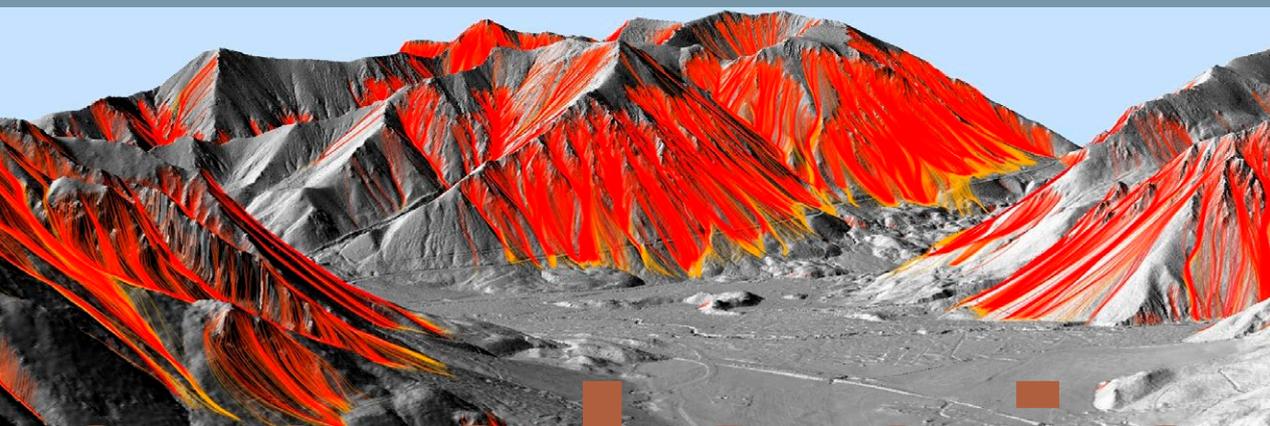




# Gefahrenhinweiskarte Alpen und Alpenvorland

Steinschlag – Felssturz – Rutschung – Hanganbruch – Subrosion  
Landkreis Berchtesgadener Land



geologie





# **Gefahrenhinweiskarte Alpen und Alpenvorland**

**Steinschlag – Felssturz – Rutschung – Hanganbruch – Subrosion**

**Landkreis Berchtesgadener Land**

## Impressum

Gefahrenhinweiskarte Alpen und Alpenvorland  
Steinschlag – Felssturz – Rutschung – Hanganbruch – Erdfall  
Landkreis Berchtesgadener Land  
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](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)

### Konzept/Text:

LfU: Thomas Galleman, Dr. Ulrich Haas, 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 2013

### 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 Oktober 2013

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 Wahlwerbenden 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](mailto: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

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Das Untersuchungsgebiet – Berchtesgadener Land</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Erfasste Prozesse</b>	<b>7</b>
3.1	Steinschlag und Felssturz	7
3.2	Hanganbrüche	8
3.3	Rutschungen	11
3.4	Subrosion / Erdfälle	12
<b>4</b>	<b>Ermittlung der Gefahrenhinweisflächen</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Grenzen und Einschränkungen der Anwendbarkeit</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>Rechtliche Aspekte</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>Bereitstellung der Ergebnisse</b>	<b>18</b>
	<b>Anhang – Beispiele und Parameter</b>	<b>19</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Lageplan der Untersuchungsgebiete mit Bearbeitungsjahr im Landkreis Berchtesgadener Land	6
Abb. 2:	Steinschlagschaden an einem Baum bei Berchtesgaden	7
Abb. 3:	Hanganbruch bei Unterhäusl in Ramsau bei Berchtesgaden	9
Abb. 4:	Statistik der Prozessflächen für Szenarien A und B nach Hangneigungsklassen	10
Abb. 5:	Rutschung am Rackelboden südlich von Bayerisch Gmain	11
Abb. 6:	Doline nordöstlich von Sankt Zeno im Kirchholz. Hier werden würmzeitliche Schotter von salz- und gipshaltigem Haselgebirge unterlagert	12
Abb. 7:	Konglomeratwand bei Laufen	22
Abb. 8:	Kalkgraben-Formation bei Adlgaß östlich von Inzell	23
Abb. 9:	Piesenkopf-Formation nördlich von Hutterer bei Inzell	24
Abb. 10:	Hauptdolomit an der B305 nördlich von Schneizlreuth	24
Abb. 11:	Haselgebirge an der Ramsauer Ache bei Schönau a. Königssee	25
Abb. 12:	Karnisch-norischer Dolomit südlich von Ramsau	26
Abb. 13:	Werfener Schichten bei Schwaben zwischen Ramsau und Schönau	26
Abb. 14:	Dachsteinkalk vom Loferertypus am Büchsenkopf östlich des Königssees	27
Abb. 15:	Allgäuschichten am Vogelstein westlich des Königssees	28
Abb. 16:	Felsspalte südöstlich von Kirchberg in Bad Reichenhall	31
Abb. 17:	Zugrisse mit gespannten Wurzeln östlich von Schiedbichl bei Markt Berchtesgaden	32
Abb. 18:	Relikte Rutschbuckel südwestlich von Horn in Marktschellenberg	32
Abb. 19:	Unruhige Morphologie mit Säbelwuchs südlich von Marktschellenberg	33

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Statistik der Modellierungsergebnisse für die Szenarien A und B im Landkreis Berchtesgadener Land	10
Tab. 2:	Stratigraphische Einheiten und ihre Einteilung in vier Blockformen- und Volumenklassen für den Alpenraum im Berchtesgadener Land	19
Tab. 3:	Stratigraphische Einheiten und ihre Einteilung in vier Blockformen- und Volumenklassen für das Alpenvorland	21
Tab. 4:	Darstellung wichtiger Parameter für die im Arbeitsgebiet bearbeiteten Felssturzobjekte.	29
Tab. 5:	Codierung der stratigraphischen Einheiten (Auswahl aus dem Nachbarlandkreis Traunstein)	30

## 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](http://www.lfu.bayern.de/geologie/geogefahren) die Informationen allgemein zugänglich. Veröffentlichungen finden Sie auch unter [www.bestellen.bayern.de](http://www.bestellen.bayern.de) > Suchbegriff „Geogefahren“.

