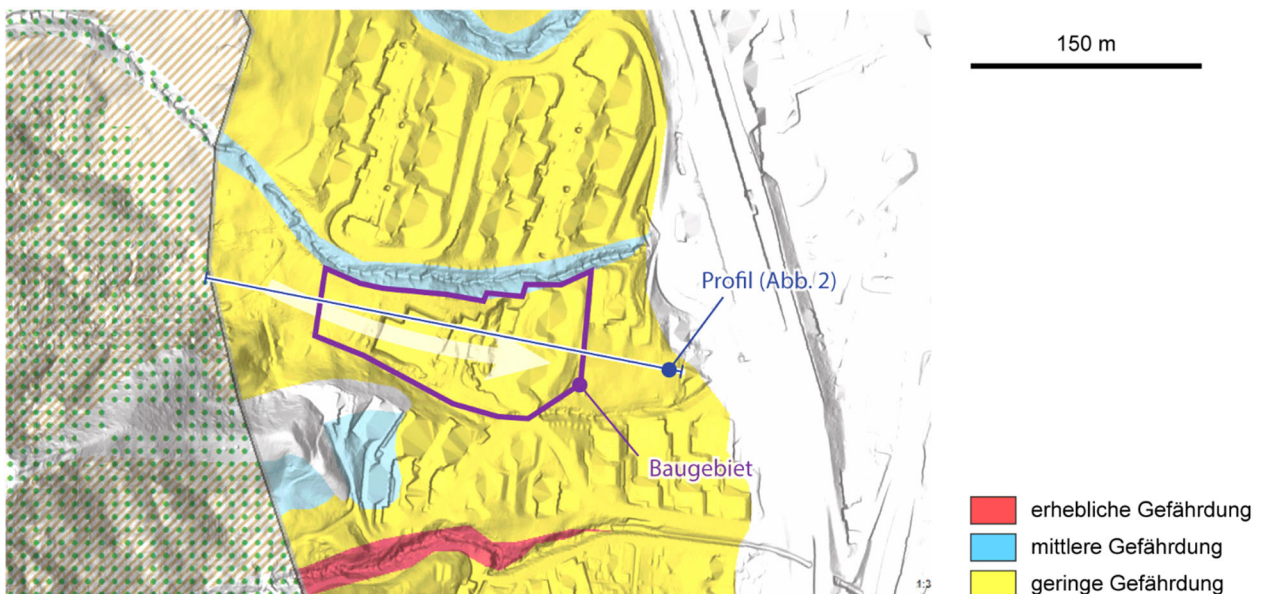


Abb. 1: Ausschnitt aus kantonaler Naturgefahrenkarte

Ausgangslage

In der aktuellen Naturgefahrenkarte ist der Rutschhang mit ca. 10° Neigung als Gebiet geringer Gefährdung («gelbes Gefahrengelände») ausgeschieden.

Im vorliegenden Fall wurden bei den projektspezifischen geologisch-geotechnischen Baugrunduntersuchungen mit Sondierungen bis maximal 20 m Tiefe im Bereich der Baugrube zwar keine Gleithorizonte, jedoch auch kein stabiler Untergrund, wie etwa Fels oder Moräne, erkannt. Freies Hangwasser wurde nicht angetroffen. Im Untersuchungsbericht wurde auf die Rutschgefahr hingewiesen: «Die Hanganschnitte bedeuten einen erheblichen Eingriff in das Hanggleichgewicht. Aufgrund der rutschanfälligen

Lockergesteinsdecke können durch unsachgemässe Aushubarbeiten oder ungenügende Baugrubensicherungen weitreichende Hanginstabilitäten ausgelöst werden».

Vorgehen bei der Projektierung

Mit der Realisierung des Bauprojektes wurde ein Totalunternehmer beauftragt. Dieser hat auf die Mitwirkung eines Geologen sowie auf eine ursprünglich vorgesehene, vertiefte geologisch-geotechnische Untersuchung des Baugrunds mit Bohrungen bis in den Felsuntergrund mit Inklinometereinbau etc. verzichtet. Für die Projektierung der Baugrubensicherungen wurde ein Ingenieurbüro beigezogen, das mit den lokalen geologischen Verhältnissen nicht vertraut war. In den Stabilitätsberechnungen wurde die Problematik der permanenten Rutschung nicht angemessen berücksichtigt.

