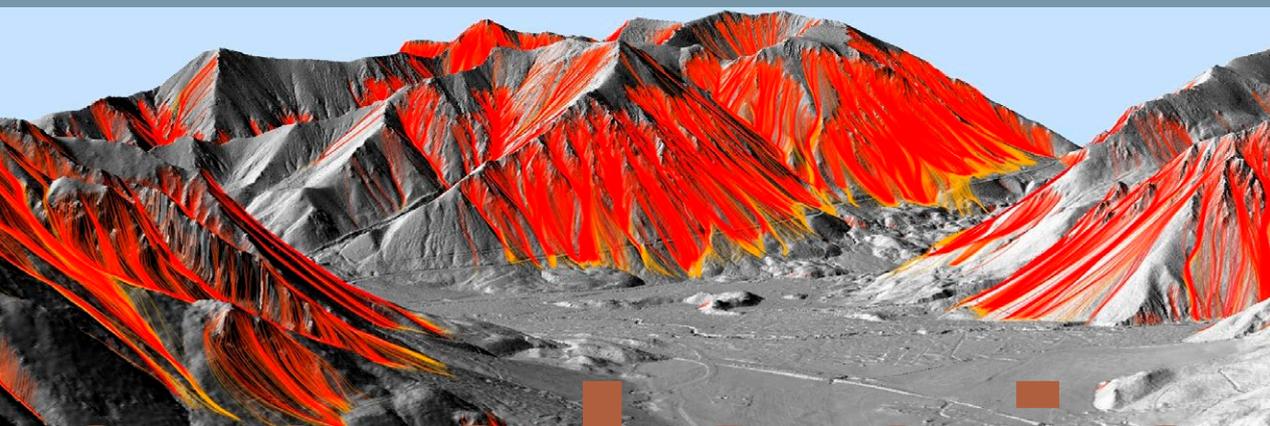




Gefahrenhinweiskarte Alpen und Alpenvorland

Steinschlag – Felssturz – Rutschung – Hanganbruch – Erdfall
Landkreis Garmisch-Partenkirchen



geologie



Gefahrenhinweiskarte Alpen und Alpenvorland

Steinschlag – Felssturz – Rutschung – Hanganbruch – Erdfall

Landkreis Garmisch-Partenkirchen

Impressum

Gefahrenhinweiskarte Alpen und Alpenvorland
Steinschlag – Felssturz – Rutschung – Hanganbruch – Erdfall
Landkreis Garmisch-Partenkirchen
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, Dr. Stefan Glaser, Maximilian Schmid, Juliane Straub, Peter Thom,
Dr. Andreas von Poschinger

Redaktion:

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

Bildnachweis:

Bayerisches Landesamt für Umwelt

Druck:

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

Stand:

Aktualisierung der Links und Ausgliederung des Methodenberichts Juni 2020

Erstauflage Juni 2015

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. 0 89 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	Untersuchte Geogefahren	7
3	Geologischer Überblick	9
4	Gefahrenhinweiskarte Landkreis Garmisch-Partenkirchen	11
5	Ermittlung der Gefahrenhinweisflächen	12
6	Grenzen und Einschränkungen der Anwendbarkeit	13
7	Rechtliche Aspekte	14
8	Bereitstellung der Ergebnisse	15
9	Anhang	16
A	Beispiele zu Gesteinen und Geogefahren aus dem Landkreis	16
B	Blockgrößen der Sturzmodellierung	22
C	Parameter der Felssturz-Modellierung	25
D	Betroffene Gemeinde- und Siedlungsflächen	27

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Felssturzablagerung am Ettaler Weidmoos bei Oberammergau	6
Abb. 2:	Rutschung am Unsinnigen Graben bei Grafenaschau	6
Abb. 3:	Anbruchnische und Ablagerungen eines Felssturzes am Teufelstättkopf	6
Abb. 4:	Hanganbruch oberhalb „Reiche Wiesn“ in Unterammergau	6
Abb. 5:	Rutschung im Hengstbachtal südsüdwestlich von Unternogg	6
Abb. 6:	Dolinen nordöstlich von Klais	6
Abb. 7:	Geologische Karte Landkreis Garmisch-Partenkirchen	8
Abb. 8:	Gefahrenhinweiskarte Landkreis Garmisch-Partenkirchen	10
Abb. 9:	Kalkgraben-Formation (Zementmergelserie) am Klafterbach bei Grafenaschau	16
Abb. 10:	Piesenkopf-Formation am Hengstbach bei Saulgrub	16
Abb. 11:	Reiselsberg-Formation am Hengstbach bei Saulgrub	17
Abb. 12:	Plattenkalk am Schwarzenbach bei Garmisch-Partenkirchen	17
Abb. 13:	Hauptdolomit an der B23 zwischen Ettal und Oberammergau	18
Abb. 14:	Kössen-Formation nordwestlich der Reschberg Wiesn bei Farchant	18
Abb. 15:	Wettersteinkalk an der Meilerhütte am Wettersteinkamm	19
Abb. 16:	Partnach-Formation an der Partnach bei Garmisch-Partenkirchen	19
Abb. 17:	Relikte Rutschbuckel östlich der Tröglhütte, südlich von Garmisch-Partenkirchen	20
Abb. 18:	Bergzerreißung am Laubeneck in Saulgrub	20
Abb. 19:	Zugrisse am Unsinnigen Graben bei Grafenaschau	20
Abb. 20:	Geländestufen am Trögellahnegraben bei Unternogg	21
Abb. 21:	„Betrunkener Wald“ mit Säbelwuchs an der Enning-Alm Straße in Garmisch-Partenkirchen	21

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Blockgrößentabelle der Bemessungsereignisse für den Alpenanteil des Landkreises Garmisch-Partenkirchen	22
Tab. 2:	Blockgrößentabelle der Bemessungsereignisse für das Alpenvorland Teilgebiet 2 (Landkreis Garmisch-Partenkirchen (Ost), Miesbach (West), Bad Tölz - Wolfratshausen, Weilheim-Schongau (Ost))	23
Tab. 3:	Blockgrößentabelle der Bemessungsereignisse für das Alpenvorland Teilgebiet 3 (Garmisch-Partenkirchen (West), Weilheim-Schongau (West), Ostallgäu und Stadt Kaufbeuren)	24
Tab. 4:	Darstellung wichtiger Parameter für die im Arbeitsgebiet bearbeiteten Felssturzobjekte.	25
Tab. 5:	Betroffene Gemeinde- und Siedlungsflächen in Garmisch-Partenkirchen	27

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“.