## 2 Das Untersuchungsgebiet – Berchtesgadener Land

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 Berchtesgadener Land wurde der Alpenanteil (617 km<sup>2</sup>) 2011 und das Alpenvorland (223 km<sup>2</sup>) 2012 bearbeitet (Abb. 1). Aus geologischer Sicht wird das Berchtesgadener Land 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 ([https://www.lfu.bayern.de/geologie/geo\\_karten\\_schriften/gk25/index.htm](https://www.lfu.bayern.de/geologie/geo_karten_schriften/gk25/index.htm)).

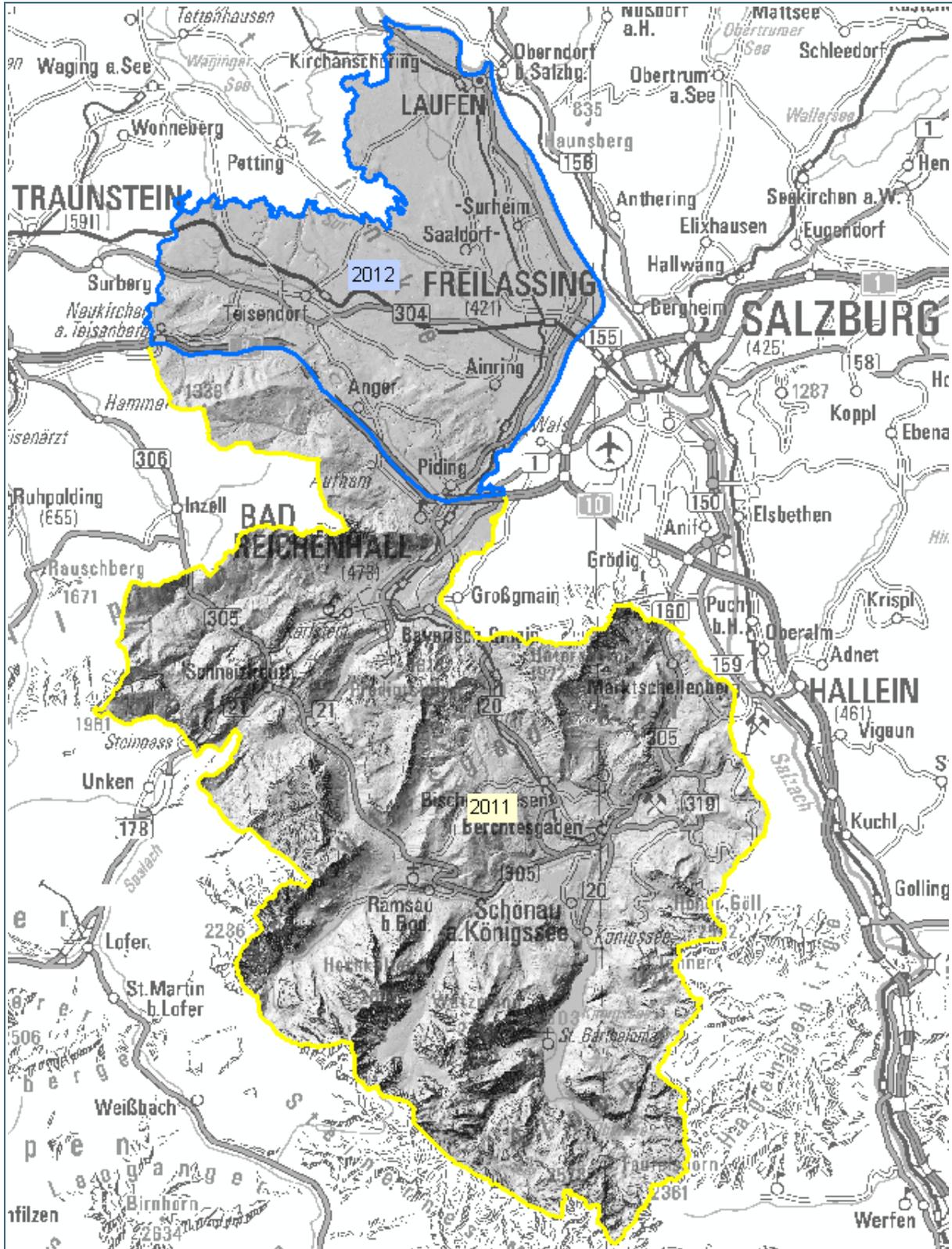


Abb. 1: Lageplan der Untersuchungsgebiete mit Bearbeitungsjahr im Landkreis Berchtesgadener Land

Im UmweltAtlas Bayern sind für den Landkreis Berchtesgadener Land derzeit 549 Hangbewegungsobjekte im GEORISK-Kataster (Stand August 2013) verzeichnet.

## 3 Erfasste Prozesse

### 3.1 Steinschlag und Felssturz

#### *Stein- und Blockschlag*

Steinschlag ist definiert als periodisches Sturzereignis von einzelnen, kleineren Festgesteinspartien (0–1 m<sup>3</sup>) bis hin zur Blockgröße (Blockschlag: 1–10 m<sup>3</sup>). Bei größeren Sturzmassen spricht man von **Felssturz** (> 10 m<sup>3</sup> bis < 1 Mio. m<sup>3</sup>) oder sogar von **Bergsturz** (> 1 Mio. m<sup>3</sup>). 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.



