

## **Gefahr, Risiko, Schaden... – Klärung der Begriffe**

Rainer POISEL

### **Einleitung**

Gefahrenzonenpläne, Gefahrenkarten, Raumordnungspläne, Georisikokarten usw. sind Dokumente mit enormen Auswirkungen auf einzelne Menschen, die Gesellschaft, die Wirtschaft usw. Sie müssen daher auf klaren Begriffsbestimmungen basieren, weil sie sich sonst ihrem Anspruch, ordnend einzugreifen, selbst entziehen. Im Folgenden werden daher Begriffsbestimmungen nach verschiedenen Quellen aufgelistet.

### **Gefahr**

Laut Duden ist eine Gefahr ein drohendes Unheil oder die Möglichkeit, dass jemandem etwas zustößt, dass ein Schaden eintritt.

Eine Gefahr (mittelhochdeutsch gevare „Hinterhalt, Betrug“) ist eine Situation oder ein Sachverhalt, der zu einer negativen Auswirkung führen kann. Diese negative Auswirkung einer Gefährdung kann Personen, Sachen, Sachverhalte, Umwelt oder Tiere treffen (wikipedia).

Eine Gefahr ist ein Zustand, Umstand oder Vorgang, aus dem ein Schaden entstehen kann (PLANAT, 2009).

Eine Gefahr beschreibt den Umstand, dass aus einem Prozess ein Schaden für Personen und / oder Sachgüter resultieren kann. Die Gefahrenbeurteilung erfolgt prozessgruppen- oder prozessartspezifisch unter Einbeziehung der Intensität und der Eintrittswahrscheinlichkeit (GeolBA).

### **Gefahrenzonenplan**

Laut der Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft vom 30. Juli 1976 über die Gefahrenzonenpläne sind die Einzugsgebiete von Wildbächen und Lawinen, die durch Wildbäche oder Lawinen gefährdeten Bereiche (Gefahrenzonen) sowie jene Bereiche, deren Freihaltung für spätere Schutzmaßnahmen von den Dienststellen für erforderlich erachtet wird oder die wegen ihrer Schutzfunktion hinsichtlich Wildbach- oder Lawinengefahren besonders zu bewirtschaften sind (Vorbehaltsbereiche) Gegenstand der Darstellung im Gefahrenzonenplan (GZP). Hinweise auf Ergebnisse der Erhebungen, die nicht im unmittelbaren Zusammenhang mit den oben angeführten Bereichen stehen, sowie auf die Beschaffenheit von Gelände und Boden, soweit durch diese Beschaffenheit eine Schutzfunktion beeinflusst wird, sind zulässig (Hinweisbereiche). .... Die Dienststellen haben in den Einzugsgebieten die Plangrundlagen zu erheben. Diese Erhebung hat insbesondere die Erkundung der Gefahrenursachen unter Berücksichtigung der geologischen, hydrogeologischen, hydrologischen, meteorologischen, klimatischen und biologischen Verhältnisse sowie der landeskulturellen und der übrigen anthropogenen Einflüsse zu umfassen. Auf der Gefahrenzonenkarte sind die nachstehend näher bezeichneten Gefahrenzonen unter Zugrundelegung eines Ereignisses mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von zirka 150 Jahren (Bemessungsereignis) sowie die Vorbehaltsbereiche abzugrenzen.

Bei der kartografischen und textlichen Darstellung der GZP und bei der Quantifizierung der Kriterien für die Darstellung der Gefahrenzonen ist auf den jeweiligen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse und auf die Erfahrung entsprechend Bedacht zu nehmen.