Abb. 1: Felssturزابlagerung am Ettaler Weidmoos bei Oberammergau



Abb. 2: Rutschung am Unsinnigen Graben bei Grafen-
aschau



Abb. 3: Anbruchnische und Ablagerungen eines Fels-
sturzes am Teufelstättkopf



Abb. 4: Hanganbruch oberhalb „Reiche Wiesen“ in
Unterammergau



Abb. 5: Rutschung im Hengstbachtal südsüdwestlich
von Unternogg



Abb. 6: Dolinen nordöstlich von Klais

2 Untersuchte Geogefahren

Bei den Arbeiten zur „Gefahrenhinweiskarte Bayern“ wird das Projektgebiet auf Gefahren durch gravitative Massenbewegungen untersucht. Dies sind im Alpengebiet und im Alpenvorland vor allem Stein- und Blockschläge, Felsstürze, Rutschungen, Hanganbrüche und Erdfälle.

Steinschlag und Felssturz

Steinschlag ist definiert als episodisches Sturzereignis von einzelnen Festgesteinskörpern (**Steinschlag** $\leq 1 \text{ m}^3$, **Blockschlag** $> 1\text{--}10 \text{ m}^3$). Bei größeren Sturzmassen (Abb. 1 und Abb. 3) spricht man von **Felssturz** ($> 10 \text{ m}^3$ bis $< 1 \text{ Mio. m}^3$) oder sogar von **Bergsturz** ($> 1 \text{ Mio. m}^3$). Das Sturzvolumen ist abhängig von den Trennflächen im betroffenen Fels. Die Ursachen für Sturzereignisse liegen in der langfristigen Materialentfestigung und Verwitterung an diesen Trennflächen. Gefördert wird die Ablösung durch Frosteinwirkung, Kluftwasserdruck, Temperaturschwankungen und Wurzelsprengung. Aufgrund ihres plötzlichen Eintritts und der hohen Energie und Geschwindigkeit sind Sturzereignisse eine hohe Gefahr.

Rutschung und Hanganbruch

Rutschungen sind hangabwärts gleitende oder kriechende Verlagerungen von Fest- und/oder Lockergestein. Die Rutschmasse bewegt sich meist auf einer Gleitfläche oder entlang einer Scherzone im Untergrund (Abb. 2 und Abb. 5). Diese entwickeln sich vorwiegend an bestehenden Schwächezonen wie zum Beispiel Klüften oder geologischen Grenzflächen. Ihr Tiefgang reicht von wenigen Metern bis über 100 m. Ab einem Tiefgang von 5 m wird in der Gefahrenhinweiskarte Bayern von einer tiefreichenden Rutschung gesprochen. Spontane flachgründige Rutschungen (Abb. 4), sogenannte **Hanganbrüche**, entstehen vor allem anlässlich von Starkniederschlägen. Lockergestein von wenigen Kubikmetern Volumen verflüssigt sich dabei plötzlich, was zu erheblichen Schäden führen kann. 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. Kurze Starkniederschläge sind eher für flache Bewegungen verantwortlich, langanhaltende Niederschläge reaktivieren eher tiefreichende Rutschungen. Zudem kann auch menschliches Zutun (z. B. Einleitung von Wasser, Auflast am Rutschungskopf, Untergraben des Hangfußes) Rutschungen auslösen oder reaktivieren. Bei tiefreichenden Rutschungen ist in vielen Fällen langfristig mit einer Reaktivierung zu rechnen. Dies kann mit einer Ausweitung des Rutschgebietes verbunden sein.

Erdfall

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** (Abb. 6) 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.