Abb. 2: Steinschlagschaden an einem Baum bei Berchtesgaden

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 (Abb. 2).

Die durchgeführten Modellierungen zeigen als Ergebnis, dass bei einer Modellierung mit Waldbestand rund 31 % der Fläche des Landkreises Berchtesgadener Land (rund 259 km<sup>2</sup> = 42 % im alpinen Anteil und rund 0,6 km<sup>2</sup> = 0,3 % der im Alpenvorland) von Steinschlag bedroht sind. Die Modellierungen ergaben, dass ungefähr 16 km<sup>2</sup> des Projektgebietes durch den Wald vor Stein- und Blockschlag geschützt werden.

### *Felssturz*

Beim Felssturz lösen sich größere Felspartien aus Wandstufen und stürzen ab. Gegenüber einem Bergsturz sind das Volumen (< 1 Mio. m<sup>3</sup>) 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 große potenzielle Felssturzgebiete mit aktueller Aktivität bekannt, wie z. B. die Mühlstürzhörner oder das Watzmann- und Hochkaltergebiet.

## **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 m<sup>3</sup> Volumen (Abb. 3). Trotz des meist geringen Volumens bedingen sie durch die Mobilität der Rutschmassen und ihr spontanes Auftreten oft ein erhebliches Schadenspotential 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 solches 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 und Pfingsten 1999 auf.



Abb. 3:  
Hanganbruch bei Unterhäusl in Ramsau bei Berchtesgaden

Die Fläche des gesamten Untersuchungsgebietes beträgt rund 840 km<sup>2</sup>, wovon rund 54,3 % mit Wald bestockt sind. Nachfolgende Tab. 1 zeigt die Statistik der Modellierungsergebnisse für die beiden Szenarien A und B, differenziert nach Anriss- und Auslaufbereich sowie nach Waldflächen und Flächen außerhalb des Waldes.

Der Einfluss der unterschiedlichen Durchwurzelung ist offensichtlich: Bei Szenario B mit starker Schutzwirkung des Waldes vermindern sich die Anrissflächen im Wald auf rund 6 % der in Szenario A (geringe Schutzwirkung des Waldes) ausgewiesenen Flächen. 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.

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

Weiterführende statistische Auswertungen bzw. Modellierungen auf einem größeren Maßstab erfordern neben einer genaueren Differenzierung der Modellparameter auch eine Analyse der lokalen Bestandstypen und der Art der Waldnutzung.

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

		Szenario A geringe Schutzwirkung des Waldes		Szenario B starke Schutzwirkung des Waldes	
		km <sup>2</sup>	Anteil an Gesamtfläche [%]	km <sup>2</sup>	Anteil an Gesamtfläche [%]
<b>Anriss</b>	Außerhalb des Waldes	42,8	5,1	42,8	5,1
	Im Wald	11,2	1,3	0,7	0,1
<b>Auslauf</b>	Außerhalb des Waldes	26,3	3,1	25,8	3,1
	Im Wald	17,8	2,1	10,4	1,2
<b>Gesamte Prozessfläche</b>		98,0	11,7	80,0	9,5
<b>Gesamtfläche Untersuchungsgebiet</b>		840	100		

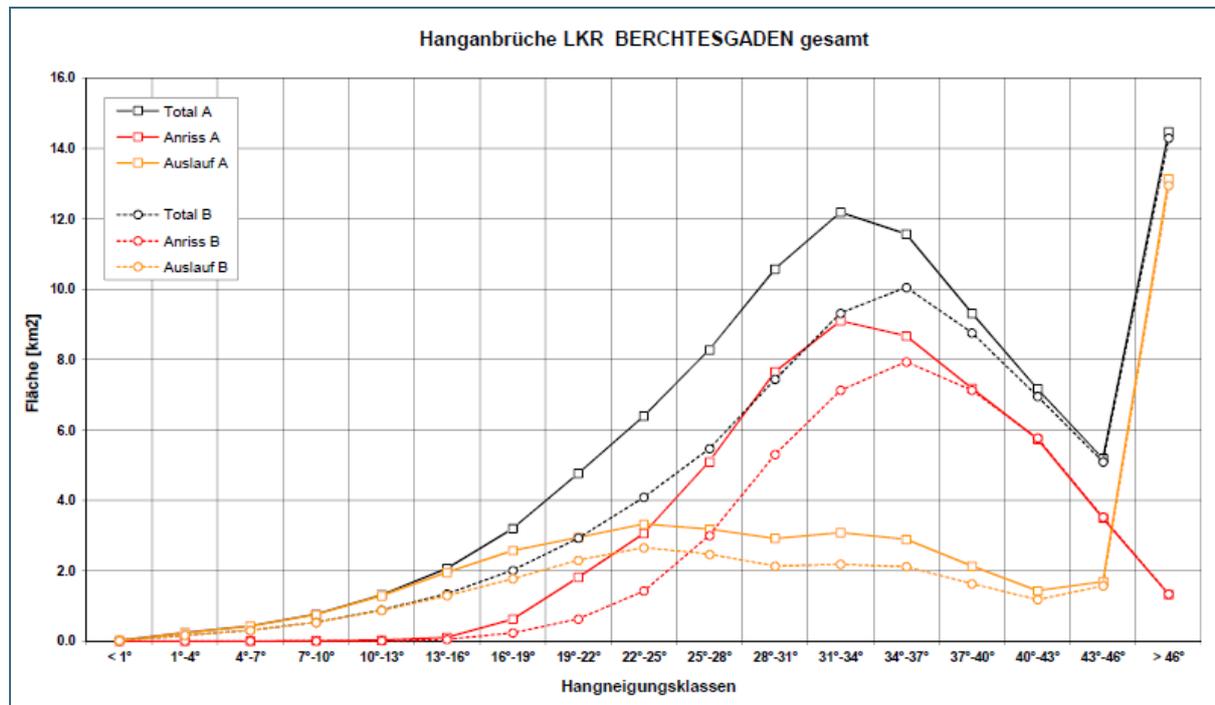


Abb. 4: Statistik der Prozessflächen für Szenarien A und B nach Hangneigungsklassen

