

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 149 (1998)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Der Umgang mit Naturrisiken aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht  
**Autor:** Heinimann, Hans Rudolf  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-766127>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 19.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Der Umgang mit Naturrisiken aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht<sup>1</sup>

Von *Hans Rudolf Heinimann*

*Keywords:* Natural hazards; disaster management; risk management; risk analysis.

FDK 38: UDK 519. 873\*1; UDK 551% 502.58

## 1. Einleitung

Naturgefahren sind Begleiter des Menschen, die regelmässig zu Schäden führen. Seit 1970 führt die Schadenstatistik der Schweizerischen Rückversicherung weltweit alle grossen, nach unten durch genaue Definition abgegrenzten Schadenereignisse auf. Dabei fällt seit 1987 auf, dass die bis dahin allmählich ansteigende Schadenbilanz explosionsartig zunimmt. Nach Naturschadenereignissen flackert die Diskussion immer wieder auf, inwieweit die schleichende Klimaveränderung Ursache der Schadenzunahme ist. Schutz vor Naturgefahren hat in einem Gebirgsraum wie der Schweiz eine lange Tradition und konnte Beträchtliches erreichen. Trotz zunehmender finanzieller Mittel, die für die Gefahrenabwehr eingesetzt wurden, gelang es nicht, die naturgefahrenbedingten Schäden zu verringern. Es stellt sich die Frage, welche Prinzipien des Denkens und Handelns geeignet sind, um mit dem Phänomen «Naturgefahren» umzugehen. In den achtziger Jahren fand ein Paradigmenwechsel statt, der von einer schaden- zu einer risikoorientierten Betrachtungsweise führte (vgl. *Heinimann*, 1995). Die entsprechenden Grundlagen wurden im Wasserbaugesetz und im Waldgesetz geregelt. Verschiedene Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zielten darauf ab, die Grundkonzeption einer risikoorientierten Betrachtungsweise zu konkretisieren. *Hollenstein* (1997) untersuchte, inwieweit sich die Erkenntnisse der Sicherheitswissenschaften auf die Naturgefahren übertragen lassen. Im Rahmen des Entwick-

<sup>1</sup>Nach einem Referat, gehalten am 23. Januar 1998 im Herrenhaus Grafenort, anlässlich des Tagesseminars «Mensch und Naturgewalten».

lungsprogrammes FLAM wurde ein Modul Naturgefahren bearbeitet, das Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren zur Verfügung stellt (Heinimann et al., 1998). Ein Folgeprojekt verfolgte das Ziel, die risikoorientierte Sichtweise zu operationalisieren. Die Arbeiten stehen kurz vor dem Abschluss und werden in Form einer Praxishilfe publiziert (Borter, 1998). Im Frühjahr 1998 nahm zudem auch die nationale Plattform Naturgefahren in ihre Tätigkeit auf, die sie mit dem Motto «von der Gefahr zum Risiko, ein Kulturwandel» umschreibt. Der vorliegende Beitrag soll die Begriffe «Risiko» und «Sicherheit» klären, mögliche Ursachen für die zunehmenden Schäden infolge von Naturgefahren analysieren und das Konzept eines risikobasierten Umgangs mit Naturgefahren konkretisieren. Er begrenzt sich auf Naturgefahren aus forstlicher Sicht und beleuchtet das Thema aus der Optik des dichtbesiedelten Alpenraumes. Der Beitrag behandelt zuerst begriffliche Grundlagen, analysiert die Entwicklung der Naturgefahren anhand der Stürme und der Hochwasser und umreißt die Methodik, wie Risiken analysiert, bewertet und reduziert werden können.

## 2. Begriffliche Grundlagen

Naturgefahren sind Störungen, die – aus der belebten und unbelebten Umwelt kommend –, auf Werte einwirken und diese verletzen können. Naturgefahren lassen sich nach den verschiedenen Umweltsphären wie folgt klassieren:

- Atmosphäre: Treibhauseffekt, Ozon;
- Troposphäre: Stürme, Kälte, Trockenheit, Blitz, Brand, Hagel;
- Biosphäre: Schädlinge, Krankheitserreger;
- Hydrosphäre: Hochwasser, Lawinen, Gletscherabbrüche;
- Geosphäre: Rutschungen, Felsstürze, Steinschläge, Erosion, Erdbeben, Vulkanausbrüche.

Nimmt man die weltweiten Schäden als Massstab, so spielen die Naturgefahren, welche aus der Troposphäre resultieren, die wichtigste Rolle. Die forstlichen Naturgefahren stellen die Prozesse der Hydrosphäre und Geosphäre ins Zentrum und befassen sich in der Schweiz primär mit Hochwasser, Lawinen, Rutschungen, Felsstürzen und Steinschlägen.

*Abbildung 1* konkretisiert das Risikokzept. Historisch hat der Risikobegriff seinen Ursprung in der Handelsschiffahrt des 17. Jahrhunderts und fand dann Verwendung in der Versicherungswirtschaft, bei Kapitalanlagen und im Glücksspiel. Das Risikokzept, wie es heute die Sicherheitswissenschaften verstehen, basiert auf zwei grundlegenden Komponenten. Eine erste Komponente betrachtet Ereignisse, von denen bestimmte Einwirkungen ausgehen. Eine zweite Komponente befasst sich mit Wertobjekten (Menschen, Sach- und

