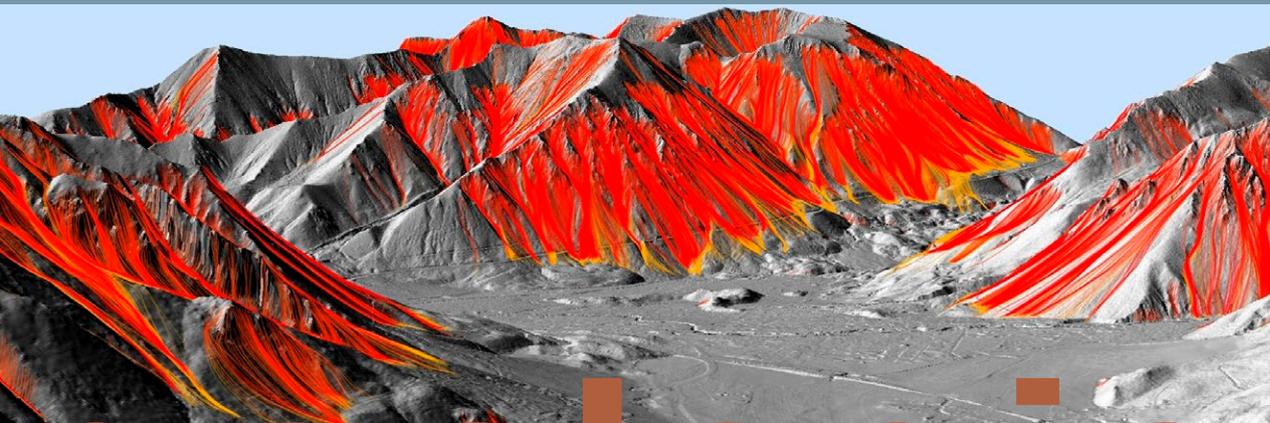




Gefahrenhinweiskarte Jura

Steinschlag – Rutschung – Subrosion
Landkreis Bayreuth



geologie



Gefahrenhinweiskarte Jura

Steinschlag – Rutschung – Subrosion

Landkreis Bayreuth





Europäische Union
„Investition in Ihre Zukunft“
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

Impressum

Gefahrenhinweiskarte Jura
Steinschlag – Rutschung – Subrosion
Landkreis Bayreuth
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: Simone Patula, Martina Reinwald, Stefan Oertel, 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 100 % Recyclingpapier

Stand
Aktualisierung der Links und Ausgliederung des Methodenberichts Oktober 2020

Erstauflage Februar 2014

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

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

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



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 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	Das Untersuchungsgebiet – Landkreis Bayreuth	6
3	Geologischer Rahmen	7
4	Erfasste Prozesse	9
4.1	Steinschlag und Felssturz	9
4.2	Rutschungen	10
4.3	Subrosion / Erdfälle	15
5	Ermittlung der Gefahrenhinweisflächen	16
6	Grenzen und Einschränkungen der Anwendbarkeit	18
7	Rechtliche Aspekte	19
8	Bereitstellung der Ergebnisse	20
	Anhang	21

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Lageplan des Untersuchungsgebiets im Landkreis Bayreuth	6
Abb. 2:	Projektgebiet (gelb umrandet) mit Ausschnitt aus der geologischen Übersichtskarte 1 : 500 000	8
Abb. 3:	Felssturz in Pottenstein	10
Abb. 4:	Rutschung bei Culmberg	11
Abb. 5:	Zerreissung bei Simmelbuch	12
Abb. 6:	Rutschmassenfuß nahe Eckersdorf	12
Abb. 7:	Gespannte Wurzeln bei Kleinweiglareuth	13
Abb. 8:	Gekippte Bäume bei Simmelbuch	14
Abb. 9:	Doline bei Tiefenlesau	15
Abb. 10:	Unterer Muschelkalk bei Höflas	22
Abb. 11:	Burgsandstein westlich Theta	23
Abb. 12:	Malm Alpha und Beta Rifffazies bei Büchenbach	24
Abb. 13:	Malm Delta Schichtfazies bei Ittling	25
Abb. 14:	Malm Delta Rifffazies südlich Hainbronn	25

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Stratigraphische Einheiten und ihre Einteilung in vier Blockformen- und Volumenklassen für den Landkreis Bayreuth	21
---------	--	----

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.

Das Projekt wurde mit Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) gefördert.

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

2 Das Untersuchungsgebiet – Landkreis Bayreuth

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Erstellung von Gefahrenhinweiskarten für die sensiblen Bereiche des Schwäbisch-Fränkischen Jura. Die Bearbeitung erfolgt schrittweise nach Landkreisen.