### 3.3 Rutschungen

*Rutschungen* sind hangabwärts gerichtete, gleitende oder kriechende Bewegungen von Fest- und/oder Lockergestein (Abb. 5). 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 5 m 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 u. a.) 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 Bewertung von 267 Rutschungen und potenziell rutschanfälligen Flächen zeigte, dass rund 1,8 % der Fläche (rund 15 km<sup>2</sup>) im Landkreis von tiefreichenden Rutschungen betroffen sind. Eine erhöhte Anfälligkeit für die Entwicklung von weiteren tiefreichenden Rutschungen besteht für zusätzliche rund 1,5 % der Fläche.



Abb. 5:  
Rutschung am Rackelboden südlich  
von Bayerisch Gmain

### 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.



Abb. 6:  
Doline nordöstlich von Sankt Zeno im Kirchholz. Hier werden wärmzeitliche Schotter von salz- und gipshaltigem Haselgebirge unterlagert

Durch langsame Senkung können auch großflächige, nicht genau abgrenzbare Mulden entstehen, wie es im Berchtesgadener Land beispielsweise im Becken von Reichenhall der Fall ist.

Die im Landkreis Berchtesgadener Land auftretenden Dolinen (Abb. 6) 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 Strukturen im Kalk z. B. auf der Reiteralm und am Untersberg. Durch Lösung in den Salinargesteinen (vor allem im Haselgebirge) bedingte Einbruchstrukturen sind im Arbeitsgebiet vor allem im Kirchholz bei Bayrisch Gmain und auf der Ebene von Oberschönau zwischen Ramsauer und Königsseer Ache bekannt. Die Wahrscheinlichkeit von akuten Erdfällen aufgrund von Karbonatkarst in Siedlungsgebieten ist als nur gering einzustufen. Schäden sind vorwiegend auf Gipsauslaugung zurückzuführen.

Erhalten sind diese Strukturen (neben den oben erwähnten Bereichen) überwiegend in Waldgebieten, auf vegetationsfreien Flächen im Hochgebirge oder auf Almwiesen. Auf landwirtschaftlichen Nutzflächen sind aktive Erdfälle bei Schönau bekannt. Die offenen Löcher werden aber üblicherweise rasch verfüllt.

Insgesamt konnten im Landkreis Berchtesgadener Land 8.520 Subrosions-Objekte (Stand: Oktober 2013) erfasst werden, dabei sind 3 Objekte im Alpenvorland zu finden. Insgesamt haben 8.184 Objekte ihre Ursache in einem karbonatischen Untergrund, 281 Objekte sind auf einen sulfatischen oder salzhaltigen Untergrund und 3 Objekte sind auf Suffosion zurückzuführen. Bei 52 Objekten konnte die Subrosionsursache nicht ermittelt werden.

#### *Verkarstungsfähiger Untergrund*

Die Auswertung der GK 200 zeigte, dass rund 60 % der untersuchten Fläche potenziell verkarstungs- oder auslaugungsfähig ist. Dabei sind 88 % auf einen karbonatischen Untergrund, knapp 10 % der Fläche auf Haselgebirge und 1,7% auf einen sonstigen sulfatischen Untergrund zurückzuführen. Flächen mit auslaugungsfähigem Untergrund konzentrieren sich dabei im Wesentlichen auf den Alpenanteil des Landkreises. Es muss hervorgehoben werden, dass die Wahrscheinlichkeit von Schäden infolge von Karbonatkarst gering ist im Vergleich zu Gips- oder Salinarkarst.

Die Erfassung des Haselgebirges als besonders auslaugungsfähigen Untergrund erfolgte abweichend vom üblichen Vorgehen (auf Grundlage der Geologischen Übersichtskarte 1 : 200.000, GK 200) auf Grundlage der Geologischen Karte 1 : 25.000 (GK 25). Die in diesen Karten tektonisch abgegrenzte Einheit der sogenannten „Hallstatt-Melange“ wurde als mögliches Erdfallgebiet (potenziell auslaugungsfähig) erfasst. Die größeren Karbonatkomplexe innerhalb der „Hallstatt-Melange“ wurden dabei als nicht salz- und sulfatauslaugungsfähig ausgeklammert. Über die GK 25 hinaus wurden Bereiche erfasst, in denen nach neueren Aufnahmen Haselgebirge ansteht oder aufgrund einer Häufung von Dolinen mit Haselgebirge im Untergrund gerechnet werden muss. In den Randbereichen der „Hallstatt-Melange“, insbesondere in Gebieten mit quartärer Bedeckung, muss damit gerechnet werden, dass das mögliche Erdfallgebiet evtl. auch eine weitere Ausdehnung erreichen kann, als die in der Geologischen Karte dargestellten Flächen. Deshalb wurde ein Sicherheitsraum von etwa 50 m vorgesehen. Im Senkungsgebiet des Reichenhaller Beckens sind vor allem die Randbereiche als potenzielle Erdfallgebiete erfasst worden, da im zentralen Beckenbereich wegen der hohen quartären Überdeckung zwar mit Senkungen, aber kaum mit plötzlichen Erdfällen zu rechnen ist.

