

Geogefahren erkennen

Steinschlag, Felssturz, Rutschung, Erdfall



Akuter Felssturz im Altmühltal; eingewachsene Blöcke bezeugen frühere Ereignisse

Über Schäden durch Rutschungen, Steinschläge und Felsstürze berichten die Medien immer wieder. Nicht nur in fernen Ländern, auch in Bayern werden Straßen verschüttet und Häuser beschädigt. Vereinzelt kommt es leider auch zu Personenschäden.

An steilen Hängen besteht die Gefahr von plötzlichen Sturzereignissen. Rutschungen können dagegen auch an gering geneigten Hängen vorkommen. Selbst im flachen Gelände ist man nicht immer sicher, nämlich dann, wenn unterirdische Hohlräume einstürzen. Da all diese Vorgänge der Schwerkraft folgen, nennt man sie auch gravitative Massenbewegungen.

Um sich schützen zu können, ist es wichtig, die möglichen Gefahren zu kennen. Die Erfahrung zeigt, dass Ereignisse meist dort auftreten, wo früher schon Ähnliches geschehen ist. Die Meidung dieser Gefahrenbereiche ist die wichtigste Strategie, um Leben, Gesundheit und Sachwerte zu schützen.

1 Arten von Massenbewegungen

1.1 Sturzereignisse

Die besondere Gefahr von Sturzereignissen liegt darin, dass sie plötzlich und ohne Vorwarnung auftreten und gleichzeitig durch die hohe Geschwindigkeit am Einschlagsort eine große Energie einwirkt.

Eingeteilt werden Sturzereignisse nach ihrem Volumen: Bis 10 Kubikmeter spricht man von **Steinschlag**, darüber von **Felssturz**. **Bergstürze** sind seltene, hochdynamische Ereignisse mit über einer Million Kubikmetern bewegtem Material.

Zu Sturzereignissen neigen insbesondere Festgesteine im Bereich von Felswänden. Die Blockgrößen werden von den Trennflächen (Schichtung, Klüftung) bestimmt. Auch in Lockergesteinen können Sturzereignisse vorkommen, wenn durch künstliche Unterschneidung oder Erosion ein ausreichend steiler Hang entstanden ist und das Material größere Steine enthält, wie dies z. B. in Moränen der Fall ist.

Die Reichweite von Sturzereignissen ist oft an „stummen Zeugen“ abzulesen. Dies sind Spuren von vorangegangenen Ereignissen, wie alte Sturzblöcke oder Einschläge in Bäumen.

Der Anbruch eines Sturzereignisses liegt immer in steilem Gelände, dessen Hangneigung meist über 45° beträgt. Die losgelösten Gesteinsmassen stürzen dann teils in mehr oder weniger freiem Fall bis auf eine Geländefläche, wo sie beim Aufprall zerbrechen können. Von dort aus springen oder rollen sie dann weiter. Ein Abprallen kann auch zu starker seitlicher Streuung führen. Die Sturzenergie wird weitgehend von der Gesamtfallhöhe und der Blockgröße bestimmt. Der Energieverlust bei jedem Aufprall hängt von der Rotation, vom Grad des Zerbrechens und vom Dämpfungsfaktor des Untergrundes ab. Während harter Fels zu einem kaum gebremsten Abprallen führt, wird ein Aufprall in tiefgründigem, weichem Waldboden stark abbremsen. Ein weiterer Dämpfungsfaktor ist der Waldbestand. Hier ist die Relation von Blockgröße und -energie zur Stammstärke und zur Dichte des Waldbestandes maßgeblich. Bei sehr großen Blöcken (ab ca. 2 Meter Durchmesser) kann auch der beste Schutzwald kaum noch Schutz bieten.



Abb. 1:

Ein intakter Schutzwald kann die Gefahr von Steinschlag reduzieren. Doch der Schutz ist nie vollkommen: Größere Blöcke können Bäume einfach durchschlagen. Kleinere Steine können einen lichten Waldbestand ohne Baumtreffer passieren; dicht stehende, robuste Büsche sind hier oft wirkungsvoller.

Steinschlag, Blockschlag

Steinschlag und **Blockschlag** sind spontan auftretende und daher gefährliche Sturzereignisse mit einer Kubatur bis 10 Kubikmeter. Blockschlag nennt man den Sturz von Einzelblöcken ab etwa 0,25 Kubikmeter Volumen (das entspricht einem Würfel von rund 0,6 Meter Kantenlänge).

Die Ursachen für Steinschlag liegen in langfristiger Materialentfestigung und Verwitterung an den Trennflächen. Gefördert wird die Ablösung unter anderem durch Frosteinwirkung, Temperaturschwankungen und Wurzelsprengung. Häufig sind Frost-Tau-Wechsel oder Temperaturschwankungen die auslösenden Faktoren. Abfließendes Regen- oder Schmelzwasser kann Steine mitreißen. Auch Menschen oder Tiere treten manchmal Steinschlag los. Bei Sturm ist vermehrt mit Steinschlag zu rechnen, da Bäume die dynamische Belastung in den Untergrund einleiten. Werden Bäume infolge des Sturms entwurzelt, können sie Steine freilegen oder sogar aushebeln. Auch Erdbeben können Stein- oder Blockschlag auslösen.

Die kinetische Energie, die Sprunghöhe und die Reichweite eines Blockes oder Steins sind die entscheidenden Faktoren für einen möglichen Schaden und auch für die Planung von Schutzmaßnahmen. Mit Hilfe von numerischen 2D- oder 3D-Simulationsmodellen können diese Parameter berechnet werden, wenn die Eingangsparameter, beispielsweise Blockgrößen und Geländeform, bekannt sind. Solche Berechnungen erfolgen auch zur Erstellung der **Gefahrenhinweiskarte** des Landesamts für Umwelt.

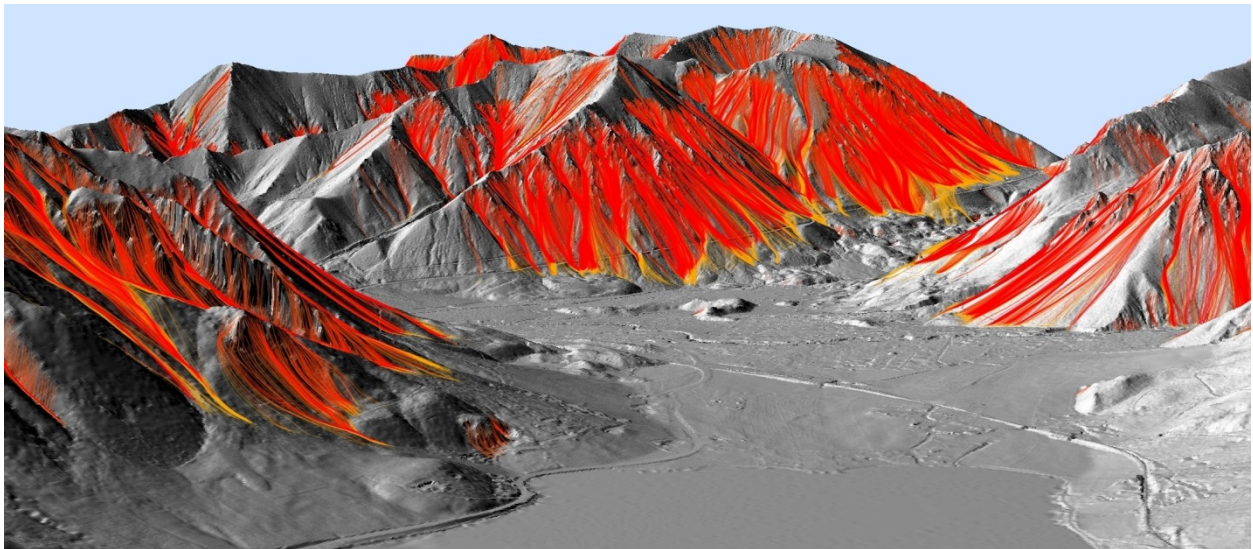


Abb. 2: Beispiel für die Modellierung potenziell steinschlaggefährdeter Gebiete. Neben dem digitalen Geländemodell sind die Geologie der Anbruchbereiche und die damit zusammenhängende zu erwartende Blockgröße Eingangparameter. Berechnet werden mögliche Sturzbahnen, die sogenannten Trajektorien: in rot mit dämpfender Wirkung des Schutzwaldes, in orange ohne Schutzfunktion des Waldes.



Abb. 3: Auch kleine Steine können eine große kinetische Energie haben.



Abb. 4: „Glück gehabt“, nur Sachschäden – Steinchlaggefahr ist immer auch Lebensgefahr!

1.1.1 Felssturz

Felsstürze sind Sturzereignisse mit einer Kubatur über 10 Kubikmeter und unter einer Million Kubikmeter. Die meisten der sehr charakteristischen Blocklandschaften in den Alpen rühren von Felsstürzen her. Aufgrund des plötzlichen Auftretens und der hohen Energie sind sie als sehr gefährlich einzustufen.