### **Gefahrenhinweiskarte**

Laut den Definitionen seitens der Fachabteilung Ingenieurgeologie der Geologischen Bundesanstalt, Wien (GEOLBA, 2013) kompiliert die Gefahrenhinweiskarte Prozessinformationen (z. B. Abrissbereich und Schadensraum) aus vorhandenen Katastern und Karten, die per Expertenwissen zu gesamthaften Prozessbereichen zusammengefasst werden. Dabei werden ausschließlich jene Prozesse berücksichtigt, aus denen eine Gefahr resultieren könnte. Die Bewertung der gefahrenrelevanten Prozessinformationen erfolgt per Expertenwissen je nach Prozessart/-gruppe auf Basis der vorhandenen Prozessinformationen (z. B. Ereigniszeitpunkt, Aktivität, Entwicklungsstadium), gegebenenfalls auch auf Basis ergänzender Erhebungen.

### **Gefahrenpotentialkarte**

Eine Gefahrenpotentialkarte liefert eine für einen definierten Raum flächendeckende Information zum relativen Gefahrenpotential für eine oder mehrere Schadensobjektgruppen aufgrund einer Prozessgruppe/Prozessart. Die Bewertung des Gefahrenpotentials wird per Experte im Gelände und/oder per Modellierung auf Basis der Prozessinformationen und/oder diversen, räumlich variablen Standortfaktoren (z. B. Geologie, Vegetation, Morphologie) vorgenommen. Dies erfolgt für eine Prozessart/-gruppe unter Berücksichtigung der relativen Wahrscheinlichkeit (z. B. eher, weniger, nicht vorhanden) des Auftretens und des potentiellen Prozessraumes sowie unter Angabe der potentiellen Schadensobjektgruppe(n) (z. B. Gefahrenpotential „Fallen/Stürzen“ relational Straßen). Es handelt sich daher um zukunfts- und raumorientierte qualitative bis semiquantitative Prozessinformationen, ohne Aussagen zur Intensität und Eintrittswahrscheinlichkeit des Prozesses (GEOLBA, 2013).

### **Gefahrenkarte**

Eine Gefahrenkarte weist prozessgruppen- oder prozessartspezifische Gefahren aus. Im Gegensatz zur Gefahrenpotentialkarte werden zukunfts- und raumorientierte quantitative Prozessinformationen zur Intensität und Eintrittswahrscheinlichkeit gegeben (GEOLBA, 2013).

### **Schaden**

Laut Duden verändert ein Schaden die Gegebenheiten oder die bestehende Situation in einer negativen, nicht wünschenswerten Weise. Diese Veränderung kann Menschen und Sachwerte betreffen und wird z.B. bei Risikobeurteilungen in Menschenleben oder in Geldmengen ausgedrückt.

In der Versicherungsbranche wird versucht, den finanziellen Gegenwert eines Schadens festzustellen (wikipedia).

Ein Schaden beeinträchtigt das Wohlergehen der Betroffenen. Als Schaden gilt grundsätzlich ein Schaden für die Betroffenen, unabhängig davon, ob dieser Schaden versichert ist oder andere von diesem Schaden profitieren (PLANAT, 2009).

### **Eintrittswahrscheinlichkeit**

bezeichnet den statistischen Erwartungswert oder die geschätzte Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines bestimmten Ereignisses in einem bestimmten Zeitraum in der Zukunft (wikipedia).

Der Eintrittszeitraum ist jene Zeitspanne, in der sich ein bestimmter Vorfall (Lawine, Mure) im Mittel wiederholt. Bei Vorfällen, die nur einmal auftreten, wie z.B. das Versagen einer Böschung, ist der Eintrittszeitraum die Zeitspanne, an deren Ende das Versagen spätestens erwartet wird. Die Eintrittswahrscheinlichkeit ist der Reziprokwert des Eintrittszeitraums und hat die Dimension 1 pro Zeiteinheit (meist pro Jahr).

Die Versagenswahrscheinlichkeit von 1 % im Bezugszeitraum von einem Jahr bedeutet, dass in einem Jahr 1 von 100 Böschungen versagt. Diese Aussage ist rein statistisch gleichbedeutend mit der Aussage, dass das Versagen einer Böschung in 100 Jahren zu erwarten ist. Damit wäre aus der Versagenswahrscheinlichkeit der Eintrittszeitraum und damit die Eintrittswahrscheinlichkeit ermittelbar. Dabei wird aber z.B. die Reduktion der Festigkeit über die Zeit nicht berücksichtigt, die den Eintrittszeitraum und damit die Eintrittswahrscheinlichkeit wesentlich beeinflusst (POISEL, 2007).

