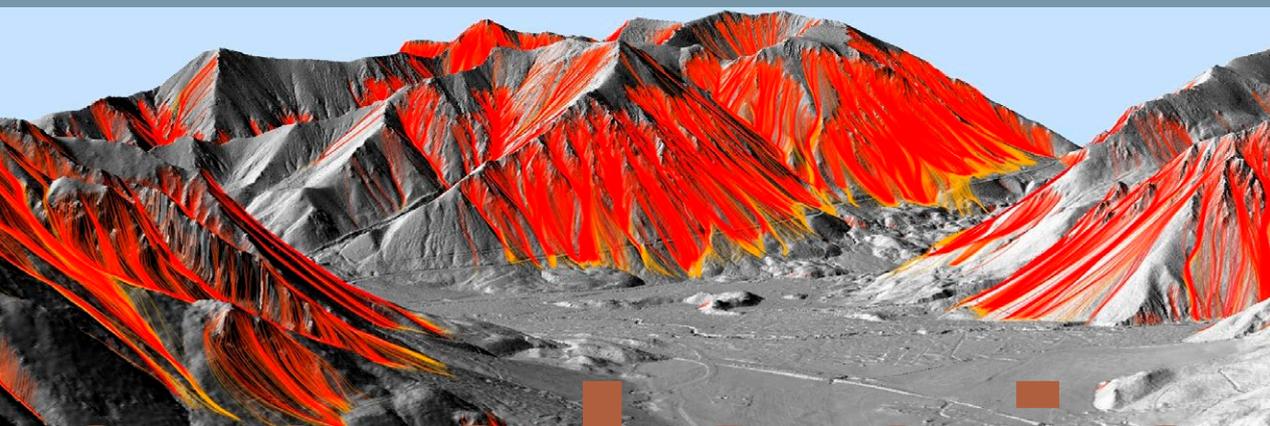




Gefahrenhinweiskarte Alpen und Alpenvorland

Steinschlag – Felssturz – Rutschung – Hanganbruch – Erdfall
Landkreis Rosenheim



geologie



Gefahrenhinweiskarte Alpen und Alpenvorland

Steinschlag – Felssturz – Rutschung – Hanganbruch – Erdfall

Landkreis Rosenheim

Impressum

Gefahrenhinweiskarte Alpen und Alpenvorland
Steinschlag – Felssturz – Rutschung – Hanganbruch – Erdfall
Landkreis Rosenheim
Georisiken im Klimawandel

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Konzept/Text:

LfU: Thomas Galleman, Simone Patula, Maximilian Schmid, Juliane Straub, Peter Thom,
Dr. Andreas von Poschinger

Redaktion:

LfU: Dr. Andreas von Poschinger, Dr. Stefan Glaser

Bildnachweis:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
Geobasisdaten: © Bayerische Vermessungsverwaltung 2014

Druck:

Eigendruck Bayerisches Landesamt für Umwelt
Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier.

Stand:

Aktualisierung der Texte und Links sowie Ausgliederung des Methodenberichts Juni 2020

Erstauflage Februar 2014

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 12 22 20 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 5 |
| 2 | Das Untersuchungsgebiet – Landkreis Rosenheim | 5 |
| 3 | Erfasste Prozesse | 7 |
| 3.1 | Steinschlag und Felssturz | 7 |
| 3.2 | Hanganbrüche | 9 |
| 3.3 | Rutschungen | 11 |
| 3.4 | Subrosion / Erdfälle | 12 |
| 4 | Ermittlung der Gefahrenhinweisflächen | 14 |
| 5 | Grenzen und Einschränkungen der Anwendbarkeit | 15 |
| 6 | Rechtliche Aspekte | 16 |
| 7 | Bereitstellung der Ergebnisse | 17 |
| | Anhang – Beispiele und Parameter | 18 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|----------|---|----|
| Abb. 1: | Lageplan der Untersuchungsgebiete mit Bearbeitungsjahr im Landkreis Rosenheim | 6 |
| Abb. 2: | Felssturzablagerung nahe dem Hammerbach in Aschau i. Chiemgau | 8 |
| Abb. 3: | Felssturz- und Steinschlagablagerungen an der Spitzsteinwand | 8 |
| Abb. 4: | Statistik der Prozessflächen für Szenarien A und B nach Hangneigungsklassen | 10 |
| Abb. 5: | Bereits verwachsener Hanganbruch bei Mitterleiten in Aschau i. Chiemgau | 10 |
| Abb. 6: | Große Rutschung am Farrenpoint | 11 |
| Abb. 7: | Rutschung im Mangfalltal NNW Irschenberg mit Nackental und Rutschbuckel | 12 |
| Abb. 8: | Dolinen nördlich des Wendelsteins | 13 |
| Abb. 9: | Kressenberg-Subformation bei Altenbeuern | 18 |
| Abb. 10: | Globigerinenmergel (Stockletten) am Zementwerk bei Sinning | 19 |
| Abb. 11: | Osterbachschichten am Wetzelsberg bei Bad Feilnbach | 20 |
| Abb. 12: | Kalkgraben-Formation am Brechries bei Bad Feilnbach | 21 |
| Abb. 13: | Hauptdolomit am Gschwendgraben | 22 |
| Abb. 14: | Oberrhätalk nördlich vom Talgraben in Aschau i. Chiemgau | 23 |
| Abb. 15: | Kössen-Formation westlich von Sachrang | 24 |
| Abb. 16: | Lias-Allgäuschichten westlich von Grub | 25 |
| Abb. 17: | Risse an einer Brücke bei Hinterschwend | 30 |
| Abb. 18: | Bergzerreiung am Mühlbacher Berg in Kiefersfelden | 31 |
| Abb. 19: | Alte Rutschzunge beim Schwarzenberg in Frasdorf | 31 |
| Abb. 20: | Gespannte Wurzeln bei der Schmied Alm in Aschau i. Chiemgau | 32 |
| Abb. 21: | Säbelwuchs bei Kraimoos in Bernau a. Chiemsee | 32 |
| Abb. 22: | „Betrunkener Wald“ mit Säbelwuchs am Einöder Berg nördlich von Grassau | 33 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|---------|---|----|
| Tab. 1: | Statistik der Modellierungsergebnisse für die Szenarien A und B im Landkreis Rosenheim | 9 |
| Tab. 2: | Darstellung wichtiger Parameter für die im Arbeitsgebiet bearbeiteten Felssturzobjekte. | 26 |
| Tab. 3: | Stratigraphische Einheiten und ihre Einteilung in vier Blockformen- und Volumenklassen für den Alpenraum im Landkreis Rosenheim | 27 |
| Tab. 4: | Stratigraphische Einheiten und ihre Einteilung in vier Blockformen- und Volumenklassen für das Alpenvorland (Projekt-Teilgebiet 1: Berchtesgadener Land, Traunstein, Rosenheim mit Stadt Rosenheim) | 28 |
| Tab. 5: | Codierung der stratigraphischen Einheiten für die Modellierung von Hanganbrüchen (Auswahl) | 29 |

1 Einleitung

Naturgefahren sind natürliche Gegebenheiten, die zu Sach- oder Personenschäden führen können. Die Zunahme der Anzahl und der Werte von gefährdeten Objekten führt im Allgemeinen dazu, dass auch das Schadensausmaß durch Naturereignisse zunimmt. In den Hoch- und Mittelgebirgsräumen Deutschlands ist man sich oft aus Erfahrung bewusst, dass infolge des starken Reliefs grundsätzlich mit Schäden durch geogene Naturgefahren wie Steinschläge, Felsstürze und Hangrutschungen zu rechnen ist. Bestehende Kenntnisse über Gefährdungsbereiche gehen aber zunehmend verloren und Gefahrensituationen werden oftmals falsch eingeschätzt oder vernachlässigt. Um dem zu begegnen, sind seit vielen Jahren und in vielen benachbarten Ländern verschiedene Arten von Karten etabliert, welche die angesprochenen Geogefahren thematisieren. Diese Themen-Karten dienen als objektives und wertvolles Instrument für die Landes-, Regional- und Ortsplanung.

Die Gefahrenhinweiskarte Bayern bietet eine großräumige Übersicht der Gefährdungssituation durch verschiedene Geogefahren. Sie stellt die Verbreitung und Ausdehnung von möglichen Gefahrenbereichen dar. Sie enthält keine Aussagen zur Eintrittswahrscheinlichkeit und Häufigkeit, zur möglichen Intensität der Ereignisse oder zum Schadenspotenzial.

Die Gefahrenhinweiskarte Bayern mit Hinweisen zu den verschiedenen geogenen Naturgefahren richtet sich vor allem an die Entscheidungsträger vor Ort, um Gefahren für Siedlungsgebiete, Infrastruktur und andere Flächennutzungen frühzeitig zu erkennen und zu lokalisieren. Damit können präventive Maßnahmen zur Gefahrenminderung oder -vermeidung gezielt und nachhaltig geplant werden – sei es durch technischen Schutz, eine angepasste Nutzung oder angepasstes Verhalten. So leistet die Gefahrenhinweiskarte Bayern einen wesentlichen Beitrag als Planungshilfe und ist Bestandteil einer zeitgemäßen nachhaltigen Bauleitplanung.

Neben der Darstellung von möglichen Gefahrenflächen in verschiedenen digitalen Kartendiensten – thematisch in verschiedene Gefahrenbereiche unterteilt – sind zudem die jeweiligen Berichte für die bayerischen Landkreise und einzelne kreisfreie Städte eine wichtige Informationsgrundlage.

Im Internetangebot des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) sind unter www.lfu.bayern.de/geologie/geogefahren die Informationen allgemein zugänglich. Veröffentlichungen finden Sie auch unter www.bestellen.bayern.de > Suchbegriff „Geogefahren“.