Beim Felssturz stürzen größere Felspartien ab. Felsstürze haben durch die gegenseitige Beeinflussung der Komponenten während der Bewegung eine höhere Dynamik als Steinschläge, was zu einer höheren Reichweite beitragen kann. Vom Anbruchbereich nach unten blickend ist das Gelände ab einem Winkel von etwa 30° zur Horizontalen oder steiler gefährdet.

Die Ursache für Felsstürze ist in Faktoren wie Verwitterung an Trennflächen, Materialermüdung und Spannungsumlagerung zu suchen. Die Auslöser sind oft weniger eindeutig als bei anderen Hangbewegungen. Frost, Temperaturwechsel, Erdbeben oder Niederschlag kommen in Frage, häufig erfolgen Felsstürze aber auch nach einer gewissen Vorbereitungsphase ohne erkennbare Anlässe. Größere Felsstürze kündigen sich manchmal durch kleinere vorausgehende Steinschläge an.

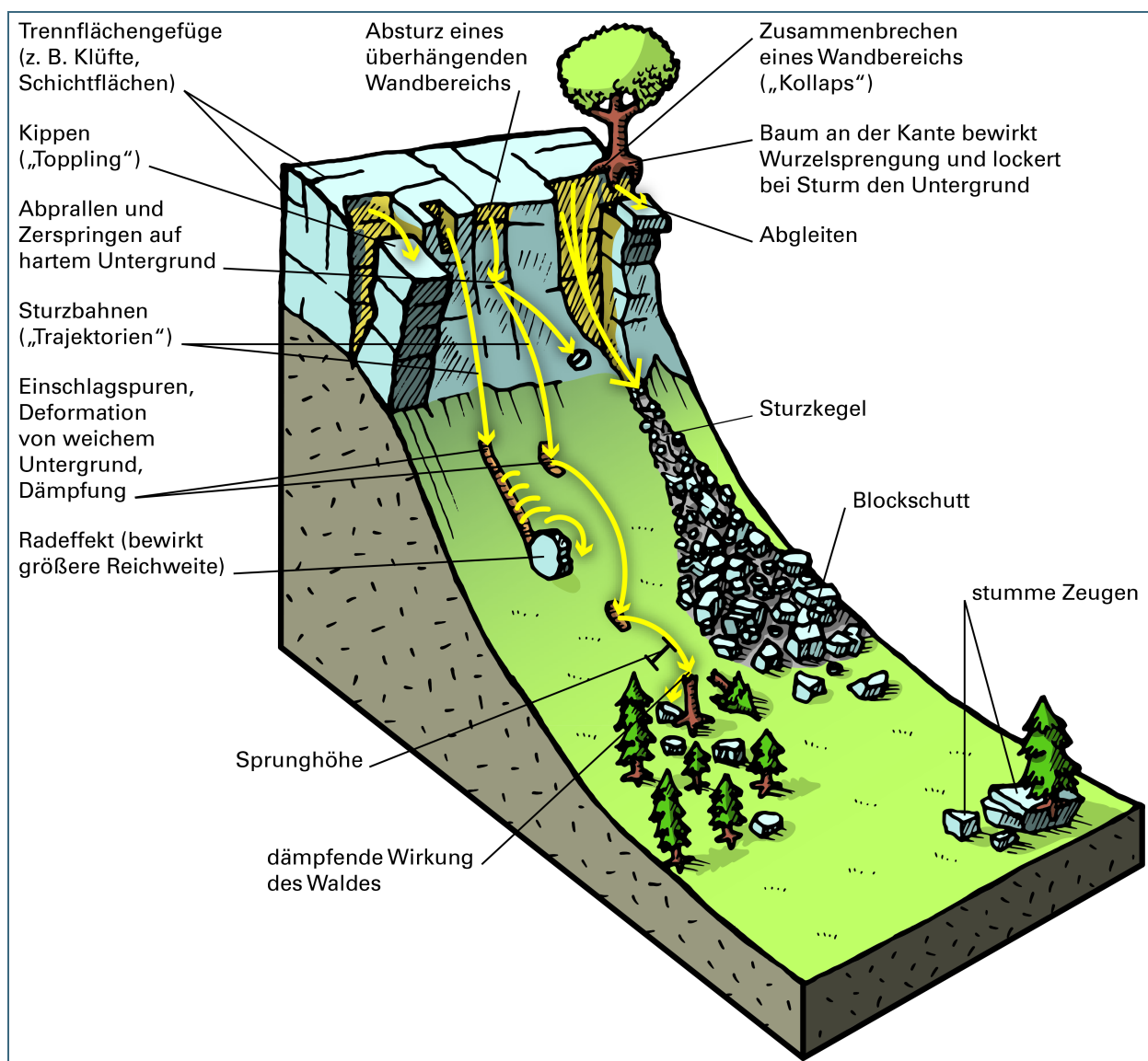


Abb. 5: Typische Prozesse und wichtige Begriffe in Zusammenhang mit Felsstürzen



Abb. 6: Im Jahr 2015 kam es im Eschachtal (Lkr. Oberallgäu) zu einem Felssturz mit ungewöhnlicher Fernwirkung: Ein sehr großer Block stürzte aus geringer Höhe in das Bachbett. Durch das schlagartig verdrängte Wasser wurden Schlamm und Gestein bis 100 Meter weit seitlich ausgeworfen, wodurch Dächer und Wände beschädigt wurden.
GEORISK-Nr. 8226GR015005



Abb. 7: Zwei Menschenleben forderte im Jahr 2010 ein Felssturz in Stein an der Traun (Lkr. Traunstein). Ein großer Konglomerat-Felsblock kippte aus geringer Höhe auf ein angrenzendes Haus und brachte es vollständig zum Einsturz.
GEORISK Nr. 8041GR015004



Abb. 8: Im Jahr 2005 zerstörte ein kleiner Felssturz bei Miltenberg ein Gebäude.
GEORISK Nr. 6221GR015001



Abb. 9: Am Rubihorn (Lkr. Oberallgäu) ereignete sich im Jahr 1987 ein großer Felssturz (helle Anbruchfläche links der Bildmitte).
GEORISK Nr. 8527GR000015

Tab. 1: Fachliche Einteilung von Felsstürzen nach der Kubatur.

Größe Felssturz	sehr klein	klein	mittel	groß	sehr groß
Volumen [Kubikmeter]	10 bis 100	100 bis 1.000	1.000 bis 10.000	10.000 bis 100.000	100.000 bis 1.000.000

1.1.2 Bergsturz

Bergstürze sind sehr seltene, hochdynamische Sturzereignisse mit einer Kubatur von über einer Million Kubikmeter. Die Auswirkungen sind meist verheerend. Durch die großen Massen eines Bergsturzes kann teilweise ein „Selbstschmieringseffekt“ eintreten, der hohe Geschwindigkeiten (bis über 200 km/h) und sehr große Reichweiten bewirkt. Von einem Bergsturz ist daher nicht nur der unmittelbar angrenzende Talbereich bedroht. Aufgrund seiner Dynamik gelangt er oft auch weit den Gegenhang hinauf oder folgt über viele Kilometer dem Talverlauf. Gegenüber Felsstürzen kann die Reichweite eines Bergsturzes ein Vielfaches betragen.

Die Ablagerungsgebiete erreichen Flächenausdehnungen von über 10 Hektar, oftmals jedoch von mehreren Quadratkilometern. In den abgelagerten Schuttmassen können sich kleinere Seen bilden. Bergstürze können auch zur Abriegelung eines ganzen Tales und somit zum Aufstau von Bächen, Flüssen oder Seen führen. Viele dieser Dämme brechen bald nach ihrer Entstehung und verursachen katastrophale Flutwellen. Die oft bizarren Ablagerungen formen aber auch reizvolle Landschaften. So sind z. B. der Zauberwald am Hintersee bei Ramsau oder die Blocklandschaft am Eibsee bei Grainau touristische Attraktionen.

Große Bergstürze kündigen sich meistens durch Vorbewegungen an. So können vermehrter Steinschlag oder das Öffnen von Spalten wichtige Warnzeichen für ein bevorstehendes größeres Ereignis sein.