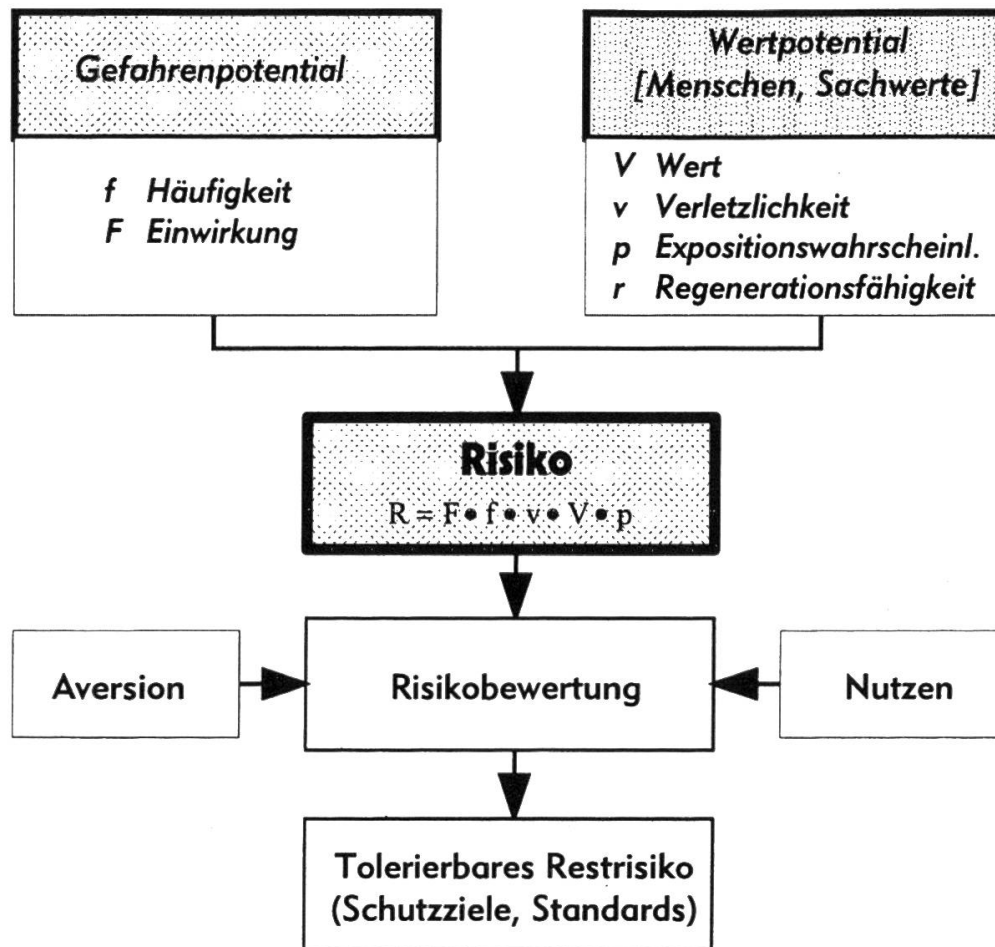


Abbildung 1. Risikokzept. Ein Schaden entsteht, wenn eine physikalische Einwirkung auf einen Wert trifft und diesen verletzt. Berücksichtigt man zusätzlich die Häufigkeit, mit der dieser Schaden eintritt, lässt sich das Risiko «objektiv» quantifizieren. Vergleichbare objektive Risiken werden vom Menschen unterschiedlich wahrgenommen, was mit dem Begriff der Risikoaversion umschrieben wird.

Naturwerte), bei denen die Einwirkungen zu Veränderungen (Folgen, Schäden) führen können. Daraus geht hervor, dass Schäden erst entstehen, wenn zwei Voraussetzungen gegeben sind: Zum einen müssen Ereignisse vorhanden sein, die physikalische Kräfte entwickeln, und zum andern müssen diese physikalischen Kräfte auf Objekte einwirken können und diese verletzen. Berücksichtigt man zusätzlich die Wahrscheinlichkeit, mit der Schäden auftreten können, so entsteht schliesslich der Risikobegriff. Über die qualitative Definition von Risiko besteht weitgehend Einigkeit. Die quantitative Messung ist hingegen umstritten. Das heute vorherrschende Risikomass ist der zu erwartende Verlust, d.h. die Höhe der möglichen Schäden multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens. Dieses Mass wird dann problematisch, wenn die Eintretenswahrscheinlichkeit nahe bei Null liegt und der mögliche Schaden sehr gross ist, was zum Beispiel bei Unfällen in Atomkraftwerken mit einer Wahrscheinlichkeit von  $10^{-6}$  der Fall ist (vgl. Kumamoto und Henley, 1996). Probleme ergeben sich auch bei Wertobjekten, denen nicht ohne weiteres ein

monetärer Wert zugeordnet werden kann (z.B. Menschenleben). In diesen Fällen empfiehlt es sich, das Risiko mit vereinfachten Risikoindikatoren zu messen. Derartige Indikatoren sind zum Beispiel die Anzahl Todesfälle, die eine Aktivität pro Jahr verursacht. Risikoindikatoren sind immer normierte Grössen, deren Aussagekraft von der verwendeten Bezugsgrösse abhängt. Es wird zwischen Individual- und Kollektivrisiko unterschieden (*Bohnenblust* und *Troxler*, 1986). Die Exposition wird in der Regel über ein Raummass berücksichtigt. So ist beispielsweise das Individualrisiko beim Fliegen in einem Verkehrsflugzeug bezogen auf eine Flugstunde etwas riskanter als die Teilnahme am Strassenverkehr. Bezieht man das Risiko auf die zurückgelegte Entfernung, so ist das Flugzeug aber deutlich sicherer. Eine ausführliche Darlegung dieses quantitativen Risikobegriffs findet sich bei *Kaplan* und *Garrick* (1981) sowie in *Kumamoto* und *Henley* (1996). Ein weiteres Problem, um Risiken zu quantifizieren, liegt in der sogenannten Aversion. Darunter versteht man die subjektive Abneigung gegenüber einem Schadenereignis von Katastrophencharakter (*Beroggi* und *Kröger*, 1993). Objektiv gesehen besteht dasselbe Risiko, wenn innerhalb eines bestimmten Zeitraumes sechshundert Menschen durch ein einziges Ereignis zu Schaden kommen oder wenn bei sechshundert kleinen Ereignissen je ein Mensch zu Schaden kommt. Untersuchungen über die Risikoaversion zeigen, dass das Risiko aufgrund von Grossereignissen als schlimmer empfunden wird, weshalb *Bohnenblust* und *Troxler* (1986) vorschlagen, das objektive Kollektivrisiko mit einem Aversionsfaktor zu korrigieren. Die Wissenschaft versucht, menschliches Verhalten hinsichtlich Aversion mit Hilfe der Spieltheorie zu erklären (*Kumamoto* und *Henley*, 1996), ist jedoch noch ein Stück davon entfernt, ein schlüssiges Gesamtkonzept zu liefern.