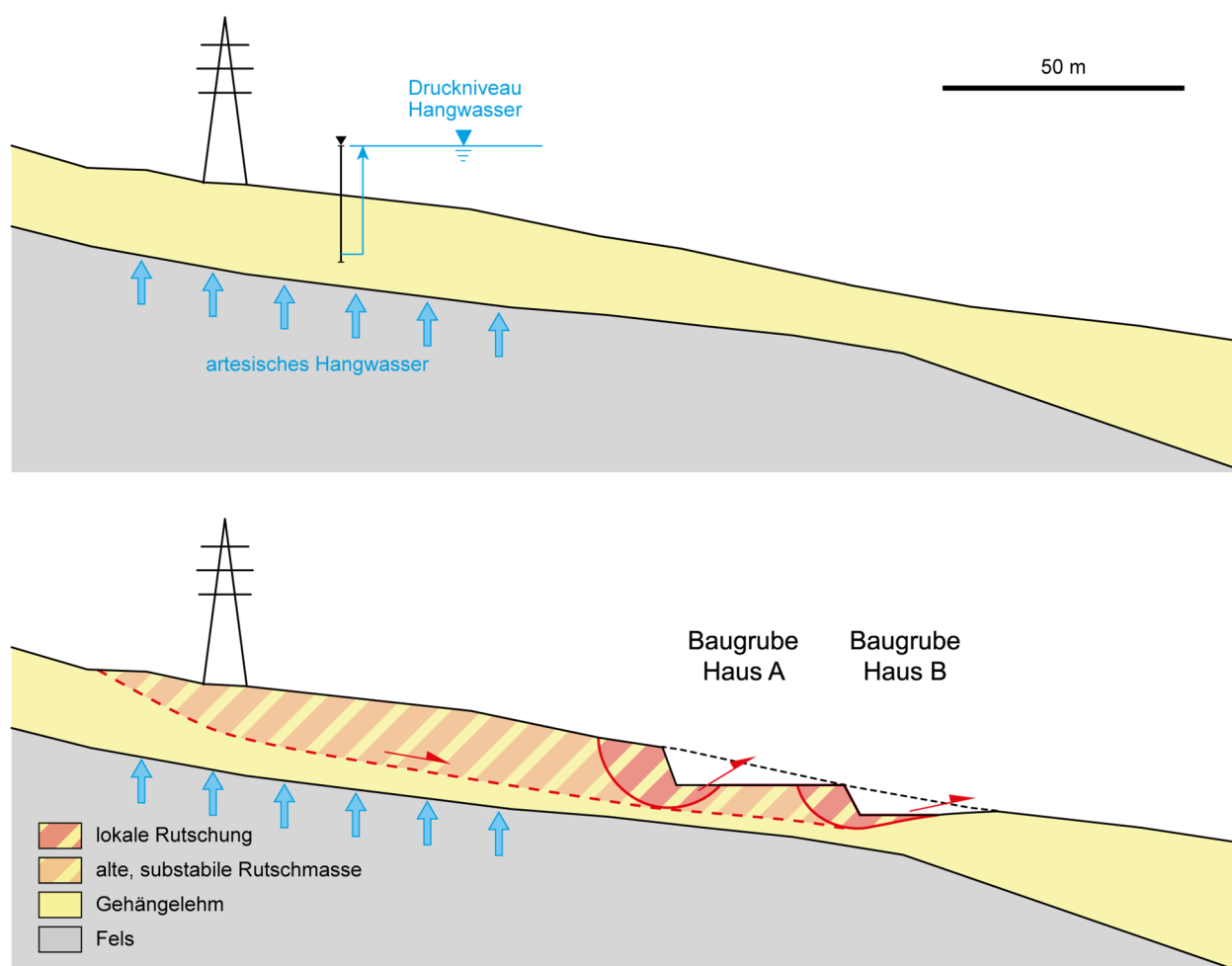


Abb. 2: Ablauf schematisch, oben: Ausgangslage, unten: Baugrubenaushub und Auslösung Rutschung

Ablauf

Vor Baustart wurden keine Kontrollmessungen bezüglich Geländebewegungen durchgeführt. Obschon die über 30 m breiten und bis zu 7 m tiefen Baugruben eine massive Entlastung des Hangfusses bewirkten, wurden diese nicht in Etappen, sondern beinahe gleichzeitig ausgehoben. Nach wenigen Wochen waren bereits $\frac{2}{3}$ des gesamten Aushubvolumens von 30'000 m³ abgeführt. Hangseits der obersten Baugrubenböschung wurden zudem mehrere grosse Materialdepots angelegt.

Ein geodätisches Messnetz zur Baustellenüberwachung wurde erst 2 Wochen nach Aushubbeginn installiert. Inklinometer zur Ermittlung von allfälligen Gleitflächen wurden keine versetzt. Bei der ersten Folgemessung 3 Wochen nach Baubeginn wurden Hangbewegungen von mehreren mm/Tag festgestellt, dennoch wurden die Aushubarbeiten unvermindert fortgeführt. 6 Wochen nach Baustart waren in den Baugrubenböschungen und im hangwärtigen Terrain deutliche Verschiebungen sicht- und messbar. Es war offensichtlich, dass oberhalb der Baugruben eine 200'000 m³ grosse Rutschung in Bewegung geraten war. Daraufhin wurde die erste (!) Baustellensitzung einberufen und ein Baustopp beschlossen.

In der Folge wurden unabhängige Fachexperten mit der Untersuchung der Rutschursachen und der Ausarbeitung eines Sanierungskonzeptes beauftragt. Es wurde eine Untersuchungskampagne mit 15 Kernbohrungen, umfangreichen hydraulischen Bohrlochtests, Laboruntersuchungen, geodätischen und Inklinometermessungen durchgeführt, deren Kosten sich auf über CHF 1 Mio. beliefen. Drei Erkundungsbohrungen wurden auf dem hangseitigen Nachbargrundstück abgeteuft, wo artesisch gespanntes Hangwasser angetroffen wurde. Dieses artesisch gespannte Hangwasser wurde als massgebliche Ursache für die Hanginstabilität identifiziert. Nach der Entspannung des Drucks des Hangwassers nahm die Rutschgeschwindigkeit rasch und markant ab. Der im Zusammenhang mit der Rutschaktivierung entstandene Schaden wird von der Bauherrschaft auf insgesamt über CHF 5 Mio. beziffert. Die Schuldfrage wird per dato in einem Gerichtsverfahren geklärt.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Erst im Nachhinein zeigte sich, dass die Stabilitätsreserven der alten Rutschmasse minimal waren und dass alte, latente Gleitflächen durch den forschen Baugrubenaushub reaktiviert wurden. Massgeblich hierfür waren artesische Porenwasserdrücke in einer Tiefe von 35 m unter der Rutschmasse auf dem hangseitigen Nachbargrundstück.