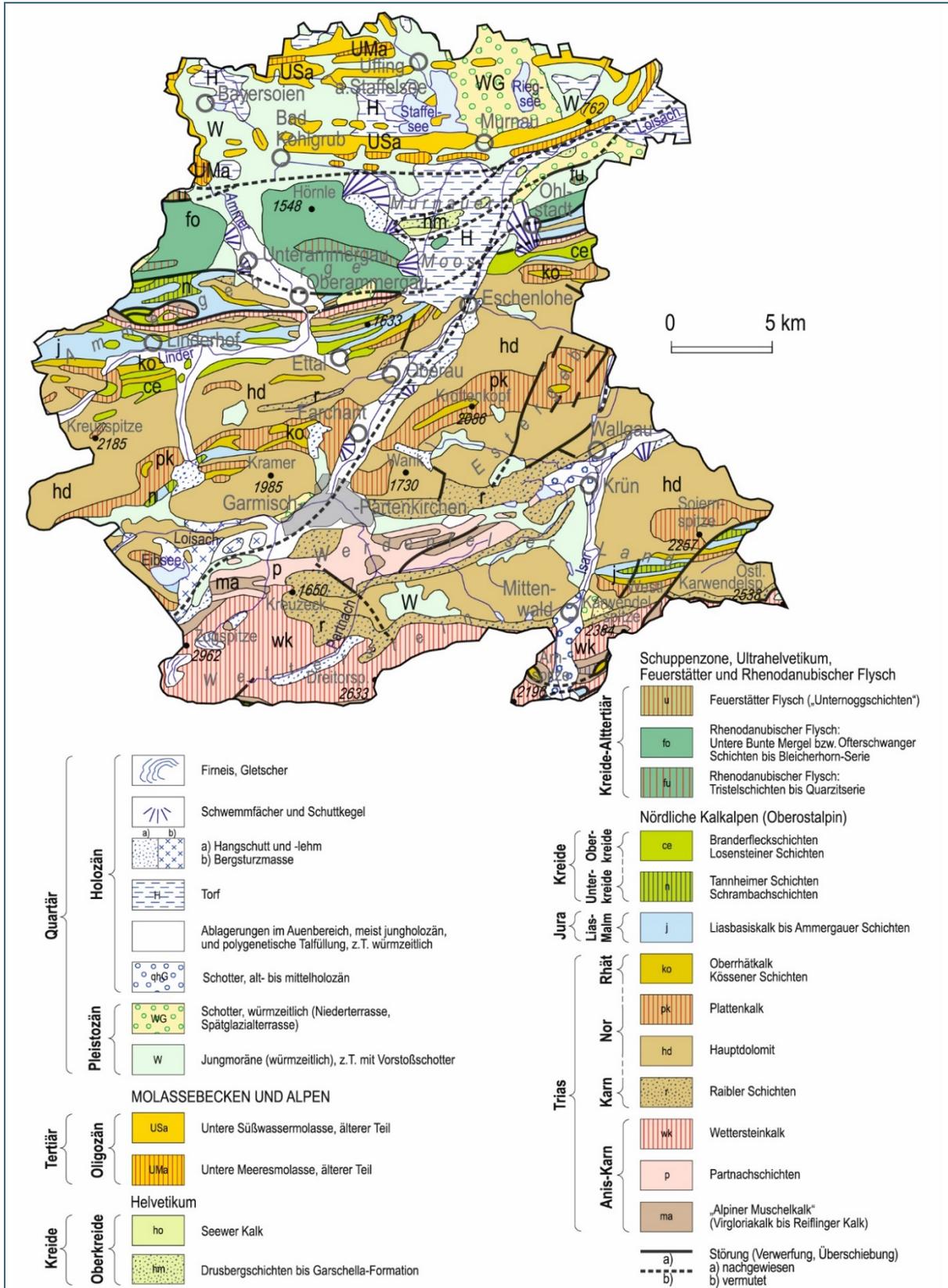


Abb. 7: Geologische Karte Landkreis GarmischPartenkirchen (Datengrundlage: Geologische Karte von Bayern 1 : 500.000)

3 Geologischer Überblick

Der Landkreis Garmisch-Partenkirchen liegt am Nordrand der Alpen. Hier grenzen auf engem Raum Gesteine aus vier tektonischen Einheiten aneinander, die in unterschiedlichen Phasen der Erdgeschichte an weit auseinander liegenden Orten entstanden sind. Durch die tektonischen Bewegungen während der Alpenentstehung wurden sie verfaltet, verschuppt und in ihre heutige Position gebracht.

Im Südteil des Landkreises stehen Gesteine der Nördlichen Kalkalpen an. Der größte Flächenanteil wird vom Hauptdolomit eingenommen, der splittrig verwittert und meist steile Wald- oder Schrofengelände ausbildet – oft im Sockelbereich der Gebirgsstöcke. Markante Felswände bestehen überwiegend aus Kalksteinen wie Wettersteinkalk oder Plattenkalk, untergeordnet auch Reifling-Formation und Virgloria-Formation (Alpiner Muschelkalk) und Kalksteinen aus der Jura- und Kreidezeit. Die Raibl-Formation bildet eine Wechselfolge aus Sand-, Mergel-, Ton-, Gips- und Dolomitgesteinen. Wo Grundwasser den Gips gelöst hat, blieben Dolomitbrekzien und löchrige Rauhacken zurück. Überwiegend mergelig ausgeprägt sind die Partnach-Formation, die Kössen-Formation und viele der jura- und kreidezeitlichen Gesteine.

Nördlich der Kalkalpen folgt die Flyschzone mit den typischerweise bewaldeten Vorbergen Hochscherger, Hörnle, Aufacker und Hirschberg. Die Gesteine sind meist dünn- bis mittelbankige Wechselfolgen von Kalk- und Mergelschichten mit wechselnden Sandanteilen (Tristel-Formation, Ofterschwang-Formation, Kalkgraben-Formation (Zementmergelserie), Piesenkopf-Formation, Hällritz-Formation, Feuerstätter Flysch). Es treten auch geringmächtige, tonig-mergelige Schichten wie die Perneck-Formation (Oberste Bunte Mergel), die Seisenburg-Formation (Obere Bunte Mergel) und die Lahnegraben-Formation (Untere Bunte Mergel) auf. Einzelne Schichtglieder des Flyschs enthalten mächtige Sandsteine oder Abfolgen von Sandsteinbänken, die durch Mergel getrennt sind (Rehbreingraben-Formation (Quarzitserie), Reiselsberg-Formation (Reiselsberger Sandstein), Altlengbach-Formation (Bleicherhornserie)).

Gesteine des Helvetikums sind ausschließlich an den „Köcheln“ im Murnauer Moos und entlang der Loisach östlich von Hechendorf aufgeschlossen. Die Köchel sind Härtlingsrücken, die vor allem aus den Sandsteinen der Garschella-Formation sowie aus Schratzenkalk bestehen.

Nördlich der Linie Altenau–Murnau prägen Gesteine der Faltenmolasse die Landschaft. Markant sind die von Sandsteinen gebildeten Härtlingsrippen, die langgestreckte, überwiegend West-Ost-verlaufende Hügelzüge bilden. Im Osten des Landkreises biegen die Härtlinge zunächst nach Norden und schließlich nach Westen um und zeigen so das „Ausstreichen“ der Murnauer Mulde an. Zwischen den Sandsteinen sind immer wieder tonige und mergelige Schichtfolgen eingeschaltet, die morphologisch zurücktreten.