Der Begriff des Risikos ist eng mit dem Begriff der Sicherheit verknüpft. Sicherheit ist sozusagen das Komplement zu Risiko. Ein Ansatz, Sicherheit zu quantifizieren, geht vom quantitativen Risikobegriff aus und bildet daraus den Reziprokwert, der als Sicherheitsmass betrachtet werden kann. Ein Risiko kann nie Null werden, womit es keine absolute Sicherheit gibt. Sämtliche Massnahmen, die eine Risikoverminderung verfolgen, müssen gewisse Restrisiken bewusst in Kauf nehmen.

### **3. Erklärungen für die Zunahme der Naturrisiken**

Im Zusammenhang mit der schleichenden Klimaerwärmung wurden auch immer wieder Stimmen laut, welche eine markante Zunahme der Naturgefahren vermuten. 1992 setzte der Bundesrat das nationale Forschungsprogramm «Klimaänderungen und Naturgefahren» (NFP 31) ein. Das Forschungsprogramm konnte vor kurzem abgeschlossen werden, und nachfolgend werden die Ergebnisse für die Entwicklung der Sturm- und Hochwasserereignisse in der Schweiz dargelegt (*Anonymus*, 1996).

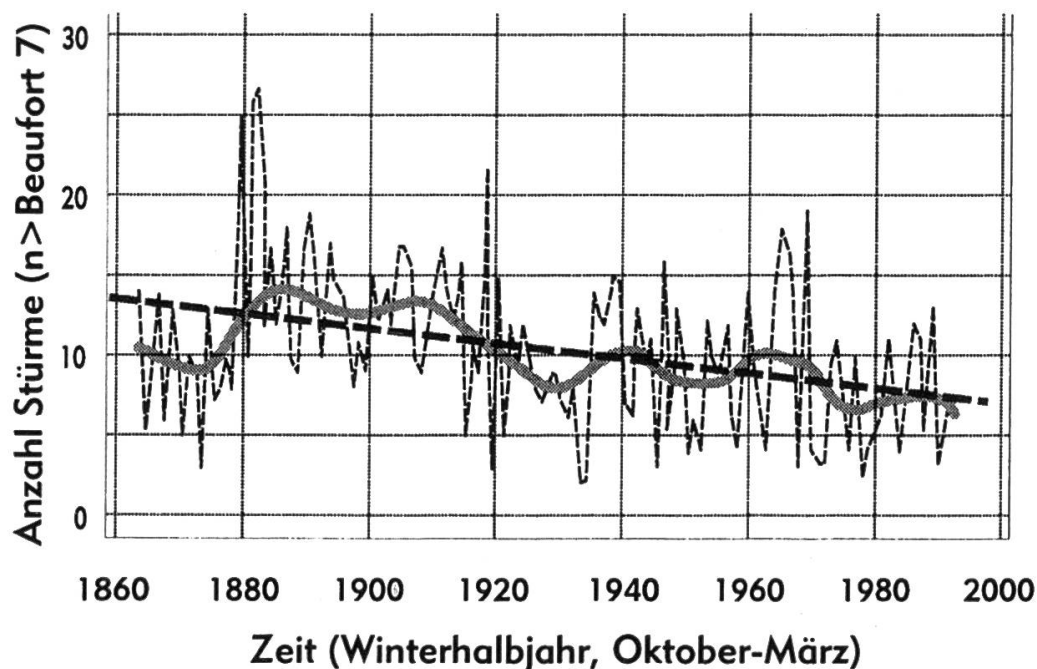


Abbildung 2. Absolute Häufigkeit von Starkwindtagen in der Schweiz seit 1864. Absolute Häufigkeit, geglättete Kurve (über etwa 22 Jahre gemittelt), nach Schiesser et al. (1997).

Abbildung 2 zeigt eine Zeitreihe der absoluten Häufigkeit von Starkwindtagen, welche mindestens eine Windstärke von Beaufort 7 erreichten. Schiesser et al. (1997) untersuchten Winterstürme ab 1864. Sie stellten dabei in den letzten hundert Jahren im schweizerischen Mittelland eine abnehmende Tendenz bei der jährlichen Anzahl Tagen mit Windstärken grösser als Beaufort 7 fest. Vor allem die Periode von 1940 war deutlich windiger. Trotz einer allgemeinen Zunahme der zyklonalen Westwindlagen in den letzten Jahrzehnten wird die Schweiz von weniger Stürmen betroffen. Das Sturmgesehen hat sich offenbar insgesamt nach Norden verschoben, wobei sich die Schweiz meist am südlichsten Rand der entsprechenden Sturmfelder befindet (Schraft et al., 1993).