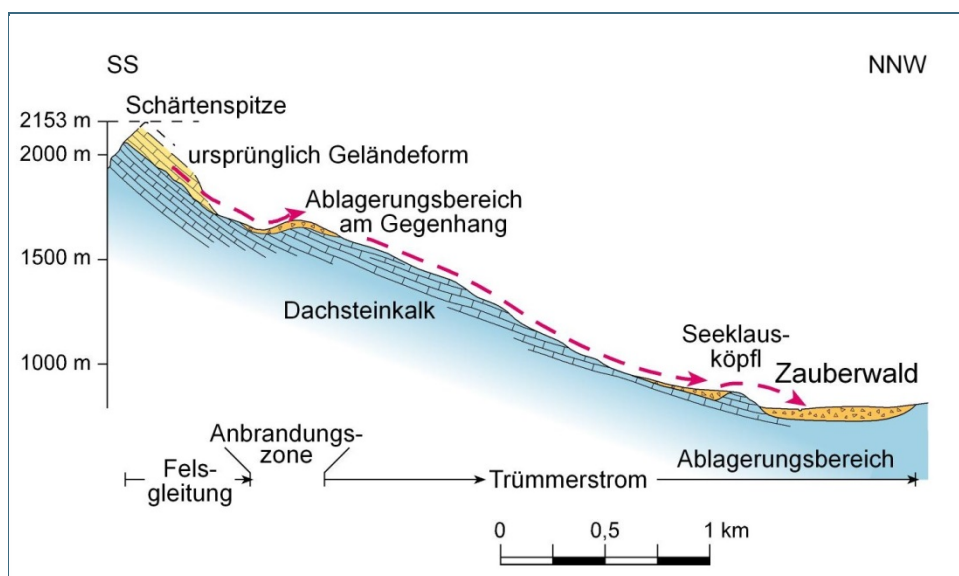


Abb. 10:
Vor etwa 3.500 Jahren, als bereits bronzezeitliche Menschen die Alpentäler besiedelten, kam es bei Ramsau (Landkreis Berchtesgaden) zu einem Bergsturz von etwa 15 Millionen Kubikmeter Gestein aus dem Gipfelgrat. GEORISK Nr. 8443GR000011

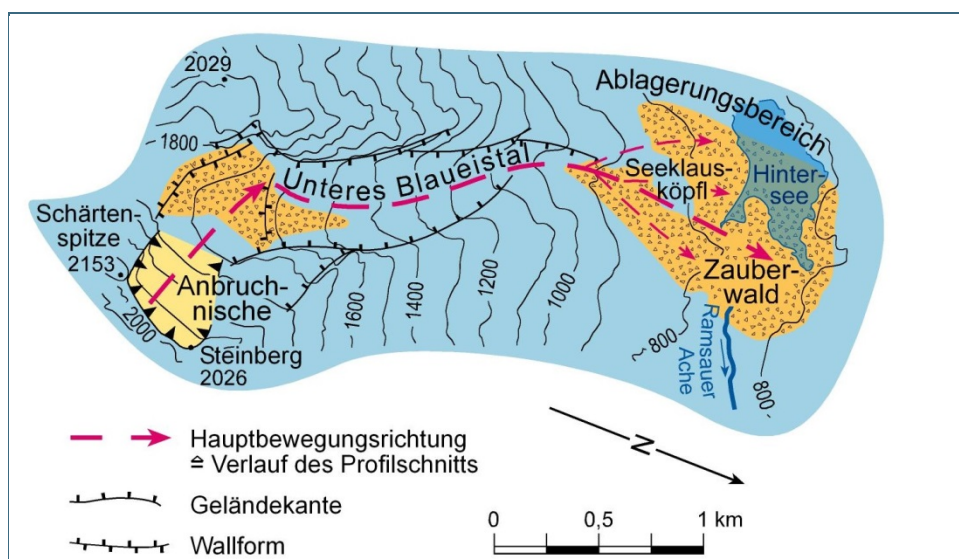


Abb. 11:
Das Material brandete zunächst 160 Meter hoch am Gegenhang des Unteren Blauweistals an, bevor es weitere fast 1.000 Höhenmeter zu Tal stürzte. Dort stauten die bis zu 40 Meter mächtigen Schuttmassen den Hintersee auf und formten die heute reizvolle Blocklandschaft des Zauberwalds.

1.2 Gleitende, kriechende und fließende Hangbewegungen

Viele Hänge befinden sich von Natur aus in einem nur labilen Gleichgewicht. Wird dieses gestört, beispielsweise durch Abgrabungen, Aufschüttungen oder vermehrten Wasserandrang, so können gleitende, kriechende oder fließende Hangbewegungen einsetzen. Hierzu reichen in besonders rutschanfälligen Formationen schon geringe Neigungen aus, im Extremfall bis unter 5°. Typische Erscheinungsformen derartiger Hangbewegungen sind:

1.2.1 Rutschung

Rutschungen sind hangabwärts gerichtete, gleitende Bewegungen von Fest- und/oder Lockergestein. Während der Bewegung auf einer Gleitfläche behält die Rutschmasse den Kontakt zur Unterlage weitgehend bei. Von wenigen Zentimetern pro Jahr bis zu mehreren Metern pro Sekunde im Extremfall sind alle Geschwindigkeiten möglich. Die Breite einer Rutschung kann von wenigen Metern bis über einen Kilometer betragen. Der Tiefgang reicht von wenigen Dezimetern bis über 100 Meter. **Bergschliff** und **Rüfe** sind veraltete Bezeichnungen für Rutschungen.

Rutschungen sind das Ergebnis von Scherbrüchen, wobei bestehende Schwächezonen aktiviert werden. Im Festgestein sind dies z. B. Schichtflächen oder Klüfte und Störungen. Die Grenze zwischen Festgestein und Lockergesteinsüberdeckung ist ebenso ein typischer Gleithorizont. Innerhalb von homogenen Lockergesteinen fehlen solche vorgezeichneten Schwächezonen oft.

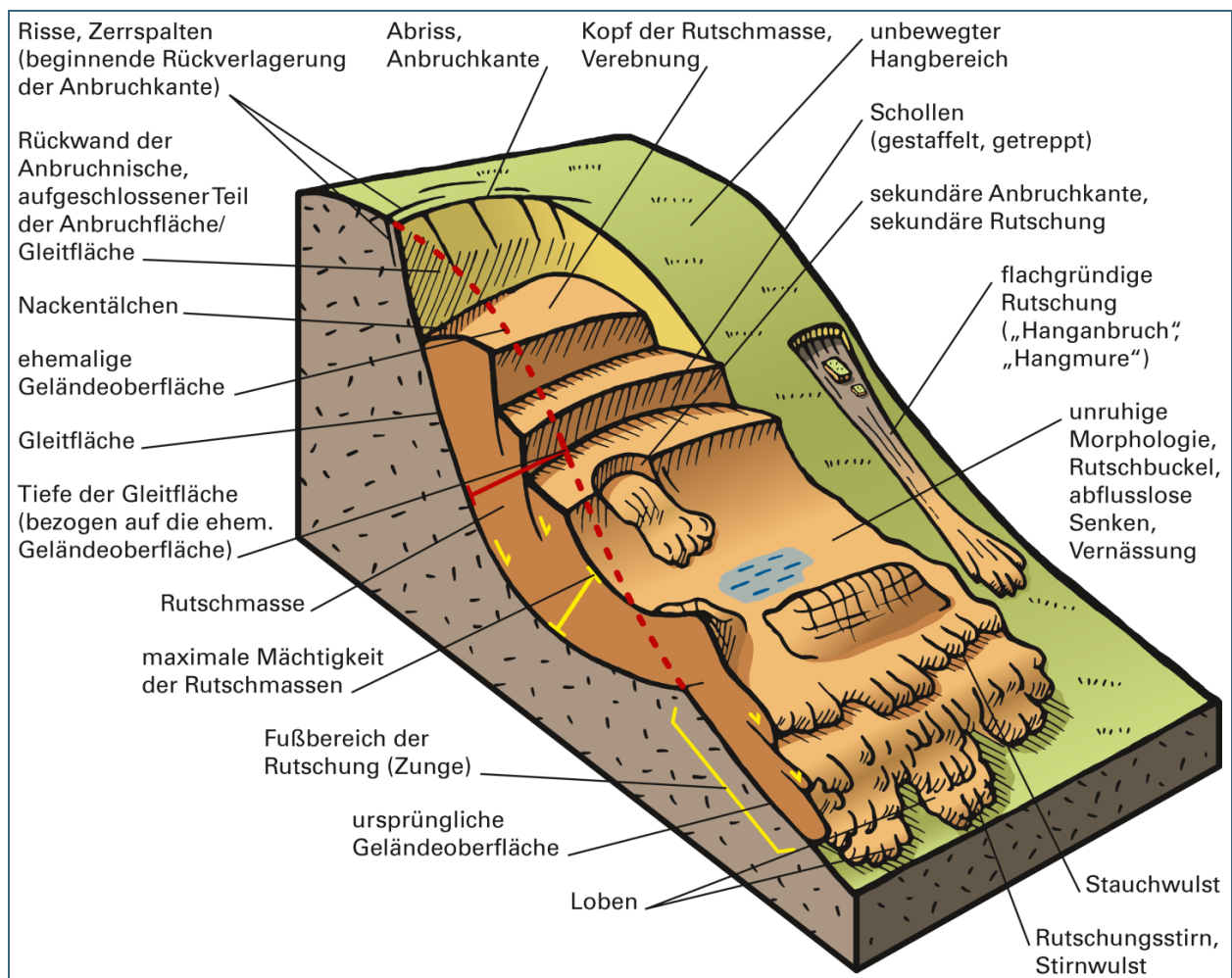


Abb. 12: Dargestellt sind eine Rotationsrutschung mit ihren typischen Elementen sowie ein flachgründiger Hanganbruch (siehe Kapitel 1.2.5).