Der vorliegende Fall ist exemplarisch für folgende Feststellungen:

- Die Geologie kann äusserst komplex sein und mit Sondierungen im üblichen Umfang nicht immer ausreichend erfasst werden. Hier waren die artesischen Drücke auf dem hangseitigen Nachbargrundstück eine der Hauptursachen für die Probleme. Diese mussten denn auch dort behoben werden, was unüblich ist.
- Für die Projektierung müssen die Hangwasserverhältnisse bzw. Porenwasserdrücke im Untergrund abgeklärt werden.
- Die gesamte Hangstabilität im Bau- und Endzustand ist rechnerisch nachzuweisen.
- Inklinometer sind ein unentbehrliches Überwachungsinstrument zur Ermittlung der Tiefe von Gleithorizonten und der Rutschgeschwindigkeiten.
- Die Überwachung von Geländebewegungen muss bereits mehrere Monate vor Baubeginn gestartet und die Messungen laufend durch Fachleute beurteilt werden.
- Eine sorgfältige Bauorganisation, eine fachkundige Bauleitung sowie regelmässige Bausitzungen mit allen Projektbeteiligten sind unerlässlich.

Die Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren (AGN) von inggeol.ch – Ingenieurgeologie Schweiz (ehemals Schweizerische Fachgruppe für Ingenieurgeologie SFIG) ist eine Expertenvereinigung von Geologen, welche u.a. die Verbesserung des Umgangs der Schweiz mit Massenbewegungsprozessen zum Ziel hat.

Die AGN will das Bewusstsein für «heikle Baugebiete im gelben Gefahrenbereich» fördern. Behörden, Bauherrschaften und Planer sollen dazu angehalten werden, in Rutschgebieten umsichtig zu bauen. Hierfür wurde die vorliegende Praxishilfe «Bauen im Rutschgebiet» verfasst (Bezugsquelle:

<https://www.inggeol.ch/publikationen>).

Praxishilfe

Bauen im Rutschgebiet – Hinweise für Bauherrschaften und Baubehörden

1. September 2023

Anhang 2, Hinweise für Fachpersonen

Inhalt

1. Geologisch-geotechnische Eigenschaften von Rutschmassen	2
2. Phasengerechte geologische-geotechnische Untersuchungen (SIA 267)	3
3. Phasengerechte messtechnische Überwachung von Baustellen («Monitoring»)	3
4. Weitere Hinweise	5
5. Empfehlungen für Baubehörden	6
6. Musterauflagen für Baubewilligungen	7

Dieser Anhang richtet sich an Fachpersonen wie z.B. Baubehörden, Architekten, Bauingenieure etc. Im Fokus stehen übliche Wohnbauten. Auf besonders sensible Objekte mit hohem Schadenpotenzial wird nicht eingegangen.

1. Geologisch-geotechnische Eigenschaften von Rutschmassen

Rutschmassen bestehen meist aus Locker-, seltener Festgesteinen, welche aufgrund Jahrhunderte bis Jahrtausende alter Rutschprozesse disloziert, verformt und daher stark gestört sind. Typischerweise bestehen solche Rutschmassen aus Ton, Silt und Sand und mit einem stark variablen Anteil von Kies, Steinen und Blöcken. Aufgrund früherer Rutschbewegungen sind oft auch Pflanzenreste bis hin zu Baumstämmen eingearbeitet. In geotechnischer Hinsicht sind Rutschmassen oft wie folgt zu charakterisieren:

- enthalten alte, leicht reaktivierbare Gleitflächen, auf welchen nur noch eine reduzierte Restscherfestigkeit vorhanden sind ($\varphi' = 10\text{--}15^\circ$, $c' = 0$),
- weisen schlechte Scherfestigkeitseigenschaften auf,
- können sehr heterogene Durchlässigkeiten aufweisen und sind oft kaum drainierbar,
- können (sub-)artesischen Wasserdruckspiegel beinhalten,
- meist Baugrundklasse E oder F nach SIA-Norm 261:2014.



Abb. 1: Bild oben: alte Gleitfläche; Bild unten: «Rutschbrekzie» (ehemals, Sandstein)

Erfahrungsgemäss sind in Rutschmassen selbst un tiefe Hanganschnitte stabilitätsmässig kritisch. Deshalb sollte in Rutschgebieten vor allem hangseitig auf freie Böschungen selbst bei geringen Neigungen zum vornherein verzichtet werden. Bei der Dimensionierung von Böschungssicherungen, Baugrubenabschlüssen oder Aufschüttungen muss den kritischen Stabilitätsverhältnissen Rechnung getragen werden.

2. Phasengerechte geologische-geotechnische Untersuchungen (SIA 267)

Für geologisch-geotechnische Abklärungen sieht die SIA-Norm 267 drei Stufen von der Voruntersuchung, über die Hauptuntersuchung zur vertieften Untersuchung vor (Ziffer 3.2.2).

Voruntersuchung

Typischer Anlass: Einzonung Baugebiet.

In der Voruntersuchung sind die Grundlagen für die Entwurfsarbeit und die Planung der Hauptuntersuchungen zu erarbeiten. Typische Untersuchungsziele für Bauvorhaben in Rutschgebieten sind:

- Überblick über die Gefahrenprozesse im Umfeld des (geplanten) Baugebietes.
- Erstellen eines geologisch-geotechnischen Schichtmodells und Beschrieb der einzelnen Schichten.
- Beschreiben der generellen hydrologischen und hydrogeologischen Verhältnisse.
- «Null-Messung» von Geländebewegungen und der Grundwasserverhältnisse (z.B. Geodäsie, Inklinometer, Piezometer) im Ausgangszustand.
- Beurteilen der Stabilitätsverhältnisse im Ausgangszustand.
- Nennen von relevanten Wissenslücken und Empfehlungen für weiterführende Hauptuntersuchung.