Der Landkreis Bayreuth wurden die auf der Karte in Abb. 1 mit dem Hillshade (grau) hinterlegten Gemeindegebiete als besonders sensibel eingestuft und bearbeitet. Die gelbe Umrandung entspricht dem gesamten Landkreis.

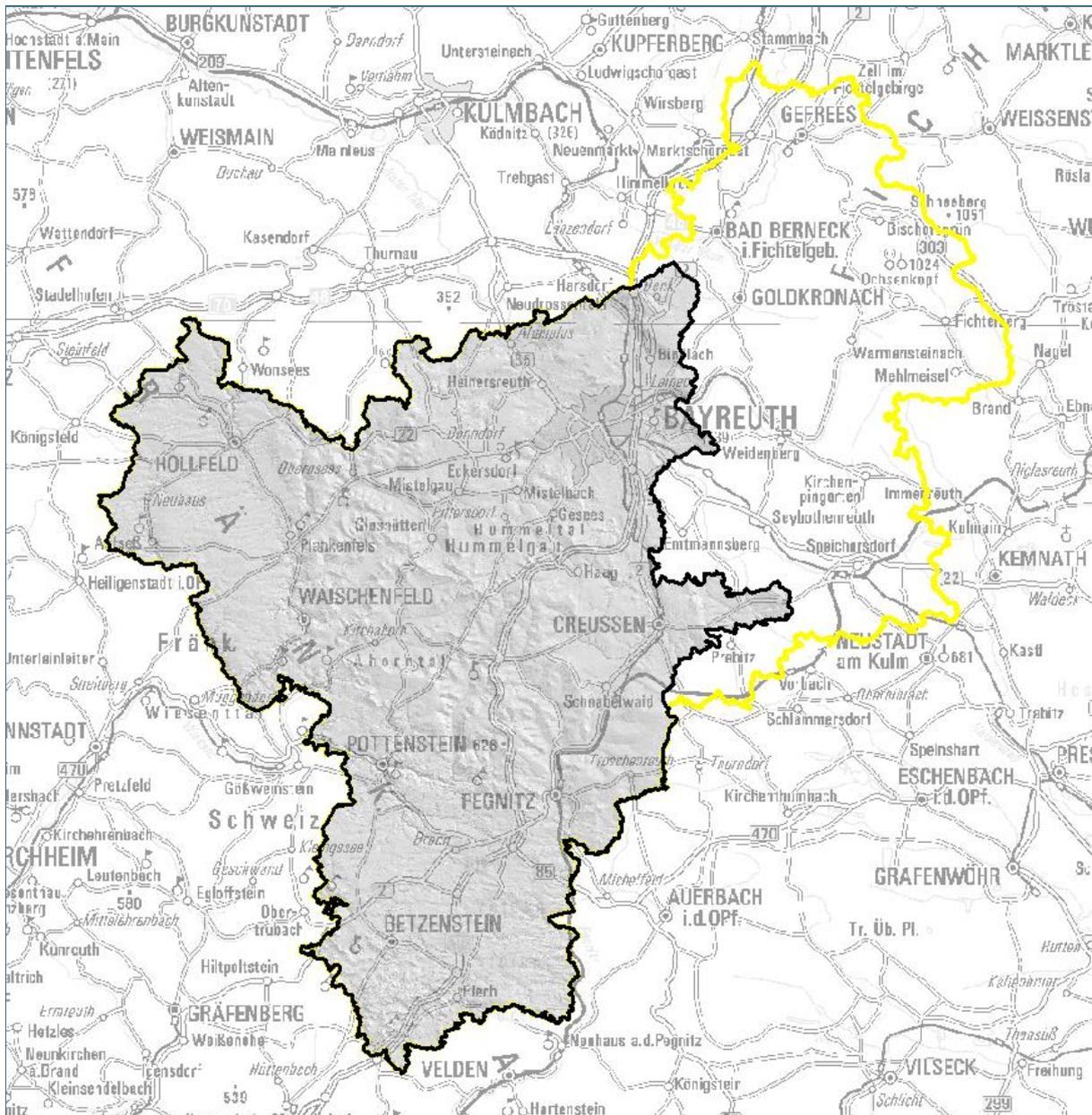


Abb. 1: Lageplan des Untersuchungsgebiets im Landkreis Bayreuth

Das bearbeitete Projektgebiet umfasst 892 km² des insgesamt 1.273 km² großen Landkreises. Das Untersuchungsgebiet umfasst den westlichen und südlichen Teil des Landkreises Bayreuth und erstreckt sich über eine Höhe von 313 m bis 639 m ü. NN. Es erfasst einen Teil der Ostabdachung der Nördlichen Frankenalb, liegt jedoch zu einem großen Teil im Bereich der Hochfläche der Fränkischen Alb (Abb. 1). Aus geologischer Sicht stehen im untersuchten Gebiet Gesteine der mesozoischen

Deckschichten aus Jura und Kreide an. Näheres zur Geologie kann den jeweiligen Geologischen Karten entnommen werden. Weitere Informationen zur Geologie befinden sich im Anhang.