Abb. 13: Risse im Boden mit gespannten Wurzeln können erste Anzeichen für Rutschungsbewegungen sein.



Abb. 14: Schräg stehende Bäume und „Säbelwuchs“ sind oft durch anhaltende Bewegungen im Boden verursacht.



Abb. 15: Oberhalb von Immenstadt (Lkr. Oberallgäu) gerieten im Jahr 2005 fast 200.000 Kubikmeter Hangschuttmaterial in Bewegung. GEORISK Nr. 8427GR015008



Abb. 16: An den Prallhängen des Lechs kommt es immer wieder zu Rutschungen, wie hier bei Mundraching (Lkr. Landsberg). GEORISK Nr. 8031GR015008

Dementsprechend treten auch unterschiedliche Formen von Rutschungen auf: An vorgezeichneten Bruch- und Gleitflächen bilden sich sogenannte Translationsrutschungen. Wenn diese fehlen, treten vorwiegend sogenannte Rotationsrutschungen auf. In der Praxis ist diese Abgrenzung nicht so eindeutig und es kommen Kombinationen der beiden Typen vor.

1.2.2 Driften, Einsinken

In den bayerischen Mittelgebirgen finden sich häufig Schichtstufen, an denen harte Festgesteine (z. B. Sandsteine) über weicheren, wasserempfindlichen Tonsteinen liegen. Oft zerbrechen hier die Festgesteine entlang der Klüftung und sinken in die unterlagernden duktilen Gesteine ein. So entstehen hangparallele Gräben und Spalten. Unterhalb der zerfallenden Schichtstufen bewegen sich die Blöcke oft kriechend weiter talwärts, wobei sie in einer Matrix aus verwittertem Gestein „schwimmen“.

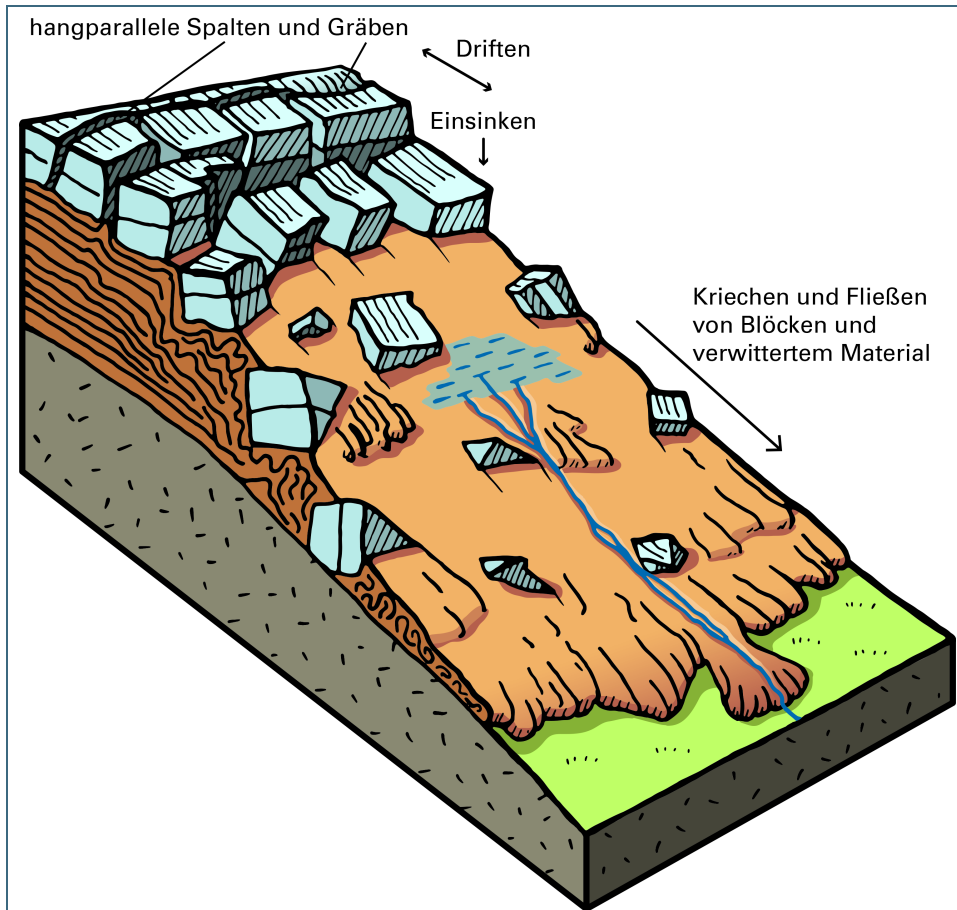


Abb. 17:
Festgesteinsschollen sinken am Rand einer Schichtstufe in unterlagernde, weiche Gesteine ein und driften talwärts.



Abb. 18:
Über Tonstein talwärts driftende Sandsteinblöcke des „Rhätolias“ bei Mistelbach (Lkr. Bayreuth). GEORISK Nr. 8425GR000006

1.2.3 Schuttstrom

Schuttströme sind eine wenig bekannte, jedoch weit verbreitete Art von Hangbewegung in den Bayerischen Alpen, bei der die Schuttmassen breiartig talwärts fließen. Die Bewegung ist meist kriechend, gelegentlich treten aber auch Geschwindigkeiten bis zu Zehnermetern pro Tag auf. Typisch ist eine sehr langgestreckte, schmale Form. Als Schuttstrommaterial dient vorwiegend ton- und schluffreicher Verwitterungsschutt, wobei die Grobanteile (Steine, Blöcke) gegenüber einer feinkörnigen Matrix überwiegen. Treten die Grobanteile in der bewegten Masse gegenüber den Feianteilen in den Hintergrund, spricht man von einem **Erdstrom**.

Ihren Anfang finden Schuttströme häufig an kleinen Rutschungen in Vernässungsbereichen. Von dort folgt der Schuttstrom meist altangelegten Rinnen im Hang. Bei nur 5 bis 30 Meter Breite sind Längen bis zu mehreren Kilometern möglich. Entlang dieser Strecke treten oft in ein und demselben Schuttstrom gleichzeitig sehr unterschiedliche Aktivitätsbereiche auf. Während einige Zonen gerade in Ruhe sind, kann in anderen eine akute Stauchung oder Dehnung auftreten. Diese Aktivitätszonen verlagern sich im Laufe der Zeit. Da auch jahrelange Phasen der Ruhe oder nur geringer Aktivität eintreten können, wird eine scheinbare Sicherheit vorgetäuscht.

An einem Schuttstrom treten verschiedenste Bewegungsanzeichen auf, insbesondere Stauchwülste, Risse, wassergefüllte Senken und markante seitliche Scherbahnen. Weitere Hinweise sind Säbelwuchs von Bäumen und gespannte Wurzeln. Schuttströme führen häufig zur Verschiebung oder sogar Zerstörung von Straßen und Wegen. Sie können mit ihrer Stirn auch in Bachbetten vordringen, so dass ihr Material als Geschiebeherd für Muren dient oder es zu Aufstauungen kommt. Möglich ist auch eine starke Beschleunigung und somit ein Übergang in eine Mure.

In den Bayerischen Alpen sind Schuttströme in den Verbreitungsgebieten des Flysch typisch. Zudem treten sie häufig in tonig-mergeligen Gesteinen wie beispielsweise den Kössener- oder den Allgäuschichten auf.



Abb. 19: Nur wenige Meter breit, aber 800 Meter lang war der Schuttstrom Wiedmais–Hutterer (Lkr. Traunstein) im Jahr 1991.