Der Eintrittszeitraum eines Böschungsversagens muss daher aus einer Extrapolation von Messergebnissen (z.B. FUKUZONO, 1985) abgeleitet werden. Ist dies nicht möglich, weil die Messergebnisse keine Tendenz zeigen, muss die Eintrittswahrscheinlichkeit z.B. aus der Wahrscheinlichkeit von Erdbeben, die ein Böschungsversagen einer bestimmten Größe auslösen können, u.a. abgeleitet werden, falls die Eintrittswahrscheinlichkeit für Risikoabschätzungen oder für Kosten-Nutzen-Rechnungen benötigt wird.

## Risiko

Umweltwissenschaftler, Planer und Sicherheitsingenieure (z.B. Kernenergie) bezeichnen mit Risiko das Produkt von Eintrittshäufigkeit bzw. Eintrittswahrscheinlichkeit und Ereignisschwere bzw. Schadensausmaß (wikipedia).

Gemäß einer Definition des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (<http://www.lfu.bayern.de>) sind Georisiken Ereignisse, die lokal mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten auftreten und aus denen ein Schaden für Leib und Leben von Personen bzw. für Sachwerte entstehen kann. .... Zu den Georisiken mit erdwissenschaftlichem Bezug zählen in Bayern vor allem die Hangbewegungen und das Einstürzen von unterirdischen Hohlräumen.

## Diskussion der Begriffe

### Gefahr

Der Begriff Gefahr hat eine außerordentlich umfassende Bedeutung. Der Duden und wikipedia verbinden Gefahr nur mit einem möglichen Schaden, während z.B. VARNES (1984) die Intensität einer Gefahr nur über Eintrittswahrscheinlichkeiten (welche? Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Massenbewegung? Wahrscheinlichkeit der Beschädigung eines Objekts durch einen Steinschlagblock?) klassifiziert. Umgangssprachlich wird aber ein großer Schaden, dessen Eintreten sehr unwahrscheinlich ist, kaum als große Gefahr empfunden. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit, einen Euro zu verlieren, sehr groß ist, wird dies im Allgemeinen nicht als große Gefahr gesehen werden. Im allgemeinen Sprachgebrauch bedeutet daher eine große Gefahr die Möglichkeit eines großen Schadens mit einer hohen Eintrittswahrscheinlichkeit. Das Kombinieren von Intensität (Maß für möglichen Schaden?) und Eintrittswahrscheinlichkeit in der Definition von Gefahr durch die Fachabteilung Ingenieurgeologie der GeolBA (GEOLBA, 2013) besteht daher zu Recht.

### Gefahrenzonenplan

Gefahrenzonenpläne existieren für den Siedlungs- und Wirtschaftsraum in Österreich nahezu flächendeckend. Der Gefahrenzonenplan (GZP) ist ein Planungsinstrument für die Gemeinden, das von der Wildbach- und Lawinenverbauung, einer Dienststelle des BMLFUW, im Rahmen ihrer hoheitlichen Aufgaben erstellt wird. Dabei wird in Abstimmung mit den Gemeinden der „raumrelevante Bereich“ definiert, der den bestehenden Siedlungs-, Wirtschafts- und Verkehrsraum innerhalb des Gemeindegebietes inklusive in näherer Zukunft zu erschließende Flächen beinhaltet. Für diesen „raumrelevanten Bereich“ werden die Gefahrenzonen für Wildbäche und Lawinen, die braunen Hinweisbereiche für Rutschungen und Steinschlag sowie diverse andere Bereiche (Vorbehaltsflächen für künftige Schutzmaßnahmen etc.) dargestellt (MÖLK et al., 2010).