Hauptuntersuchung

Typischer Anlass: Grundlage für die Projektierung eines konkreten Bauprojekts.

Voraussetzung: Das Vorprojekt für die Baute liegt vor.

- Detailabklärungen bezüglich Gefahrenprozessen im Umfeld des Baugebiets. Erste Folgemessungen (z.B. Geodäsie, Inklinometer).
- Projektbezogene Detaillierung des geologisch-geotechnischen Schichtmodells und Beschrieb der einzelnen Schichten.
- Sondierung bis deutlich unter die Baugrubensohle resp. Fundationskote.
- Schliessen von Wissenslücken.
- Ermittlung der Baugrundwerte (projektabhängig: Erfahrungswerte, Feld- und Laborversuche etc.).
- Messung der Grundwasserspiegel, Verfeinern des hydrogeologischen Modells und Integration ins geologisch-geotechnische Schichtmodell.

3. Phasengerechte messtechnische Überwachung von Baustellen («Monitoring»)

Eine Baugrube stellt einen erheblichen Eingriff in das Gleichgewicht eines Hangs dar. Bei einer bereits (latent) vorhandenen Rutschung besteht die Gefahr, dass durch eine Baugrube die Rutschbewegungen (re-)aktiviert oder beschleunigt werden. Mit geeigneten Massnahmen zur Baugrubensicherung soll eine solche (Re-)Aktivierung von Rutschbewegungen verhindert werden. Zur Erfolgskontrolle ist eine *messtechnische Überwachung («Monitoring»)* der Baugrubenböschungen und des Umfelds der Baugrube erforderlich.

Hierzu ist ein *projektbezogenes Überwachungskonzept*¹ in Zusammenarbeit mit dem Geologen auszuarbeiten, das z.B. Verschiebungs- und Setzungsmessungen der Baugruben und auf angrenzenden Parzellen sowie eine vorsorgliche Beweisaufnahme von potenziell gefährdeten, umliegenden Bauten und Infrastrukturen (Rissprotokolle, Kanal-TV, etc.) umfasst. Das Monitoring ist vor, während und nach dem Bau zu gewährleisten.

Beobachtungsinstrumente und -methoden

Überwachungssysteme sollen dauerhaft und einfach zugänglich sein, damit eine langfristige Kontrolle gewährleistet werden kann. Jedes Messsystem hat Vor-/Nachteile und kann z.B. witterungsbedingt ausfallen oder versagen. Das Monitoring sollte deshalb redundant ausgelegt sein und sich auf voneinander unabhängige Systeme stützen. So sind etwa mehrere technisch einfache Systeme einem einzelnen komplizierten System vorzuziehen.

Folgende Messsysteme stehen meist im Vordergrund:

- Bewegungsmessgeräte: Theodolit, Tachymeter, Inklinometer, Extensometer, Konvergenzmessgeräte, GNSS (GPS), Interferometrisches Radar.
- Wasserdruckmessgeräte: Piezometer, Porenwasserdruckgeber, (Regenmesser).
- Messungen von Kräften und Spannungen: Ankerzugversuche, Ankerkraftmessdosen.

Voruntersuchung: Nullmessungen (Ausgangszustand)

Bei der Projektierung eines Bauvorhabens in einem Rutschhang sind die untersuchungsrelevanten Unterlagen, wie etwa geologische Gutachten, Gefahrenkarte, vorhandene Messungen etc., auszuwerten. Das Schadenpotenzial im möglichen Einflussbereich eines Bauvorhabens (z.B. Strassen, Werkleitungen) ist zu ermitteln und zu berücksichtigen. Auf dieser Basis ist ein *adäquates Messdispositiv* zu planen, wobei meist folgende Fragen massgebend sind:

- Mächtigkeit der Rutschmasse? Tiefe der Gleitfläche(n)?
- Langfristige mittlere Rutschgeschwindigkeit?
- Bewegungsmuster räumlich und zeitlich?
- Wie weit hangaufwärts können sich allfällige Instabilitäten auswirken?
- Wie weit hangauf-/hangabwärts sind Messpunkte erforderlich?
- Gibt es bestehende Messstellen, die weiterhin verwendet werden können?
- Wo sind neue Messstellen zu installieren?
- Welches sind aussagekräftige Messintervalle?
- Wie entwickeln sich Grundwasserspiegel und Porenwasserdruck im Untergrund?

Auslöser für Rutschungen sind oft lang anhaltende und/oder starke Niederschläge. Diese können mittels Regenmesser erfasst werden. Bei kleineren Bauvorhaben werden Messungen in der Regel händisch in Abständen von mehreren Tagen oder einer Woche ausgeführt. Bei grösseren und länger andauernden Bauvorhaben lohnt sich oft der Einsatz von automatischen Messsystemen (z.B. automatische Tachymeterstation) oder der Zugriff auf bestehende automatische Meteostationen.

Geodätische Nullmessungen sind mit genügender Vorlaufzeit vor Aushubbeginn auszuführen. Ebenso vorsorgliche Beweisaufnahmen von empfindlichen benachbarten Bauwerken, Anlagen und Werkleitungen (Rissprotokolle, Kanalfernsehen).

Hauptuntersuchungen: Überwachungskonzepte für verschiedene Bauzustände

Mit dem geeigneten Monitoring können allfällige instabile Baugrubenböschungen sowie deren Bewegungsverlauf frühzeitig erkannt werden. Dies ist die Voraussetzung, um frühzeitig (vorbereitete) Gegenmassnahmen treffen zu können.