2 Das Untersuchungsgebiet – Landkreis Rosenheim

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Erstellung von Gefahrenhinweiskarten für die bayerischen Alpen und das Alpenvorland. Die Bearbeitung erfolgt schrittweise nach Landkreisen. In zwei Vorgängerprojekten wurde in den Jahren 2007 bis Anfang 2012 zuerst der Alpenanteil nach dem Landesentwicklungsprogramm (LEP) bearbeitet. Seit 2012 erfolgt die Erstellung der Gefahrenhinweiskarten auch im Alpenvorland. Im Landkreis Rosenheim wurde der Alpenanteil (341 km²) 2009 und das Alpenvorland (1.135 km²) 2013 bearbeitet (Abb. 1). Aus geologischer Sicht wird der Landkreis Rosenheim im Alpenvorland vor allem durch eiszeitliche und nacheiszeitliche Ablagerungen geprägt, die die Molassesedimente fast vollständig überdecken. Im Alpenbereich treten Einheiten der Kalkalpen, des Flyschs und des Helvetikums auf. Details zur Geologie können den jeweiligen Geologischen Karten entnommen werden. Für weitere Informationen wird auf die Geologische Karte von Bayern 1 : 500.000 und die Geologischen Kartenblätter 1 : 25.000 mit Erläuterungen verwiesen (www.lfu.bayern.de/geologie/geo_karten_schriften/gk25/index.htm).

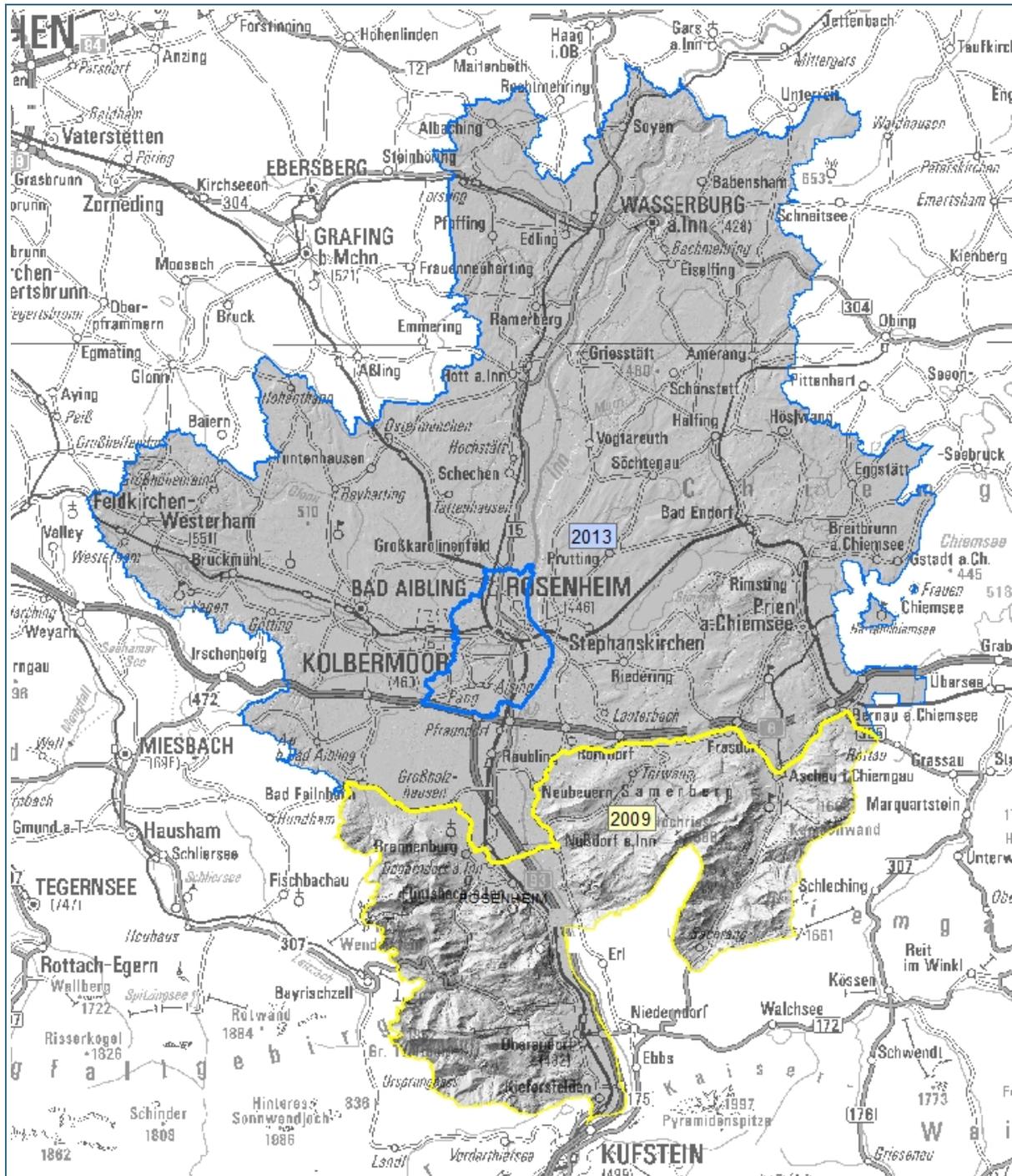


Abb. 1: Lageplan der Untersuchungsgebiete mit Bearbeitungsjahr im Landkreis Rosenheim

Die Jahresmitteltemperatur im Landkreis Rosenheim variiert zwischen rund 8 °C im Alpenvorland und etwa 3 C in den Hochlagen. Die Jahresniederschlagssumme liegt zwischen rund 950 mm im Norden und 2.000 mm im Alpenanteil des Landkreises.

Im UmweltAtlas Bayern sind für den Landkreis Rosenheim 625 Hangbewegungsobjekte im GEORISK-Kataster (Stand Februar 2014) verzeichnet.

3 Erfasste Prozesse

3.1 Steinschlag und Felssturz

Stein- und Blockschlag

Steinschlag ist definiert als periodisches Sturzereignis von einzelnen, kleineren Festgesteinspartien (0–1 m³) bis hin zur Blockgröße (Blockschlag: 1–10 m³). Bei größeren Sturzmassen spricht man von **Felssturz** (> 10 m³ bis < 1 Mio. m³) oder sogar von **Bergsturz** (> 1 Mio. m³). Das Sturzvolumen und die Größe der Sturzblöcke sind abhängig von den Trennflächen und der Schichtung im betroffenen Fels. Die Ursachen für Sturzereignisse liegen in der langfristigen Materialentfestigung und Verwitterung an diesen Trennflächen. Gefördert wird die Ablösung durch Frosteinwirkung, Temperaturschwankungen und Wurzelsprengung. Aufgrund ihres plötzlichen Eintritts, der hohen Energie und Geschwindigkeit können Sturzereignisse sehr gefährlich sein.

Gerade bei Sturm ist vermehrt mit Steinschlag unter Felswänden zu rechnen, da die Bäume die dynamische Belastung über die Wurzeln in den Untergrund einleiten. Falls Bäume infolge eines Sturms umstürzen, werden Steine freigelegt oder sogar hoch gehiebelt, so dass sie abstürzen können. Auch Erdbeben können Stein- und Blockschlag auslösen.

Die kinetische Energie der Blöcke, ihre Sprunghöhen und die Reichweite sind entscheidende Faktoren für einen eventuellen Schaden, aber auch für die Planung von Schutzmaßnahmen. Wenn die Eingangsparameter wie Blockgröße, Dämpfung, Hanggeometrie etc. gut bekannt sind, können mit Hilfe von numerischen Simulationsmodellen die Sprunghöhen und Energien berechnet werden. Künstliche Schutzmaßnahmen wie z. B. Zäune oder Netze werden dann entsprechend dimensioniert. Als Alternative oder Ergänzung zu Fangnetzen können Felswände auch regelmäßig von lockeren Steinen und Blöcken beräumt werden (*Felsputzen*). Auch ein intakter Wald ist ein guter Steinschlagschutz.

Die durchgeführten Modellierungen zeigen als Ergebnis, dass bei einer Modellierung mit Waldbestand rund 5 % der Fläche des Landkreises Rosenheim (rund 72,3 km² = 21 % im alpinen Anteil und rund 1,5 km² = 0,1 % im Alpenvorland) von Steinschlag bedroht sind.

Die Modellierungen ergaben, dass ungefähr 5,2 km² des Projektgebietes durch den Wald vor Stein- und Blockschlag geschützt werden.

Felssturz

Beim Felssturz lösen sich größere Felspartien aus Wandstufen und stürzen ab (Abb. 2 und Abb. 3). Gegenüber einem Bergsturz sind das Volumen (< 1 Mio. m³) und die Dynamik deutlich geringer. Im Gegensatz zum Stein- oder Blockschlag, der aus Einzelkomponenten besteht, erfolgt beim Felssturz eine gegenseitige Beeinflussung der Blöcke während der Bewegung. Aufgrund des plötzlichen Auftretens und der hohen Energie sind sie als sehr gefährlich einzustufen.

Die Ursache für Felsstürze ist in Faktoren wie Spannungsumlagerung, Materialermüdung und Verwitterung an Trennflächen zu suchen. Die Auslöser sind oft weniger eindeutig als bei anderen Hangbewegungen. Frost, Temperaturschwankungen, Erdbeben oder Niederschlag kommen hier z. B. in Frage. Häufig erfolgen Felsstürze aber auch nach einer gewissen Vorbereitungsphase ohne weitere erkennbare Anlässe.

Im Projektgebiet sind potenzielle Felssturzgebiete bekannt, wie z. B. am Schrofen und der Gedererwand.