Im GZP werden für die Prozessgruppen Lawine und Wildbachprozesse jeweils rote und gelbe Gefahrenzonen ausgeschieden, die aufgrund von prognostizierten Einwirkungen (Fließhöhen, Lawinendrucke, Staudruck etc.) für das Bemessungsereignis eines 150-jährlichen Schadereignisses abgegrenzt werden.

Für die Prozessgruppen Steinschlag und Rutschungen werden im GZP im Rahmen einer Kannbestimmung braune Hinweisbereiche ausgeschieden, die mögliche Wirkungsbereiche dieser Prozesse im raumrelevanten Bereich ausscheiden können. Die „Kann-Bestimmung“ der Verordnung führt jedenfalls dazu, dass andere als von Wildbach- und Lawinen verursachte Naturgefahren nicht vollständig ausgewiesen werden müssen.

### Gefahrenhinweiskarte, Gefahrenpotentialkarte, Gefahrenkarte

Gemäß den Definitionen erfolgt die Bewertung der gefahrenrelevanten Prozessinformationen per Expertenwissen je nach Prozessart/-gruppe auf Basis der vorhandenen Prozessinformationen (z. B. Ereigniszeitpunkt, Aktivität, Entwicklungsstadium), gegebenenfalls auch auf Basis ergänzender Erhebungen.

Die Morphologie der Südflanke des Reisskofels (Kärnten) deutet auf große, rasche Bewegungen hin. Messungen der Großluftgassenweiten haben aber gezeigt, dass sich die Weiten in den letzten 25 Jahren nicht verändert haben. Ohne Monitoring sind verlässliche Aus-

sagen über das Gefahrenpotential kaum möglich. Wem nützt die Aussage, dass aus einem Prozess eine Gefahr resultieren könnte?

Die Großhangbewegung Lärchberg-Galgenwald bei Murau (POISEL et al., 2009) befindet sich in der gleichförmig aufgebauten, gleichmäßig geneigten, orografisch rechten Flanke des Rantenbachtals bei Murau. Offenbar haben geringfügige Unterschiede im Trennflächengefüge oder in den hydrogeologischen Verhältnissen usw. dazu geführt, dass nur jener Bereich instabil wurde, der sich derzeit mit dm/Jahr bewegt. Wo verfügen wir über eine ausreichende Informationsdichte, um präzise Voraussagen über Gefahren machen zu können? Hätte eine Karte, in der die gesamte orografisch rechte Flanke des Rantenbachtals als potentiell gefährlich bezeichnet würde, einen Wert?

Raumplaner verfügen im Allgemeinen über zu wenig Wissen auf dem Gebiet der Massenbewegungen, um aus kompilierten Prozessinformationen, die zu gesamthaften Prozessbereichen zusammengefasst werden und gegebenenfalls durch Erhebungen ergänzt werden, Nutzen ziehen zu können. Darüber hinaus werden ausschließlich jene Prozesse berücksichtigt, aus denen eine Gefahr resultieren könnte. Bezieht sich das auf Gefahren für bestehende oder erst zu errichtende Objekte (welche)?

Dies alles bedeutet, diese Karten können nur von einem Experten interpretiert und weiter genutzt werden.

### **Schaden**

Grundsätzlich muss ein möglicher Schaden im Einflussbereich einer möglichen Massenbewegung direkt in Form von Menschenleben oder einer Geldmenge abgeschätzt werden. Die Ermittlung des Einflussbereiches einer möglichen Massenbewegung kann z.B. mittels Numerischer Methoden, wie z.B. PFC (POISEL et al., 2008a) und DAN (POISEL et al., 2008b) erfolgen. Die Verknüpfung von der Zahl von Personen oder Objekten, die einem Risiko ausgesetzt sind, mit deren Vulnerabilität ist nur für sehr große Beeinflussungsbereiche sinnvoll. Einen Schaden in einem Ort mit wenigen Häusern im Einflussbereich einer Mure mittels der Verknüpfung von der Zahl von Personen oder Objekten, die möglicherweise durch eine Mure Schaden erleiden, und deren Vulnerabilität ist in einem solchen Fall nicht zielführend.