Im Quartär, dem Eiszeitalter der jüngsten Erdgeschichte, prägten mehrere Gletschervorstöße abwechselnd mit Warmzeiten die Landschaft des Landkreises. Sedimente vor allem aus der Zeit der letzten großen Vereisung sowie aus dem Holozän finden sich in allen Talbereichen und an den unteren Hängen. Neben Moränen und Schottern entstanden auch mächtige Seesedimente und Torfbildungen. Schwemmfächer, Sturzkegel und Hangverwitterungsschutt verhüllen viele Hänge. Die größte Bergsturzmasse (Eibsee-Bergsturz) Bayerns liegt um Grainau.

Für weitere Informationen wird auf die Geologische Karte 1 : 500.000 und die Geologischen Kartenblätter 1 : 25.000 mit Erläuterungen verwiesen

(www.lfu.bayern.de/geologie/geo_karten_schriften/gk25/index.htm).

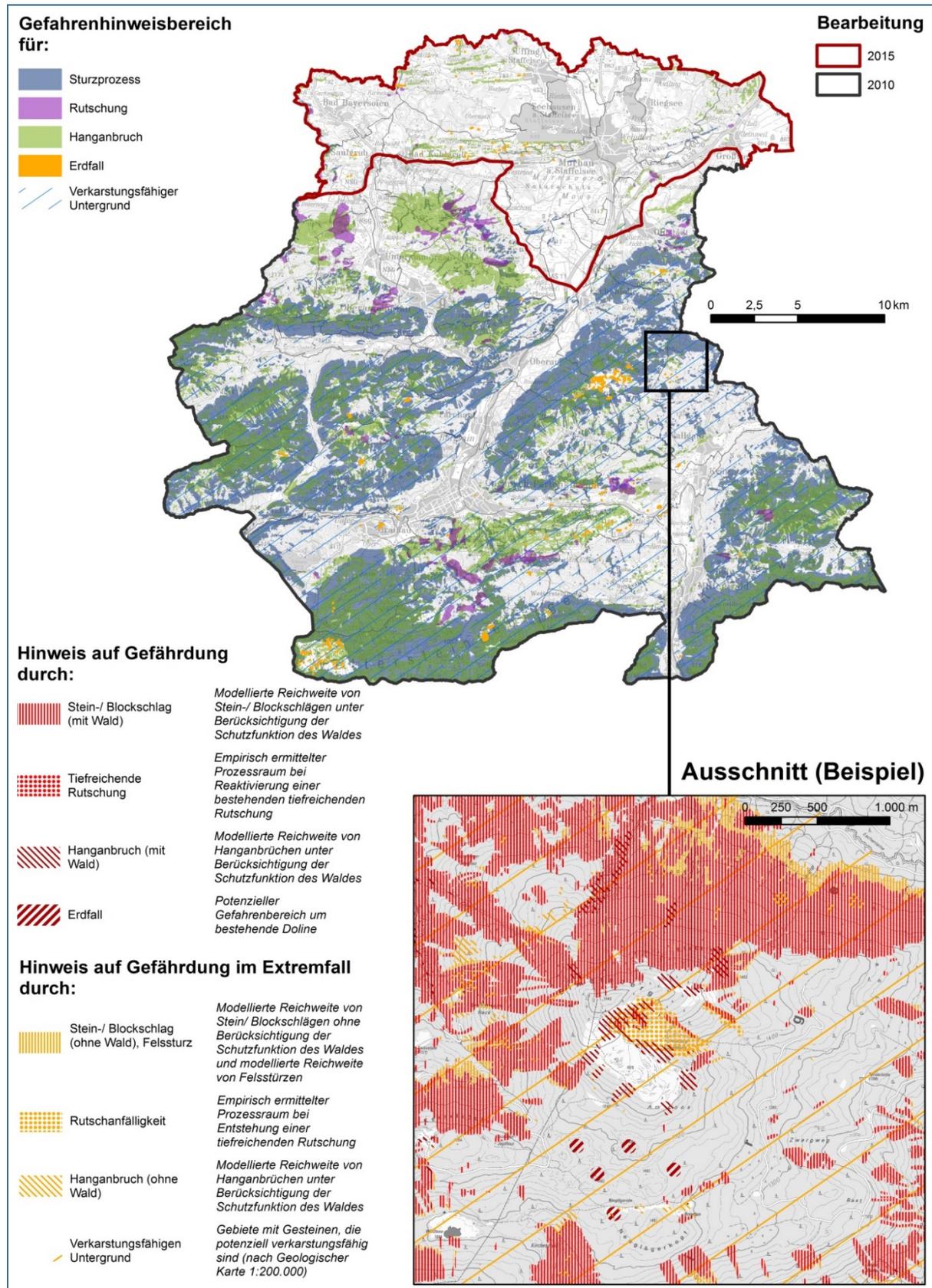


Abb. 8: Gefahrenhinweiskarte Landkreis Garmisch-Partenkirchen, Stand Juni 2015.

4 Gefahrenhinweiskarte Landkreis Garmisch-Partenkirchen

In der Gefahrenhinweiskarte werden für jede untersuchte Geogefahr (Steinschlag, Rutschung, Hanganbruch, Erdfall) unabhängig voneinander Flächen mit **Hinweis auf Gefährdung** (rot) und Flächen mit **Hinweis auf Gefährdung im Extremfall** (orange) ausgewiesen. Hierbei wird die gesamte, zukünftig potenziell betroffene Fläche, bestehend aus Anbruch-, Transport- und Ablagerungsbereich, dargestellt. Je nach Typ der Geogefahr kommen entweder computerbasierte Modelle (Stein-/Blockschlag und Felssturz; Hanganbruch) oder empirische Methoden, basierend auf Expertenwissen (tiefreichende Rutschungen, Erdfall), zum Einsatz (s. Kapitel 5). Die im Untersuchungsgebiet auftretenden Geogefahren hängen in ihrer räumlichen Verteilung von der Abfolge der geologischen Einheiten und ihrer morphologischen Ausprägung ab:

Stein- und Blockschlaggefahr herrscht im Bereich fast aller steilen Hänge, insbesondere wenn Kalksteine im oberen Hangbereich anstehen, da hier besonders große Blockgrößen möglich sind. Aber auch Hauptdolomit, Raibl-Formation und die Sandsteine der Flyschzone können Gefahrenbereiche hervorbringen. Im Vorlandbereich kann Steinschlag von Steilhängen in Sandsteinen und Konglomeraten ausgehen, insbesondere im Ammertal und östlich von Murnau.