### *Großflächige Senkungsgebiete*

Neben den Prozessen, die zu Erdfällen und Dolinen führen, treten im Projektgebiet Berchtesgadener Land auch großflächige Senkungsgebiete auf. Nachgewiesen sind solche Senkungen im Reichenhaller Becken und am Grögern Weiher bei Bayrisch Gmain.

#### *Erfassung und Bewertung des Senkungsgebietes Bad Reichenhall*

Im Becken von Bad Reichenhall findet eine großräumige Senkung statt (STARZMANN, G. A. 1979). Die Abgrenzung dieses Senkungsgebiets erfolgte auf Grundlage des in der oben genannten Veröffentlichung befindlichen Lageplans sowie aufgrund der geologischen und tektonischen Verhältnisse. Da die zitierten Nivellements nicht das gesamte Reichenhaller Becken abdecken, ist das mögliche Senkungsgebiet auf die potenziellen, von Senkungen betroffenen Talbereiche mit einem Sicherheitszuschlag ausgedehnt worden.

Für eine ortsübliche Bebauung ist die Senkung im inneren Beckenbereich weitgehend ohne Bedeutung. Nur bei großen und empfindlichen Bauwerken sind Schäden durch Setzungsunterschiede nicht auszuschließen. Baugrund- und Gründungsgutachten haben dieser speziellen Problematik gegebenenfalls Rechnung zu tragen. Im Randbereich des Beckens sind differentielle Senkungen nicht auszuschließen.

#### *Erfassung und Bewertung des Senkungsgebietes Grögern Weiher*

Großräumige Senkungen sind auch aus dem Gebiet rund um den Grögern Weiher in Bayerisch Gmain bekannt. Die Abgrenzung dieses Gebietes erfolgte aufgrund der Aktenlage am LfU. Die dem LfU vorliegenden Unterlagen umfassen den Senkungsbereich nicht vollständig. Eine Abgrenzung, insbesondere nach Südwesten zu, ist somit nur vorläufig. Eine noch weiterreichende Ausdehnung des Senkungsgebietes ist möglich, es liegen aber keine konkreten Hinweise dafür vor. Im Senkungsgebiet Grögern Weiher wird auf jeden Fall die Erstellung von Baugrund- und Gründungsgutachten empfohlen, die dieser Problematik Rechnung tragen.

## 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](http://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](http://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](mailto: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, ggf. 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 ggf. 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 ggf. 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 schuldhaftige 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](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](https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/geodatendienste/index_wms.htm#Geologie) und [https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/geodatendienste/index\\_download.htm#Geologie](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

Tab. 2: Stratigraphische Einheiten und ihre Einteilung in vier Blockformen- und Volumenklassen für den Alpenraum im Berchtesgadener Land

Stratigraphische Einheit	Blockachsen			Block- volumen	Flächenanteil am Gesamt- Anbruchgebiet	Volumen- klasse	Blockformen- klasse	durch- schnittliche Blockmasse			
	X	Y	Z								
	[cm]	[cm]	[cm]	[cm <sup>3</sup> ]	[%]		[cm]	[kg]			
Alt-, Mittelpleistozän - Nagelfluh	120	120	120	1728000	0,032	I	120 x 120 x 120	3.780			
Breccie	120	120	120	1728000	0,002						
Dachsteinkalk	120	120	120	1728000	7,252						
Dachsteinkalk und -dolomit; Loferer Typus	120	120	120	1728000	1,206						
Dachsteinkalk und -dolomit; Reiteralmtypus	120	120	120	1728000	0,194						
Dachsteinkalk und -dolomit; Riffkalk	120	120	120	1728000	0,623						
Dachsteinkalk; Loferer Typus	120	120	120	1728000	36,209						
Dachsteinkalk; Reiteralmtypus	120	120	120	1728000	5,559						
Dachsteinkalk; Riffkalk	120	120	120	1728000	2,585						
Flussschotter, konglomeriert	120	120	120	1728000	0,005						
Gehaengebreccie	120	120	120	1728000	0,002						
Hangschuttbreccie	120	120	120	1728000	0,086						
Oberrhaetkalk	120	120	120	1728000	0,007						
Wettersteinkalk	120	120	120	1728000	3,864						
Wettersteinkalk und -dolomit	120	120	120	1728000	3,719						
Koessener Kalk	100	100	100	1000000	0,018						
Dachsteindolomit	80	100	120	960000	1,836						
Gosau-Basissschichten	80	100	120	960000	0,061						
Gosau-Gruppe, ungegliedert	80	100	120	960000	0,002						
Steinalmdolomit	80	100	120	960000	0,025						
Steinalm-Formation	80	100	120	960000	0,103						
Steinalmkalk	80	100	120	960000	0,007						
Untere Gosau-Subgruppe	80	100	120	960000	0,009						
Barmsteinkalk	80	80	100	640000	0,040						
Hallstaetter Kalke und -Dolomite, u. a.	60	100	100	600000	0,088						
Oberer Hallstaetter Kalk und Dolomit	60	100	100	600000	0,014						
Unterer Hallstaetter Kalk und Dolomit	60	100	100	600000	0,271						
Lias-Schwellenkalk	70	80	100	560000	1,128				II	80 x 100 x 100	1.750
Reifling-Formation	70	80	100	560000	0,717						
Eozän-Schichtfolge der Oberen Gosau, Konglomerat	80	80	80	512000	0,004						
Hallstaetter Dolomit	60	80	100	480000	0,076						
Hallstaetter Kalk	60	80	100	480000	0,042						
Kalkgraben-Formation	60	80	100	480000	0,066						
Partnachkalk	60	80	100	480000	0,244						
Plattenkalk	60	80	100	480000	0,030						
Pedataschichten	50	80	100	400000	0,349						
Eozän-Schichtfolge der Oberen Gosau, Kalkstein, Riff- und Riffschuttkalk	60	80	80	384000	0,065						
Gutensteiner Dolomit	60	80	80	384000	0,065						
Gutenstein-Formation	60	80	80	384000	0,242						
Haellritz-Formation	60	80	80	384000	0,009						
Karnisch-norischer Dolomit	60	80	80	384000	10,916						
Skythisch-anisische Karbonatserie	60	80	80	384000	0,326						
Untersberger Marmor	60	80	80	384000	0,117						
Raibler Kalk	60	70	80	336000	0,079						
Raibler Kalk und Dolomit	60	70	80	336000	0,007						
Raibler Schichten	60	70	80	336000	0,162						
Ramsaudolomit	60	70	80	336000	11,895						
Ramsaudolomit bis Karnisch-norischer Dolomit	60	70	80	336000	0,071						
Reichenhaller Rauhwacke	50	80	80	320000	0,003						
Reichenhall-Formation	50	80	80	320000	0,049						
Oberalm-Formation	60	60	80	288000	0,481						
Obere Rossfeld-Subformation	60	60	80	288000	0,102						
Plassenkalk	60	60	80	288000	0,052						
Eozän-Schichtfolge der Oberen Gosau, Sandstein	50	60	80	240000	0,006						

