

## **Erdrutsch, Erdsenkung, Bergsturz –**

### **Eine wenig beachtete Elementargefahr<sup>1</sup>**

Elementargefahren wie Rutschungen – die Begriffe Erdrutsch und Bergsturz sind darin eingeschlossen –, Überflutungen, Erdbeben und Erdsenkungen führen jährlich weltweit zu volkswirtschaftlichen Schäden in Milliardenhöhe. Der geotechnische Umgang mit diesen Ereignissen wird an Fallbeispielen der in Deutschland am häufigsten auftretenden Naturgefahr "Rutschung" aufgezeigt.

Rutschungen nehmen weltweit infolge des Bevölkerungswachstums, des Ausbaus der Infrastrukturen sowie der globalen Klimaveränderung dramatisch zu. Nach Überschwemmungen und Vulkanausbrüchen sind Massenbewegungen wie Erdrutsche, Fels- und Bergstürze weltweit das dritthäufigste Schadenereignis. Die volkswirtschaftlichen Schäden haben sich in den 90er Jahren gegenüber den 60er Jahren verachtfacht. Auch in Deutschland verursachen Rutschungen erhebliche wirtschaftliche Schäden an Straßen, Gebäuden und anderen Infrastrukturen. Die Entwicklung neuer Methoden zur Risikoeinschätzung und letztendlich zur Schadenverhütung wird immer dringlicher.



*Verschüttung eines Wohnhauses in Maastricht, Niederlande, durch eine Rutschung.*

## **Inhalt**

1	Begriffsdefinitionen.....	2
2	Ursachen von Rutschungen und Schadenfälle.....	5
3	Gefahrenkarten.....	7
4	Risikoeinschätzung und Schadenverhütung.....	8

---

<sup>1</sup> Dr. Johannes Feuerbach, geo-international, Mainz

# 1 Begriffsdefinitionen

## 1.1 Rutschungen



Unter einer Rutschung versteht man durch Einwirkung der Schwerkraft hangabwärts gerichtete Bewegungen von Boden-, Fels- und Schuttmassen. Auch die Bezeichnung *Massenschwerebewegungen* wird dafür verwendet.

Man unterscheidet nach der internationalen Nomenklatur von 1993 entsprechend der Kinematik folgende Rutschungstypen:

*Rutschung bergseitig einer Bundesstrasse bei Cochem (Mosel).*

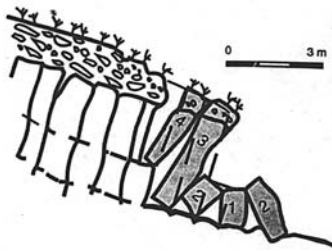
### 1.1.1 Fallen



Fallen beginnt mit dem Lösen von Boden- oder Felsmaterial in einem steilen Hang entlang einer Fläche, auf der geringe oder keine Scherbewegungen stattfinden. Das Material stürzt dann größtenteils frei fallend, springend oder rollend ab.

Massenschwerebewegungen im Hochgebirge, bei denen größere Teile einer Bergkuppe oder Bergwand abbrechen, werden als Bergsturz bezeichnet.

### 1.1.2 Kippen



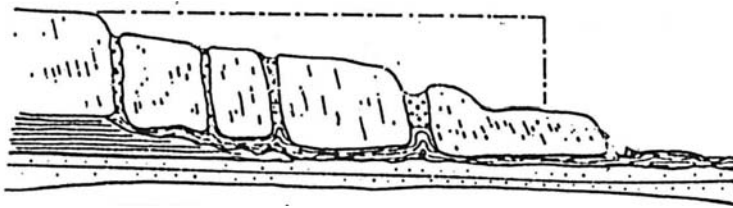
Kippen ist eine Vorwärtsrotation aus dem Hang heraus von Blöcken aus Fels- oder kohäsiivem Bodenmaterial um einen Punkt oder eine Achse unterhalb ihres Schwerpunktes. Das Endstadium ist wieder ein Fallen oder Stürzen des Felskörpers.