Abb. 20: Langsam aber stetig pflügte die Front des Schuttstroms durch den Wald; Schlamm eilte ihm voraus. GEORISK Nr. 8242GR000033

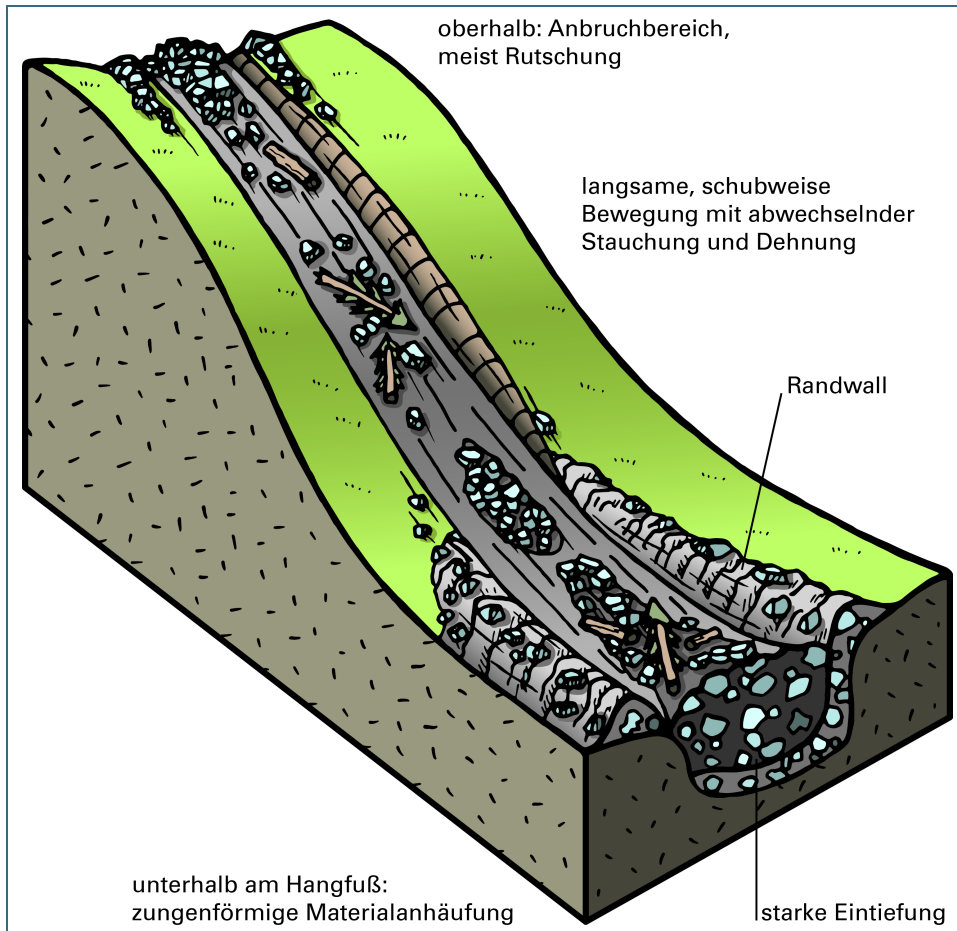


Abb. 21: Schuttströme sind eine besondere Art der fließenden Hangbewegung: sehr schmal, aber langgestreckt.



Abb. 22: Schuttstromablagung unterhalb der Rutschung südlich Grafen-Aschau Lkr. Garmisch-Partenkirchen). GEORISK Nr. 8332GR000017

1.2.4 Talzuschub

Talzuschiebe sind großräumige Hangbewegungen, bei denen sich ganze Bergflanken talwärts bewegen. Es handelt sich um eine tiefgreifende, sehr langsam kriechende Bewegung von Festgesteinen. Während der Bewegung kann der Gesteinsverband weitgehend erhalten bleiben. Eine durchgehende Gleitfläche ist normalerweise nicht vorhanden. Während sich der Hangfuß langsam vorwölbt, treten in den Gratregionen Zerrungen auf mit Bergzerreißen, Nackentälchen und Doppelgraten. Die Bewegung erstreckt sich üblicherweise über sehr lange Zeiträume – oft Jahrtausende – und ist daher nicht unmittelbar wahrnehmbar. Die meisten Talzuschiebe sind wahrscheinlich unter eiszeitlichen Bedingungen angelegt worden, als Permafrost bis weit über 100 Meter tief in die Gesteine der Alpen eingedrungen war und zu Auflockerungen geführt hat.

Der Begriff **Sackung** wird teilweise als Synonym für den Talzuschub verwendet, wobei er jedoch noch eine zusätzliche Bedeutung enthält. Auch bei vertikalen Absenkungen der Geländeoberfläche über Hohlräumen, beispielsweise durch Lösungsprozesse im Untergrund, spricht man von Sackungen. Die Begriffe „Talzuschub“ und „Sackung“ bezeichnen ansonsten weitgehend dasselbe Phänomen, entstammen jedoch anderen regionalen Sprachgebräuchen. In Österreich und Bayern wird in der Regel von Talzuschub gesprochen, in der Schweiz von Sackung. In Bayern sind Talzuschiebe selten; man findet sie beispielsweise in der Jachenau (Lkr. Bad Tölz-Wolfratshausen), am Trauchberg (Lkr. Weilheim-Schongau) sowie im Bereich des Riedbergpasses (Lkr. Oberallgäu).

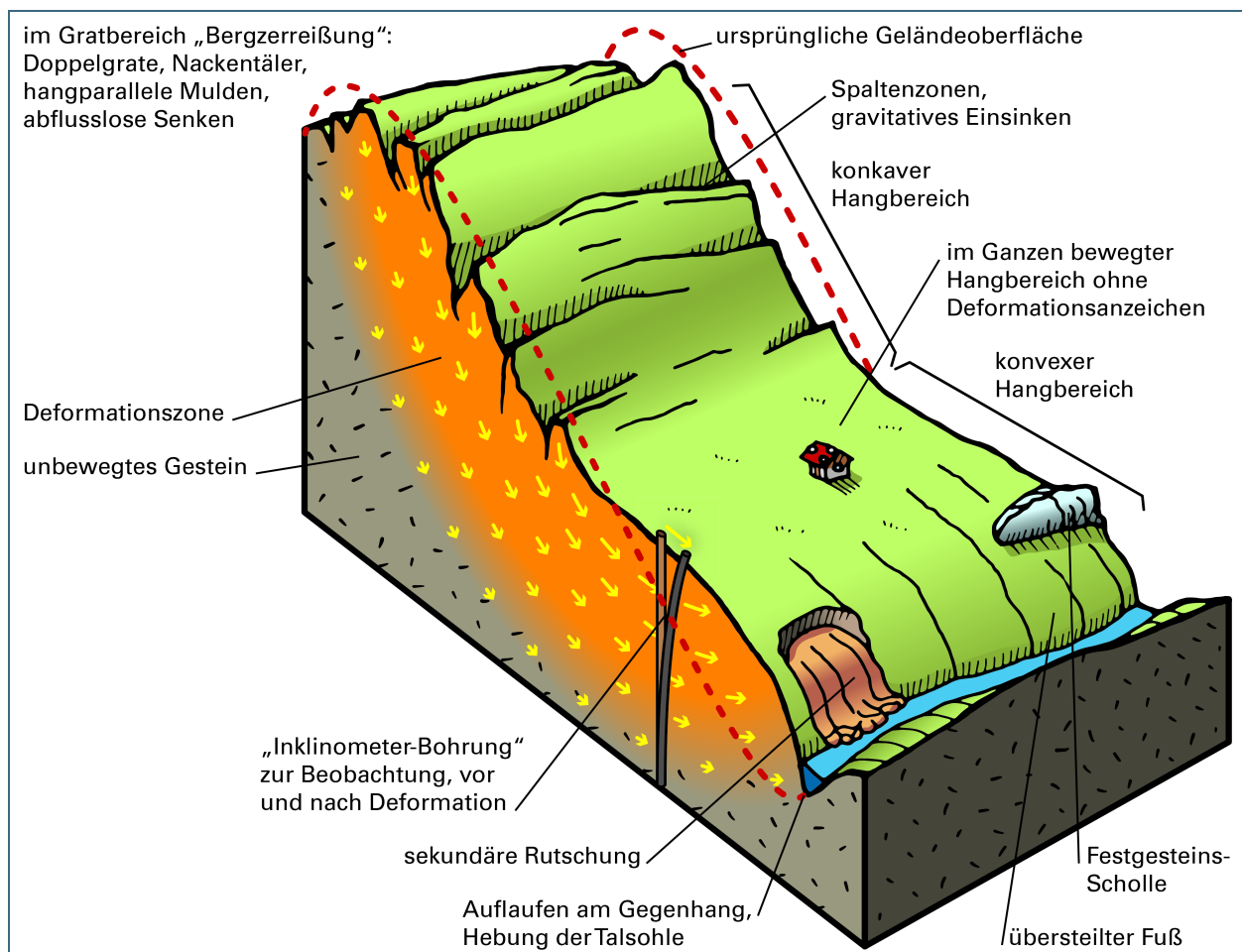


Abb. 23: Als Talzuschub werden sehr großflächige und langsame Hangbewegungen bezeichnet, die vom Grat bis ins Tal reichen. Das Gestein bleibt dabei weitgehend im ursprünglichen Verband.