¹ SIA 260: Kontroll- und Überwachungsplanes mit Interventionskonzept

Essentiell sind klare Verantwortlichkeiten und Abläufe. Diese sind im *projektbezogenen Überwachungskonzept* konkret zu definieren:

- Wer ordnet Messungen an?
- Wer misst?
- Wann und wie oft wird gemessen?
- Wer beurteilt die Messwerte?
- Wer wird wann informiert?
- Welches sind die Interventionsmassnahmen?

Die Messdaten sind regelmässig auszuwerten und zu interpretieren. In kritischen Aushubetappen sind Messintervalle zu verkürzen und bei Bedarf muss das Messdispositiv angepasst werden. Bestandteil des projektbezogenen Überwachungskonzepts ist ein *Sicherheitskonzept mit Aufmerksamkeits-, Warn- und Alarmwerten*, damit im Ereignisfall rechtzeitig geeignete Massnahmen ergriffen werden können.

Nach Bauende sollten die bestehenden Messstellen nach Möglichkeit erhalten werden, damit sie bei Bedarf auch (Jahre) später für Nachmessungen oder für andere Bauprojekte verwendet werden können.

4. Weitere Hinweise

Organisatorische Hinweise

- Funktionen und Verantwortlichkeiten (Bauherrschaft, Projektleitung, Bauleitung, Fachbauleitung, Spezialist, Vermesser etc.) sind zu benennen und zuzuteilen.
- Für die geologisch-geotechnische Untersuchung ist ein mit Rutschprozessen erfahrenes Geologiebüro zu beauftragen.
- Für die Ausarbeitung eines Fundations- und Baugrubenkonzepts ist ein im (Spezial-)Tiefbau erfahrener Ingenieur zu beauftragen («Projektverfasser»).

Bautechnische Hinweise

- Die Gesamtstabilität ist für Bau- und Endzustände nachzuweisen.
- Aufgrund meist unvermeidlicher Prozessunsicherheiten empfiehlt sich in Rutschgebieten ein Vorgehen nach der Beobachtungsmethode gemäss SIA 267.
- Das Schadenpotenzial im möglichen Einflussbereich eines Bauvorhabens (z.B. Strassen, Werkleitungen) ist zu ermitteln und zu berücksichtigen. Bei der Projektierung sollte auch der «Überlastfall» (z.B. Versagen einer Sicherung) berücksichtigt werden.
- Geotechnische Risiken einschliesslich der Massnahmen zu ihrer Bewältigung sind in der Projektbasis unter Nennung der entsprechenden Gefährdungsbilder zu beschreiben. Akzeptierte Risiken sind mit der Bauherrschaft zu vereinbaren und in der Nutzungsvereinbarung zu dokumentieren (SIA 267).
- Die Erstellungen der Nutzungsvereinbarung, der Projektbasis sowie des Kontroll- und Überwachungsplanes mit Interventionskonzept gemäss SIA 260 liegen im Verantwortungsbereich des Projektverfassers.
- In Rutschgebieten mit bindigen Böden können Bohrungen aller Art (Erdwärmesonden, Anker etc.), Injektionen u.ä. Bauhilfsmassnahmen mit hohen Injektionsdrücken Hangverschiebungen auslösen, den Baugrubenabschluss schwächen oder zu schlagartigen Druckentladungen mit Blowouts führen. Es sollten daher schonende Bohrverfahren mit angepassten/reduzierten Drücken gewählt werden.

5. Empfehlungen für Baubehörden

Bei Bauvorhaben sind zahlreiche Akteure involviert. Die Zuständigkeiten ändern von Fall zu Fall. Nachfolgend wird beispielhaft aufgezeigt, wer in welcher Phase wofür zuständig und verantwortlich ist. Die beiliegenden Fallbeispiele geben konkrete Hinweise, wie die Zuständigkeiten und Aufgaben verteilt definiert werden können.

Neueinzonungen

Eine Neueinzonung von Gebieten mit einer *geringen Rutschgefährdung (gelbe Gefahrenstufe)* ist möglich. Jedoch wird empfohlen, bereits im Rahmen der Nutzungsplanung zu prüfen, welche Auswirkungen Bauvorhaben auf Rutschprozesse haben können und wie diese verhindert und überwacht werden können. Dazu sind geologisch-geotechnische Baugrunduntersuchungen, z.B. mit Kernbohrungen mit Inklinometerausbau, essentiell.

Auf Neueinzonungen von Gebieten mit *mittlerer Rutschgefährdung (blaue Gefahrenstufe)* durch Rutschprozesse sollte verzichtet werden. Ausnahmen in Bereichen mittlerer Gefährdung sind jedoch z.B. aufgrund von Interessenabwägungen und Risiko-/Nutzenbetrachtungen prinzipiell möglich.

In Gebieten mit *erheblicher Gefährdung (rote Gefahrenstufe)* besteht prinzipiell ein Bauverbot.

Die Zuständigkeiten zwischen Baubehörde und Grundeigentümer sind frühzeitig zu definieren. Idealerweise fließen die Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen in die Zonenvorschriften ein. Andernfalls müssen entsprechende Auflagen im Einklang mit den Zonenvorschriften im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens erlassen werden.

Geologisch-geotechnische Untersuchungen

Wurden bereits im Rahmen der Einzonung von Gebieten mit Rutschgefährdung geologisch-geotechnische Untersuchungen durchgeführt, entsprechen diese typischerweise einer Voruntersuchung im Sinne SIA 267. Diese sind für konkrete Bauvorhaben oft zu unspezifisch und damit ungenügend bzw. entsprechen nicht einer Hauptuntersuchung im Sinne SIA 267 (vgl. Kapitel 2).