Die Jahresmitteltemperatur im Landkreis Bayreuth liegt zwischen 6 °C und 9 °C. Die durchschnittliche Jahresniederschlagssumme beträgt 650-950 mm (BAYFORKLIM (1996), Klimakarten 1 : 1 000 000).

Im Bodeninformationssystem Bayern (BIS-BY) sind für den gesamten Landkreis Bayreuth derzeit 2.640 Hangbewegungsobjekte im GEORISK-Kataster (Stand Februar 2014) verzeichnet.

3 Geologischer Rahmen

Die Gesteine der **Trias** treten als schmaler Streifen im Bruchschollenland zwischen Fränkischer Alb und dem Frankenwald auf. Sie bilden die Unterlage des Fränkischen Juras und stellen im Projektgebiet die ältesten an der Oberfläche anstehenden Gesteine dar. Die Germanische Trias wird in *Buntsandstein*, *Muschelkalk* und *Keuper* untergliedert. Generell handelt es sich bei den Gesteinen der Trias des Schichtstufenlandes um küstennahe Bildungen im Germanischen Becken, welche noch einen starken terrestrischen Einfluss widerspiegeln. In diesem Zeitraum wurden hauptsächlich klastische Sedimente, wie Sandsteine abgelagert, in denen bereichsweise geringmächtige Ton- und Siltlagen zwischengeschaltet sind.

Bei den *Buntsandsteinsedimenten* der Unteren Trias handelt es sich vorwiegend um rötliche Sandsteine, in deren obersten Bereichen Gipseinlagerungen enthalten sein können. Aufgrund der gipshaltigen Sedimente ist eine Anfälligkeit für Auslaugungsvorgänge und in Folge dessen für Erdfälle gegeben. Die Sandsteine werden von den marinen Bildungen des *Muschelkalks* abgelöst, welcher grau gefärbte, karbonatische sowie teilweise saline Ablagerungen enthält und somit ebenfalls auslaugungsanfällig ist.

Auf den Muschelkalk folgen Sandsteine und Tone des *Keupers*, die wiederum in einem vermehrt terrestrisch geprägten Sedimentationsraum entstanden sind. Vereinzelt sind im Mittleren Keuper Gipseinlagerungen enthalten, die zu einer Auslaugungsfähigkeit führen.

Die Ablagerungen des **Juras** bilden den Hauptanteil der Fränkischen Alb und kommen in der westlichen Hälfte des Arbeitsgebietes vor. Stratigraphisch wird der Jura in *Lias*, *Dogger* und *Malm* untergliedert. Im beginnenden Jura macht sich ein langsamer Anstieg des Meeresspiegels bemerkbar, so dass dunkel gefärbte Gesteinsabfolgen des *Lias* entstanden sind, welche aus Sandsteinen, Mergeln und Tonen bestehen.

An der *Rhätoliassstufe*, dem Übergang von Keuper- zu Liassedimenten treten zahlreiche Rutschungen auf, da die *Rhätoliassandsteine* auf den Tonen des *Feuerletten* aufliegen. Dort lässt sich häufig beobachten, dass die bis zu mehrere Meter mächtigen Sandsteine in Form von Translationsrutschungen auf dem Feuerletten abgleiten. Der Anstieg des Meeresspiegels setzte sich im *Dogger* weiterhin fort, wodurch die Gesteine in einem Schelfmeer abgelagert wurden.

Im *Dogger* ist die Lagerung von wasserleitendem Eisensandstein über den wasserstauenden Schichten des *Opalinustons* besonders rutschgefährdet. Bei den Sedimenten des Malms handelt es sich um helle Kalke, Mergel und Dolomite, die das Plateau der Fränkischen Alb aufbauen. Die mächtigen Ablagerungen bilden hoch aufragende Steilwände und sind in der gesamten Fränkischen Alb landschaftsprägend. Seit ihrer Bildung im Jura sind diese Gesteine der Verwitterung ausgesetzt und somit stark verkarstet. In der nördlichen Frankenalb wurden bereits weite Teile der ursprünglichen Sedimente erodiert, so dass nicht mehr deren gesamte Mächtigkeit erhalten ist.

Durch die tief eingeschnittenen Flusstäler und die dadurch steilen Felswände überwiegt bei den Gesteinen des *Malms* die Steinschlaggefahr. Rutschungen bilden sich meist dann aus, wenn Malmkarbonate auf dem Ornatenton des *Dogger* abgleiten. In diesem Fall können ganze Schichtpakete im Verband in Bewegung geraten.