Abb. 2: Felssturزابlagerung nahe dem Hammerbach in Aschau i. Chiemgau

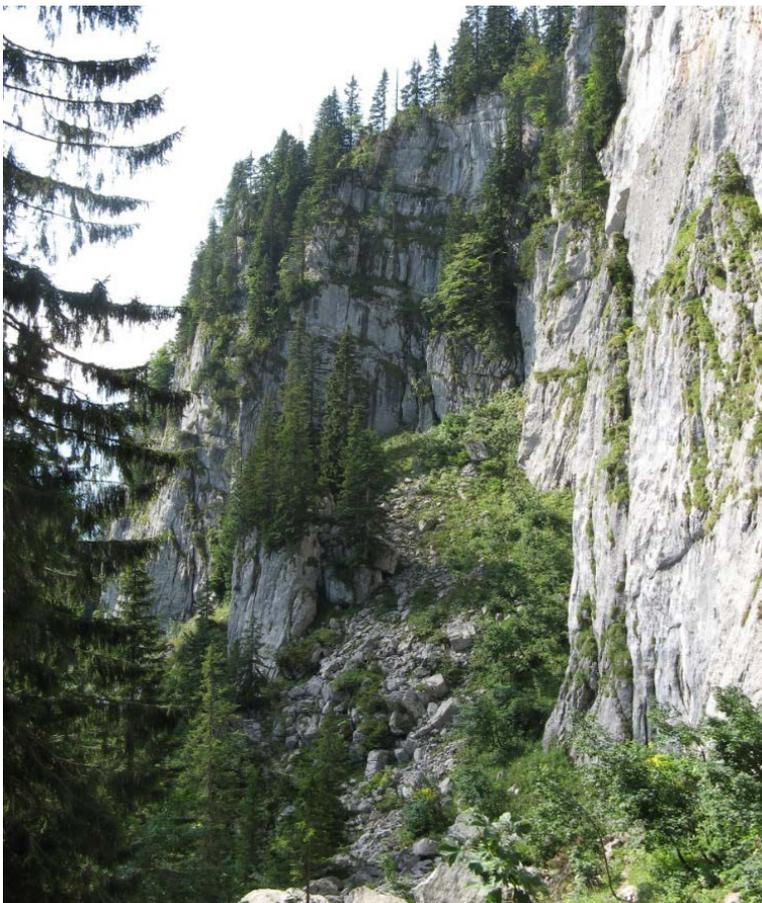


Abb. 3:
Felssturz- und Steinschlagablagerungen an der Spitzsteinwand

3.2 Hanganbrüche

Die Unwetter der letzten Jahre haben auf ein weiteres Problem aufmerksam gemacht: Starkregenereignisse lassen in zunehmendem Maße Schäden durch sogenannte *Hanganbrüche* oder auch *Hangmuren* entstehen. Dies sind flachgründige Rutschungen der Verwitterungsdecke von einigen Zehnern bis wenigen 100 m³ Volumen (Abb. 5). Trotz des meist geringen Volumens bedingen sie durch die Mobilität der Rutschmassen und ihr spontanes Auftreten oft ein erhebliches Schadenspotenzial und haben auch schon zu Todesfällen geführt. So waren im Jahr 2002 in Lutzenberg im Kanton St. Gallen drei Todesfälle zu beklagen, als zwei Häuser durch ein solch spontanes Ereignis zerstört wurden. Im Rahmen dieses Projektes wurde deshalb auch die lokale Anfälligkeit für Hanganbrüche ermittelt.

Hanganbrüche ereignen sich in der Lockergesteins- oder Verwitterungsdecke. Für die Anfälligkeit spielen die Hangneigung, die Rutschanfälligkeit der Deckschichten, die Möglichkeit des Zutritts von Oberflächen- und Hangwasser, bodenmechanische Parameter sowie der Einfluss von Bewaldung und Bebauung eine wesentliche Rolle. Durch Verschneidung dieser Parameter in einem Geoinformationssystem (GIS) lassen sich Bereiche einer erhöhten Anfälligkeit zur Bildung von Hanganbrüchen sowie ihre Reichweite abgrenzen und flächenhaft darstellen. Eine erhöhte Anfälligkeit besteht insbesondere bei Starkniederschlagsereignissen, die das für die jeweilige Region übliche Maß überschreiten. Zuletzt traten solche Ereignisse im Juni 2013, im Sommer 2005 oder Pfingsten 1999 auf.

Tab. 1: Statistik der Modellierungsergebnisse für die Szenarien A und B im Landkreis Rosenheim

| | | Szenario A geringe Schutzwirkung des Waldes | | Szenario B starke Schutzwirkung des Waldes | |
|---|----------------------|---|----------------------------|--|----------------------------|
| | | km ² | Anteil an Gesamtfläche [%] | km ² | Anteil an Gesamtfläche [%] |
| Anriss | Außerhalb des Waldes | 17,1 | 1,2 | 17,1 | 1,2 |
| | Im Wald | 17,5 | 1,2 | 0,7 | 0,1 |
| Auslauf | Außerhalb des Waldes | 12,2 | 0,8 | 10,7 | 0,7 |
| | Im Wald | 17,0 | 1,2 | 6,9 | 0,5 |
| Gesamte Prozessfläche | | 63,8 | 4,3 | 35,5 | 2,4 |
| Gesamtfläche Untersuchungsgebiet | | 1.476,5 | 100 | | |

Die Fläche des gesamten Untersuchungsgebietes beträgt rund 1.477 km² wovon rund 36 % mit Wald bestockt sind.

Der Einfluss der unterschiedlichen Durchwurzelung ist offensichtlich: Bei Szenario B mit starker Schutzwirkung des Waldes vermindern sich die Anrissflächen im Wald erheblich (Tab. 1). Einzig steile Waldpartien weisen mögliche Anrissbereiche auf.

Die Auswertung der Prozessflächen nach Hangneigungsklassen ist in Abb. 4 zu sehen. Die durchgezogenen Linien stellen die Resultate für Szenario A (geringe Schutzwirkung des Waldes) dar, die gestrichelten Linien zeigen Szenario B (hohe Schutzwirkung des Waldes). Die schwarzen Linien stehen für die jeweilige gesamte Prozessfläche, was der Summe der jeweiligen roten Linien (Anrissbereiche) und der gelben Linien (Auslaufbereiche) entspricht.

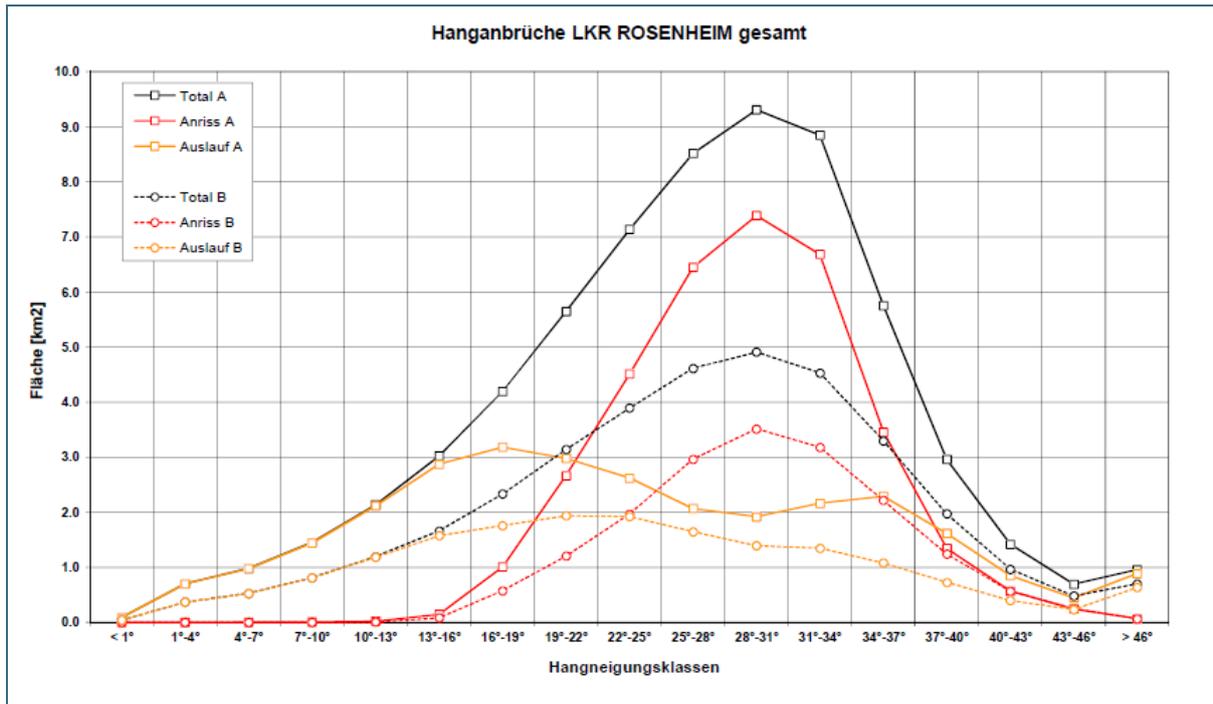


Abb. 4: Statistik der Prozessflächen für Szenarien A und B nach Hangneigungsklassen

Der Vergleich der schwarzen Kurven zeigt die potenzielle Spannweite der Schutzwirkung des Waldes auf.