Anfällig für tiefreichende Rutschungen sind im kalkalpinen Bereich vor allem die mergeligen und tonigen Gesteine. Insbesondere südlich und östlich von Garmisch-Partenkirchen, wo Partnach-Formation und Raibl-Formation großflächig zutage treten, sind tiefreichende Rutschungen bekannt und weitere zu erwarten. Auch in der Kössen-Formation, jurassischen und kretazischen Gesteinen sowie in Einzelfällen in Plattenkalk können sich Rutschungen bilden. Kleinere Rutschungen sind in Moränenmaterial oder Seesedimenten bekannt.

Der vielfache engräumige Wechsel von festen Kalk- und Sandsteinen zu leicht verwitternden Mergelsteinen macht den gesamten Flysch-Bereich besonders anfällig für Rutschungen. Ein hangparalleles Einfallen der Schichtung sowie Wasserrückstau in der Verwitterungszone können die Gefährdung zusätzlich erhöhen. Besonders großflächige Rutschmassen liegen am Nordosthang von Hörnle und Aufacker.

Im Alpenvorland finden sich einzelne Rutschungen an steilen Talhängen im Bereich der Faltenmolasse, teilweise auch in überdeckendem Moränenmaterial oder Seesedimenten.

Wettersteinkalk und Plattenkalk sind flächenhaft teilweise stark verkarstet (z. B. Zugspitzplatt und Estergebirge). Zahlreiche Dolinentrichter zeugen von Karsthohlräumen im Untergrund. Besonders lösungsanfällig sind die Gips-Anteile der Raibl-Formation. Dort wo diese oberflächennah anstehen, auch bei Bedeckung mit jüngeren Sedimenten, sind zahlreiche Dolinen bekannt (z. B. westlich von Krün), mit weiteren Erdfallereignissen ist zu rechnen. Aber auch im Gemeindegebiet von Grainau können Erdfälle durch den Einsturz von Hohlräumen entstehen, hier durch die Auswaschung von Feinmaterial in den Sturzmassen des Eibsee-Bergsturzes verursacht. Durch Suffosion entstandene Dolinen finden sich zudem im Bereich der Faltenmolasse.

Detaillierte Informationen zu einzelnen Massenbewegungen im Landkreis Garmisch-Partenkirchen liegen im UmweltAtlas Bayern des LfU derzeit für 1.436 Massenbewegungsobjekte vor (Juni 2015) – davon 500 Rutschungen, 117 Sturzereignisse und 819 Dolinen.

5 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 **Steinschlag** 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 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.

6 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 offen legen. 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. Die Erfassung neuer und die fortlaufende Bewertung bereits bestehender Gefahrenhinweisflächen wird zukünftig weiterhin erfolgen.

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 .

7 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 in überschaubarer Zukunft mit dem Schadenseintritt hinreichend wahrscheinlich gerechnet werden kann. Die Einstufung in der Gefahrenhinweiskarte allein lässt in der Regel keinen Rückschluss auf das Vorliegen einer konkreten Gefahr zu. Für die Annahme einer konkreten Gefahr bedürfte es weiterer Anhaltspunkte und ggf. 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 eines BGH-Urteils 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, zum Beispiel durch die wirtschaftliche Nutzung, verursacht wurde.

8 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 bzw. 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.

9 Anhang

A Beispiele zu Gesteinen und Geogefahren aus dem Landkreis Garmisch-Partenkirchen



Abb. 9:
Kalkgraben-Formation (Zementmergelserie) am Klafterbach bei Grafenachau. Zur Ermittlung der für die Modellierung relevanten Blockgröße werden die geologischen Einheiten im Gelände aufgenommen. Die Kalkgraben-Formation zeichnet sich durch einen Wechsel von bankigen Kalkmergeln und Mergeln mit dünnen Tonlagen aus.



Abb. 10:
Piesenkopf-Formation am Hengstbach bei Saulgrub. Die dünnbankige Piesenkopf-Formation zeichnet sich durch einen Wechsel harter Kalkbänke mit teils tonigen Mergeln und Tonlagen, gelegentlich auch Sandsteinen aus.



Abb. 11:
Reiselsberg-Formation am Hengstbach bei Saulgrub. Die kompetente Reiselsberg-Formation formt oft dickbankige, mürbe und glimmerreiche Bänke, in die dünne und glimmerreiche Tonlagen eingeschaltet sein können. Eine deutliche Klüftung ist meist gegeben. Es bilden sich blockige bis plattige Sturzkörper.



Abb. 12:
Plattenkalk am Schwarzenbach bei Garmisch-Partenkirchen. Der Plattenkalk tritt stets gut gebankt mit Bankmächtigkeiten bis zu 2,5 m auf. Er neigt zu karriger (rinnenhafter) Verwitterung und zerfällt meist in grobe Platten.



Abb. 13:
Hauptdolomit an der B23 zwischen Ettal und Oberammergau. Der Hauptdolomit tritt als mittel- bis dickbankiges, vielfach kleinstückig zerfallendes (Grus) aber auch deutlich grobblockiges Gestein auf. Unter seinen Wänden entstehen häufig enorme Schuttansammlungen in Form von Fächern.