Die ehemals über dem Malm abgelagerten **Kreidesedimente** sind nur noch im Nordosten des Projektgebietes zu finden. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um terrestrische Ablagerungen der Oberkreide mit wenigen marinen Einschaltungen. Vorherrschend sind mürbe Sand- bzw. Quarzsandsteine und -sande mit gelegentlichen Tonhorizonten.

Die Karbonate des *Malms* sind auf der Albhochfläche größtenteils von Ablehmen überdeckt, welche im **Tertiär** entstanden sind und stellenweise Karstschloten aufgefüllt haben.

Quartäre Bildungen umfassen im Projektgebiet Umlagerungs- und Verwitterungsprodukte, zu denen beispielsweise Hangschutt oder jüngste fluviatile Ablagerungen zählen. Der Gehängeschutt erreicht an den Talflanken Mächtigkeiten von bis zu mehreren Zehnermetern. Insbesondere wenn das Verwitterungsmaterial einen hohen Feinkorngehalt aufweist, können Rutschungen im Hangschutt auftreten.

Für weitere detaillierte Informationen zum geologischen Aufbau im Landkreis Bayreuth wird auf die geologischen Karten im Maßstab 1 : 25 000 sowie die Geologische Karte von Bayern 1 : 500 000 inklusive Erläuterungen verwiesen.

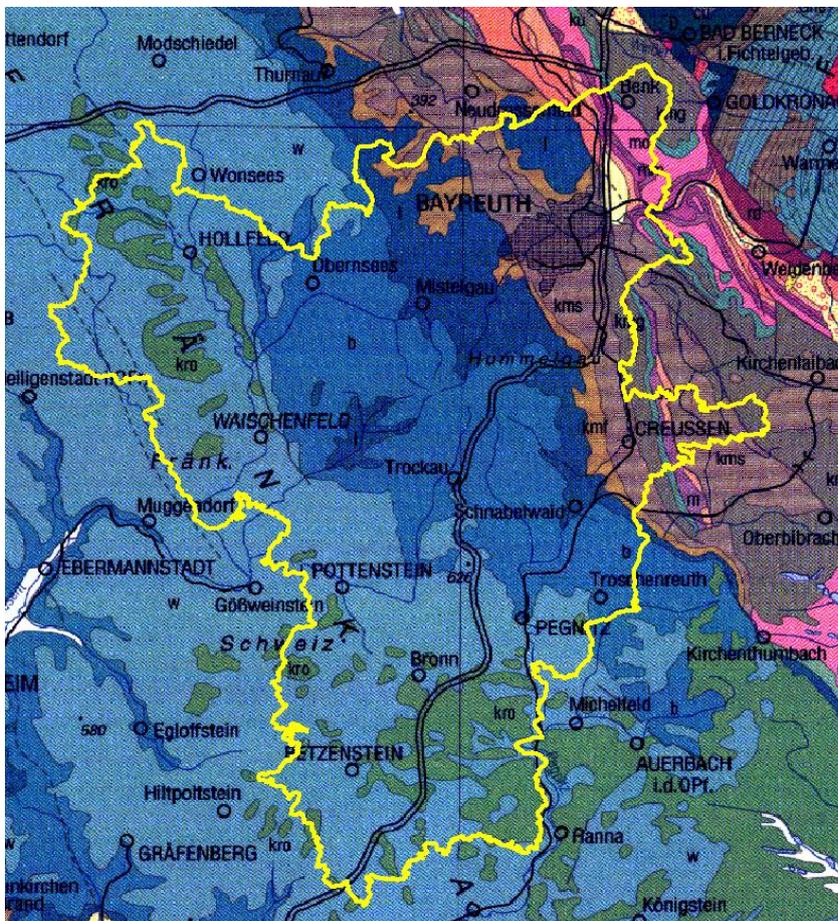


Abb. 2:
Projektgebiet (gelb umrandet)
mit Ausschnitt aus der geologischen
Übersichtskarte
1 : 500 000

4 Erfasste Prozesse

4.1 Steinschlag und Felssturz

Stein- und Blockschlag

Steinschlag ist definiert als periodisches Sturzereignis von einzelnen, kleineren Festgesteinspartien (0 - 1 m³) bis hin zur Blockgröße (Blockschlag: 1 - 10 m³). Die Ursachen für Stein- und Blockschlag liegen in langfristiger Materialentfestigung und Verwitterung an den Trennflächen. Gefördert wird die Ablösung durch Frosteinwirkung, Temperaturschwankungen und Wurzelsprengung. 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 gehebelt, so dass sie abstürzen können. Auch Erdbeben können Stein- und Blockschlag auslösen.