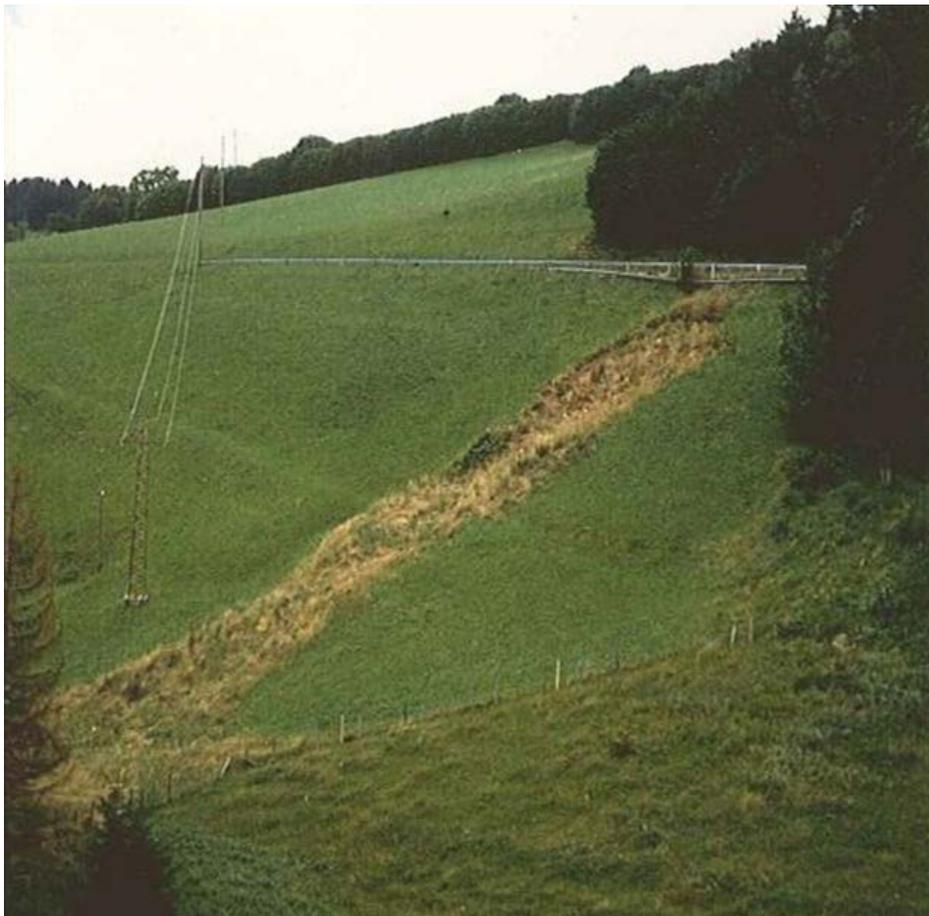


Abb. 5: Bereits verwachsener Hanganbruch bei Mitterleiten in Aschau i. Chiemgau

3.3 Rutschungen

Rutschungen sind hangabwärts gerichtete, gleitende oder kriechende Bewegungen von Fest- und/oder Lockergestein (Abb. 6 und Abb. 7). Geschwindigkeiten von wenigen Zentimetern pro Jahr bis zu mehreren Metern pro Minute sind möglich. Der Tiefgang reicht von wenigen Metern bis über 100 m. Ab einem Tiefgang von etwa fünf Metern wird in der Gefahrenhinweiskarte von einer tiefreichenden Rutschung gesprochen. Während flachgründige Rutschungen oft durch technische Maßnahmen stabilisiert werden können, ist dies bei tiefreichenden Rutschungen nur bedingt möglich. Wasser ist der häufigste Auslöser für Rutschungen. Vor allem langanhaltende Niederschläge lösen tiefreichende Rutschungen aus, daneben kann dies auch durch Starkregen, Schneeschmelze oder durch menschliches Zutun (z. B. Versickerung von Dachwasser, Einleitungen aus versiegelten Flächen) erfolgen. Des Weiteren können Materialumlagerungen wie eine Erhöhung der Auflast (z. B. durch Aufschüttung) oder die Verringerung des Widerlagers (z. B. durch Abgrabung am Hangfuß) Rutschkörper reaktivieren oder zur Neubildung von Rutschungen führen. Rutschungen sind meist keine einmalig abgeschlossenen Ereignisse, sondern aktive und inaktive Phasen wechseln sich ab. Reaktivierungen können mit einer Ausweitung des Rutschgebietes verbunden sein.

Die durchgeführten empirischen Analysen zeigen, dass rund 1,4 % der Fläche (rund 20 km²) des Landkreises von tiefreichenden Rutschungen betroffen sind. Eine erhöhte Anfälligkeit für die Entwicklung von weiteren tiefreichenden Rutschungen besteht für zusätzliche rund 1,5 % der Fläche.



Abb. 6: Große Rutschung am Farrenpoint



Abb. 7: Rutschung im Mangfalltal NNW Irschenberg mit Nackental und Rutschbuckel

3.4 Subrosion / Erdfälle

Erdfälle entstehen durch den plötzlichen Einsturz unterirdischer Hohlräume infolge von Subrosion (Verkarstung). Zum unterirdischen Materialverlust führt meist die chemische Lösung (Korrosion) anfälliger Gesteine wie Salz, Gips, Anhydrit und Kalk, aber auch Dolomit. Ein weiterer Entstehungsmechanismus ist die mechanische Auswaschung von Feinmaterial (Suffosion), die z. B. auch Sandsteine betreffen kann. Erdfälle sind rundliche Einbrüche der Erdoberfläche mit unterschiedlicher Tiefe. Durch seitliche Nachbrüche können sie sich sukzessive ausweiten. *Dolinen* sind typischerweise trichterförmige Geländeformen. Sie entwickeln sich aus Erdfällen, durch Korrosion oder durch das Auswaschen oder Nachsacken von Deckschichten in unterlagernde Hohlräume. Der Durchmesser von Erdfällen, Dolinen und Subrosionssenken reicht vom Meter- bis in den Kilometerbereich. Vor allem in ihrem Umfeld muss mit plötzlichen Nachbrüchen, neuen Einstürzen oder Setzungen gerechnet werden.

Die im Landkreis Rosenheim auftretenden Dolinen (Abb. 8) können lokal auf eine geogen bedingte Gefährdung hinweisen. Die Wahrscheinlichkeit für einen spontanen Einbruch ist von zahlreichen lokalen Faktoren abhängig und kaum großräumig vorhersehbar. Bekannt sind derartige Formen im Landkreis Rosenheim z. B. im Hierlitzkalk nordöstlich der Hochries oder südlich des Spitzsteins, wo die Kössen-Formation ansteht.

Im Bereich der Kalkalpin-Zone des Arbeitsgebietes wurden an mehreren Stellen Dolinen bzw. Erdfälle gefunden. Im Alpenanteil des Landkreises Rosenheim wurde eine Häufung derartiger Strukturen z. B. nordöstlich der Hochries und südlich des Spitzsteins festgestellt. Es handelt sich jeweils um mehrere nahezu runde, trichterförmige Strukturen von einigen Metern Durchmesser. Diese Formen sind meist mehrere Meter tief, teilweise auch verfüllt. Erhalten sind diese Strukturen überwiegend in Waldgebieten, auf vegetationsfreien Flächen im Hochgebirge oder auf Almwiesen.

Insgesamt konnten im Landkreis Rosenheim 996 Subrosions-Objekte (Stand: Januar 2014) erfasst werden, dabei sind keine Objekte im Alpenvorland zu finden. Insgesamt haben 99 % der Objekte ihre Ursache in einem karbonatischen Untergrund und 0,2 % in einem sulfatischen Untergrund. Sechs Objekte sind auf Suffosion zurückzuführen.

Die Auswertung der GK 200 zeigte, dass knapp 13 % der Fläche potenziell verkarstungs-oder auslaugungsfähig ist, wobei sich die Fläche hauptsächlich auf den Alpenanteil des Landkreises Rosenheim konzentriert.



Abb. 8: Dolinen nördlich des Wendelsteins

4 Ermittlung der Gefahrenhinweisflächen

Die Ermittlung von Gefahrenhinweisflächen erfolgt objektunabhängig, das heißt ohne Berücksichtigung potenziell betroffener Bauwerke/Infrastruktur. Zu dieser Objektunabhängigkeit gehört auch, dass **bestehende Schutzmaßnahmen** bei der Erstellung von Gefahrenhinweiskarten explizit nicht berücksichtigt werden. Der Zielmaßstab der Bearbeitung liegt bei **1 : 25.000**.

Grundlage für die Ausweisung von Gefahrenhinweisflächen ist neben dem Digitalen Geländemodell und verschiedenen Kartenwerken das GEORISK-Kataster, in dem seit 1987 Daten zu bekannten, auch historischen Ereignissen erfasst werden (online unter www.umweltatlas.bayern.de → Angewandte Geologie).

Für die Ermittlung der Gefahrenhinweisbereiche von **Stein- und Blockschlag** findet eine 3-D-Modellierung statt. Potenzielle Anbruchbereiche sind dabei Hangbereiche mit einer Neigung $\geq 45^\circ$. Für jede geologische Einheit wird die relevante Blockgröße im Gelände bestimmt und der Berechnung als Bemessungsereignis zugrunde gelegt. Da ein intakter Wald einen guten Schutz vor Steinschlag bietet, jedoch eine veränderliche Größe ist, werden neben Berechnungen unter Berücksichtigung des bestehenden Waldbestands (rote Gefahrenhinweisbereiche) auch Reichweiten für ein Szenario ohne Waldbestand berechnet (orange Gefahrenhinweisbereiche). **Felsstürze**, bei denen ein größeres Volumen zu erwarten ist und die eine größere Reichweite als Steinschlagereignisse haben, werden anhand einer Pauschalwinkel-Analyse ausgewiesen. Da Felsstürze eher seltene Extremereignisse sind, werden die ermittelten Bereiche mit den orangen Gefahrenhinweisflächen für Steinschlag zusammengefasst.

Die Ermittlung der Gefahrenhinweisflächen von **tiefreichenden Rutschungen** (> 5 m Tiefgang) basiert auf Expertenwissen. Gerade größere Rutschungen sind meist keine einmaligen Ereignisse – die Masse kommt nach einer Bewegungsphase zunächst wieder zur Ruhe, bis sie nach Jahren, Jahrzehnten oder sogar Jahrtausenden reaktiviert wird. Rote Gefahrenhinweisbereiche werden daher dort ausgewiesen, wo reaktivierbare tiefreichende Rutschungen vorliegen. Orange sind hingegen die Bereiche, wo es Anzeichen einer Anfälligkeit für die Bildung tiefreichender Rutschungen gibt. Die Flächen entsprechen dem potenziell betroffenen Bereich bei Reaktivierung, beziehungsweise Neubildung einer tiefreichenden Rutschung. Die Gefahrenhinweisflächen enthalten keine Information zu Alter oder Aktivität der Rutschungen. Für jede rote Gefahrenhinweisfläche und für einen Großteil der orangen Gefahrenhinweisflächen wurde ein GEORISK-Objekt angelegt, das Detailinformationen enthält.

Die Gefahrenhinweisflächen zu **Hanganbrüchen** werden für zwei Szenarien (mit und ohne Waldbestand) modelliert. In die Berechnungen fließen mehrere Parameter, wie die Hangneigung und der geologische Untergrund, ein. Aus diesen werden die Hangstabilität und die möglichen Anrisszonen ermittelt. Hangabwärts dieser Anrisszonen werden in Fließrichtung die Ablagerungen mit ihrer Reichweite berechnet. Aus den Anriss- und Ablagerungsflächen ergibt sich der komplette Prozessraum und somit der Gefahrenhinweisbereich. Da Hanganbrüche meist bei Starkniederschlägen auftreten, stellen sie Extremereignisse dar, die in der Gefahrenhinweiskarte schraffiert dargestellt werden.

Das Auftreten von **Erdfällen** ist schwer vorherzusagen. Es kann aber von einer gewissen Erhöhung des Gefahrenpotenzials in der Umgebung bereits bestehender Dolinen ausgegangen werden. Rote Gefahrenhinweisbereiche werden daher im Umkreis von 50 m um bestehende, bekannte oder verfüllte Dolinen/ Erdfälle ausgewiesen. Da Erdfälle auch in Gebieten auftreten können, in denen bisher keine Dolinen bekannt sind, weist die Gefahrenhinweiskarte zusätzlich Flächen des **verkarstungsfähigen Untergrunds** aus (orange schraffiert). Diese beruhen auf der Geologischen Karte 1 : 200.000 und liefern einen regionalen Überblick.