### **Risiko**

Der Begriff „Risiko“ im Sinn von Schaden mal Eintrittswahrscheinlichkeit (ausgedrückt in Menschenleben oder € pro Jahr) spielt nicht nur im täglichen Leben (oft unbewusst) sondern z.B. auch bei der Beurteilung der Gefährdungen von Staaten eine bedeutende Rolle. Die norwegische Risikomatrix (DIREKTORATET FOR SAMFUNNSSIKKERHET OG BEREDSKAP, 2011) bringt dies deutlich zum Ausdruck. Eine Pandemie, deren Schaden und deren Eintrittswahrscheinlichkeit (und damit das Risiko daraus) groß eingeschätzt werden, stellt die größte Gefahr für die Norwegische Gesellschaft dar. Eine sicherheitspolitische Krise (z.B. ein Krieg) würde zwar einen größeren Schaden hervorrufen, seine Wahrscheinlichkeit (und damit das Risiko daraus) wird aber als gering eingestuft.

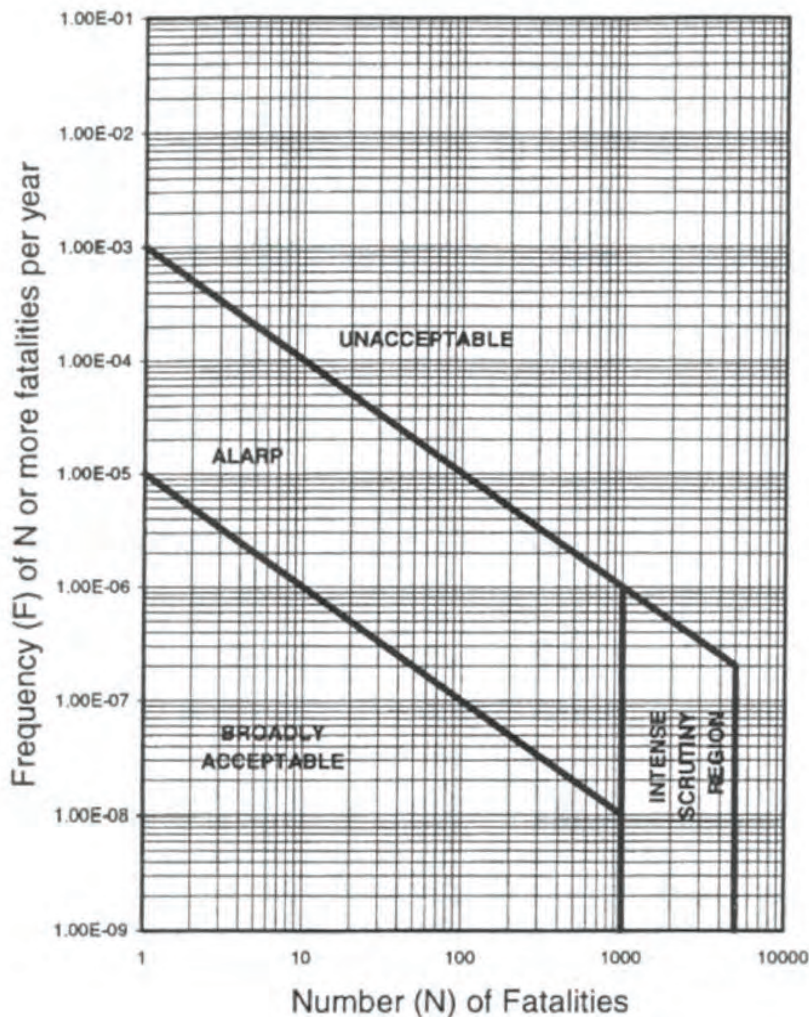
Im Bereich von Massenbewegungen wird die Definition „Schaden mal Eintrittswahrscheinlichkeit“ weitgehend angewandt. Grundsätzlich kann daher ein Risiko nur dort bestehen, wo es ein oder mehrere gefährdete Objekte gibt. Die Berechnung eines Risikos oder der Reduktion eines Risikos erfolgt oft in Zusammenhang mit einer Kosten – Nutzen – Rechnung. Die Kosten sind dabei die Kosten, mit der eine bestimmte Risikoreduktion (= Nutzen) erreicht werden kann. Sind die Kosten geringer als die damit erreichbare Risikoreduktion, ist die Investition ökonomisch sinnvoll. In jenen Fällen, in denen nur ein materieller Schaden droht, ist diese Entscheidung relativ leicht.