1.2.5 Hanganbruch

Hanganbrüche, umgangssprachlich auch als **Hangmuren** bezeichnet, sind flachgründige Rutschungen, die nach Starkniederschlägen vorwiegend außerhalb von Wäldern auftreten. Sie können ein Volumen von mehreren 10er bis zu einigen 100 Kubikmeter erreichen. Die Mobilität der schlammreichen Ablagerungen und ihr spontanes Auftreten bedingen hohe Reichweiten und somit auch ein erhebliches Schadenspotenzial. Hanganbrüche ereignen sich in der Lockergesteins- oder Verwitterungsdecke. Wichtige Parameter für ihr Auftreten sind vor allem die Hangneigung, die Rutschanfälligkeit der Deckenschicht und die Möglichkeit des Zutritts von Oberflächen- und Hangwasser. Besonders anfällig sind Versteilungen im Gelände unterhalb von großflächigen Mulden. Auslöser sind stets intensive Niederschläge. Die Empfindlichkeit für Hanganbrüche wird für den bayerischen Alpenraum in der Gefahrenhinweiskarte auf Grundlage von Modellierungen ausgewiesen. Im außeralpinen Bereich kommen Hanganbrüche nur sehr untergeordnet vor.



Abb. 24: Nach starken Niederschlägen im Jahr 2005 ereigneten sich oberhalb von Balderschwang (Lkr. Oberallgäu) zahlreiche flachgründige Hanganbrüche. GEORISK Nr. 8526GR015001



Abb. 25: Auch Hanganbrüche mit kleinem Volumen können große Schäden verursachen, wie nach Starkregen im Jahr 2013 in Sachrang (Lkr. Rosenheim). GEORISK Nr. 8339GR015001

1.2.6 Mure

Der Begriff der **Mure** wird in der Öffentlichkeit häufig falsch verwendet. Oft werden alle möglichen Massenbewegungen so benannt. In der Fachsprache bezeichnet man ein niedergehendes Gemisch aus Wasser, grobem und feinem Schutt und Schlamm sowie Holz als Mure. Für den Feststoffanteil wird in der Literatur häufig ein Wert von mindestens 30 % angegeben.

Die Entstehung von Muren kann man sich wie folgt vorstellen:

Zunächst sammelt sich in den Schuttkegeln der Talflanken oder im Bachbett durch Erosion und Ablagerung eine gewisse Menge an Feststoffen an. Wird eine kritische Kombination von abfließendem Wasser, Gefälle und Schutt erreicht, kommt es zu Murabgängen. Auslöser kann auch der Bruch einer Verklauung sein, hinter der sich Material angesammelt hat oder die Mobilisierung von Geschiebematerial durch Uferanbrüche und Rutschungen. Muren treten in der Regel periodisch auf; die Häufigkeit hängt davon ab, wie rasch das Feststoffpotenzial wieder aufgefüllt wird. Auslösender Faktor ist in den meisten Fällen das Wasser in Folge von Niederschlag oder Schneeschmelze.

Muren können sehr hohe Geschwindigkeiten erreichen, nach Beobachtungen bis zu 50 Kilometer pro Stunde. Dabei entwickeln sich erhebliche Kräfte, die zu großen Schäden an Gebäuden und sonstigen Einrichtungen der Infrastruktur führen können.

Siehe www.lfu.bayern.de > Wasser > Gefahren im Alpenraum > Muren

1.3 Erdfälle, Dolinen, Senkungsgebiete

Wo Hohlräume im Untergrund vorhanden sind, können sich auch im ebenen Gelände Boden und Gestein nach unten bewegen. Die Auswirkungen an der Erdoberfläche sind vielfältig: Vom plötzlichen Einsturz bis hin zu sehr langsamen Senkungen kleiner oder auch großer Flächen ist alles möglich.

Besonders häufig sind unterirdische Hohlräume in sogenannten **Karst**gebieten, in denen der Untergrund aus löslichen Gesteinen besteht. Flächenmäßig am bedeutsamsten sind Karstgebiete in Kalk- und Dolomitgesteinen, deren **Lösung (Korrosion)** auf im Wasser gelöstes Kohlendioxid zurückgeht. Die wichtigsten Karstgebiete Bayerns liegen in der Frankenalb, in den Nördlichen Kalkalpen und im fränkischen Muschelkalk-Gebiet. Karbonatverkarstung kann aber auch in anderen Gesteinsserien vorkommen, die Karbonate enthalten, beispielsweise Marmor, Karbonatkonglomerate oder Kalksandsteine.

Gips- und Anhydritgesteine (Sulfatgesteine) sind weniger weit verbreitet aber erheblich stärker wasserlöslich als Karbonatgesteine, ohne dass hierfür gelöstes Kohlendioxid nötig ist. Sobald die Gesteine mit Grundwasser in Berührung kommen, setzt eine intensive Auslaugung ein. Die wichtigsten Vorkommen von Sulfatgesteinen liegen im Gipskeuper und im Mittleren Muschelkalk in Franken sowie in den Raibler Schichten und im Haselgebirge in den Nördlichen Kalkalpen.

Noch stärker wasserlöslich ist Steinsalz, das deshalb nirgendwo in Bayern an der Erdoberfläche vorkommt. Die Auslaugung findet im Untergrund statt. Wichtige Vorkommen liegen in den Berchtesgadener Alpen sowie im Mittleren Muschelkalk und im Zechstein in Unterfranken.

Neben der Lösung von Gesteinen ist die **Auswaschung** von Feinsedimenten im Untergrund – die sogenannte **Suffosion** – eine weitere wichtige Ursache für die Entstehung von Hohlräumen. Potenziell betroffen sind alle tonigen, schluffigen, feinsandigen und mergeligen Gesteine wie Löss, Lehm, Seesedimente oder Tonsteine. Überall, wo im Untergrund relativ schnell fließendes Wasser auf solche Feinsedimente trifft, können Partikel mit dem Wasser abtransportiert werden und dadurch Hohlräume entstehen. Dies geschieht meist in Zeiten starker Grundwasserneubildung, z. B. nach Starkregen oder Schneeschmelze.

Der Begriff **Subrosion** umfasst die Gesamtheit der Vorgänge im Zusammenhang mit Materialverlusten im Untergrund, sei es durch Lösung (Korrosion) oder durch Auswaschung (Suffosion).

1.3.1 Erdfall

Ein **Erdfall** entsteht durch den plötzlichen Einsturz eines unterirdischen Hohlraumes. Die meist runden Löcher mit senkrechten bis überhängenden Wänden können Durchmesser und Tiefen von wenigen Dezimetern bis über 10 Meter haben. Wegen der kleinen betroffenen Flächen, die überwiegend in land- und forstwirtschaftlich genutzten Gebieten liegen, sind die Schäden fast immer gering. Wegen ihres plötzlichen Auftretens haben Erdfälle in Siedlungen und auf Verkehrswegen dennoch ein Schadenspotenzial. Manchmal werden Erdfälle durch Starkregen oder künstliche Wassereinleitungen ausgelöst oder aber durch eine Belastung, z. B. durch ein landwirtschaftliches Fahrzeug. Sie entstehen oft aber auch ohne erkennbaren Anlass, wenn die Nachbrüche in einen Hohlraum allmählich zur Oberfläche hin fortschreiten. Manchmal kündigen sich Erdfälle vorab durch geringfügige Bodensenkungen an. Ist die Ursache für den Einsturz ein künstlicher Hohlraum wie z. B. ein altes Bergwerk, so spricht man von einem **Tagbruch**.

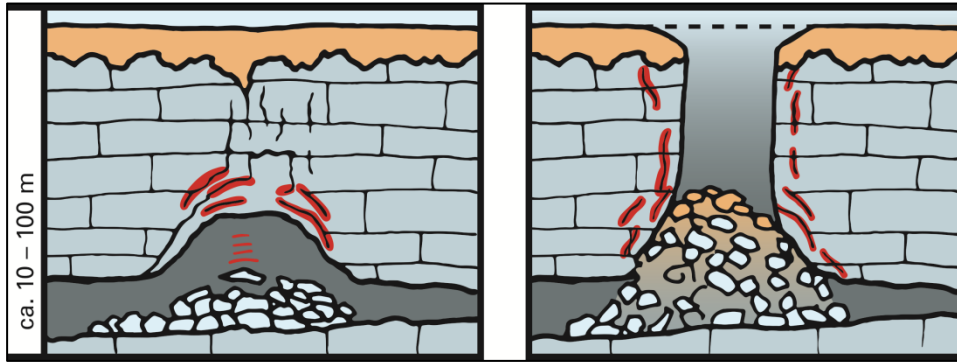


Abb. 26:
Größere Erdfälle sind meist auf den Einsturz von Höhlen im tieferen Untergrund zurückzuführen – am häufigsten in Karstgebieten.