Altlangbach-Formation	40	60	80	192000	0,088	III	40 x 60 x 80	420
Rossfeld-Formation	40	60	80	192000	0,000			
Rotkalk	40	60	80	192000	0,017			
Untere Rossfeld-Subformation	40	60	80	192000	0,142			
Hauptdolomit	40	60	70	168000	6,981			
Poetschenkalk	30	60	80	144000	0,034			
Schichtfolge des Eozäen, Sandstein	40	60	80	144000	0,002			
Nierentaler Schichten	40	50	60	120000	0,001			
Nierental-Formation	40	50	60	120000	0,037			
Sankt-Pankraz-Subformation	40	50	60	120000	0,007			
Scheibelberg-Formation	30	50	70	105000	0,051			
Scheibelberg-Formation bis Chiemgauer Schichten	30	50	70	105000	0,003			
Schrambach-Formation	30	50	60	90000	0,076			
Haselgebirge	30	50	50	75000	0,055			
Haselgebirge, ausgelaut	30	50	50	75000	0,004			
Hierlatzkalk	30	40	50	60000	0,002			
Olistholith-Horizont	30	40	50	60000	0,041			
Vilser Kalk	30	40	50	60000	0,001			
Chiemgauer Schichten	30	40	40	48000	0,033			
Ruhpolding-Formation	30	40	40	48000	0,048			
Tauglboden-Formation	20	40	50	40000	0,052			
Untere Werfener Schichten	20	30	50	30000	0,045	IV	20 x 40 x 50	90
Werfener Schichten	20	30	50	30000	0,052			
Glanegger Schichten	20	30	40	24000	0,012			
Koessen-Formation	20	30	40	24000	0,022			
Partnachsichten	20	30	40	24000	0,105			
Zlambachsichten	20	30	40	24000	0,042			
Fernmoraene	20	30	30	18000	0,127			
Lokalmoraene	20	30	30	18000	0,086			
Moraene	20	30	30	18000	0,011			
Moraene, wuermzeitlich	20	30	30	18000	0,092			
Piesenkopf-Formation	20	30	30	18000	0,020			
Schichtfolge des Eozäen, Mergelstein	20	30	30	18000	0,001			
Allgaeu-Formation	10	30	50	15000	0,226			
Lias-Allgaeuschichten	10	30	40	12000	0,004			
Obere Werfener Schichten	10	30	40	12000	0,058			
Schmelzwasser- oder Flussschotter	20	20	20	8000	0,269			
Perneck-Formation	5	5	10	250	0,001			
Raibler Tonstein	5	5	10	250	0,032			

Tab. 3: Stratigraphische Einheiten und ihre Einteilung in vier Blockformen- und Volumenklassen für das Alpenvorland (Projekt-Teilgebiet 1: Landkreise Berchtesgadener Land, Traunstein, Rosenheim mit Stadt Rosenheim)

Stratigraphische Einheit	Blockachsen			Blockvolumen [cm <sup>3</sup> ]	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			
Oberhaetkalk	120	120	120	1728000	0,9563			
Schmelzwasser- oder Flussschotter, z. T. Nagelfluh	120	120	120	1728000	25,6209			
Philipp- und Liegend-Floezgruppe	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			
Attlengbach-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-Floezgruppe	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			
Höhere Untere Bunte Molasse und höhere 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-Floezgruppe	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			
Älteste 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			
Fernmoraene	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			
Allgäu-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	IV	20 x 20 x 30	30
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			
Ältere 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			
Ältere Untere Meeresmolasse, mergelig	5	10	10	500	0,0510			
Globigerinenmergel	5	10	10	500	1,1092			
Obere Meeresmolasse, Glaukonitsande und Blättermergel	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			

## Charakteristische Gesteine

Aus den in Tab. 2 und Tab. 3 aufgeführten stratigraphischen Einheiten wurden nachfolgend neun charakteristische und repräsentative Gesteine des Untersuchungsgebietes herausgegriffen, hinsichtlich ihrer geotechnischen Eigenschaften und den daraus resultierenden Blockgrößen kurz erläutert und durch Geländefotos dokumentiert.