### 1.1.3 Gleiten



Gleiten ist eine hangabwärts gerichtete Bewegung von Boden- oder Felsmassen auf Gleitflächen oder auf verhältnismäßig dünnen Zonen intensiver Scherverformung.

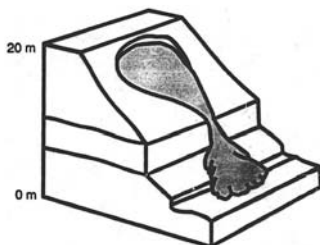
### 1.1.4 Driften



Driften ist eine laterale Bewegung Fels- oder kohäsiver Bodenmassen bei einem gleichzeitigen Einsinken in die liegenden weniger

kompetenten Schichten. Eine intensive Scherung auf Gleitflächen findet nicht statt. Driften kann durch Liquifaktion oder Fließen (und Extrusion) des liegenden weniger kompetenten Materials entstehen.

### 1.1.5 Fließen



Fließen ist eine räumliche, kontinuierliche Bewegung, bei der Scherflächen nur kurzzeitig vorhanden, dicht angeordnet und gewöhnlich nicht erhalten sind. Die Geschwindigkeitsverteilung der bewegten Masse gleicht der einer viskosen Flüssigkeit.

Die üblicherweise als Kriechen bezeichneten Bewegungen gehören zum Bewegungstyp Fließen.

## 1.2 Bergsturz

Beim Bergsturz handelt es sich nach der internationalen Definition um den Rutschungstyp „Fallen“, bei der größere Teile einer Bergkuppe oder Bergwand abbrechen und abstürzen. Die Bergsturzmasse geht in aller Regel aus einer gleitenden Bergmasse hervor. Bergstürze werden als Fels- und Schuttbewegung definiert, die mit hoher Geschwindigkeit aus Bergflanken niedergehen und im Ablagerungsgebiet ein Volumen von mehr als einer Million m<sup>3</sup> besitzen oder eine Fläche von mehr als 0,1 km<sup>2</sup> bedecken. Kleinere Bergstürze werden als Felsstürze bezeichnet.

## 1.3 Erdsenkung und Erdfall

Erdsenkung ist eine naturbedingte Absenkung des Erdbodens über natürlichen



*Tagbruch  
am  
Sportplatz  
in Mendig  
(Eifel).*

Hohlräumen. Erdfälle stellen aktuelle Einbrüche der Erdoberfläche dar. Verursacht werden sie durch den Einbruch von Hohlräumen.

## 1.4 Erdbeben

Erdbeben sind aus dem Erdinnern kommende, natürliche Erschütterungen der Erdoberfläche.



*Infolge eines Erdbebens eingestürzte Straßenbrücke  
(Highway Peking – Yuguan, China).*

## 2 Ursachen von Rutschungen und Schadenfälle

### 2.1 Geologie

Der Faktor Geologie ist in der Regel stets die Primärursache oder sozusagen die Ursache aller Arten von Rutschungen. Entscheidend wirken ein:

- mineralogische Zusammensetzung (z.B. quellfähige Tonminerale)
- Trennflächengefüge (Einfallen von Schichtung und Schieferung, Kluftgefüge, Diskontinuitäten, tektonische Verwerfungen)

### 2.2 Morphologie

Als morphologische Ursachen kommen Talvertiefung und Übersteilung von Hängen bzw. Uferunterschneidungen durch Erosion, tektonische (gebirgsbildende) Bewegungen und anthropogene Eingriffe (z.B. Baumaßnahmen) in Betracht. Für die

Stabilität eines Hanges unter morphologischen Gesichtspunkten sind Relief, Hangneigung und Exposition wichtige Faktoren.

### 2.3 Klima

Einflüsse des Klimas (Temperatur, Niederschlag, Sonneneinstrahlung, Feuchte, Wind) führen zu Spannungsumlagerungen, die im Lockergestein eine Auflockerung des Korngefüges und Rissebildung bewirken können und im Festgestein die Klüftigkeit erhöhen, wodurch die Scherfestigkeit herabgesetzt wird.