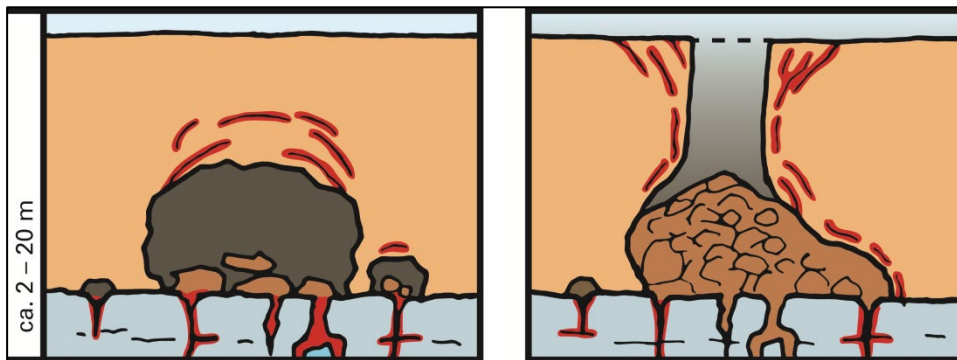


Abb. 27:
Manche kleine Erdfälle betreffen nur bindige Deckschichten (Lösslehm, feinkörnige Seesedimente), die durch Auswaschung von Feinsediment unterhöhlt wurden. Die Auswaschung kann nach unten erfolgen, wenn das Gestein dort Hohlräume enthält. In geneigtem Gelände kann die Auswaschung auch seitlich erfolgen.



Abb. 28: Ein Erdfall im Gipskeuper bei Markt Nordheim (Lkr. Neustadt a. d. Aisch) ist immer wieder aktiv. GEORISK Nr. 6428GR015001



Abb. 29: Ein Erdfall in Regensburg verursachte im Jahr 1994 Sachschaden. GEORISK Nr. 6938GR015002

1.3.2 Doline

Eine **Doline** ist eine trichter- oder schüsselförmige Hohlform, die wenige Meter bis viele 10er Meter Durchmesser und Tiefe aufweisen kann. Von einer **Ponordoline** spricht man, wenn diese zumindest zeitweise einen Zufluss durch fließendes Wasser und einen unterirdischen Abfluss hat.

Dolinen können auf unterschiedliche Weise entstehen: Ein Erdfall kann durch fortschreitende Verwitterung und Nachbruch der Seitenwände im Lauf der Zeit die Form einer Doline annehmen. Am häufigsten entstehen Dolinen vermutlich dadurch, dass lehmige Deckschichten über Hohlräumen allmählich durch Klüfte oder Karströhren nach unten sacken, rutschen oder ausgewaschen werden. In stark löslichen Gesteinen kann auch die Lösung im unmittelbaren Bereich der Doline eine Rolle spielen. Dolinenartige Einsenkungen oder Schürfe im Zusammenhang mit Bergbau nennt man **Pingen**.

Dolinen entwickeln sich normalerweise nur langsam weiter, z. B. durch Sackungen am Grund oder durch kleine Rutschungen an ihren Rändern. Sie weisen aber mit Sicherheit auf im Untergrund vorhandene Hohlräume und somit auf ein potenzielles Erdfallrisiko hin. In den Gefahrenhinweiskarten sind deshalb Dolinen verzeichnet.

Eine zusätzliche Gefahr besteht, wenn der Abfluss von Ponordolinen verstopft ist. Es kann sich dann Wasser in der Doline zurückstauen und die Umgebung überfluten. Wird der Abfluss dann wieder aktiv, können die Wassermassen im Untergrund zu erheblichen Auswaschungen führen, was an der Oberfläche wiederum eine verstärkte Erdfallgefahr bedingen kann.

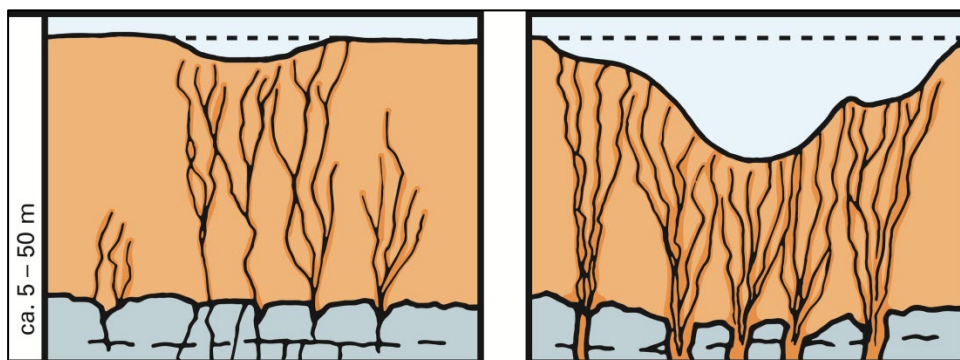


Abb. 30: Dolinenentstehung durch fortschreitende Auswaschung nichtbindiger Deckschichten (z. B. Sand, Schluff) in Hohlräume im unterliegenden Gestein. Falls dieses löslich ist, kann auch dessen Lösungsverwitterung eine Rolle spielen.

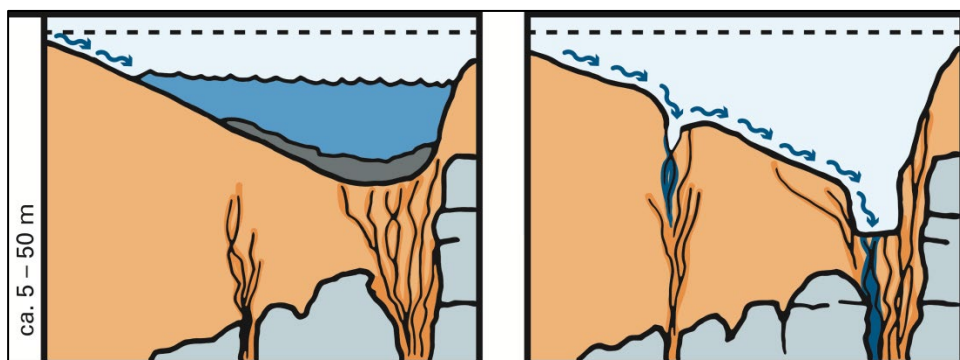


Abb. 31: Dynamische Entwicklung einer Ponordoline, die zeitweise durch eingeschwemmte Feinsedimente verstopft ist. Beim plötzlichen Abfluss des aufgestauten Wassers werden große Mengen Sediment mitgerissen, es kommt zu Nachsackungen und kleinen Rutschungen.



Abb. 32: Doline mit frischer Nachsackung in lehmigen Deckschichten auf der Hochfläche der Frankenalb bei Muggendorf (Lkr. Forchheim). GEORISK Nr. 6133GR015032

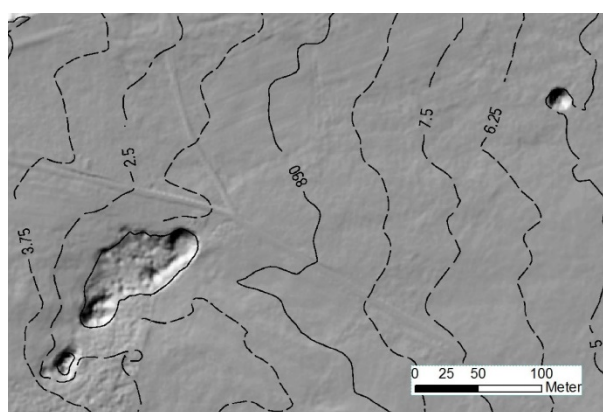


Abb. 33: Dolinen und flächige Senke bei Krün (Lkr. Garmisch-Partenkirchen) im digitalen Geländemodell („Schattenbild“). Gips-Auslaugung in den Raibler Schichten bewirkt Nachsackungen der Deckschichten.

1.3.3 Großflächiges Senkungsgebiet

Gut lösliche Gesteine wie Gips, Anhydrit oder Steinsalz werden durch Grundwasser im Untergrund in großem Umfang ausgelaugt. Wenn dies punktuell erfolgt, kann es zu Erdfällen kommen. Erfolgt die Auslaugung aber flächenhaft, so kann es auch zu langandauernden, mehr oder weniger großflächigen Senkungen der Erdoberfläche kommen, es entstehen sogenannte **Subrosionssenken**. Ungleichmäßige Einsenkungen können erhebliche Sachschäden verursachen und natürlich besteht in den Senkungsgebieten immer auch eine erhöhte Erdfallgefahr.

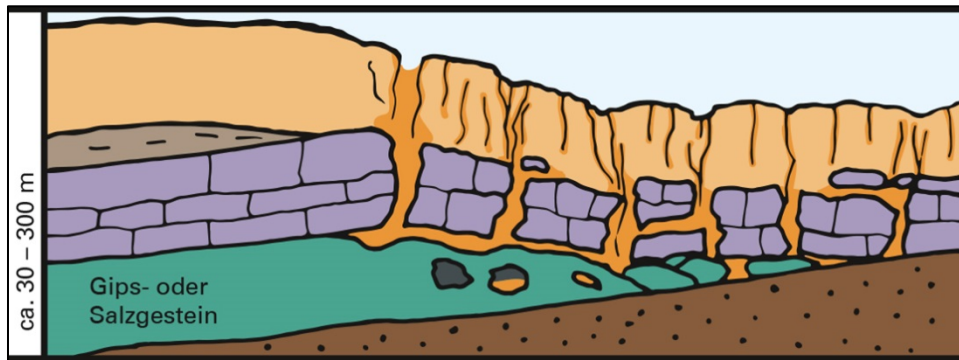


Abb. 34:
Wenn stark wasserlösliche Gesteinsschichten vom Grundwasser erreicht werden, z. B. weil abdichtende Deckschichten fehlen, kommt es zu einer intensiven Auslaugung. An der Oberfläche entstehen weiträumige Senken mit Dolinen und Erdfällen.