Abbildung 3 zeigt die Häufigkeiten von extremen Überschwemmungen für zwei Gebiete des Alpenraumes in den vergangenen 500 Jahren. Berner Umwelthistoriker (Pfister, in Vorbereitung) kommen anhand einer Rückschau über die fünf vergangenen Jahrhunderte zum Schluss, dass kontinuierliche und deshalb schlecht wahrgenommene Veränderungen den Klimawandel eher signalisieren als Katastrophenereignisse. Über die letzten fünf Jahrhunderte lassen sich zwei Perioden mit niedrigen Überschwemmungsdichten (1641 bis 1706 und 1927 bis 1975) sowie zwei mit hoher Überschwemmungsdichte (1550 bis 1580 und 1827 bis 1875) nachweisen. Dabei gilt es zu beachten, dass für die Zeit vor 1800 Datenlücken nicht auszuschliessen sind. Vischer (1997) behandelt neben Hochwasser- und Sturmereignissen auch das Murgang- und Lawinengeschehen. Er schliesst, dass die episodischen Naturereignisse schlecht geeignet sind, um eine schleichende Klimaänderung zu belegen. Er bemerkt auch, dass sich aufgrund der Untersuchungen die



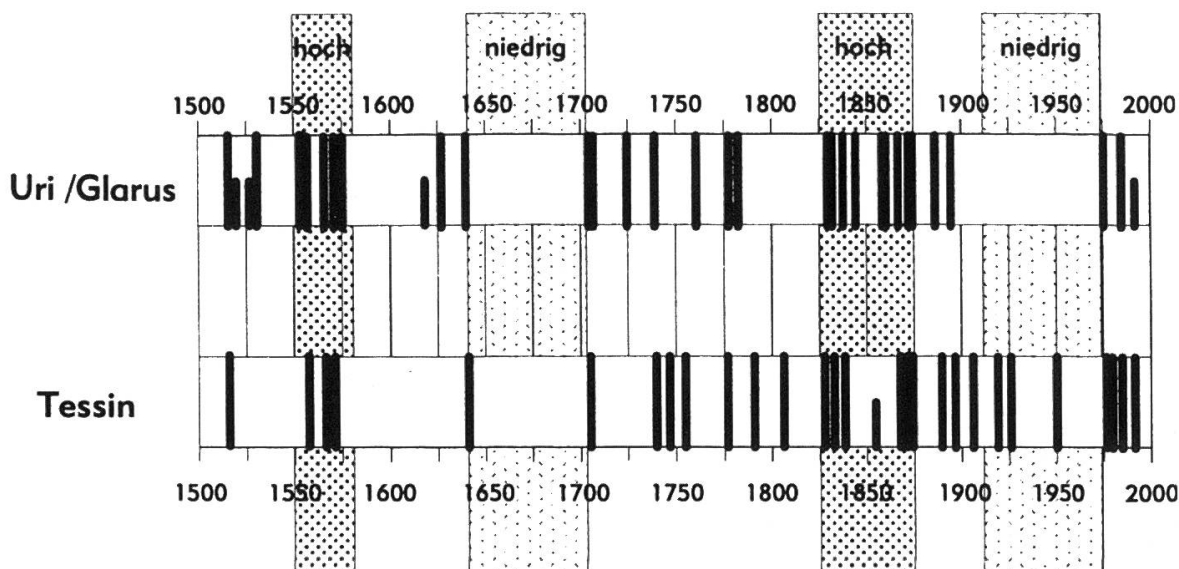


Abbildung 3. Häufigkeiten von extremen Überschwemmungen im Alpenraum seit 1500 (nach Pfister, in Vorbereitung). Es lassen sich zwei Perioden mit niedriger Überschwemmungsdichte (1641 bis 1706 und 1927 bis 1975) sowie zwei mit hoher Überschwemmungsdichte (1550 bis 1580 und 1827 bis 1875) nachweisen.

Zunahme der Stärke und Häufigkeit von Naturereignissen nicht eindeutig belegen lässt.

Daraus darf jedoch nicht geschlossen werden, dass sich die Folgen der schleichenden Klimaerwärmung in Zukunft nicht doch in einem veränderten Auftretensmuster der Naturgefahren niederschlagen werden. Nachfolgend wird versucht, das Zusammenwirken zwischen gefährlichen Ereignissen und Wertaggregation anhand eines einfachen Modells darzustellen (Abbildung 4). Das Modell geht von folgenden Annahmen aus:

- Von 1850 bis 1975 nimmt die Einwirkung durch Naturereignisse um 0,5 % pro Jahr ab (durch wirksame Verbaumaßnahmen, durch geringere Hochwasserhäufigkeit [vgl. *Abbildung 3*]);
- ab 1975 nehmen die gefährlichen Naturereignisse pro Jahr wiederum um 0,5 % zu;
- ab 1900 nimmt die Wertdichte im Raum um jährlich 0,5 % zu (Bevölkerungswachstum, allgemeine wirtschaftliche Entwicklung).

Das Modell zeigt das Verhalten des Gesamtsystems wie folgt auf:

- In der Periode zwischen 1850 und 1900 nimmt das Gesamtrisiko ab; dies ist durch die abnehmende Häufigkeit der Gefahrenereignisse bei gleichbleibender Wertdichte gegeben;
- zwischen 1900 und 1975 bleibt das Risiko konstant; wird bestimmt durch eine zunehmende Wertdichte und eine gleichzeitige Abnahme der Naturereignishäufigkeit von je 0,5 % pro Jahr;