### 2.4 Wasser

Die Wirkung des Wassers im Boden ist sehr vielfältig. Gemischtkörniger, bindiger Hangschutt an übersteilten Hängen kann allein durch Lastzuwachs infolge Wassersättigung durch Sickerwasser in Bewegung geraten. Bei Beanspruchung und Durchnässung quellen Tonsteine mit quellfähigen Tonmineralen, wodurch eine Gefügelockerung und Plastifizierung eintritt. Mit zunehmender Wassersättigung nimmt die Konsistenz eines bindigen Bodens ab, seine Kohäsion sinkt hierdurch. In feinkörnigen Böden kann ein erhöhter Porenwasserdruck oder Strömungsdruck auftreten, wodurch die Scherfestigkeit abgemindert, bzw. die abschiebenden Kräfte erhöht werden. Das gleiche gilt für den Kluftwasser- bzw. Strömungsdruck in geklüftetem Festgestein.

### 2.5 Anthropogene Einflüsse

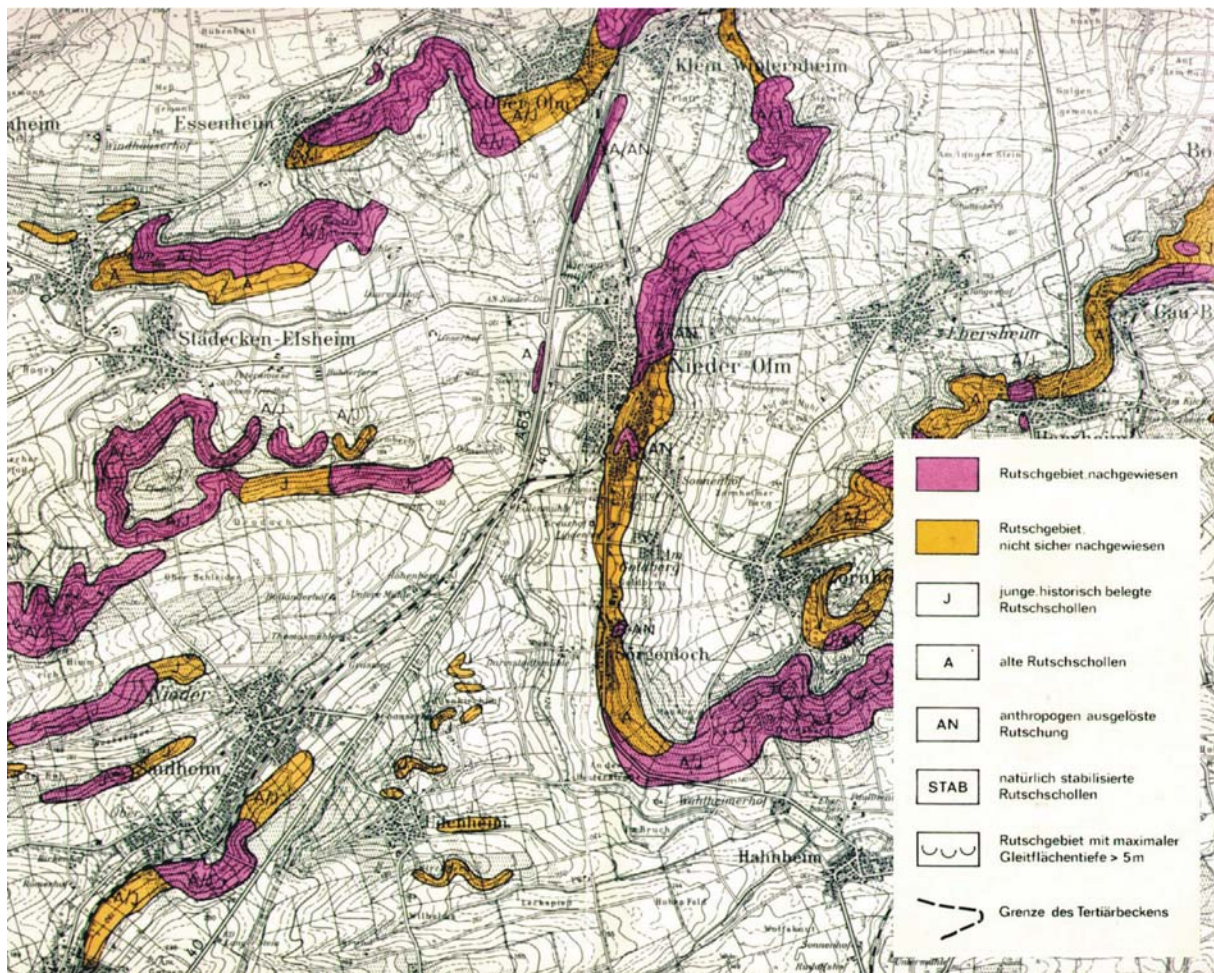


*Zugentgleisung an der Mosel infolge Felssturz.*

Menschliche Eingriffe führen häufig zu schwerwiegenden Veränderungen des Hanggleichgewichts. Besonders Baumaßnahmen wie Abgraben des Hangfußes, Versteilung von Böschungen, Belastung eines Hanges mit Dämmen oder Gebäuden und auch Entlastung des Hang- oder Böschungsfußes durch Auftrieb bei Einstau können zu Hangbewegungen führen.