Detaillierte Informationen zur Methodik bei der Ermittlung der Gefahrenhinweisflächen sind im „Methoden-Bericht zur Gefahrenhinweiskarte Bayern – Vorgehen und technische Details“ beschrieben, der unter www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_bod_00133.htm als PDF heruntergeladen werden kann.

5 Grenzen und Einschränkungen der Anwendbarkeit

Die vorliegende Gefahrenhinweiskarte beinhaltet eine großräumige Übersicht über die Gefährdungssituation mit Angaben der Gefahrenart, jedoch nicht zu Intensität und Eintrittswahrscheinlichkeit. Sie wurde für den Zielmaßstab **1 : 25.000** erarbeitet. Sie stellt **keine parzellenscharfe Einteilung** von Gebieten in unterschiedliche Gefahrenbereiche dar. Die Abgrenzung der Gefahrenhinweisflächen ist **als Saum und nicht als scharfe Grenze** zu verstehen. Auch erheben die ermittelten Gefahrenhinweisbereiche **keinen Anspruch auf Vollständigkeit**. Dies betrifft sowohl bereits erfolgte als auch zukünftige Massenbewegungsereignisse. Es handelt sich um eine Darstellung von Gefahrenverdachtsflächen, die zum Zeitpunkt der Bearbeitung auf Basis der verfügbaren Informationen und mit Hilfe zeitgemäßer Methoden ermittelt werden konnten.

Bei der Bearbeitung werden Massenbewegungsereignisse herangezogen bzw. modelliert, die häufiger auftreten, damit repräsentativ sind und als Risiko empfunden werden. Selten auftretende Extremereignisse sind nicht aufgenommen, müssen aber als nicht zu vermeidendes Restrisiko in Kauf genommen werden.

Die Gefahrenhinweiskarte dient als Grundlage für die Bauleitplanung zu einer ersten Erkennung von Gefahrenverdachtsflächen und möglichen Interessenskonflikten. Sie ist eine nach objektiven, wissenschaftlichen Kriterien erstellte Übersichtskarte mit Hinweisen auf Gefahren, die identifiziert und lokalisiert, jedoch nicht im Detail analysiert und bewertet werden. Sie gibt den aktuellen Bearbeitungsstand wieder und wird fortlaufend aktualisiert. Die Gefahrenhinweiskarte **dient nicht der Detailplanung**, sondern der übergeordneten (regionalen) Planung.

Gefahrenhinweiskarten sollen **nicht als Bauverbotskarten** wirken, sondern nur in allen kritischen Fällen den Bedarf nach weitergehenden Untersuchungen offenlegen. Gegebenenfalls muss dann in diesen Fällen in einem **Detailgutachten** festgestellt werden, ob im Einzelfall eine Sicherung notwendig, technisch möglich, wirtschaftlich sinnvoll und im Sinne der Nachhaltigkeit tatsächlich anzustreben ist.

Die Gefahrenhinweiskarte kann unmöglich alle Naturgefahrenprozesse auf der Maßstabsebene **1 : 25.000** enthalten. Weder werden jemals alle Prozesse bekannt sein, noch hat man die Möglichkeit, sich der Vielfältigkeit der Ereignisse ohne Generalisierungen anzunähern. Die Gefahrenhinweiskarte hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie ist ein „lebendes Produkt“, welches vor allem durch Berichte über stattgefundenen Naturgefahrenprozesse seine Aktualität beibehält. Das LfU wird auch zukünftig die Erfassung neuer und die fortlaufende Bewertung bereits bestehender Gefahrenhinweisflächen vornehmen.

Ein bayernweites aktuelles GEORISK-Kataster, das diese Ereignisse enthält und Basis für die Gefahrenhinweiskarte ist, kann allerdings nicht alleine durch die Feldarbeit oder die historische Recherche erreicht werden. Da Berichte aus den Medien über kleinere Ereignisse aber oft nur eine lokale Reichweite besitzen, sind Hinweise und Daten aus den örtlichen Ämtern und Verwaltungen oder von Privatpersonen von hoher Bedeutung.

Bitte unterstützen Sie unsere Arbeit: Melden Sie Ereignisse per E-Mail an georisiken@lfu.bayern.de .

6 Rechtliche Aspekte

In einem interministeriell abgestimmten Rundschreiben vom 16.08.2017 („Hinweise zur Umsetzung der Gefahrenhinweiskarte für den Verwaltungsvollzug“; <https://www.lfu.bayern.de/geologie/geogefahren/index.htm>) wurden Hinweise für den rechtlichen Umgang mit Gefahrenhinweiskarten gegeben. Kurzgefasst ist folgendes festzustellen:

Sicherheitsrecht

Anordnungen nach dem Sicherheitsrecht können nur bei Vorliegen einer **konkreten Gefahr** erfolgen. Eine konkrete Gefahr liegt dann vor, wenn im konkreten Einzelfall in überschaubarer Zukunft mit dem Schadenseintritt hinreichend wahrscheinlich gerechnet werden kann. Die Einstufung in der Gefahrenhinweiskarte allein lässt keinen Rückschluss auf das Vorliegen einer konkreten Gefahr zu. Für die Annahme einer solchen bedürfte es weiterer Anhaltspunkte und gegebenenfalls spezieller Gutachten.

Baurecht

Bauleitplanung

Bei der Aufstellung von Bauleitplänen sind insbesondere die allgemeinen Anforderungen an **gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse** und **umweltbezogene Auswirkungen auf den Menschen und seine Gesundheit** zu berücksichtigen. Daher muss sich eine Gemeinde, die eine Fläche in einem gekennzeichneten Hinweisbereich für Geogefahren überplanen will, im Rahmen der Abwägung mit den bestehenden Risiken auseinandersetzen. Hierzu kann im Rahmen der Behördenbeteiligung das LfU hinzugezogen werden. Dieses kann Hinweise für den jeweiligen Einzelfall geben und geeignete Schutzmaßnahmen empfehlen oder auch an einen spezialisierten Gutachter verweisen.

Einzelbauvorhaben

Auch bei Vorhaben im nicht überplanten Innenbereich und bei Außenbereichsvorhaben müssen die **Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse** gewahrt bleiben. Im Geltungsbereich eines Bebauungsplans sind Anlagen unzulässig, wenn sie Belästigungen oder Störungen ausgesetzt werden, die nach der Eigenart des Baugebiets unzumutbar sind. Zudem muss das jeweilige Grundstück nach seiner Beschaffenheit für die beabsichtigte Bebauung **geeignet** sein und Anlagen sind so zu errichten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben und Gesundheit nicht gefährdet werden. Die bloße Lage eines Grundstücks in einem Gefahrenhinweisbereich ist kein Grund, ein Bauvorhaben abzulehnen. Es bedarf weiterer Anhaltspunkte, die auf das Vorliegen einer konkreten Gefahr hindeuten (z. B. Kenntnis über regelmäßige Steinschläge in dem Bereich). Liegen diese der Bauaufsichtsbehörde vor, so sind weitere Nachforschungen anzustellen und das LfU oder ein Privatgutachter hinzuzuziehen.

Verkehrssicherungspflicht

Entsprechend dem Zitat aus dem BGH-Urteil *NJW 1985, 1773* vom 12. Februar 1985 (nach § 823 BGB) kann zusammengefasst werden: Wer sich an einer gefährlichen Stelle ansiedelt, muss **grundsätzlich selbst für seinen Schutz sorgen**. Er kann nicht von seinem Nachbarn verlangen, dass dieser nunmehr umfangreiche Sicherungsmaßnahmen ergreift. Der Nachbar ist lediglich verpflichtet, die Durchführung der erforderlichen Sicherungsmaßnahmen auf seinem Grundstück zu dulden. Für allein von Naturkräften ausgelöste Schäden kann der Eigentümer nicht verantwortlich gemacht werden. Der Eigentümer ist nur dann haftbar, wenn z. B. ein Felssturz durch von Menschenhand vorgenommene Veränderungen des Hanggrundstücks verursacht wurde und schuldhaft Pflichtverletzung vorliegt.

7 Bereitstellung der Ergebnisse

Während die Daten auf der bereitgestellten CD-ROM den Ist-Zustand der Gefahrenhinweiskarte zum Zeitpunkt der Fertigstellung darstellen, werden die Daten im Internet bei Änderungen fortlaufend aktualisiert. Es wird daher empfohlen diese als Grundlage für weitere Planungen zu verwenden.

Bereitstellung der Ergebnisse im Internet

Die im Rahmen des Projektes bearbeiteten Gebiete für die Gefahrenhinweiskarte Bayern sind im Internet öffentlich zugänglich. Eine Übersicht zu den vorhandenen Daten und Links (Gefahrenhinweiskarte, Berichte, GEORISK-Objekte etc.) findet sich unter:

https://www.lfu.bayern.de/geologie/massenbewegungen_karten_daten/gefahrenhinweiskarten/index.htm

Über folgende Quellen kann ebenfalls online auf die Daten zugegriffen werden:

- **UmweltAtlas Bayern** (<https://www.umweltatlas.bayern.de/>)

Im Themenbereich Angewandte Geologie ist unter Inhalt (Geogefahren) die Gefahrenhinweiskarte für alle Geogefahren zu aktivieren. Zudem sind unter Massenbewegungen alle bestehenden GEORISK-Objekte und ihre Detailinformationen abzurufen.

Eine **Standortauskunft** kann mit dem Tool *Standortauskunft erstellen* in der Werkzeugleiste abgerufen werden. Diese enthält umfassende Beschreibungen zu den Gefahrenhinweiskarten und Geogefahren an einer ausgewählten Lokalität in Bayern. Die Standortauskunft ist auch über das Internetangebot des LfU (<https://www.lfu.bayern.de/>) unter Themen → Geologie → Geogefahren → Standortauskunft Geogefahren zu erreichen. Über die Angabe einer Adresse oder eine Punktauswahl in der Karte werden die für diesen Ort vorliegenden Informationen zu Geogefahren in einem PDF-Dokument zusammengefasst. Dies kann einige Minuten dauern.