Baugesuche

Bei Bauvorhaben zur *Erstüberbauung* eingezonter Rutschgebiete kann meist nicht auf generelle Gutachten im Rahmen der Einzonung abgestellt werden, sondern es sind projektspezifische geologisch-geotechnische Untersuchungen erforderlich. Je nach Befund sind die Bewilligungsbehörde wie auch die Bauherrschaften gut beraten, ausgewiesene Fachpersonen beizuziehen; die Bauherrschaften, um die Vorgaben aus den Gutachten resp. den Zonenvorschriften für das konkrete Bauvorhaben umzusetzen; die Bewilligungsbehörde, um die einzelnen Bauvorhaben zu prüfen.

Bei Bauvorhaben in *bereits überbauten Rutschgebieten* bestehen oft keine Zonenvorschriften bezüglich der Rutschprozesse. Dementsprechend sind die Baubehörden gefordert, im Rahmen des Bewilligungsverfahrens die erforderlichen Auflagen zu erlassen. Dazu sind entsprechende Fachpersonen (Geologe/Geotechniker) beizuziehen.

6. Musterauflagen für Baubewilligungen

Im *Anhang 3* ist als konkretes Fallbeispiel Baubewilligungs-Auflagen das Dokument «Auflagen betreffend Hangstabilität für Bauten im Gebiet Stockenmatt» der Gemeinde Sarnen enthalten.

Die Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren (AGN) von inggeol.ch – Ingenieurgeologie Schweiz (ehemals Schweizerische Fachgruppe für Ingenieurgeologie SFIG) ist eine Expertenvereinigung von Geologen, welche u.a. die Verbesserung des Umgangs der Schweiz mit Massenbewegungsprozessen zum Ziel hat.

Die AGN will das Bewusstsein für «heikle Baugebiete im gelben Gefahrenbereich» fördern. Behörden, Bauherrschaften und Planer sollen dazu angehalten werden, in Rutschgebieten umsichtig zu bauen. Hierfür wurde die vorliegende Praxishilfe «Bauen im Rutschgebiet» verfasst (Bezugsquelle:

<https://www.inggeol.ch/publikationen>).



inggeol.ch

Ingenieurgeologie Schweiz
Géologie de l'ingénieur - Suisse

Praxishilfe

Bauen im Rutschgebiet – Hinweise für Bauherrschaften und Baubehörden

1. September 2023

Anhang 3, Auflagen betreffend Hangstabilität für Bauten im Gebiet Stockenmatt (Musterauflagen)

Auflagen betreffend Hangstabilität für Bauten im Gebiet Stockenmatt

- Ausgangslage** Das Gebiet Stockenmatt liegt gemäss Gefahrenkarte Kanton Obwalden in der Gefahrenzone gelb, geringe Gefährdung (Gefährdung durch permanente Rutschungen schwacher Intensität). Dies bedeutet, dass mit natürlichen Hangverschiebungen bis zu 2cm/Jahr zu rechnen ist.
- Die Erfahrungen aus den bisherigen Bauvorhaben zeigen, dass die Baugrundverhältnisse in der Stockenmatt sehr komplex sind. In verschiedenen Tiefen liegen aktive Gleitflächen vor, und es ist davon auszugehen, dass zahlreiche weitere, zurzeit nicht aktive Schwächezonen vorhanden sind. Bauliche Eingriffe in den Hang sind bezüglich Stabilität sehr heikel. Es besteht die Gefahr, dass bereits durch relativ kleine Eingriffe Hangverschiebungen auf bestehenden Gleitflächen beschleunigt oder neue Gleitflächen aktiviert werden. Die dabei ausgelösten Bewegungen können hangaufwärts und hangabwärts weit über den Bereich der eigentlichen Baumassnahme hinausreichen.
- Der Kanton Obwalden hat kürzlich eine Überarbeitung der Gefahrenkarte für das Gebiet Stockenmatt in die Wege geleitet. Aufgrund der heute vorliegenden Informationen ist nicht ausgeschlossen, dass in der aktualisierten Gefahrenkarte das Gebiet Stockenmatt oder zumindest Teile davon neu der Gefahrenzone blau, mittlere Gefährdung zugeordnet werden (Gefährdung durch permanente Rutschung mittlerer Intensität).
- Auflagen** Für die Bewilligung von Neubauten im Gebiet Stockenmatt gelten aufgrund der Gefährdung durch permanente Rutschungen die folgenden ergänzenden Auflagen:
1. Die Bauten sind so zu konzipieren, dass die zu erwartenden Hangverschiebungen während der Nutzungsdauer der Bauten von diesen ohne grössere Schäden aufgenommen werden können.
 2. Die Hangstabilität darf durch die geplanten Bauten und Terrainveränderungen in allen Bauzuständen und im Endzustand nicht beeinträchtigt werden.
 3. Die Hinterfüllung der Gebäude ist mit einer umlaufenden Sickerleitung zu entwässern. Das gefasste Sickerwasser ist in die Meteorwasserkanalisation einzuleiten.
 4. Die Anschlüsse der Werkleitungen sind flexibel zu gestalten, so dass die zu erwartenden Hangverschiebungen während der Nutzungsdauer der Bauten aufgenommen werden können.
 5. Allfällige permanente Hangsicherungen sind durch die Eigentümer periodisch zu unterhalten und nötigenfalls instand zu setzen.
 6. Für die Planung der Bauten sind die Baugrund- und Hangwasserverhältnisse mit einer objektspezifischen Baugrunduntersuchung abzuklären.
 7. Durch die Bauherrschaft ist der Nachweis zu erbringen, dass sowohl in allen Bauzuständen als auch im Endzustand eine ausreichende Standsicherheit der Hangbereiche oberhalb wie auch unterhalb der neuen Bauten gewährleistet ist.
 8. Für die Bauausführung ist ein Überwachungskonzept zu erstellen; dieses umfasst im Minimum eine vorsorgliche Beweisaufnahme und die Überwachung der Hangverschiebungen auf den benachbarten Parzellen.
 9. Baumethoden und Bauverfahren sowie Arbeitsabläufe und Etappierungen sind so zu wählen, dass in allen Bauzuständen eine ausreichende Hangstabilität gewährleistet ist und die baubedingten Hangverschiebungen minimiert werden.
 10. Die gleichzeitige Erstellung von grösseren Baugruben auf nebeneinander liegenden Parzellen ist nicht zulässig. Die Gemeinde entscheidet wo nötig über eine entsprechende Staffelung der Baufreigaben.