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

Felssturz

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

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

Im Projektgebiet sind keine größeren Felssturzereignisse zu erwarten, weshalb dieser Prozess im Landkreis Bayreuth nicht eigens bearbeitet wurde.

Ergebnisse und Erläuterung der Stein- und Blockschlagmodellierung

Die durchgeführten Modellierungen zeigen als Ergebnis, dass bei einer Modellierung mit Waldbestand rund 1,4 % der Fläche (12,3 km²) im Arbeitsgebiet von Steinschlag bedroht sind. Für jeden der potenziellen Steinschlagbereiche wurden jeweils zwei Modellierungen (mit / ohne Wald) durchgeführt.



Abb. 3:
Felssturz in Pottenstein

4.2 Rutschungen

Rutschungen sind hangabwärts gerichtete, gleitende Bewegungen von Fest- und/oder Lockergestein (Abb. 4). Geschwindigkeiten von wenigen Zentimetern pro Jahr bis zu mehreren Metern pro Minute sind möglich. Der Tiefgang reicht von wenigen Metern bis über 100 m.

Rutschungen sind das Ergebnis von Scherbrüchen, wobei bestehende Schwächezonen aktiviert werden. Im Festgestein sind dies z. B. Schichtflächen, Klüfte oder Störungen. Die Grenze zwischen Festgestein und Lockergesteinsüberdeckung ist ebenfalls ein typischer Anbruch- und Gleithorizont. Innerhalb von homogenen Lockergesteinen fehlen solche vorgezeichneten Schwächezonen oft. Dementsprechend treten auch unterschiedliche Formen von Rutschungen auf.

Anlass für Rutschungen ist in vielen Fällen eine starke Durchnässung, wobei kurze Starkregen üblicherweise nur flache Rutschungen aktivieren. Tiefreichende Rutschungen werden eher durch länger anhaltende Nässeperioden ausgelöst. Maßgeblich ist eine Erhöhung des Porenwasserdruckes, der zu einer Verminderung der Scherfestigkeit führt.

Gerade größere Rutschungen sind meist keine einmaligen Ereignisse. Die Massen kommen nach einer Bewegungsphase zunächst wieder zur Ruhe, bis sie nach Jahren, Jahrzehnten oder sogar Jahrtausenden wieder reaktiviert werden. Deshalb ist die Kenntnis von alten Rutschmassen für die Gefahrenabschätzung sehr wichtig.



Abb. 4:
Rutschung bei Culm-
berg

Zur genaueren Abgrenzung und Verifizierung wurden 237 Rutschgebiete (knapp 94 % der ausgewiesenen Rutschbereiche), deren Gefahrenpotenzial durch die vorangegangenen Untersuchungen nicht ausreichend geklärt werden konnte, durch Geländebegehungen überprüft.

Im Folgenden sind beispielhaft einige charakteristische geologisch-morphologische Merkmale tieferreichender Rutschungen im Untersuchungsgebiet genannt, die zur Beurteilung der Gefahrensituation im Gelände herangezogen wurden. Doppelgrate, Nackentäler oder Spalten (Bergzerreißen), Senkungen mit Geländestufen (Abb. 5, Abb. 7) und Nackenseen sind häufig Hinweise auf Zerrstrukturen im Anrissbereich vorhandener oder sich entwickelnder Rutschungen (Abb. 6). Im Bereich von aktiven Zugrissen sind häufig gespannte Wurzeln sichtbar. Rutschungen führen oft zu zungen- oder stromförmigen Ablagerungen, die stufenförmige Verebnungen, Bodenrisse mit gespannten Wurzeln, Stauchwülste, Senken und Vernässungen sowie säbelwüchsige oder schiefe Bäume (Abb. 8) aufweisen.



Abb. 5:
Zerreissung bei Sim-
melbuch



Abb. 6:
Rutschmassenfuß na-
he Eckersdorf



Abb. 7:
Gespannte Wurzeln bei
Kleinweiglareuth



Abb. 8:
Gekippte Bäume bei
Simmelbuch

Gebiete, die derartige Phänomene aufweisen, wurden generell in den potenziellen Bewegungsbereich einer Rutschung einbezogen, ihre Gefahrenhinweisflächen im GIS entsprechend ergänzt und korrigiert. Konnten Informationsdefizite auch durch Geländebegehungen nicht beseitigt werden, wurde die Datenqualität bzw. der Informationsgrad des betreffenden Objektes letztendlich niedrig eingestuft und die dargestellte Fläche lediglich als Bereich mit erhöhter Anfälligkeit für zukünftige Rutschungen betrachtet. Dies betrifft in erster Linie Flächen, deren Ausdehnung eine mehr oder weniger dichte Zusammenfassung einzelner, meist kleinerer, nicht genau abgrenzbarer Rutschungen mit meist nicht näher bekanntem Tiefgang darstellen.