- **Geodatendienste des LfU**

Darüber hinaus stehen die Ergebnisse der Gefahrenhinweiskarte als **WMS-Dienst** (web map service) und als **Download-Dienst** zu Verfügung. Die technischen Informationen zu allen geologischen Diensten sind unter https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/geodatendienste/index_wms.htm#Geologie und https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/geodatendienste/index_download.htm#Geologie abrufbar.

Der Abruf der Dienste erfolgt unter folgenden Quellen:

- **WMS-URL für die Einbindung in ein GIS**
<https://www.lfu.bayern.de/gdi/wms/geologie/georisiken?>
- **Download-Dienst-URL für die Einbindung in ein GIS** <https://www.lfu.bayern.de/gdi/dls/georisiken.xml>

Bereitstellung auf CD-ROM

Auf der beigefügten CD-ROM sind die Gefahrenhinweiskarten sowohl als sogenanntes **geo pdf** als auch im Dateiformat **Shapefile** aufbereitet. Das **geo pdf** lässt sich mit Hilfe geeigneter Software öffnen, die dargestellten Gefahrenhinweisflächen können über Sichtbarkeitsschalter aktiviert werden. Die Dateien im Format **Shapefile** lassen sich in gängige Geographische Informationssysteme einbinden.

Anhang – Beispiele und Parameter

Charakteristische Gesteine

Aus den in Tab. 3 und Tab. 4 aufgeführten stratigraphischen Einheiten wurden nachfolgend acht charakteristische und repräsentative Gesteine des Untersuchungsgebietes herausgegriffen, hinsichtlich ihrer geotechnischen Eigenschaften und den daraus resultierenden Blockgrößen kurz erläutert und durch Geländefotos dokumentiert.

In der schmalen *Helvetischen Zone* tritt nördlich von Altenbeuern ein Höhenzug aus der *Kressenberg-Subformation (Schwarzerzschichten)* auf (Abb. 9). Für die meist dickbankigen Sandkalke und Kalksandsteine beträgt die wahrscheinlichste Blockgröße 60 cm x 60 cm x 60 cm, weshalb sie der Volumenklasse II zugeordnet wird (Tab. 3 und Tab. 4).



Abb. 9:
Kressenberg-Subformation bei Altenbeuern



Abb. 10: Globigerinenmergel (Stockletten) am Zementwerk bei Sinning

Ganz anders ausgebildet sind die allgemein plattigen **Globigerinenmergel** (Stockletten) (Abb. 10). Es bilden sich bevorzugt stengelig-griffelige Gesteinsbruchstücke der Blockgröße 5 cm x 10 cm x 10 cm (Volumenklasse IV) aus.

Bei den Gesteinen der *Flysch-Zone* handelt es sich zum einen um Kalk-Mergel-Wechselfolgen und zum anderen um von Sandsteinen dominierte Serien. Die Gesteine wurden an Überschiebungsflächen und Störungen meist mechanisch stark beansprucht. Ein Vertreter des *Feuerstätter Flysch* sind die **Osterbachschichten** (Abb. 11), welche im Bereich des Osterbaches bei Bad Feilnbach aufgeschlossen sind. Sie sind durch eine Wechsellagerung aus dickbankigen Feinbreccien, Sandsteinen, Kalken und bis zu einem Meter mächtigen Lagen aus dünnbankigen Mergeln und Tonschiefern gekennzeichnet. Sie werden der Blockgröße 30 cm x 40 cm x 60 cm zugeteilt (Volumenklasse III).



Abb. 11:
Osterbachschichten
am Wetzelsberg bei
Bad Feilnbach

Ein wichtiger Vertreter des *Rhenodanubischen Flysch* ist die erosionsanfällige **Kalkgraben-Formation** (*Zementmergelserie*) (Abb. 12). Sie zeichnet sich durch einen raschen Wechsel von bankigen Kalkmergeln und Mergeln mit dünnen Tonlagen aus. Aufgrund der Bankdicken und der Klüftigkeit wird der Kalkgraben-Formation die Blockgröße 30 cm x 50 cm x 50 cm zugeordnet (Volumenklasse III).



Abb. 12: Kalkgraben-Formation am Brechries bei Bad Feilnbach

In der *Kalkalpinen Zone* ist im Landkreis Rosenheim der Hauptdolomit der wichtigste Vertreter. Der **Hauptdolomit** tritt als mittel- bis dickbankiges, vielfach kleinstückig zerfallendes (Grus) aber auch deutlich grobblockiges Gestein auf (Abb. 13). Unter seinen Wänden entstehen häufig enorme Schuttansammlungen in Form von Fächern. Repräsentativ ist das Vorkommen von Blöcken mit einer Größe von 50 cm x 60 cm x 70 cm (Volumenklasse II).



Abb. 13:
Hauptdolomit am
Gschwendgraben



Abb. 14: Oberrhätkalk nördlich vom Talgraben in Aschau i. Chiemgau

Der **Oberrhätkalk** ist dickbankig bis massig und deutlich kompakter als der Hauptdolomit. Die vorliegenden Blöcke sind deutlich grobblockiger (Abb. 14). Repräsentativ ist das Vorkommen von Blöcken der Formenklasse 100 cm x 100 cm x 120 cm (Volumenklasse I).



Abb. 15:
Kössen-Formation
westlich von Sachrang

Anders ausgebildet ist die **Kössen-Formation** (Kössener Schichten) (Abb. 15). Mit einer Wechsel-
folge aus dünn- bis mittelbankigen Kalksteinen, dünnbankigen Mergeln und dünnen Tonlagen werden
sie der Blockgröße 50 cm x 60 cm x 60 cm (Volumenklasse II) zugeordnet.

Ein besonderes erosionsanfälliges Gestein der *Kalkalpinen Zone* sind die **Lias-Allgäuschichten** (Abb. 16). Dabei handelt es sich um dünnbankige, knollige bis flaserige Kalke, Mergel und Knollenmergelkalke, die an der Basis auch kieselig ausgebildet sein können. Aus den Kalk-Mergel-Wechselfolgen bilden sich überwiegend plattige Bruchstücke der Größe 40 cm x 50 cm x 70 cm (Volumenklasse III).



Abb. 16: Lias-Allgäuschichten westlich von Grub

Felssturz

Tab. 2: Darstellung wichtiger Parameter für die im Arbeitsgebiet bearbeiteten Felssturzobjekte. Die Ergebnisse der grau dargestellten Objekte werden in der Gefahrenhinweiskarte nicht extra ausgewiesen, da die Reichweiten der Steinschlagmodellierung die simulierten Reichweiten der Felssturzmodellierung über-treffen.

| BIS-Objekt | Name | Obergrenze Schuttkegel z_1^* [Meereshöhe] | Anbruchoberkante z_2^* [Meereshöhe] | geschätzte max. Reichweite* [Meereshöhe] | z_1/z_2 | Gewählter Pauschalwinkel |
|---------------|----------------|---|---------------------------------------|--|-----------|--------------------------|
| 8238GR 000006 | Schrofen | 935 | 1000 | 700 | 0,78 | Schattenwinkel |
| 8238GR 000019 | Rachelwand | 660 | 670 | 640 | 0,67 | Schattenwinkel |
| 8239GR 000047 | Kindlwand | 990 | 1180 | 860 | 0,41 | Schattenwinkel |
| 8239GR 000010 | Spitzsteinwand | 1415 | 1520 | 1390 | 0,19 | Schattenwinkel |
| 8239GR 000014 | Zellerhorn | 1230 | 1355 | 920 | 0,71 | Schattenwinkel |
| 8240GR 000003 | Gedererwand | 1240 | 1340 | 1000 | 0,7 | Schattenwinkel |

*repräsentative Höhen ausgewählt

Steinschlag

Tab. 3: Stratigraphische Einheiten und ihre Einteilung in vier Blockformen- und Volumenklassen für den Alpenraum im Landkreis Rosenheim