Im Fall der Großhangbewegung Lärchberg – Galgenwald bei Murau konnte die Gefahr für Leben ausgeschlossen werden (POISEL et al., 2009). Mittels einer PFC3D-Simulation konnte gezeigt werden, dass das größte Felsvolumen, dessen Annäherung an einen Abbruch durch das Monitoringsystem nicht erfasst würde, sicher vom Schutzdamm für die Rantentalstrasse zurückgehalten werden kann. Die Entscheidung, welche Stabilisierungsmaßnahmen ökonomisch sinnvoll wären, wurde auf Basis einer Kosten – Nutzen (= Risikoreduktion) – Rechnung getroffen. Der Schaden bei Abgang der Großhangbewegung mit einem Volumen von 10 Mio m<sup>3</sup>, dessen Eintrittswahrscheinlichkeit mit 1/1.000 Jahre geschätzt wird, würde etwa € 37 Mio betragen, weil durch den Abgang eine Bundesstraße unterbrochen und der Ranten-

bach aufgestaut würde, woraus ein Großmurenereignis bzw. eine Flutwelle ausgelöst werden könnte. Das Risiko beträgt daher € 37.000 / Jahr. Maßnahmen zur Risikominderung, wie zum Beispiel ein Entwässerungsstollen, ein Umleitungsstollen oder eine Gegenschüttung, deren jährliche Kosten zufolge Durchführung und Erhaltung deutlich über dem genannten Betrag liegen, erscheinen daher derzeit als nicht wirtschaftlich.

Drohen Verluste von Menschenleben, ist die Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen wesentlich schwieriger. Dabei sind eine Gegenüberstellung von Risiken (ausgedrückt in Menschenleben pro Jahr) als Entscheidungsgrundlage oder die Angabe eines akzeptablen Todesfallrisikos möglich, ohne den Geldwert eines Menschenlebens angeben zu müssen. Ein Arbeitskreis der Österreichischen Gesellschaft für Geomechanik arbeitet derzeit eine Empfehlung betreffend die akzeptierte Todesfallwahrscheinlichkeit (Schutzziel) im Zusammenhang mit gravitativen Naturgefahren in Österreich aus (ähnlich der schweizer Empfehlung PLANAT, 2009).

Abbildung 1 zeigt die Risikomatrix, nach der in Hong Kong Entscheidungen betreffend Investitionen in Schutzmaßnahmen getroffen werden. Dabei wird offenkundig, dass bereits bei diesen „einfachen“ Überlegungen gesellschaftliche Ansichten und politische Entscheidungen eine Rolle spielen, weil Ereignisse mit über mehreren tausend Toten, aber einer geringen Eintrittswahrscheinlichkeit als nicht akzeptabel bezeichnet werden, obwohl Ereignisse mit nur wenigen Toten und einer hohen Eintrittswahrscheinlichkeit und daher mit demselben Risiko als tolerierbar bezeichnet werden (POISEL et al., 2012).