### 3 Gefahrenkarten

Um die räumliche Verteilung von möglichen Massenschwerebewegungen darzustellen, Gefahrenzonen auszuweisen und natürliche und menschliche Beeinflussungen zu verdeutlichen, werden spezielle Gefahren- und Risikokarten erstellt. Zur Veranschaulichung großräumiger Gefährdungsareale stellen sie oft eine wichtige Grundlage dar. Solche Spezialkarten liegen bisher jedoch nur vereinzelt vor. Gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft wurde in den 70er und 80er Jahren erstmals in der Bundesrepublik Deutschland unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. E. Krauter eine Hangstabilitätskarte im Maßstab 1 : 50.000 erarbeitet. Sie weist für das Gebiet von Rheinhessen Rutschareale und rutschungsgefährdete Gebiete aus. Die systematische Untersuchung und kartenmäßige Dokumentation der instabilen Hangbereiche in der Hügellandschaft von Rheinhessen dient der Umweltsicherung und der Daseinsvorsorge. Speziell ist diese Karte für die Vorplanung und Vorerkundung von Bauprojekten sowie für die Regional- und Landesplanung zu verwenden.



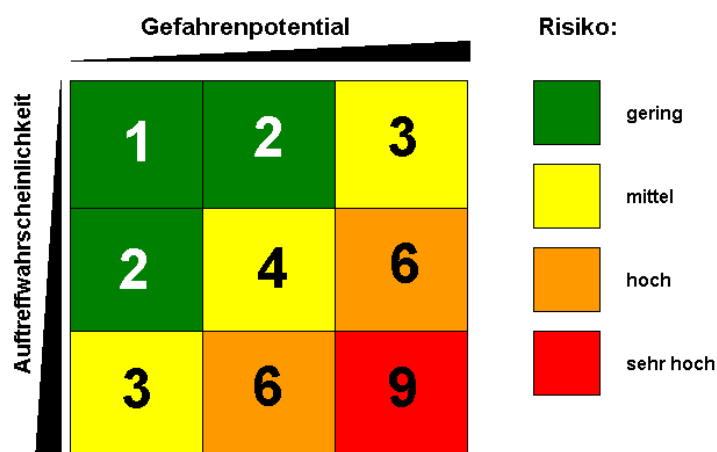
Gefahrenkarte: Ausschnitt aus der Hangstabilitätskarte des linksrheinischen Mainzer Beckens.