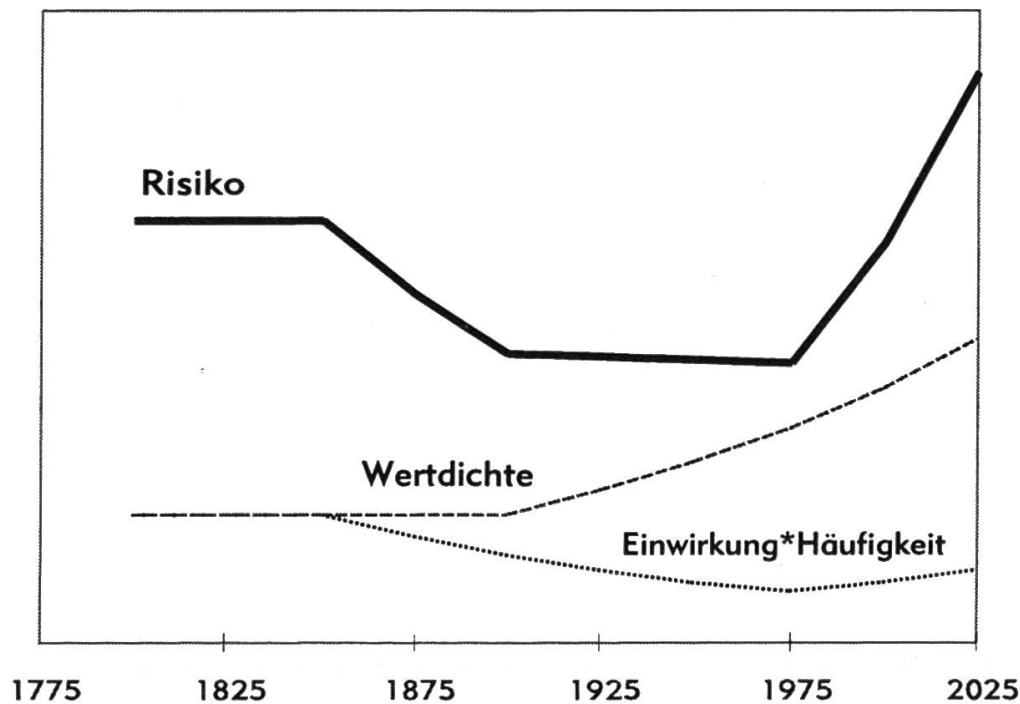


Abbildung 4. Modell zur Erklärung der Risikoentwicklung. Annahmen: Die Wertdichte nimmt seit 1900 um 0,5 % pro Jahr zu; von 1850 bis 1975 nimmt die Wahrscheinlichkeit schädlicher Ereignisse pro Jahr um 0,5% ab und seit 1975 nimmt die Wahrscheinlichkeit schädlicher Ereignisse wieder um 0,5 % pro Jahr zu. Kleine jährliche Veränderungen der Wahrscheinlichkeit von Schadereignissen und der Wertdichte wirken sich langfristig stark auf die Risikoentwicklung aus.

- ab 1975 steigt das Risiko ziemlich rapide an; dies durch ein gleichzeitiges Wachsen der Wertdichte und der Naturereignishäufigkeit von je 0,5 % pro Jahr.

Das Modell zeigt eindrücklich, wie Gefahrenmanagement nur betrieben werden kann, wenn sowohl die Einwirkungsseite als auch die Wertseite des Risikomodells in Betracht gezogen werden (vgl. *Abbildung 1*). Wenn wir von einer Zunahme der Naturkatastrophen sprechen, so ist das derzeit wohl auf den Umstand zurückzuführen, dass sich der menschliche Lebensraum ständig ausweitet und damit vermehrt mit gefährlichen Naturereignissen interferiert (*Vischer, 1997*). Die Modellüberlegungen der *Abbildung 4* zeigen jedoch auch deutlich, dass ein integratives Risikomanagement sich in Zukunft vermehrt um die Problematik der Wertobjekte kümmern muss.

## 4. Umgang mit Naturgefahren

### 4.1 Grundkonzept

Rund hundert Jahre lang begegnete man den Naturgefahren nach dem Prinzip «Gefahrenabwehr und projektbezogene Massnahmen» (*Heinimann,*



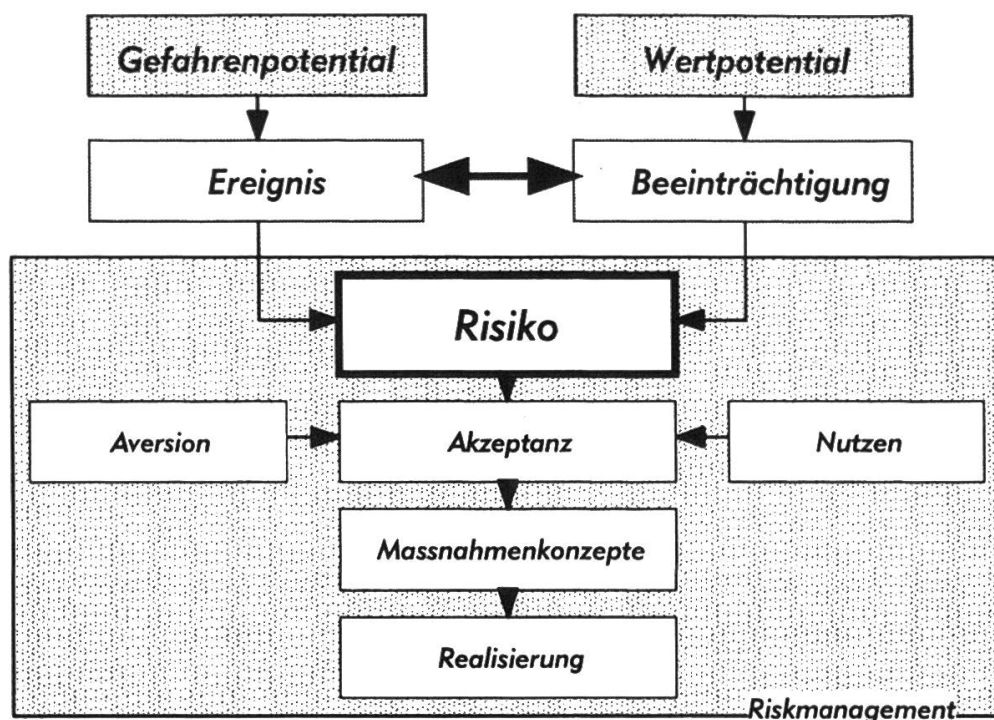


Abbildung 5. Risikomanagement-Konzept. Aufgabe der Risikoanalyse ist es, das objektive Risiko für einen abgegrenzten Sachverhalt herzuleiten und die Frage «was kann passieren?» zu beantworten. Risikobewertung muss im Rahmen eines gesellschaftspolitischen Prozesses die Frage «was darf passieren?» beantworten. Risikomanagement schliesslich geht von der Frage «was darf passieren?» aus, schlägt Massnahmen vor, evaluiert diese Massnahmen hinsichtlich Risikoreduktion und Kosten - Nutzen und schlägt die wirksamsten Varianten vor.