**Abb. 1:** Risikomatrix Hong Kong (Hong Kong Geotechnical Engineering Office, 1998; aus: HUNGR & EBERHARDT, 2006); ALARP: As low as reasonably possible

## Schlussbemerkungen

In Anbetracht der enormen Auswirkungen von Gefahrenhinweiskarten usw. ist eine fundierte Auseinandersetzung der damit Befassten mit dem Stand der Technik auf den Gebieten der Geologie, der Hydrogeologie, der Ingenieurgeologie, der Hydrologie, der Boden- und Felsmechanik, der Meteorologie, der Biologie usw. einzufordern. Wie in der Verordnung GZP ausgeführt, ist bei der kartografischen und textlichen Darstellung der GZP und bei der Quantifizierung der Kriterien für die Darstellung der Gefahrenzonen auf den jeweiligen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse und auf die Erfahrung entsprechend Bedacht zu nehmen. Dies kann nur in Zusammenarbeit mehrerer Personen geschehen, weil einzelne den Stand der Wissenschaft auf allen genannten Gebieten nicht beherrschen können. Pläne, die nur einzelne Aspekte der Problematik berücksichtigen, sind in Anbetracht der Konsequenzen abzulehnen.

## Literatur

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft : Auszug aus der Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft vom 30. Juli 1976 über die Gefahrenzonenpläne.

DIREKTORATET FOR SAMFUNNSSIKKERHET OG BEREDSKAP (2011): Rapport – Nasjonal sarbarhets-og beredskapsrapport (NSBR). ISBN: 978-82-7768-246-4

FUKUZONO, T. (1985): A new method for predicting the failure time of a slope. Procs.Fourth International Conf. and Field Workshop on Landslides, Tokyo, pp. 145-150.

GEOLBA (2013): Definitionen seitens der Fachabteilung Ingenieurgeologie der Geologischen Bundesanstalt, Wien.

HUNGR, O. & EBERHARDT, E. (2006): Analysis in Slope Hazards Engineering: Current Practice and New Advances. Handout: Basics of Landslide Hazard and Risk Management. Sea to Sky Geotechnique 2006, Vancouver B. C.. 59th Canadian Geotechnical Conference. Vancouver.

MÖLK, M., SAUSGRUBER, T., BÄK, R. & KOCIU, A. (2010): Standards and methods of hazard assessment for rapid mass movements (rockfall and landslide) in Austria. - Wildbach- und Lawinenverbau - 74. Jg, August 2010, Heft Nr. 166.

PLANAT (Plattform Naturgefahren) (2009): Strategie Naturgefahren Schweiz, Umsetzung des Aktionsplans PLANAT 2005-2008 /2009-2011, Projekt B 2.2: Schutzziel-Modell, Schlussbericht Phase 2, 29. Mai 2009.

POISEL, R. (2007): Böschungen und Hänge im Festgestein - Versagensmechanismen, Berechnungsmodelle, Versagenswahrscheinlichkeiten. Unterlagen zum Kurs "Risiko von Naturgefahren" an der Technischen Universität Wien, 17. bis 21. September 2007.

POISEL, R., PREH, A. & KOC, O. (2008a): Punta Thurwieser Rock Avalanche and Frank Slide – a comparison based on PFC3D run out models. Proc. Of the 2007 Int. Forum on Landslide Disaster Management, Hong Kong Landslide Runout Analysis Benchmarking Exercise 2007. Vol. II, pp. 1059-1078.

POISEL, R., PREH, A. & HUNGR, O. (2008b): Run Out of Landslides – Continuum Mechanics versus Discontinuum Mechanics Models. Geomechanik & Tunnelbau 1, S. 358-366.

POISEL, R., ANGERER, H., PÖLLINGER, M., KALCHER, T. & KITTL, H. (2009): Mechanics and velocity of the Lärchberg-Galgenwald landslide (Austria). Engineering Geology, doi:10.1016/j.enggeo.2009.01.002

POISEL, R., HOFMANN, R. & MÖLK, M. (2012): Risikobewertung als Basis für Investitionsentscheidungen. Geomechanik und Tunnelbau 5, S. 597-604.

VARNES, D.J. (1984): Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. Unesco. Paris.