Ergebnisse der empirischen Rutschungsanalyse

Die Bewertung von 253 Rutschungen und potenziell rutschanfälligen Flächen führte letztendlich zur Ausweisung von zwei unterschiedlichen Gefahrenhinweisbereichen:

Bereich 1 – Hinweise auf Gefährdung durch tiefreichende Rutschungen,

Bereich 2 – Hinweise auf Gefährdung im Extremfall durch Rutschungsanfälligkeit.

Die durchgeführten empirischen Analysen zeigen, dass rund 1 % der Fläche (ca. 8,6 km²) im untersuchten Gebiet im Landkreis Bayreuth von tiefreichenden Rutschungen betroffen sind. Eine erhöhte Anfälligkeit für die Entwicklung von weiteren tiefreichenden Rutschungen besteht für zusätzliche rund 0,2 % der Fläche.

Die Gefahrenhinweiskarte zeigt flächenhafte Gefahrenhinweisbereiche. Während die Flächen des Bereiches 1 (rot) auf räumlich konkret abgrenzbare Gefahren mit Anzeichen für aktuelle oder potenzielle Aktivität hinweisen, zeigt der Bereich 2 (orange) Flächen, in denen unter Extrembedingungen bisher nicht genau abgrenzbare tiefreichende Rutschungen auftreten können.

4.3 Subrosion / Erdfälle

In löslichen Gesteinen, in erster Linie in Salz, Gips, Anhydrit und Kalk, aber auch in Dolomit, können durch Lösungsvorgänge (Subrosion oder Verkarstung) natürliche Hohlräume entstehen. Das mechanische Ausspülen von lockeren Feinanteilen (Suffosion) und die chemische Auflösung durch Wasser im Untergrund führen zu Schwund von Substanz und schließlich zur Bildung unterirdischer Hohlräume. Durch den Einsturz dieser Hohlräume bilden sich nahezu runde Strukturen (Dolinen) von einigen Metern bis mehreren Zehnermetern Durchmesser und wechselnder Tiefe (Abb. 9). Durch langsame Senkung können auch großflächige, nicht genau abgrenzbare Mulden entstehen.



Abb. 9:
Doline bei Tiefenlesau

Die im Landkreis Bayreuth auftretenden Dolinen können lokal, besonders bei plötzlicher Entstehung (sogenannte Erdfälle), eine geogen bedingte Gefährdung darstellen. Die Wahrscheinlichkeit für einen spontanen Einbruch ist im Untersuchungsgebiet je nach geologischem Untergrund sehr unterschiedlich. Weit verbreitet sind solche Einbruchstrukturen beispielsweise in den stark verkarsteten Malmkalcken auf der Albhochfläche, sowie in sulfathaltigen Schichten der Germanischen Trias.

Im Bereich der Fränkischen Alb wurden an mehreren Stellen Dolinen bzw. Erdfälle gefunden, deren Entstehung auf Lösung in stark verkarstungs- und auslaugungsfähigen Gesteinen (Subrosion) oder auf den Abtransport von Feinmaterial (Suffosion) zurückzuführen ist. Wenn solche Formen entstehen, kann dies lokal zu einer Gefährdung führen. Aufgrund des geologischen Untergrunds ist das Vorkom-

men von Dolinen und Erdfällen vor allem im südlichen und westlichen Teil des Landkreises Bayreuth festzustellen. Dort stehen überwiegend Karbonate, lokal aber auch Sulfate an.

Erhalten sind diese Strukturen überwiegend in Waldgebieten, während sie in Siedlungsgebieten sowie auf landwirtschaftlichen Nutzflächen oftmals sofort verfüllt werden. In Gemeinearchiven, Bauämtern, Wasserwirtschaftsämtern oder Dolinenkatastern sind oft Hinweise auf verfüllte Dolinen enthalten. Diese Daten sind jedoch nicht vollständig, da viele Dolinen nicht gemeldet werden und sofort nach ihrer Entstehung wieder verfüllt werden. Die in der Gefahrenhinweiskarte ausgewiesenen Dolinen erheben daher keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Insgesamt konnten im Untersuchungsgebiet im Landkreis Bayreuth 2.313 Subrosions-Objekte erfasst werden. Dabei haben alle Objekte ihre Ursache in einem karbonatischen Untergrund. Nur bei einem Subrosions-Objekt konnte die Subrosionsursache nicht ermittelt werden. Die Auswertung der GK 200 zeigte, dass 52 % der untersuchten Fläche potenziell verkarstungs- oder auslaugungsfähig ist, wobei sich die Fläche hauptsächlich auf den westlichen und südlichen Teil des Landkreises konzentriert.