1995). Aus der Feststellung, dass trotz zunehmender finanzieller Anstrengungen die Schadensituation nicht verbessert werden konnte, kam es in den achtziger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts zu einem Paradigmenwechsel, den die neu gegründete Plattform für Naturgefahren mit dem Motto «von der Gefahr zum Risiko – ein Kulturwandel» umschreibt. *Abbildung 5* zeigt das Grundkonzept einer risikoorientierten Betrachtungsweise. In einem ersten Schritt geht es darum, durch die Analyse des Gefahrenpotentials und des Wertepotentials ein objektives Risikomass zu finden. Dabei steht die Frage im Vordergrund «was kann passieren?». Risikomanagement dagegen beurteilt die Frage «was darf passieren?», schlägt verschiedene Handlungsalternativen zur Risikoreduktion vor, evaluiert diese Alternativen hinsichtlich der Risikoverminderung und empfiehlt die kostenwirksamste Variante zur Realisierung (vgl. *Kumamoto* und *Henley*, 1996).

#### 4.2 Risikoanalyse

Das Instrument der Risikoanalyse ist im Bereich von grosstechnischen Anlagen und Systemen entstanden. *Beroggi* und *Kröger* (1993) geben einen

ausgezeichneten Überblick über Methoden, Modelle, Verfahren und Hilfsmittel, die bei der Risikoanalyse technischer Systeme verwendet werden. *Hollenstein* (1997) greift diese Methodenkonzepte auf und prüft, inwiefern sie auf Problemstellungen der Naturgefahren angewandt werden können. Er zeigt, wie eine Analyse von Naturgefahren vorgenommen werden kann, indem das zu analysierende System abgegrenzt und beschrieben, die möglichen Gefahren identifiziert, die Ausmass-Häufigkeits-Relation abgeschätzt und die Ereignisablauf- sowie Folgenanalyse durchgeführt werden. Im Rahmen des Entwicklungsprojektes FLAM-Naturgefahren des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft konnte ein Methodenkonzept erarbeitet werden, wie die forstlich relevanten Naturgefahren analysiert und bewertet werden können (*Heinimann et al.*, 1998). Dabei zeigte sich, dass die Folgen- und Schadenanalyse bei Naturgefahren noch wenig entwickelt war, weshalb ein Folgeprojekt «Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren» an die Hand genommen wurde, das im Herbst 1998 abgeschlossen werden soll. Das entwickelte Methodenkonzept schlägt drei Vorgehensstufen vor, die verschiedene Bearbeitungstiefen erfordern (*Borter*, 1998):

- Stufe 1: Untersuchung von Schutzzielverletzungen bei Flächen-, Punkt- und Linienelementen; Ergebnisse werden dargestellt in Schutzdefizitkarten;
- Stufe 2: detaillierte Untersuchung von Flächen, die in Stufe 1 als Schutzdefizite hervorgegangen sind;
- Stufe 3: Untersuchung des Risikos von Einzelobjekten und Verkehrsachsen, dargestellt in Risikokarten.

Über alle drei Stufen werden dabei systematisch Gefahrenpotential und Wertpotential einander gegenübergestellt und die möglichen Folgen mit den entsprechenden Eintretenswahrscheinlichkeiten abgeschätzt. Die ersten Arbeiten einer risikoorientierten Analyse von Naturgefahren gehen auf *Troxler et al.* (1989) zurück, welche eine Sicherheitsplanung für ein ausgewähltes Beispiel der Gotthard-Nordrampe ausführten. Die Autoren setzten sich auch mit der Risikobewertung auseinander und erwähnen ausdrücklich, dass das akzeptierbare Risiko jenem Risikowert entspricht, der im normativen Sinn für zumutbar erklärt wird. Diese normative Festsetzung sollte im Rahmen eines gesellschaftspolitischen Meinungsbildungsprozesses geschehen. Ein offenes Problem ist dabei die Frage, welche Rolle Experten und Laien bei der Risikobewertung übernehmen sollen. Die Auseinandersetzung, wie das Problem zu lösen ist, ist nicht abgeschlossen. Während die einen für «mehr Macht für die Vernunft – wider die rationale Jagd nach Restrisiken» plädieren (*Schuh*, 1996), fordern die anderen «die Klugheit der Laien – für eine friedliche Koexistenz von Verstand und Gefühl» (*von Randow*, 1996). Der Erfolg mit der Risikobewertung dürfte weniger in einem Entweder-Oder als in einem

«Sowohl-Als auch» zu suchen sein. Expertenschätzungen und Laienwahrnehmungen gemäss der einfachen Formel «Risiko ist als Funktion von Expertenschätzung und öffentlicher Empörung zu begreifen» (Aussage von Ortwin Renn, Akademie für Technologiefolgenabschätzung in Baden-Württemberg) könnte dabei den Weg weisen. Auf jeden Fall dürfte aus heutiger Sicht klar sein, dass der Umgang mit Naturgefahren nicht länger eine Domäne der Experten bleiben wird.

Verwaltungsstellen wünschen sich immer wieder, dass die Wissenschaft eine Bewertung der verschiedenen Naturrisiken vornimmt, um sie in Verwaltungsrichtlinien festzuschreiben. Die Festlegung des akzeptierbaren Risikos muss im Rahmen eines gesellschaftspolitischen Meinungsbildungsprozesses erfolgen, der einen Risikowert festlegt, der im normativen Sinn für zumutbar erklärt wird. Im Rahmen der Technologiefolgen-Abschätzungsforschung wurden Ansätze ermittelt, wie Wissenschaft und Politik zusammenarbeiten können, um gemeinsam entsprechende Grenzwerte herzuleiten. Aufgabe der Wissenschaft ist es dabei, den «objektivierbaren» Teil der Risikoanalyse nach allen Regeln der Kunst vorzubereiten, Handlungsszenarios zu entwerfen und die Resultate als Ganzes in geeigneter Art und Weise den politischen Instanzen zu kommunizieren. Dies soll dazu führen, dass bei diesen das Problembewusstsein geweckt wird, was zu einer Willensbildung, zur Entscheidungsfindung und schliesslich zur Problemlösung führt. Technische und politische Massnahmen zur Bewältigung der Problemsituation werden dabei gemeinsam evaluiert und konzeptionell optimiert.