| Stratigraphische Einheit | Blockachsen | | | Blockvolumen [cm³] | Flächenanteil am Gesamt-Anbruchgebiet [%] | Klasse | Volumenklasse | Blockformenklasse [cm] | durchschnittliche Blockmasse [kg] |
|---|-------------|-----------|-----------|-----------------------|--|--------|---------------|---------------------------|--------------------------------------|
| | X [cm] | Y [cm] | Z [cm] | | | | | | |
| Konglomerat | 120 | 120 | 120 | 1728000 | 0,004 | 1 | | | |
| Breccie | 120 | 120 | 120 | 1728000 | 0,006 | 1 | | | |
| Alt-, Mittelpleistozän - Nagelfluh | 120 | 120 | 120 | 1728000 | 0,047 | 1 | | | |
| Dachsteinkalk | 120 | 120 | 120 | 1728000 | 0,078 | 1 | | | |
| Oberrhätikalk | 120 | 120 | 120 | 1728000 | 3,012 | 1 | | | |
| Wettersteinkalk | 120 | 120 | 120 | 1728000 | 26,244 | 1 | | | |
| Koessener Kalk | 100 | 100 | 100 | 1000000 | 2,393 | 1 | | | |
| Gosau-Gruppe, ungegliedert | 80 | 100 | 120 | 960000 | 0,000 | 1 | | | |
| Norisch-rhaetischer Kalk | 80 | 100 | 120 | 960000 | 0,003 | 1 | I | 120 x 120 x 120 | 3.780 |
| Untere Gosau-Subgruppe | 80 | 100 | 120 | 960000 | 0,003 | 1 | | | |
| Gosau-Basisschichten | 80 | 100 | 120 | 960000 | 0,066 | 1 | | | |
| Steinalm-Formation | 80 | 100 | 120 | 960000 | 0,098 | 1 | | | |
| Untersberger Marmor | 80 | 100 | 120 | 960000 | 0,164 | 1 | | | |
| Tannheim-Formation und Losenstein-Formation | 80 | 100 | 100 | 800000 | 0,001 | 1 | | | |
| Losenstein-Formation und Branderleck-Formation | 80 | 100 | 100 | 800000 | 0,029 | 1 | | | |
| Wettersteindolomit | 80 | 100 | 100 | 800000 | 0,138 | 1 | | | |
| Losenstein-Formation und Branderleck-Formation, Konglomerate oder Breccie | 80 | 100 | 100 | 800000 | 0,299 | 1 | | | |
| Jura-Schwellenkalk, ungegliedert | 70 | 80 | 100 | 560000 | 0,441 | 2 | | | |
| Reifling-Formation | 70 | 80 | 100 | 560000 | 0,537 | 2 | | | |
| Haselbergkalk | 70 | 80 | 100 | 560000 | 0,993 | 2 | | | |
| Branderleck-Formation | 80 | 80 | 80 | 512000 | 0,308 | 2 | | | |
| Steinmuehlkalk | 60 | 80 | 100 | 480000 | 0,010 | 2 | | | |
| Reiselsberg-Formation | 60 | 80 | 100 | 480000 | 0,011 | 2 | | | |
| Inneralpine Molasse | 60 | 80 | 100 | 480000 | 0,084 | 2 | | | |
| Kalkgraben-Formation | 60 | 80 | 100 | 480000 | 0,182 | 2 | | | |
| Partnachkalk | 60 | 80 | 100 | 480000 | 0,968 | 2 | | | |
| Plattenkalk | 60 | 80 | 100 | 480000 | 3,162 | 2 | | | |
| Lithothamnienkalk | 60 | 80 | 80 | 384000 | 0,003 | 2 | II | 80 x 80 x 100 | 1.400 |
| Haellritz-Formation | 60 | 80 | 80 | 384000 | 0,011 | 2 | | | |
| Gutenstein-Formation | 60 | 80 | 80 | 384000 | 0,077 | 2 | | | |
| Karnisch-norischer Dolomit | 60 | 80 | 80 | 384000 | 0,091 | 2 | | | |
| Breitenauer Fazies | 60 | 80 | 80 | 384000 | 0,168 | 2 | | | |
| Gutenstein-Formation bis Reifling-Formation | 60 | 80 | 80 | 384000 | 0,456 | 2 | | | |
| Raibler Schichten | 60 | 70 | 80 | 336000 | 0,043 | 2 | | | |
| Raibler Kalk | 60 | 70 | 80 | 336000 | 0,796 | 2 | | | |
| Reichenhaller Kalk | 50 | 80 | 80 | 320000 | 0,000 | 2 | | | |
| Reichenhall-Formation | 50 | 80 | 80 | 320000 | 0,023 | 2 | | | |
| Lias-Basiskalk | 50 | 70 | 80 | 280000 | 0,593 | 2 | | | |
| Raibler Rauhwacke | 50 | 60 | 70 | 210000 | 0,418 | 3 | | | |
| Adnet-Formation | 40 | 60 | 80 | 192000 | 0,001 | 3 | | | |
| Weitwies-Subformation | 40 | 60 | 80 | 192000 | 0,001 | 3 | | | |
| Rehbrenggraben-Formation | 40 | 60 | 80 | 192000 | 0,002 | 3 | | | |
| Altlenzbach-Formation, Sandstein (Basis-Sandstein) | 40 | 60 | 80 | 192000 | 0,003 | 3 | | | |
| Kressenberg-Formation | 40 | 60 | 80 | 192000 | 0,020 | 3 | | | |
| Rotkalk | 40 | 60 | 80 | 192000 | 0,022 | 3 | | | |
| Altlenzbach-Formation | 40 | 60 | 80 | 192000 | 0,047 | 3 | | | |
| Reichenhaller Dolomit | 40 | 60 | 70 | 168000 | 0,013 | 3 | | | |
| Reichenhaller Rauhwacke | 40 | 60 | 70 | 168000 | 0,024 | 3 | | | |
| Raibler Dolomit | 40 | 60 | 70 | 168000 | 0,692 | 3 | | | |
| Hauptdolomit | 40 | 60 | 70 | 168000 | 48,081 | 3 | | | |
| Kressenberg-Subformation | 40 | 50 | 60 | 120000 | 0,000 | 3 | | | |
| Paislsberg-Formation | 40 | 50 | 60 | 120000 | 0,001 | 3 | III | 50 x 60 x 80 | 520 |
| Buerger-Formation | 40 | 50 | 60 | 120000 | 0,001 | 3 | | | |
| Sankt-Pankraz-Subformation | 40 | 50 | 60 | 120000 | 0,020 | 3 | | | |
| Scheibelbergkalk | 30 | 50 | 70 | 105000 | 0,019 | 3 | | | |
| Scheibelberg-Formation bis Lias-Allgaeuschichten | 30 | 50 | 70 | 105000 | 0,101 | 3 | | | |
| Scheibelberg-Formation bis Chiemgauer Schichten | 30 | 50 | 70 | 105000 | 0,114 | 3 | | | |
| Scheibelberg-Formation | 30 | 50 | 70 | 105000 | 1,426 | 3 | | | |
| Haselgebirge und Werfener Schichten | 30 | 50 | 50 | 75000 | 0,000 | 3 | | | |
| Lias-Allgaeuschichten | 30 | 40 | 60 | 72000 | 0,750 | 3 | | | |
| Frauengrube-Subformation | 30 | 40 | 50 | 60000 | 0,004 | 3 | | | |
| Ammergau-Formation und Schrambach-Formation | 30 | 40 | 50 | 60000 | 0,009 | 3 | | | |
| Ammergau-Formation und Ruhpolding-Formation | 30 | 40 | 50 | 60000 | 0,034 | 3 | | | |
| Hierlatzkalk | 30 | 40 | 50 | 60000 | 0,387 | 3 | | | |
| Ammergau-Formation | 30 | 40 | 50 | 60000 | 0,535 | 3 | | | |
| Spatkalk | 30 | 40 | 50 | 60000 | 0,580 | 3 | | | |
| Chiemgauer Schichten | 20 | 40 | 50 | 40000 | 1,739 | 4 | | | |
| Ruhpolding-Formation | 20 | 40 | 40 | 32000 | 0,179 | 4 | | | |
| Raibler Sandstein | 20 | 30 | 50 | 30000 | 0,043 | 4 | | | |
| Glanegger Schichten | 20 | 30 | 40 | 24000 | 0,001 | 4 | | | |
| Partnachschichten | 20 | 30 | 40 | 24000 | 0,114 | 4 | | | |
| Koessen-Formation | 20 | 30 | 40 | 24000 | 0,624 | 4 | | | |
| Moraene | 20 | 30 | 30 | 18000 | 0,005 | 4 | | | |
| Moraene, risszeitlich | 20 | 30 | 30 | 18000 | 0,020 | 4 | | | |
| Piesenkopf-Formation | 20 | 30 | 30 | 18000 | 0,058 | 4 | | | |
| Moraene, wuermzeitlich | 20 | 30 | 30 | 18000 | 0,083 | 4 | | | |
| Lokalmoraene | 20 | 30 | 30 | 18000 | 0,116 | 4 | | | |
| Fermoraene | 20 | 30 | 30 | 18000 | 0,580 | 4 | IV | 20 x 40 x 50 | 90 |
| Olching-Formation | 10 | 20 | 30 | 6000 | 0,016 | 4 | | | |
| Schrambach-Formation | 10 | 20 | 30 | 6000 | 1,385 | 4 | | | |
| Gerhartsreiter Schichten | 5 | 10 | 20 | 1000 | 0,000 | 4 | | | |
| Sachrang-Subformation | 5 | 10 | 20 | 1000 | 0,000 | 4 | | | |
| Verlehnte Molasse | 5 | 10 | 20 | 1000 | 0,001 | 4 | | | |
| Tannheim-Formation | 5 | 10 | 20 | 1000 | 0,040 | 4 | | | |
| Buntmergelserie | 5 | 10 | 10 | 500 | 0,002 | 4 | | | |
| Globigerinenmergel | 5 | 10 | 10 | 500 | 0,011 | 4 | | | |
| Seisenburg-Formation | 5 | 5 | 10 | 250 | 0,000 | 4 | | | |
| Tonmergelschichten | 5 | 5 | 10 | 250 | 0,001 | 4 | | | |
| Raibler Tonstein | 5 | 5 | 10 | 250 | 0,139 | 4 | | | |

Tab. 4: Stratigraphische Einheiten und ihre Einteilung in vier Blockformen- und Volumenklassen für das Alpenvorland (Projekt-Teilgebiet 1: Berchtesgadener Land, Traunstein, Rosenheim mit Stadt Rosenheim)