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 **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).

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.

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 sowie auf Abschätzungen der Überdeckungsmächtigkeit und liefern einen groben 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/ifu_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 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.

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 im konkreten Einzelfall in überschaubarer Zukunft mit dem Schadenseintritt hinreichend wahrscheinlich gerechnet werden kann. Die Einstufung in der Gefahrenhinweiskarte allein lässt keinen Rückschluss auf das Vorliegen einer konkreten Gefahr zu. Für die Annahme einer solchen bedürfte es weiterer Anhaltspunkte und gegebenenfalls spezieller Gutachten.

Baurecht

Bauleitplanung

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

Einzelbauvorhaben

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

Verkehrssicherungspflicht

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

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 und https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/geodatendienste/index_download.htm#Geologie abrufbar.

Der Abruf der Dienste erfolgt unter folgenden Quellen:

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

Bereitstellung auf CD-ROM

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

Anhang

Tab. 1: Stratigraphische Einheiten und ihre Einteilung in vier Blockformen- und Volumenklassen für den Landkreis Bayreuth

Stratigraphische Einheit	Blockachsen X Y Z [cm]	Volumen [cm³]	Flächen- anteil am Gesamt- anbruch- gebiet [%]	Volu- men- klasse	x [cm]	y [cm]	z [cm]	Block- masse [kg]
Burgsandstein	200, 200, 200	8000000	0,402%	I	200	200	200	17500
Dolomit	200, 200, 200	8000000	47,224%					
Malm Alpha bis Gamma	200, 200, 200	8000000	5,583%					
Malm Delta	200, 200, 200	8000000	0,245%					
Malm Delta, Rifffazies	200, 200, 200	8000000	8,676%					
Malm Delta und Epsilon	200, 200, 200	8000000	11,387%					
Malm Gamma	200, 200, 200	8000000	0,590%					
Malm Gamma bis Epsilon	200, 200, 200	8000000	1,311%					
Malm Gamma und Delta, Rifffazies	200, 200, 200	8000000	0,060%					
Oberer Buntsandstein	200, 200, 200	8000000	0,095%					
Rhaetolias	200, 200, 200	8000000	2,550%					
Unterer Malm, Rifffazies	200, 200, 200	8000000	0,660%					
Unterer und Mittlerer Buntsandstein	200, 200, 200	8000000	0,018%					
Malm Epsilon, tafelbankiger Dolomit	200, 200, 150	6000000	0,313%					
Mittlerer Malm, Rifffazies	200, 150, 150	4500000	0,137%					
Dogger Beta	200, 200, 100	4000000	1,222%					
Malm Epsilon, Rifffazies	150, 150, 100	2250000	16,887%					
Schilfsandstein	150, 150, 100	2250000	0,251%					
Benker Sandstein	150, 150, 100	2250000	0,341%					
Malm Alpha und Beta	150, 100, 60	900000	0,498%					
Malm Alpha und Beta, Rifffazies	150, 100, 60	900000	0,008%					
Blasensandstein, Coburger Sandstein	100, 100, 80	800000	0,544%					
Karbonathorizont	100, 100, 80	800000	0,008%					
Michelfelder Schichten	100, 100, 80	800000	0,218%					
Kaolinfazies des mittl. Burgsandsteins	100, 80, 80	640000	0,044%					
Lias Gamma	150, 60, 50	450000	0,078%					
Malm Gamma, Schichtfazies	100, 50, 50	250000	0,077%	III	60	50	40	260
Plattensandsteine	60, 50, 40	120000	0,013%					
Malm Delta, Schichtfazies	60, 40, 30	72000	0,014%					
Mittlerer Muschelkalk	60, 40, 30	72000	0,070%					
Unterer Keuper	50, 30, 20	30000	0,033%					
Unterer Muschelkalk	40, 20, 10	8000	0,264%	IV	40	20	20	35
Oberer Muschelkalk	20, 20, 20	8000	0,157%					
Terrassenschotter	10, 10, 10	1000	0,020%					

Charakteristische Gesteine

Aus den 34 stratigraphischen Einheiten (Tab. 1) wurden nachfolgend fünf charakteristische und repräsentative Gesteine des Untersuchungsgebietes herausgegriffen, hinsichtlich ihrer geotechnischen Eigenschaften und den daraus resultierenden Blockgrößen kurz erläutert und durch Geländefotos dokumentiert.

Der **Untere Muschelkalk** setzt sich aus einer Wechselfolge von Kalkbänken und Ton- bzw. Mergelzwischenlagen zusammen (Abb. 10). Die grau-braunen Kalke sind dünnbankig geklüftet und werden mit einer Blockgröße von 10 cm x 20 cm x 40 cm in die Volumenklasse III eingeteilt.