#### 4 Risikoeinschätzung und Schadenverhütung

Rutschungen, Felsstürze und Steinschläge in der Nähe von Siedlungen und Verkehrswegen können eine Gefahr für den Mensch darstellen. Für die USA werden die Verluste durch Rutschungen auf 20 bis 25 Menschenleben und ca. 1 bis 2 Milliarden US \$ jährlich geschätzt. Aber auch die Hügel- und Mittelgebirgslandschaften von Deutschland mit ihren teils tief eingeschnittenen Flusstälern sind zum Teil massiv von diesen Naturgefahren betroffen. Nicht zuletzt der Mensch und Klimaänderungen haben dazu ihren entscheidenden Anteil beigetragen.

Die Risikoeinschätzung von Hang- oder Böschungsbewegungen basiert auf einer Stabilitätsbewertung. Es soll damit ein unerwünschtes Ereignis hinsichtlich des Gefahrenpotentials, welches das Ausmaß und die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens beinhaltet, und die Auftreffwahrscheinlichkeit auf ein bestimmtes Objekt charakterisiert werden.

Rechnergestützte Modellrechnungen zur Stabilitäts- bzw. Standsicherheitsbetrachtung werden zur Wichtung der Ursachenfaktoren durch Variation der Eingangsparameter mit herangezogen und unterstützen die visuelle Risikoeinschätzung. Eine alleinige Einstufung des Risikos anhand der Ergebnisse von Stabilitäts- oder Standsicherheitsberechnungen ist nicht ausreichend. Die grundlegende