Abb. 14:
Kössen-Formation nordwestlich der Reschberg Wiesn bei Farchant. Deutlich ist die Grenze zwischen Kössener Kalken und Kössener Mergeln zu erkennen. Die Kössen-Formation besteht aus einer Wechselfolge aus dünn- bis mittelbankigen Kalksteinen, dünnbankigen Mergeln und dünnen Tonlagen.

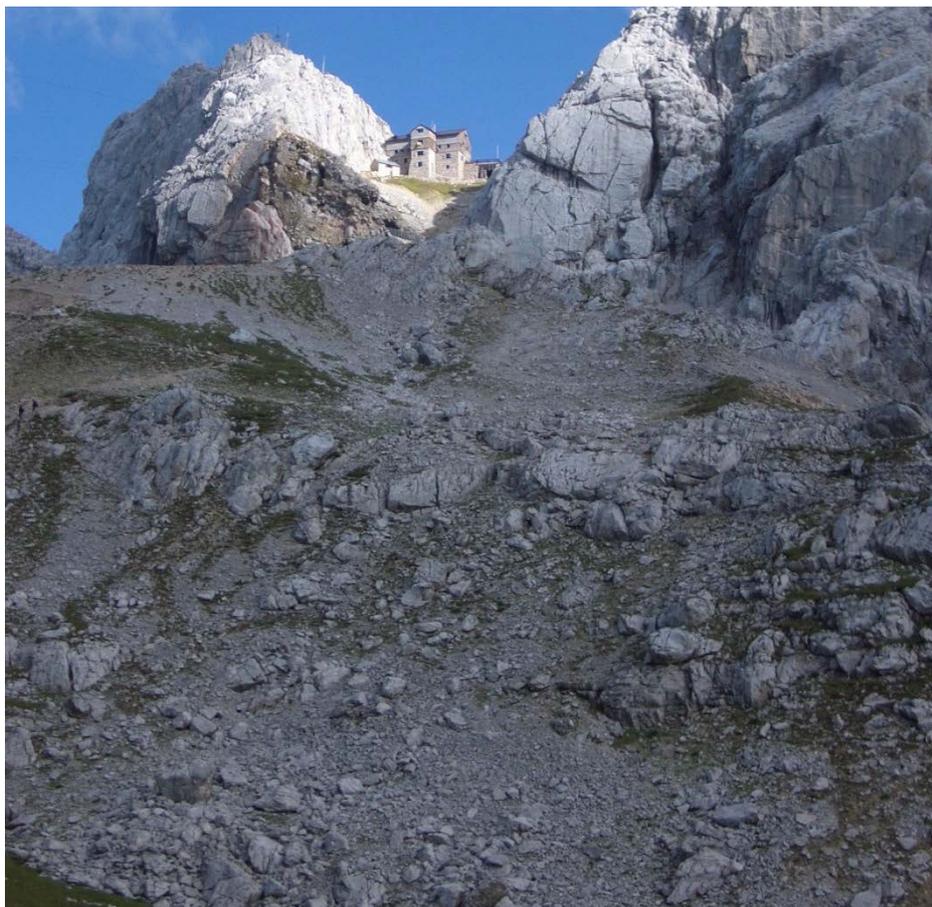


Abb. 15:
Wettersteinkalk an der Meilerhütte am Wettersteinkamm. Es handelt sich dabei um einen massigen, meist geklüfteten Kalk.



Abb. 16:
Partnach-Formation an der Partnach bei Garmisch-Partenkirchen. Ein besonders erosionsanfälliges Gestein im Untersuchungsgebiet ist die Partnach-Formation. Dabei handelt es sich um dünnbankige bis plattige Tonschiefer mit geringem Kalkgehalt.



Abb. 17:
Relikte Rutschbuckel
östlich der Tröglhütte,
südlich von Garmisch-
Partenkirchen



Abb. 18:
Bergzerreißung am
Laubeneck in Saulgrub



Abb. 19:
Zugrisse am Unsinnigen
Graben bei Gra-
fenaschau



Abb. 20:
Geländestufen am Trögellahngraben bei Unternogg



Abb. 21:
„Betrunkenener Wald“ mit Säbelwuchs an der Enning-Alm Straße in Garmisch-Partenkirchen

B Blockgrößen der Sturzmodellierung

Tab. 1: Blockgrößentabelle der Bemessungsereignisse für den Alpenanteil des Landkreises Garmisch-Partenkirchen

Geologische Einheit	Blockgrößenklasse Abmessung [cm]	Fläche am Gesamt-Anbruch- gebiet		
Wettersteindolomit	I 120, 120, 120	49,1		
Wettersteinkalk				
Partnachkalk				
Oberhätkalk				
Bunter Lias-Kalk, Bunte Mergel				
Lias- bis Dogger-Kieselkalk				
Ziegspitzschichten				
Bunter Lias-Kalk				
Plattenkalk				
Rehbreingraben-Formation				
Adneter Kalk				
Alt-, Mittelpleistozän - Nagelfluh				
Konglomerat				
Branderfleckschichten				
Alpiner Muschelkalk (ungegliedert)				
Reiselsberg-Formation	II 60, 70, 80	44,1		
Hauptdolomit, Breccienlage				
Raibler Kalk und Dolomit				
Raibler Dolomit				
Raibler Rauhwacke				
Raibler Schichten				
Hauptdolomit				
Hällritz-Formation				
Altlenzbach-Formation				
Reichenhaller Schichten				
Tristel-Formation				
Kössener Schichten				
Schrambach-Formation				
Breccie				
Kalkgraben-Formation				
Chiemgauer Schichten	III 30, 50, 60	5,3		
Lias-Kieselkalk				
Raibler Kalk				
Losensteiner Schichten bis Branderfleckschichten				
Piesenkopf-Formation				
Raibler Sandstein				
Losensteiner Schichten bis Branderfleckschichten, Konglomerate oder Breccie				
Losensteiner Schichten bis Branderfleckschichten, vorwiegend Mergel				
Ammergau-Formation				
Ammergau- bis Schrambach-Formation				
Lias-Basiskalk				
Roter Malm-Knollenflaserkalk			IV 20, 30, 40	1,6
Dogger-Schwellenkalk				
Allgäuschichten				
Molasse-Konglomerate				
Tannheimer Schichten				
Ruhpolding-Gruppe				
zentralalpine Geschiebeblöcke				
Moräne				
Lokalmoräne				
Femmoräne				
Schmelzwasser- oder Flussschotter				
Seefelder Schichten				