Im *Quartär* des Alpenvorlands sind **alt- und mittelpleistozäne Konglomerate** weit verbreitet und bauen vor allem an den Talrändern charakteristische Felswände auf (Abb. 7). Die verfestigten Kiese und Schotter sind unterschiedlich stark geklüftet. Da Blöcke der Größe 120 cm x 120 cm x 120 cm am wahrscheinlichsten sind, wird die alt- und mittelpleistozäne Nagelfluh der Volumenklasse I zugeordnet (Tab. 2 und Tab. 3).



Abb. 7: Konglomeratwand bei Laufen

Bei den Gesteinen der *Rhenodanubischen 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. Wichtiger Vertreter ist die erosionsanfällige **Kalkgraben-Formation (Zementmergelserie)** (Abb. 8). Sie zeichnet sich durch einen raschen Wechsel von bankigen Kalkmergeln und Mergeln mit dünnen Tonlagen aus. Aufgrund der Bankdicken und der Klüftigkeit beträgt die wahrscheinlichste Blockgröße der Kalkgraben-Formation 60 cm x 80 cm x 100 cm im Alpenraum bzw. 30 cm x 50 cm x 50 cm im Alpenvorland. Damit wird die Kalkgrabenformation jeweils in die Volumenklasse II gestellt (Tab. 2 und Tab. 3).

Die deutlich dünnbankigere **Piesenkopf-Formation** zeichnet sich durch einen raschen Wechsel harter Kalkbänke mit teils tonigen Mergeln und Tonlagen, gelegentlich auch Sandsteinen aus (Abb. 9). Ihr eher plattiges Verwitterungsprodukt weist wahrscheinlichste Blockgrößen von 20 cm x 30 cm x 30 cm auf und wird deshalb in die Volumenklasse IV gestellt (Tab. 2).

In der *Kalkalpinen Zone* ist im Landkreis Berchtesgadener Land der Hauptdolomit eines der am häufigsten vorkommenden Gesteine. Der **Hauptdolomit** tritt als mittel- bis dickbankiges, vielfach kleinstückig zerfallendes (Grus) aber auch deutlich grobblockiges Gestein auf (Abb. 10). Unter seinen Wänden entstehen häufig enorme Schuttansammlungen in Form von Fächern. Am wahrscheinlichsten ist das Vorkommen von Blöcken der Größe 40 cm x 60 cm x 70 cm (Tab. 2 Volumenklasse III, Tab. 3 Volumenklasse II).



Abb. 8: Kalkgraben-Formation bei Adlgaß östlich von Inzell



Abb. 9: Piesenkopf-Formation nördlich von Hutterer bei Inzell



Abb. 10: Hauptdolomit an der B305 nördlich von Schneizlreuth

Das **Haselgebirge** ist sehr heterogen aufgebaut und liegt meist als strukturloses, ungebanktes Mischgestein (Diamikt, tektonische Breccie) vor, das im tieferen Bereich überwiegend aus Salz, Gips und Anhydrit sowie im oberflächennahen Auslaugungsbereich aus Tonen sowie Ton- und Schluffsteinen besteht (Abb. 11). Die größeren Einlagerungen weisen wahrscheinlichste Blockgrößen von 30 cm x 50 cm auf und werden der Volumenklasse III zugeordnet (Tab. 2).



Abb. 11:  
Haselgebirge an der  
Ramsauer Ache bei  
Schönau a. Königssee

Der **Karnisch-norische Dolomit** tritt als mittel- bis dickbankiges, vielfach kleinstückig zerfallendes (Grus) aber zum Teil auch deutlich grobblockiges Gestein auf (Abb. 12). Im Landkreis Berchtesgadener Land wurde er aufgrund seiner wahrscheinlichsten Blockgröße von 60 cm x 80 cm x 80 cm in die Volumenklasse II gestellt (Tab. 2).



Abb. 12: Karnisch-norischer Dolomit südlich von Ramsau



Abb. 13: Werfener Schichten bei Schwaben zwischen Ramsau und Schönau

Ein erosionsanfälliges Gestein der *Kalkalpinen Zone* im Untersuchungsgebiet sind die **Werfener Schichten**. Dabei handelt es sich um eine Wechsellagerung von Kalken, Mergel und Tonen (Abb. 13).

Am wahrscheinlichsten ist das Vorkommen von Blöcken der Größe 20 cm x 30 cm x 50 cm (Volumenklasse IV, Tab. 2).

Eines der am häufigsten vorkommenden Gesteine sind **Dachsteinkalke und -dolomite**. Dabei handelt es sich meist um massige bis dick gebankte Kalke oder Dolomite (Abb. 14). Im Untersuchungsgebiet weisen sie wahrscheinlichste Blockgrößen von 80 cm x 100 cm x 120 cm auf und werden deshalb der Volumenklasse I zugeordnet (Tab. 2).



Abb. 14: Dachsteinkalk vom Lofertypus am Büchsenkopf östlich des Königssees

Ein weiteres besonders erosionsanfälliges Gestein der Kalkalpinen Zone ist die **Allgäu-Formation** (*Allgäuschichten*). Dabei handelt es sich um dünnbankige, knollige bis flaserige Kalke, Mergel und Knollenmergelkalke, die an der Basis auch kieselig ausgebildet sein können (Abb. 15). Aus den Kalk-Mergel-Wechselfolgen bilden sich überwiegend plattige Bruchstücke mit wahrscheinlichsten Blockgrößen von 10 cm x 30 cm x 50 cm (Tab. 2).