Hinweise zum Gebäudekonzept	<p>Es sind bezüglich Hangverschiebungen möglichst unempfindliche, kompakte Grundrissformen zu bevorzugen; empfindliche Grundrissformen (z.B. L- und U-Typologien) sind zu vermeiden. Die folgenden Minimalanforderungen sind einzuhalten:</p> <ul style="list-style-type: none">- Durchgehende Bodenplatte aus Stahlbeton.- Ausbildung von allfälligen Untergeschossen als steifer Kasten aus Stahlbeton.- Flexible Anschlüsse aller Werkleitungen.
Hinweise zur Terraingestaltung	<p>Um einen ungünstigen Einfluss auf die Hangstabilität zu vermeiden, ist für den Endzustand eine möglichst ausgeglichene Massenbilanz anzustreben, d.h. das Gewicht des entfernten Aushubs und das der neuen Bauten sollten möglichst ähnlich sein. Grosse permanente Anschnitte im hangseitigen Bereich und grosse Aufschüttungen im talseitigen Bereich der Parzellen sind zu vermeiden.</p> <p>Der Einfluss von Bauten und Terraingestaltung auf die Hangstabilität ist rechnerisch zu untersuchen und eine ausreichende Standsicherheit ist nachzuweisen.</p>
Hinweise zur Entwässerung	<p>Bezüglich Entwässerung gelten die folgenden Minimalanforderungen:</p> <ul style="list-style-type: none">- Ausreichende Perforation aller im Boden verbleibenden Baugrubenabschlüsse.- Hinterfüllung der Gebäude mit durchlässigem Material über die gesamte hinterfüllte Höhe des Untergeschosses.- Umlaufende, spül- und kontrollierbare Sickerleitung etwa auf Höhe der Bodenplatte, Ableitung des Sickerwassers in die Meteorwasser-Kanalisation.- Abstellplätze sind mit einem undurchlässigen Belag zu versehen. Das Platzwasser ist zu fassen und in die entsprechende Kanalisation abzuleiten.- Ableiten des Dachwassers in die Meteorwasser-Kanalisation.
Hinweise zu permanenten Hangsicherungen	<p>Permanente Hangsicherungsmassnahmen wie Anker, Pfähle etc. dürfen für die Standsicherheitsnachweise (Hangstabilität) im Endzustand nur berücksichtigt werden, wenn ihre Funktionstüchtigkeit langfristig gewährleistet werden kann. Dies bedingt eine dauerhafte Ausführung gemäss Stand der Technik, einen periodischen Unterhalt und falls nötig die Instandsetzung dieser Massnahmen.</p> <p>Zur Gewährleistung eines ordnungsgemässen Unterhalts ist für alle permanenten Hangsicherungen eine Schlussdokumentation der ausgeführten Massnahmen (Pläne des ausgeführten Werkes) sowie ein Überwachungs- und Unterhaltsplan zu erstellen.</p>
Hinweise zur Baugrunduntersuchung	<p>Für jedes Bauprojekt sind die Baugrundverhältnisse zu untersuchen und in einem geotechnischen Bericht festzuhalten (Haupt- und allenfalls vertiefte Untersuchung gemäss SIA 267 Ziffer 3.2). Dieser ist von einer Fachperson zu erstellen und muss eine Beurteilung der Baugrundverhältnisse in Bezug auf das geplante Bauvorhaben und die Rutschgefahr enthalten.</p> <p>Die Feriensiedlung Stockenmatt AG plant im Sommer 2020 eine übergeordnete Erkundung der Baugrundverhältnisse. Die Resultate dieser Studie dürften gegen Ende 2020 vorliegen und sind für die Planung aller Bauten als Grundlage mit zu berücksichtigen. Darüber hinaus ist je nach Standort und geplantem Projekt allenfalls die Ausführung zusätzlicher Untersuchungen und/oder das Abwarten einer längeren Beobachtungszeit zur besseren Erfassung von Hangverschiebungen oder Porenwasserdrücken nötig.</p> <p>Die Resultate allfälliger zusätzlicher Untersuchungen sind den Behörden zur Verwendung im Rahmen der übergeordneten Gefahrenbeurteilung zur Verfügung zu stellen.</p>