### 4.3 Entwicklungsbedarf

Die Umsetzung des Risikomanagement-Konzeptes gemäss *Abbildung 5* setzt voraus, dass die wesentlichen Prozesse verstanden werden. Das Verständnis, wie die wichtigsten Naturgefahrenprozesse ablaufen, hat einen ansehnlichen Stand erreicht. Beim Wertpotential hingegen sind noch viele Fragen offen. Bei natürlichen und immateriellen Werten stellt sich das Problem, wie ihr Wert überhaupt quantifiziert werden kann. Eine ganz zentrale Frage ist, welcher Zusammenhang zwischen Intensität einer bestimmten Einwirkung und Schadengrad besteht. Dieser Zusammenhang wird mit Verletzlichkeit oder Schadenempfindlichkeit bezeichnet. *Abbildung 6* zeigt sogenannte mittlere Schadengrade (*MDR mean damage ratio*), welche die Schadenssumme in Prozenten des Gebäudewertes in Abhängigkeit verschiedener Einwirkungsstärken und unterschiedlicher Bauweisen (*Schraft et al., 1993*) angeben. Eine detaillierte Analyse der Schäden im Nachgang von Schadereignissen ermöglichte es, derartige Zusammenhänge zu quantifizieren. Die Kenntnis der Schadenempfindlichkeit für verschiedene Gefahrenarten ist auch eine Voraussetzung, um optimale Massnahmenkonzepte herzuleiten.

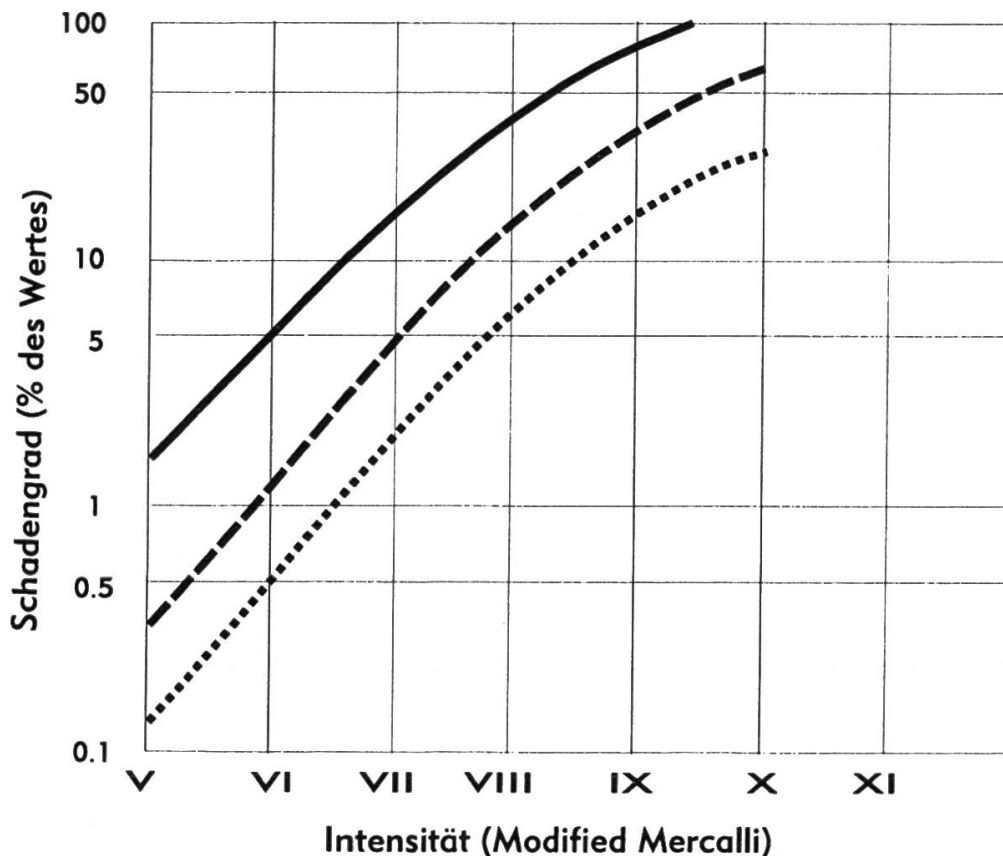


Abbildung 6. Schadenempfindlichkeit von Gebäuden in Abhängigkeit der Erdbebenintensität (nach Schraft et al., 1993). Der mittlere Schadegrad ist definiert als Schadenssumme in Prozenten des Gebäudewertes.

Natürliche Systeme besitzen eine bestimmte Regenerationsfähigkeit. Technische Lösungen zur Risikoverminderung müssen vermehrt versuchen, das Konzept der Regenerationsfähigkeit in ihr Handeln zu integrieren. Im Unwetter 1987 im Kanton Uri wurden verschiedene Hochwasserschutzanlagen zerstört. Überströmungssicher gebaute Dämme sind ein Beispiel, wie auch künstliche Systeme eine gewisse Regenerationsfähigkeit besitzen können.

## 5. Folgerungen

Der vorliegende Beitrag ging vom Paradigmenwechsel «Von der Gefahr zum Risiko – ein Kulturwandel» aus und versuchte, die Begriffe zu klären, mögliche Ursachen für die zunehmenden Schäden zu analysieren und das Risikomanagement-Konzept zu operationalisieren.