Seisenburg-Formation		
Untere Bunte Mergel		
Raibler Gips		
Seekreide		
Künstliche Aufschüttung		
Partnachsichten		
Raibler Tonstein		

Tab. 2: Blockgrößentabelle der Bemessungsereignisse für das Alpenvorland Teilgebiet 2
(Landkreis Garmisch-Partenkirchen (Ost), Miesbach (West), Bad Tölz - Wolfratshausen, Weilheim-Schongau (Ost))

Geologische Einheit	Blockgrößenklasse Abmessung [cm]	Fläche am Gesamt-Anbruch- gebiet
Schmelzwasser- oder Flussschotter, z. T. Nagelfluh	I 120, 120, 120	42,5
Obere Süßwassermolasse, Konglomerat		
Untere Cyrenenschichten, Konglomerat		
Untere Brackwasser Molasse, Konglomerat		
Bausteinschichten, Konglomerat		
Weißsachsichten		
Enzenauer Marmor		
Losenstein-Formation und Branderfleck-Formation		
Stallauer Grünsandstein		
Schmelzwasser- oder Flussschotter, z. T. Nagelfluh		
Obere Süßwassermolasse, Konglomerat		
Untere Cyrenenschichten, Konglomerat		
Untere Brackwasser Molasse, Konglomerat		
Bausteinschichten, Konglomerat		
Weißsachsichten	II 60, 80, 100	3,4
Alttertiärer Sandstein		
Reiselsberg-Formation		
Assilinensandstein		
Rehbreingraben-Formation		
Hauptdolomit		
Garschella-Formation		
Schrattenkalk		
Haupt-Cyrenenschichten		
Kalkgraben-Formation		
Untere Cyrenenschichten		
Untere Bunte Molasse		
Bausteinschichten		
Sinterkalk		
Moräne, würmzeitlich		
Moräne, risszeitlich		
Fernmoräne		
Moräne		
Schmelzwasser- oder Flussschotter	IV 20, 20, 20	13,2
Unterer Nonnenwaldsand		
Schwaiger Schichten		
Hachauer Schichten		
Obere Süßwassermolasse, Mergel und Sandmergel		
Beckenschluff bis Seeton		
Tonmergelschichten		
Seisenburg-Formation		

Tab. 3: Blockgrößentabelle der Bemessungsereignisse für das Alpenvorland Teilgebiet 3
(Garmisch-Partenkirchen (West), Weilheim-Schongau (West), Ostallgäu und Stadt Kaufbeuren)

Geologische Einheit	Blockgrößenklasse Abmessung [cm]	Fläche am Gesamt-Anbruch- gebiet
Alt-, Mittelpleistozän, Nagelfluh	I 120, 120, 120	32,2
Bausteinschichten, Konglomerat		
Kojenschichten		
Kojenschichten, Konglomerat		
Losenstein-Formation und Branderfleck-Formation, Konglomerat oder Breccie		
Moräne, mindelzeitlich, z. T. Nagelfluh		
Obere Meeresmolasse, Konglomerat		
Obere Süßwassermolasse, Konglomerat		
Schmelzwasser- oder Flussschotter, z. T. Nagelfluh		
Steigbachschichten, Konglomerat		
Weißsachschiefer, Konglomerat		
Losenstein-Formation und Branderfleck-Formation, vorwiegend Sandstein		
Alt-, Mittelpleistozän, Nagelfluh		
Bausteinschichten, Konglomerat		
Kojenschichten	II 80, 80, 100	40,1
Schrattenkalk		
Drusbergschichten		
Reiselsberg-Formation		
Brisisandstein		
Garschella-Formation		
Gamser Schichten		
Hauptdolomit		
Rehbreingraben-Formation		
Steigbachschichten		
Untere Süßwassermolasse		
Weißsachschiefer		
Molasse, ungegliedert		
Obere Bunte Molasse		
Cyrenenschichten	III 40, 50, 60	20,4
Seewenkalk-Subformation		
Deutenhausener Schichten		
Hällritz-Formation		
Bausteinschichten		
Granitische Molasse		
Sinterkalk		
Obere Meeresmolasse		
Obere Süßwassermolasse		
Obere Süßwassermolasse, Obere Serie		
Ofterschwang-Formation		
Promberger Schichten		
Fermmoräne		
Moräne		
Moräne, würmzeitlich	IV 20, 20, 20	7,3
Schmelzwasser- oder Flussschotter		
Beckenschluff bis Seeton		
Leimernschichten		
Tonmergelschichten		

C Parameter der Felssturz-Modellierung

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 übertreffen.