- Hinweise zum Standsicherheitsnachweis
- Es ist nachzuweisen, dass sowohl in allen Bauzuständen (Baugrube, Leitungsbau, Umgebung) wie auch im Endzustand (Gebäude und Terrainanpassungen fertig erstellt) eine ausreichende Standsicherheit (Hangstabilität) vorliegt. Sind neben den Gebäuden grössere Terrainveränderungen vorgesehen, so sind die Nachweise auch für die Bereiche neben den Gebäuden zu erbringen.
- Der Nachweis hat durch eine ausgewiesene Fachperson auf Grundlage der Normen SIA 260 – 267 zu erfolgen. Der Gemeinde ist mit einer schriftlichen, von der Bauherrschaft und der beauftragten Fachperson unterzeichneten Erklärung zu bestätigen, dass der Nachweis einer ausreichenden Standsicherheit (Hangstabilität) erbracht worden ist.
- Die Gemeinde behält sich vor, auf Kosten der Gesuchsteller die Prüfung der Nachweise durch einen unabhängigen Prüferingenieur zu verlangen.
- Hinweise zum Überwachungskonzept
- Das Überwachungskonzept für die Baugrube hat den Anforderungen der Norm SIA 267 zu entsprechen und ist auf das geplante Bauvorhaben und die damit verbundenen Gefährdungen und Risiken abzustimmen. Es umfasst im Minimum Verschiebungs- und Setzungsmessungen am Baugrubenabschluss und auf den angrenzenden Parzellen. Die Nullmessung hat vor den ersten Aushubarbeiten (inkl. Abhumusieren) zu erfolgen.
- Eine vorsorgliche Beweisaufnahme (Rissaufnahme) der Gebäude, Anlagen und Umgebung ist mindestens auf den bergseitig angrenzenden Parzellen vor Baubeginn vorzunehmen.
- Das Überwachungskonzept ist der Gemeinde mit dem Baugesuch einzureichen.
- Hinweise zur Ausführung
- Baumethoden und Bauverfahren sowie Arbeitsabläufe und Etappierungen sind so zu wählen, dass in allen Bauzuständen eine ausreichende Hangstabilität gewährleistet ist und die baubedingten Hangverschiebungen minimiert werden. Insbesondere sind Arbeitsabläufe und Etappierungen an die jeweiligen Verhältnisse anzupassen. Bauzustände mit ungesicherten Hanganschnitten über eine grösseren Breite sind zu vermeiden.
- Ankerbohrungen mit Druckluft können während den Bohrungen erfahrungsgemäss schubartige Hangverschiebungen auslösen, insbesondere wenn Felsklüfte angebohrt und Kompressoren mit grossen Leistungen eingesetzt werden. Für diesen Fall wird eine engmaschige Überwachung der Hangverschiebungen empfohlen. Bei übermässigen Deformationen ist das Bohrverfahren anzupassen (Reduktion der Kompressorenleistung oder Umstellung auf Bohrverfahren mit Wasser- bzw. Zementspülung).

Matthias Ryser
Dr. Vollenweider AG
Geotechnik Grundbau Tunnelbau

Zürich, 6. Juli 2020

*Schlussentwurf zur Genehmigung durch den Gemeinderat
Formular Nachweis Hangstabilität auf der folgenden Seite*

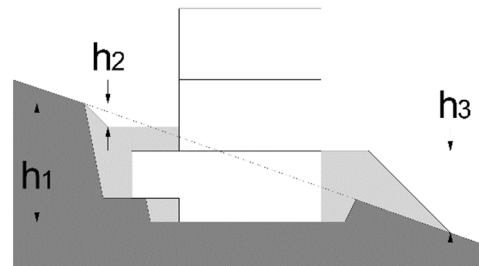
Nachweis Hangstabilität (Zusatzformular)

Bitte das ausgefüllte Formular mit allen notwendigen Unterlagen zusammen mit dem Baugesuch einreichen.

Parzellen-Nr. _____

Angaben zum Bauvorhaben

Baugrube Grundfläche Baugrube [m²] _____
Aushubvolumen [m³] _____
h₁: max. Anschnittshöhe [m] _____
Art der Baugrubensicherung _____



Endzustand h₂: max. Höhe permanente Anschnitte hangseitig [m] _____

h₃: max. Höhe permanente Aufschüttungen talseitig [m] _____

Massenbilanz:	Gewicht Gebäude [to]	+	_____
	Gewicht Hinterfüllungen / Schüttungen [to]	+	_____
	Gewicht Aushub [to]	-	_____
	TOTAL [to]		_____

Für die Gewährleistung einer ausreichenden Standsicherheit (Hangstabilität) im Endzustand ist eine permanente Hangsicherung nötig.

- nein ja, mit Ankern
 Pfählen

Bestätigungen

Die unterzeichnende Fachperson bestätigt, dass die Auflagen betreffend Hangstabilität für Bauten im Gebiet Stockenmatt eingehalten werden und dass für alle Bauzustände und den Endzustand eine ausreichende Standsicherheit (Hangstabilität) nachgewiesen ist.

Firma _____

Name _____

Datum und Unterschrift _____

Der unterzeichnende Gesuchsteller bestätigt, dass die Auflagen betreffend Hangstabilität für Bauten im Gebiet Stockenmatt eingehalten werden und dass allfällige permanente Hangsicherungen fachgerecht unterhalten und falls nötig instandgesetzt werden.

Name Gesuchsteller _____

Datum und Unterschrift _____

Erforderliche Unterlagen

Die folgenden Unterlagen sind zusammen mit dem Zusatzformular einzureichen

- Objektspezifische Baugrunduntersuchung
- Baugrubenplan (Grundriss und massgebende Schnitte mit Koten in m ü. M., Sicherungsmassnahmen schematisch)
- Überwachungskonzept
- Bei Bauten mit permanenten Hangsicherungen: Plan Hangsicherung (Grundriss und massgebende Schnitte) sowie Überwachungs- und Unterhaltsplan