| Stratigraphische Einheit | Blockachsen | | | Blockvolumen [cm ³] | Flächenanteil am Gesamt- Anbruchgebiet [%] | Volumen- klasse | Blockformen- klasse [cm] | durch- schnittliche Blockmasse [kg] |
|---|-------------|-----------|-----------|------------------------------------|---|--------------------|--------------------------------|--|
| | X [cm] | Y [cm] | Z [cm] | | | | | |
| Alt-, Mittelpleistozän - Nagelfluh | 120 | 120 | 120 | 1728000 | 2,8298 | I | 120 x 120 x 120 | 3.780 |
| Altmoraene, z. T. Nagelfluh | 120 | 120 | 120 | 1728000 | 1,3888 | | | |
| Konglomerat | 120 | 120 | 120 | 1728000 | 0,2364 | | | |
| Obere Suesswassermolasse, Konglomerat | 120 | 120 | 120 | 1728000 | 2,7614 | | | |
| Oberrhaetkalk | 120 | 120 | 120 | 1728000 | 0,9563 | | | |
| Schmelzwasser- oder Flussschotter, z. T. Nagelfluh | 120 | 120 | 120 | 1728000 | 25,6209 | | | |
| Philipp- und Liegend-Flözgruppe | 60 | 100 | 100 | 600000 | 0,3734 | | | |
| Rehbreingraben- bis Seisenburg-Formation | 60 | 80 | 100 | 480000 | 0,0027 | | | |
| Alveolinschichten | 60 | 80 | 80 | 384000 | 0,3761 | II | 60 x 80 x 80 | 840 |
| Haellritz-Formation | 60 | 80 | 80 | 384000 | 0,2283 | | | |
| Raibler Dolomit | 60 | 70 | 80 | 336000 | 0,0564 | | | |
| Raibler Rauhwacke | 60 | 70 | 80 | 336000 | 1,0315 | | | |
| Frauengrube-Subformation | 50 | 60 | 80 | 240000 | 0,7951 | | | |
| Altlangbach-Formation | 40 | 60 | 80 | 192000 | 1,2169 | | | |
| Fackelgraben-Subformation | 40 | 60 | 80 | 192000 | 0,2713 | | | |
| Jüngere Obere Suesswassermolasse | 40 | 60 | 80 | 192000 | 0,0295 | | | |
| Rehbreingraben-Formation | 40 | 60 | 80 | 192000 | 0,0107 | | | |
| Weitwies-Subformation | 40 | 60 | 80 | 192000 | 0,2230 | | | |
| Hauptdolomit | 40 | 60 | 70 | 168000 | 3,0638 | | | |
| Buergen-Formation | 40 | 50 | 60 | 120000 | 0,0081 | | | |
| Obere Suesswassermolasse und Brackwassermolasse | 40 | 50 | 60 | 120000 | 0,5748 | | | |
| Obere Suesswassermolasse, Hangendserie | 40 | 50 | 60 | 120000 | 0,0242 | | | |
| Sankt-Pankraz-Subformation | 40 | 50 | 60 | 120000 | 0,2471 | | | |
| Schwarzerzschichten, unvererzt | 40 | 50 | 60 | 120000 | 0,0215 | | | |
| Schwarzerzschichten, vererzt | 40 | 50 | 60 | 120000 | 0,0269 | | | |
| Haupt-Cyrenenschichten | 40 | 50 | 50 | 100000 | 0,4781 | | | |
| Tiefere Untere Bunte Molasse und Untere Cyrenenschichten | 40 | 50 | 50 | 100000 | 0,0054 | | | |
| Haupt- und Sattel-Flözgruppe | 40 | 40 | 50 | 80000 | 0,0242 | | | |
| Obere Brackwassermolasse | 40 | 40 | 50 | 80000 | 0,0672 | | | |
| Oberste Cyrenenschichten | 40 | 40 | 50 | 80000 | 0,0081 | | | |
| Untere Brackwassermolasse | 40 | 40 | 50 | 80000 | 0,0215 | | | |
| Kalkgraben-Formation | 30 | 50 | 50 | 75000 | 0,2539 | | | |
| Osterbachschichten | 30 | 40 | 60 | 72000 | 0,0161 | | | |
| Bausteinschichten | 30 | 40 | 50 | 60000 | 2,5032 | | | |
| Hoehere Untere Bunte Molasse und hoehere Hauptcyrenenschichten | 20 | 50 | 50 | 50000 | 1,4371 | | | |
| Mittlere Untere Bunte Molasse und tiefere Hauptcyrenenschichten | 20 | 50 | 50 | 50000 | 0,6178 | | | |
| Achtal-Formation | 20 | 40 | 50 | 40000 | 0,0833 | | | |
| Gross- und Kleinkohl-Flözgruppe | 20 | 40 | 50 | 40000 | 0,3385 | | | |
| Sinterkalk | 30 | 30 | 40 | 36000 | 0,4244 | III | 30 x 40 x 50 | 130 |
| Jüngere Obere Meeresmolasse | 20 | 40 | 40 | 32000 | 3,3685 | | | |
| Aelteste Obere Meeresmolasse | 15 | 40 | 40 | 24000 | 1,5661 | | | |
| Koessen-Formation | 20 | 30 | 40 | 24000 | 1,3541 | | | |
| Obere Suesswassermolasse | 20 | 30 | 40 | 24000 | 2,9199 | | | |
| Promberger Schichten | 20 | 30 | 40 | 24000 | 0,0886 | | | |
| Altmoraene | 20 | 30 | 30 | 18000 | 0,1639 | | | |
| Fermoraene | 20 | 30 | 30 | 18000 | 0,9215 | | | |
| Moraene | 20 | 30 | 30 | 18000 | 5,1714 | | | |
| Moraene, risszeitlich | 20 | 30 | 30 | 18000 | 0,9026 | | | |
| Moraene, wuermzeitlich | 20 | 30 | 30 | 18000 | 14,1383 | | | |
| Moraene, wuermzeitlich, tonig-schluffig | 20 | 30 | 30 | 18000 | 0,4164 | | | |
| Allgaeu-Formation | 10 | 30 | 50 | 15000 | 1,6015 | | | |
| Obere Meeresmolasse und Brackwassermolasse | 10 | 30 | 40 | 12000 | 1,5231 | | | |
| Obere Suesswassermolasse, Schotter | 20 | 20 | 20 | 8000 | 0,0054 | | | |
| Schmelzwasser- oder Flussschotter | 20 | 20 | 20 | 8000 | 7,3150 | | | |
| Chatt-Sand | 10 | 20 | 30 | 6000 | 0,4486 | | | |
| Obere Meeresmolasse | 10 | 20 | 30 | 6000 | 4,0911 | | | |
| Pinswanger Schichten | 5 | 20 | 20 | 2000 | 0,1074 | | | |
| Aeltere Obere Meeresmolasse | 5 | 10 | 20 | 1000 | 0,7924 | | | |
| Beckenschluff bis Seeton | 10 | 10 | 10 | 1000 | 0,2230 | | | |
| Obere Suesswassermolasse, Mergel und Sandmergel | 5 | 10 | 20 | 1000 | 0,0564 | | | |
| Aquitän-Fischschiefer | 5 | 10 | 15 | 750 | 0,1961 | | | |
| Aeltere Untere Meeresmolasse, mergelig | 5 | 10 | 10 | 500 | 0,0510 | | | |
| Globigerinenmergel | 5 | 10 | 10 | 500 | 1,1092 | | | |
| Obere Meeresmolasse, Glaukonitsande und Blaettermergel | 5 | 10 | 10 | 500 | 1,4156 | | | |
| Tonmergelschichten | 5 | 5 | 10 | 250 | 0,4860 | | | |
| Verlehnte Molasse | 5 | 5 | 10 | 250 | 0,7951 | | | |
| Hanglehm | 5 | 5 | 5 | 125 | 0,0188 | | | |
| Jüngere Untere Meeresmolasse, mergelig | 5 | 5 | 5 | 125 | 0,0994 | | | |

Hanganbruch

Tab. 5: Codierung der stratigraphischen Einheiten für die Modellierung von Hanganbrüchen (Auswahl)

| | | | | Durchlässigkeit Verwitterungsprodukt | Gestein | Zustand / Beanspruchung | Erodierbarkeit | Korngröße Verwitterungsprodukt |
|---------------------------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------------|---|-------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------------------------|
| | | | | 1 = dicht (Stauer) | 1 = Sandstein | 1 = kompakt | 1 = sehr gering | 1 = sehr fein (Ton) |
| | | | | 2 = sehr gering (z. B. tonige Gesteine) | 2 = Kalkstein | 2 = wenig zerklüftet | 2 = gering | 2 = fein (Schluff) |
| | | | | 3 = gering | 3 = Mergelstein | 3 = stark zerklüftet | 3 = mittel | 3 = mittel (Sand) |
| | | | | 4 = mittel | 4 = Tonstein | 4 = gebräch | 4 = hoch | 4 = groß (Sand / Steine) |
| | | | | 5 = hoch | 5 = Schotter / Kies / Sand | 5 = vorbelastet | 5 = sehr hoch | 5 = sehr groß (Blöcke) |
| | | | | 6 = sehr hoch (z. B. ge- klüftete Gesteine, Schotter) | 6 = Gehängeschutt | 6 = Lockergestein | | 6 = Diamektit |
| | | | | | 7 = Humos | | | |
| | | | | | 8 = Vulk. Silikat | | | |
| | | | | | 9 = glaziale Sedimente | | | |
| | | | | | 10 = Nagelfluh | | | |
| | | | | | 11 = Ton/Schluff | | | |
| Einheit | Code SlIDisp | Rei- bungs- winkel [°] | Kohä- sion [N/mm ²] | | | | | |
| Adnet-Formation | 1 | 27 | 0,0 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 |
| Alt-, Mittelpleistozän - Nagelfluh | 2 | 31 | 0,2 | 5 | 10 | 4 | 2 | 4 |
| Alltengbach-Formation | 3 | 29 | 0,1 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 |
| Ammergau-Formation | 6 | 28 | 0,0 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| Bausteinschichten | 9 | 27 | 0,0 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Beckenschluff bis See- ton | 10 | 21 | 0,7 | 2 | 11 | 6 | 3 | 1 |
| Bergsturz, Blockschutt | 11 | 35 | 0,0 | 6 | 6 | 6 | 3 | 5 |
| Branderfleck-Formation | 12 | 23 | 0,4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| Breccie | 13 | 32 | 0,3 | 4 | 10 | 3 | 2 | 4 |
| Buntmergelerde | 16 | 23 | 0,5 | 2 | 3 | 2 | 4 | 2 |

Rutschungen



Abb. 17: Risse an einer Brücke bei Hinterschwend

Im Folgenden sind beispielhaft einige charakteristische geologisch-morphologische Merkmale tieferreichender Rutschungen im Untersuchungsgebiet genannt, die zur Beurteilung der Gefahrensituation im Gelände herangezogen wurden: Doppelgrate, ausgeprägte Spalten (Bergzerreibungen, siehe Abb. 18), Senkungen mit Geländestufen, Risse in Bauwerken oder Straßen (Abb. 17) und Nackenseen sind häufig Hinweise auf Zerrstrukturen im Anrissbereich vorhandener oder sich entwickelnder Rutschungen. Im Bereich von aktiven Zugrissen sind häufig gespannte Wurzeln (Abb. 20) sichtbar. Rutschungen führen oft zu zungen- oder stromförmigen Ablagerungen, die stufenförmige Verebnungen, Bodenrisse mit gespannten Wurzeln, Stauchwülste (Abb. 19), Senken und Vernässungen sowie säbelwüchsige oder schiefe Bäume (Abb. 21 und Abb. 22) aufweisen.



Abb. 18:
Bergzerreiung am
Mhlbacher Berg in
Kiefernfelden



Abb. 19: Alte Rutschzunge beim Schwarzenberg in Frasdorf



Abb. 20: Gespannte Wurzeln bei der Schmied Alm in Aschau i. Chiemgau



Abb. 21:
Säbelwuchs bei Krai-
moos in Bernau a.
Chiemsee



Abb. 22: „Betrunkenener Wald“ mit Säbelwuchs am Einöder Berg nördlich von Grassau



Eine Behörde im Geschäftsbereich
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