Abb. 15: Allgäuschichten am Vogelstein westlich des Königssees

## Felssturz

Tab. 4: 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
8243GR 000006	Hallthurm	1100	1420	670	0,57	Schattenwinkel
8243GR 000012	S Alpgraben	970	1360	690	0,42	Schattenwinkel
8243GR 000013	SE Alpgra- ben	1050	1480	690	0,46	Schattenwinkel
8344GR 000005	Kehlstein	1670	1860	1390	0,60	Schattenwinkel
8243GR 015001	NW Hoch- staufen	1335	1360	960	0,94	geometrisches Gefälle

\*repräsentative Höhen ausgewählt

## Hanganbrüche

Tab. 5: Codierung der stratigraphischen Einheiten (Auswahl aus dem Nachbarlandkreis Traunstein)

				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 = gebräich	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 SIIIDisp	Rei- bungs- winkel [°]	Kohä- sion [N/mm <sup>2</sup> ]					
Adnet-Formation	1	27	0,0	4	2	2	2	4
Alt-, Mittelpleistozän - Nagelfluh	2	31	0,2	5	10	4	2	4
Altglengbach-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
Buntmergelserie	16	23	0,5	2	3	2	4	2

## Rutschungen

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 (Bergzerreißen, siehe Abb. 16), Senkungen mit Geländestufen und Nackenseen sind häufig Hinweise auf Zerrstrukturen im Anrissbereich vorhandener oder sich entwickelnder Rutschungen. Im Bereich von aktiven Zugrissen sind häufig gespannte Wurzeln sichtbar (Abb. 17). Rutschungen führen oft zu zungen- oder stromförmigen Ablagerungen, die stufenförmige Verebnungen, Bodenrisse mit gespannten Wurzeln, Stauchwülste (Abb. 18), Senken und Vernässungen sowie säbelwüchsige oder schiefe Bäume (Abb. 19) aufweisen.

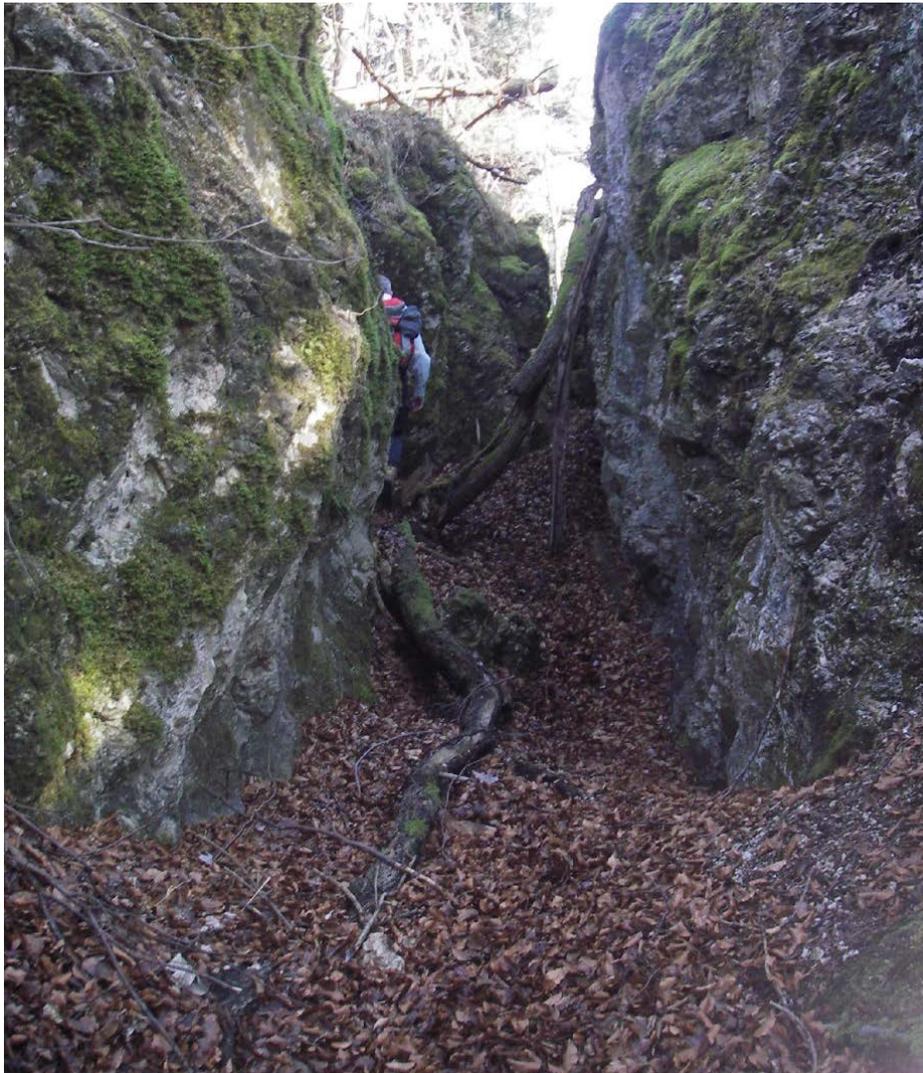


Abb. 16:  
Felspalte südöstlich  
von Kirchberg in Bad  
Reichenhall



Abb. 17: Zugrisse mit gespannten Wurzeln östlich von Schiedbichl bei Markt Berchtesgaden



Abb. 18: Relikte Rutschbuckel südwestlich von Horn in Marktschellenberg



Abb. 19: Unruhige Morphologie mit Säbelwuchs südlich von Marktschellenberg



Eine Behörde im Geschäftsbereich  
Bayerisches Staatsministerium für  
Umwelt und Verbraucherschutz