BIS-Objekt	Name	Obergrenze Schuttkegel z_1^* [Meeres- höhe]	Anbruchober- kante z_2^* [Meereshöhe]	geschätzte max. Reichweite* [Meereshöhe]	z_1/z_2	Gewählter Pauschalwinkel
8333GR 000017	N Buchrain	1050	1150	710	0,77273	Schattenwinkel
8333GR 000027	S Osterfeuerspitze	1270	1290	840	0,95556	Geometrisches Gefälle
8431GR 000012	Laubeneck-Sattel	1630	1705	990	0,89510	Geometrisches Gefälle
8431GR 000019	SE Laubeneck- Alm					
8431GR 000021	S Laubeneck					
8431GR 015021	NE Linderhof	1260	1485	1035	0,50000	Schattenwinkel
8431GR 000020	Hennenkopf	1670	1715	1240	0,90526	Geometrisches Gefälle
		1480	1570	1240	0,72727	Schattenwinkel
8431GR 000023	Teufelstättkopf	1700	1750	1550	0,75000	Schattenwinkel
8432GR 000003	S Höllstein	1370	1440	1120	0,78125	Schattenwinkel
8432GR 000008	N Graswang	1075	1220	865	0,59155	Schattenwinkel
432GR 000020	SW Spitzschlag	1450	1545	1400	0,34483	Schattenwinkel
8432GR 000021	SW Laber-Gipfel- station					
8432GR 000027	NW Spitzschlag- graben					
8432GR 000041	P 1646 SW Laber					
8432GR 000029	S Frauenmahn	1340	1370	1200	0,82353	Schattenwinkel
8432GR 000064	SE Frauenmahn					
8433GR 000020	Heldenkreuz	810	915	775	0,25000	Schattenwinkel
8531GR 000004	NE Riffelriss	1790	1880	1535	0,73913	Schattenwinkel

BIS-Objekt	Name	Obergrenze Schuttkegel z_1^* [Meereshöhe]	Anbrucoberkante z_2^* [Meereshöhe]	geschätzte max. Reichweite* [Meereshöhe]	z_1/z_2	Gewählter Pauschalwinkel
8531GR 000005	NW Hohe Riffel	1980	2230	1350	0,71591	Schattenwinkel
8531GR 000006	NNW Hohe Riffel					
8531GR 000007	N Hohe Riffel					
8531GR 015002	Zugspitzgipfel; Einfahrten d. Eibsee-Seilbahn	2150	2940	1090	0,57297	Schattenwinkel
8532GR 000014	Großer Waxenstein	1650	2260	1000	0,51587	Schattenwinkel
8532GR 000016	WNW Mandl	1700	1870	1250	0,72581	Schattenwinkel
8532GR 000017	N Zwölferkopf					
8530GR 000030	ESE Frauenalpl	2360	2570	2130	0,52273	Schattenwinkel

*repräsentative Höhen ausgewählt

D Betroffene Gemeinde- und Siedlungsflächen

Tab. 5: Betroffene Gemeinde- und Siedlungsflächen in Garmisch-Partenkirchen, Stand Juni 2015

GHK = Fläche der Gefahrenhinweisbereiche je Geogefahr in der betroffenen Gemeinde; Betroffene Fläche in % = Anteil betroffener Gemeinde- (Gde.) oder Siedlungsfläche nach ATKIS® Bayern, Maßstab 1 : 25.000 (mit einbezogene Layer: Fläche gemischter Nutzung, Fläche besonderer funktionaler Prägung, Friedhof, Industrie- und Gewerbefläche, Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche, Wohnbaufläche (sie02_f))

Gemeinde	Rutschung						Steinschlag (mit Wald)			Erdfall		
	Tiefreichende Rutschung			Rutschanfälligkeit			GHK (ha)	Betroffene Fläche in %		GHK (ha)	Betroffene Fläche in %	
	GHK (ha)	Betroffene Fläche in %		GHK (ha)	Betroffene Fläche in %			Gde.	Siedlung		Gde.	Siedlung
		Gde.	Siedlung		Gde.	Siedlung						
Bad Bayersoien	10,2	0,1	-	38,5	0,2	-	350	2,0	0,1	3	<0,1	-
Bad Kohlgrub	51,1	0,2	-	138,4	0,4	<0,1	563	1,7	-	14	<0,1	-
Eschenlohe	0,7	<0,1	-	0,7	0,0	-	18.672	33,9	0,6	75	0,1	-
Ettal	8,0	0,1	-	26,6	0,2	-	2.384	16,2	0,1	-	-	-
Ettaler Forst	<0,1	<0,1	-	3,8	0,0	-	42.783	51,3	2,7	6	<0,1	-
Farchant	1,9	<0,1	-	66,3	0,3	-	9.327	36,2	0,6	6	<0,1	-
Garmisch-Partenkirchen	472,9	0,2	<0,1	795,6	0,4	3,5	82.925	40,3	0,4	127	0,1	0,1
Grainau	9,5	<0,1	-	39,8	0,1	-	21.320	43,2	0,8	11	<0,1	0,3
Großweil	4,1	<0,1	-	8,1	0,0	-	84	0,4	-	-	-	-
Krün	90,7	0,2	-	151,2	0,4	0,8	2.264	6,2	0,1	37	0,1	-
Mittenwald	50,6	<0,1	-	84,7	0,1	-	53.879	40,6	0,5	12	<0,1	-
Murnau a. S.	-	<0,1	-	0,3	0,0	-	180	0,5	<0,1	4	<0,1	-
Oberammergau	93,3	0,3	0,5	200,0	0,7	3,4	8.649	28,8	1,3	-	-	-
Oberau	-	<0,1	-	-	-	-	7.305	40,8	2,2	-	-	-
Ohlstadt	62,5	0,2	0,1	115,8	0,3	0,5	5.518	13,4	<0,1	9	<0,1	-
Riegsee	-	<0,1	-	0,4	0,0	-	40	0,2	-	-	-	-
Saulgrub	130,5	0,4	-	320,1	0,9	-	3.230	9,1	-	4	<0,1	-
Schwaigen	166,5	0,7	1,0	667,4	2,8	2,4	2.389	10,2	-	2	<0,1	-
Seehausen a. S.	-	<0,1	-	-	-	-	16	0,1	-	6	<0,1	-
Spatzenhausen	-	<0,1	-	-	-	-	24	0,3	0,3	-	-	-
Uffing a. S.	10,6	<0,1	-	24,6	0,1	<0,1	9	0,0	-	21	<0,1	-
Unterammergau	221,8	0,7	<0,1	469,4	1,6	2,7	2.426	8,1	0,1	-	-	-
Wallgau	10,2	<0,1	-	18,3	0,1	-	4.198	12,4	<0,1	8	<0,1	-



Eine Behörde im Geschäftsbereich
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