**Risiko (= Gefährdungspotential)**

= Gefahrenpotential x Auftreffwahrscheinlichkeit

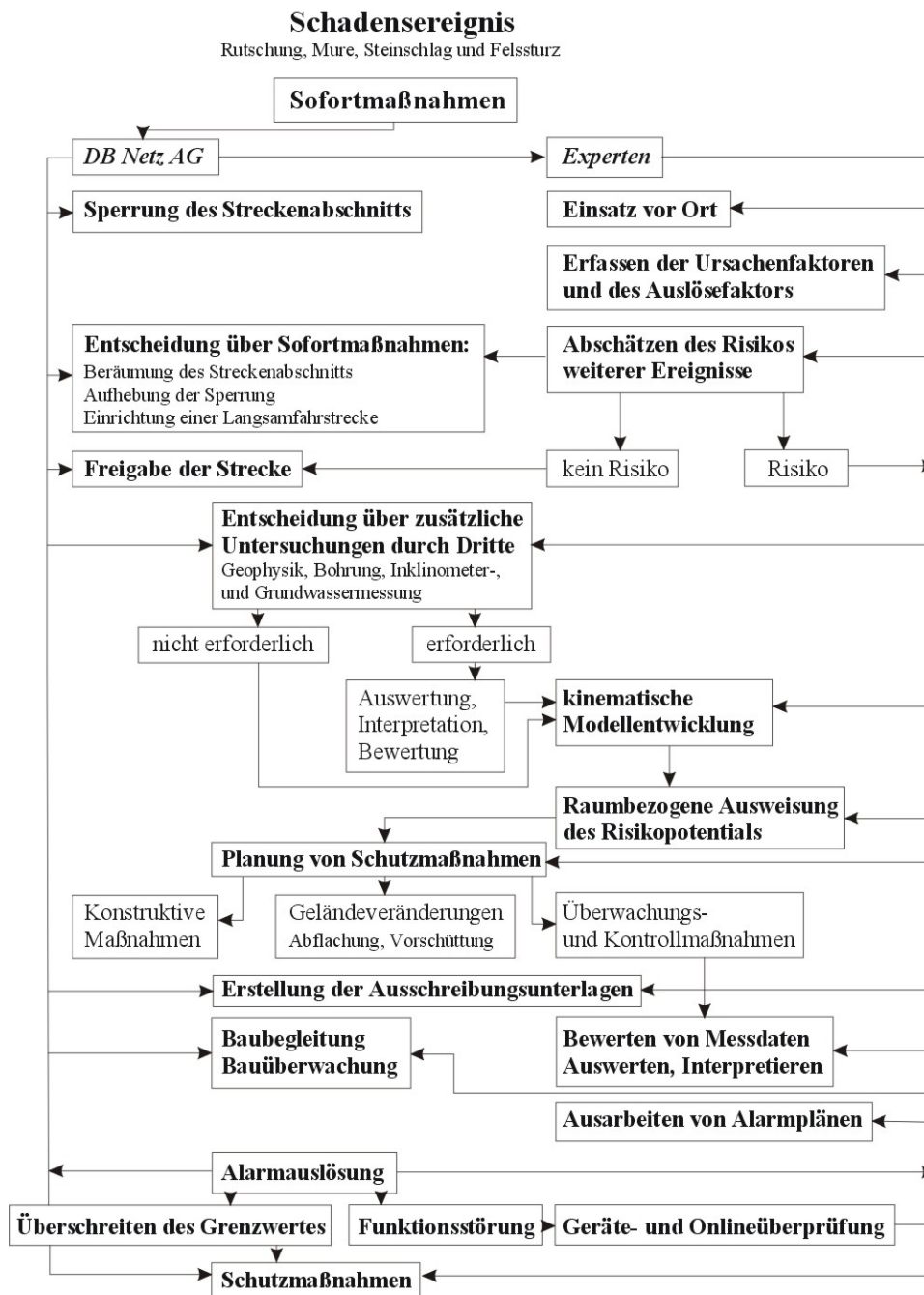
*Definition des Begriffes Risiko.*

Voraussetzung für eine Risikoabschätzung ist immer das Expertenwissen.

Für die Gefahrenabschätzung von Hang- und Böschungsstabilitäten ist die Beschleunigung von ausschlagender Bedeutung. Erfahrungsgemäß tritt das Ereignis einer schadensverursachenden schnellen Bewegung nicht mit der ersten Beschleunigungsphase ein.



Folgt nach einer stetigen Bewegung oder einer Verlangsamung eine weitere Beschleunigung, so besteht dann unmittelbare Gefahr, wenn sie größer oder langanhaltender als die vorangegangene ist.



Fließdiagramm zur Vorgehensweise nach einem Schadensereignis.

Eine realistische Gefahrenabschätzung und die Quantifizierung der Einflussfaktoren kann erst durch permanente Messungen der Verformungen geschehen.

Bei Frühwarnsystemen, wie zum Beispiel an der Mosel-Bahnstrecke, werden von Erfahrungswerten an vergleichbaren Hang- und Böschungsdeformationen ausgehend, Grenzwerte für Verformungen festgelegt, bei deren Überschreiten Alarm

ausgelöst wird, der Sofortmaßnahmen zur Folge hat. Um eine unnötige Alarmauslösung zu vermeiden, wird bei Annäherung des Bewegungsausmaßes an den Grenzwert mittels den Ergebnissen der bisherigen permanenten Messungen in Kombination mit einer Inaugenscheinnahme vor Ort der Grenzwert angeglichen. Die Erfassung von Gefahren durch Massenschwerebewegungen an Hängen und Böschungen beinhaltet im wesentlichen drei Schritte:

- Gefahrenerkennung: Was kann wo und wann passieren?
- Gefahrenabschätzung: Welches Risiko besteht?
- Schutzkonzept: Welche Sicherungsmaßnahmen sind erforderlich?

Der entscheidende Faktor bei der Abschätzung der Gefahren durch Massenschwerebewegungen an Hängen und Böschungen, also die Einschätzung ihrer Stabilität, ist der Wissensstand und die Erfahrung des Beurteilers. Wenn sich Gefahren anzeigen, müssen Sofortentscheidungen getroffen werden, z.B. sind Verkehrswege zu sperren oder Menschen zu evakuieren.