2 Begriffe im Zusammenhang mit Geogefahren

2.1 Gefahr, Gefährdung und Risiko

Im Zusammenhang mit geologischen Vorgängen ist eine **Gefahr** (engl.: danger) definitionsgemäß ein Zustand oder Vorgang, aus dem ein Schaden für Personen und/oder Sachgüter entstehen kann. Der Begriff bezeichnet eine Bedrohung durch ein zukünftiges Ereignis, das unter bestimmten Bedingungen eintreten kann, wie z. B. Sturm, Hagel oder Erdbeben. Aus geologischer Sicht herrscht beispielsweise unter jeder Felswand eine **latente** (Syn.: potenzielle) Gefahr von Steinschlag, in jedem Karstgebiet eine latente Gefahr von Erdfällen. Der Begriff trifft jedoch keine Aussagen zur Wahrscheinlichkeit eines Ereigniseintritts.

Der Begriff **Gefährdung** (engl.: hazard) bezieht sich konkret auf eine Situation oder ein Objekt und beschreibt die Wahrscheinlichkeit und Intensität, mit der hier ein Ereignis zeitlich oder räumlich auftritt (Gefährdungsmaß). Der Gebrauch der Begriffe Gefahr und Gefährdung ist im Deutschen jedoch nicht einheitlich.

Eine **konkrete Gefahr** wird normalerweise dann gesehen, wenn es im einzelnen Fall deutliche Anzeichen für ein in absehbarer Zukunft bevorstehendes Ereignis gibt. Dies können z. B. Abplatzungen, frische Risse, starke Auflockerung oder erhöhte Bewegungsraten sein.

Der Begriff **Risiko** (engl.: risk) beinhaltet stets Art und Umfang der Schadenswirkung, mithin also vorwiegend die Werte, die bedroht sind. Das Risiko setzt sich aus den Faktoren der Intensität, der Eintrittswahrscheinlichkeit und des Schadenspotenzials zusammen.

Ein risikofreier Zustand ist generell nicht erreichbar. Ein Zustand wird aber bereits dann als ausreichend sicher bezeichnet, wenn alle bestehenden Risiken unter einem vertretbaren / akzeptierten Grenzkrisiko liegen. Die Akzeptanz und Vertretbarkeit eines Risikos hängt letztlich vom soziologischen Hintergrund und den politischen Entscheidungen ab und kann deshalb nur auf dieser Ebene behandelt werden. Ein **Restrisiko**, also das Risiko, das auch nach Realisierung aller als erforderlich erachteten Sicherheitsmaßnahmen bestehen bleibt, ist unvermeidlich.

2.2 Geogefahren und Georisiken

Geogefahren sind natürliche, geogen bedingte Gefahren, die lokal oder regional auftreten und jeweils eine spezifische Wahrscheinlichkeit aufweisen. Beispiele hierfür sind Vulkanausbrüche, Erdbeben, Tsunamis, das Einstürzen von Hohlräumen im Untergrund sowie alle Arten von Hangbewegungen.

Der Geologische Dienst am LfU erhebt überwiegend Gefahren und keine Risiken. Letztere würden eine Einschätzung des Schadenspotentials beinhalten, was nicht Aufgabe der Geowissenschaften ist. Dennoch stehen mögliche Schäden auch ohne deren konkrete Bewertung immer im Hintergrund der Aktivitäten.

Für Bayern sind als Geogefahren im Wesentlichen nur Hangbewegungen und das Einstürzen von unterirdischen Hohlräumen relevant. Untergeordnet ist in Bayern auch mit Erdbeben zu rechnen. Siehe: www.lfu.bayern.de > Geologie > Erdbeben

2.3 Gefahrenhinweiskarte

Eine **Hinweiskarte zu geologischen Gefahren** dient als Grundlage für die Bauleitplanung für ein erstes Erkennen von Interessenkonflikten und Gefahrenverdachtsflächen. Sie ist eine nach objektiven, wissenschaftlichen Kriterien erstellte Übersichtskarte im Maßstab von 1:25.000 bis 1:50.000. Sie bildet die Hinweise auf Gefahren ab, die identifiziert und lokalisiert, jedoch nicht im Detail analysiert und bewertet werden. Sie dient nicht einer Detailplanung, sondern der übergeordneten, regionalen Planung. In der Regel wird in einer Gefahrenhinweiskarte keine Klassifizierung nach unterschiedlichen Gefährdungsstufen vorgenommen. Eine Einschätzung von Intensität und Wahrscheinlichkeit erfolgt nicht.

Im Gegensatz zu Gefahrenzonenplänen, aber auch zu Risikokarten und Gefahrenkarten, wie sie in manchen Ländern erstellt werden, bewirkt die Gefahrenhinweiskarte keine rechtsverbindlichen Einschränkungen. Es handelt sich um Hinweise für Planer, Bauherren und Betroffene, die zur Bauplanung im Rahmen der Bestandsaufnahme zu berücksichtigen sind.

In Bayern werden vom Geologischen Dienst am LfU Gefahrenhinweiskarten erarbeitet. Sie liegen bereits vor für den Alpenraum und für große Teile des Alpenvorlands und der Frankenalb. Siehe: www.lfu.bayern.de > Geologie > Georisiken > Massenbewegungen Daten und Karten

3 Informationsquellen des LfU

Standortauskunft Georisiken:

Mit der Standortauskunft Georisiken können für jede beliebige Adresse in Bayern die dem LfU dazu vorliegenden Informationen abgerufen werden. Mit Hilfe der „Stecknadelfunktion“ ist dies auch für jeden beliebigen Punkt in Bayern möglich. Der Datenbestand wird fortlaufend ergänzt und verdichtet. Die Standortauskunft kann in keinem Fall ein geotechnisches Gutachten durch ein Fachbüro ersetzen, sie bietet aber eine erste Übersicht über mögliche Probleme am Standort:

www.umweltatlas.bayern.de > [Angewandte Geologie](#) > [mehr](#) > [Standortauskunft](#)

GEORISK-Objekte im Online-Kartendienst UmweltAtlas Bayern des LfU:

Daten zu Massenbewegungen werden in Bayern systematisch in einer Datenbank erfasst. Zu diesen GEORISK-Objekten wird jeweils Art, Ausdehnung, Alter, Zustand und mögliche zukünftige Entwicklung beschrieben. Die Daten können kostenlos recherchiert und in Karten dargestellt werden:

www.umweltatlas.bayern.de > [Angewandte Geologie](#) > [Inhalt](#) > [Geogefahren](#) > [Massenbewegungen](#)

Gefahrenhinweiskarte im Online-Kartendienst UmweltAtlas Bayern des LfU:

Für zahlreiche Landkreise kann man sich die Gefahrenhinweiskarte zu geologischen Gefährdungen wie Steinschlag oder tiefreichende Rutschungen anzeigen lassen:

www.lfu.bayern.de > [Geologie](#) > [Georisiken](#) > [Daten und Karten](#)

Muren, Wildbachereignisse und Lawinen sind zwar nicht als Geogefahren eingestuft, stellen aber insbesondere im Alpenraum bedeutende Gefahren dar. Daten hierzu sind im UmweltAtlas Bayern des LfU abrufbar:

www.umweltatlas.bayern.de > [Naturgefahren](#) > [Inhalt](#) > [Ereignisdokumentation](#)

Eigenvorsorge bei Georisiken: In vielen Fällen ist eine Eigenvorsorge in Bezug auf Georisiken wie Steinschlag, Rutschungen oder Erdfall möglich. Pauschalrezepte gibt es jedoch nicht, da jeder Fall individuell zu betrachten ist. Diese Publikation gibt Hinweise aus der praktischen Erfahrung:

www.bestellen.bayern.de > [Eigenvorsorge bei Georisiken](#)

Massenbewegungen in Bayern: Umfangreiche Informationen zum Thema finden Sie auf unseren Internetseiten:

www.lfu.bayern.de > [Geologie](#) > [Georisiken](#)

Impressum:

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Telefon: 0821 9071-0

Telefax: 0821 9071-5556

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Internet: <https://www.lfu.bayern.de>

Postanschrift:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Text:

LfU, Referat 102: S. Glaser, A. v. Poschinger

Bildnachweis:

Alle Bilder LfU außer Abb. 2 und 33: digitales Geländemodell und Höhenlinien, Bayerische Vermessungsverwaltung

Stand:

Erste Auflage Oktober 2016

Aktualisierung Juli 2017

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. 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. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars gebeten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Broschüre 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 122220 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.