Abb. 10: Unterer Muschelkalk bei Höflas

Der Burgsandstein des Keupers ist mürbe, besitzt meist eine rötliche Färbung und besteht aus teilweise feingeschichtetem Sandstein, in den immer wieder Tonlagen eingeschaltet sein können (Abb. 11). Der Burgsandstein verwittert dabei zu sandigem Grus. Aufgrund der mechanisch wirksamen Trennflächen können sich jedoch ebenfalls größere Blöcke ablösen. Aus diesem Grund kann die Blockgröße 200 cm x 200 cm x 200 cm betragen und er wird in die Volumenklasse I eingeteilt.



Abb. 11:
Burgsandstein westlich
Theta

Die Gesteinsserie des Malm Alpha und Beta beginnt mit grauen Mergelkalken und setzt sich mit grauweißen Kalken fort. Die Kalke neigen zu Blockgleitungen auf den unterlagernden Mergeln, wodurch der Gesteinsverband aufgelöst wird und Sturzprozesse begünstigt werden. Zudem stellen die Kalke die blockgrößenrelevanten Klufkörper dar. Generell wurden die Untereinheiten des Malms bei gleicher Klufkörperausbildung für die Steinschlagsimulation zusammengefasst. Die Rifffazies tritt in der Regel massig auf, kann aber unter Umständen sehr kleinstückig verwittern (Abb. 12). Es wurde die pessimistischere Blockgröße von 150 cm x 100 cm x 80 cm (Volmenklasse II) zur Berechnung verwendet.



Abb. 12: Malm Alpha und Beta Rifffazies bei Büchenbach

Im Unteren Malm Delta wurden die Sedimente auch in Schichtfazies abgelagert (Abb. 13). Die dickbankigen, hellen Kalke enthalten Mergelzwischenlagen und haben eine Blockgröße von 60 cm x 50 cm x 40 cm. Damit werden sie der Volumenklasse III zugeordnet. Allmählich setzte eine Verschwammung der Kalke ein, sodass diese in Rifffazies vorliegen und die Schichtfazies örtlich vertreten (Abb. 14). Die Rifffazies ist massiger ausgebildet, so dass die Kluftkörper eine Blockgröße von 200 cm x 200 cm x 200 cm und damit der Volumenklasse I zuzuordnen sind.

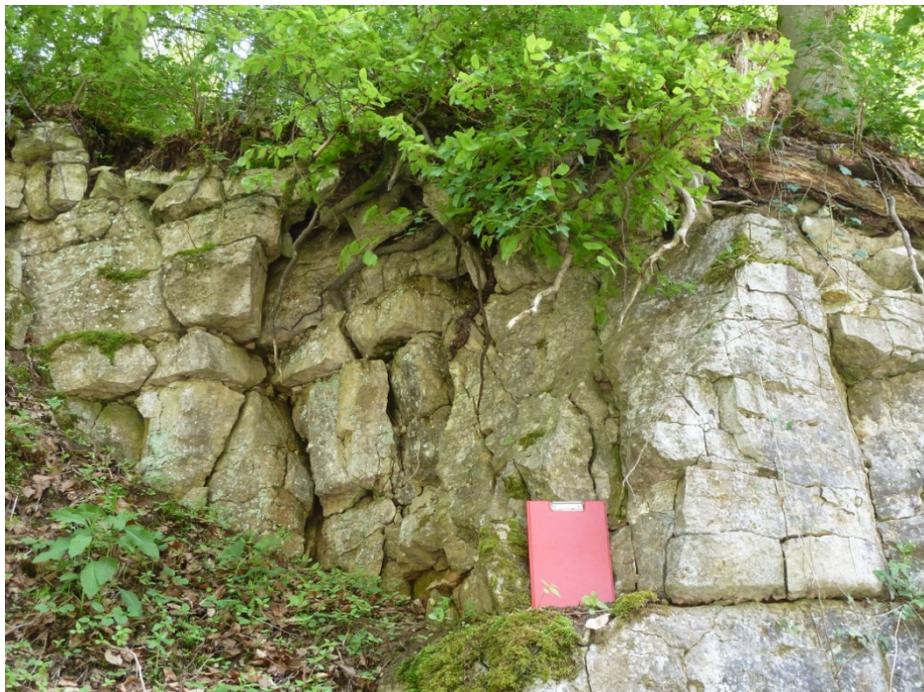


Abb. 13:
Malm Delta Schicht-
fazies bei Ittling



Abb. 14:
Malm Delta Rifffazies
südlich Hainbronn



Eine Behörde im Geschäftsbereich
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