Schäden und Risiken entstehen erst, wenn eine physikalische Einwirkung auf einen Wert trifft und diesen verletzt. Das Risikokonzept ermöglicht es, diese Grundzusammenhänge zu quantifizieren und damit die Naturgefahren als eine unter vielen Bedrohungen anzusehen, welche einander gegenseitig beeinflussen. Die Ergebnisse aus dem nationalen Forschungsprogramm 31 las-

sen eine Zunahme der gefährlichen Naturereignisse nicht eindeutig belegen. Die Zunahme der naturgefahrenbedingten Schäden kann somit nur in der Wechselwirkung «Einwirkung durch natürliche Ereignisse auf höhere Wertedichten» erklärt werden. Daraus darf jedoch nicht geschlossen werden, dass die gefährlichen Naturereignisse infolge der schleichenden Klimaänderungen in Zukunft nicht zunehmen können. Für die Analyse von Naturrisiken liegt in der Zwischenzeit ein Gesamtkonzept vor (*Heinimann et al.*, 1998; *Borter*, 1998). Das Verständnis für den Umgang mit dem Gefahrenpotential ist bereits weit entwickelt, während das Verständnis über das Verhalten des Schadenpotentials noch wenig entwickelt ist. Insbesondere die Schadenempfindlichkeit verschiedener Wertobjekte in Abhängigkeit unterschiedlicher Einwirkungen ist höchstens in Ansätzen bekannt. Die Bewertung der Risiken, d.h. die Beantwortung der Fragen «was darf passieren?» und «wie sicher ist sicher genug?» ist nicht alleine eine Sache der Experten. Die Erfahrungen mit Technologiefolgenabschätzung haben gezeigt, dass das akzeptierbare Risiko im Rahmen eines gesellschaftspolitischen Meinungsbildungsprozesses erarbeitet werden muss. Dabei haben wissenschaftliche Experten und politische Gremien und Institutionen gemeinsam Verantwortung zu übernehmen und angemessene Lösungen zu suchen, die auch vom Kosten-Nutzen-Verhältnis her vertretbar sind. Der Wandel «von der Gefahrenabwehr zur Risikokultur» wird auch in anderen Gebieten der Welt vollzogen. Der Chef der weltweit wichtigsten Katastrophenbewältigungsorganisation, der FEMA, Federal Emergency Management Agency, der USA, Lee Witt, stellte sich in einem Kommuniqué Ende 1997 klar hinter die Idee einer risikobasierten Betrachtung von Naturereignissen. Er sagte: «We have to change the way America deals with disasters. We can no longer keep paying time and time again for the raising cost of responding to disasters. We must take steps to protect our homes, our businesses, and our communities before floods, earthquakes, hurricanes, tornados, reek havoc on them. We are doing something that is unusual – and it shouldn't be. We are planning for a potential disaster before it happens.» Diese Aussage macht deutlich, dass wir im Umgang mit Naturgefahren die Katastrophenprävention intensivieren müssen, um ganzheitliche Massnahmenkonzepte zu entwickeln. Dies bedingt aber auch ein Verlassen der sektoriellen Betrachtungsweise, bei der verschiedene Berufsgruppen wie Wasserbauingenieure, Forstingenieure oder Geologen «ihre eigenen» Naturgefahren haben. Eine raumorientierte Betrachtungsweise wird hier weiter führen und macht ein Zusammengehen der verschiedenen Berufsgruppen unabdingbar.

#### *Literatur*

- Anonymus* (1996): Klimaentwicklung und Naturkatastrophen im Alpengebiet: Signale des Treibhauseffekts? NFP 31, Info 8, S. 9.  
*Beroggi, G.E.; Kröger, W.* (1993): Risikoanalyse technischer System. Schweiz. Ingenieur und Architekt, 111, 47: 877–883.



- Bohnenblust, H.; Troxler, C.* (1986): Risk analysis – Is it a useful tool for the politician in making decisions on avalanche safety? In: Proceedings of the Davos Symposium on Avalanche Formation, Movements and Effects. IAHS Publ. 162: 653–663.
- Borter, P.* (1998): Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren – eine Praxishilfe für Forstprojekte. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern. In Vorbereitung.
- Brauner, Chr.* (1993): Die Risiko-Selbstregelung ist aus dem Ruder gelaufen. Schadenstatistik 1992 der Schweizerischen Rückversicherung: Höchste Zeit, der Abstumpfung entgegenzuwirken. Die Weltwoche, 21: 63.
- Heinimann, H.R.* (1995): Naturgefahren aus forstlicher Sicht – Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft. Schweiz. Z. Forstwes., 146, 9: 675–686.
- Heinimann, H.R. et al.* (1998): Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren. Eine risikoorientierte Betrachtungsweise. Umwelt-Materialien Nr. 85. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 255 S.
- Hollenstein, K.* (1997): Analyse, Bewertung und Management von Naturrisiken. vdf Hochschulverlag an der ETH. Zürich. 220 S.
- Kaplan, S; Garrick, B.J.* (1981): On the Quantitative Definition of Risk. Risk Analysis, 1,1: 11–27.
- Kumamoto, H.; Henley, E.J.* (1996): Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists (2nd ed.). IEEE Press. Piscataway NJ. 597 p.
- Pfister, Chr.* (in Vorbereitung): Raum-zeitliche Rekonstruktion von Witterungsanomalien und Naturkatastrophen 1496–1995.
- Schiesser, H.H. et al.* (1997): Klimatologie der Stürme und Sturmsysteme anhand von Radar- und Schadendaten. Schlussbericht NFP 31, vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich, 132 S.
- Schraft, A.; Durand, E.; Hausmann, P.* (1993): Stürme über Europa – Schäden und Szenarien. Schweizer Rück. Zürich. 28 S.
- Schuh, H.* (1996): Mehr Macht für die Vernunft. Wider die irrationale Jagd nach Restrisiken. Die Zeit, 13.09.96.
- Tiedemann, H.* (1988): Berge, Wasser, Katastrophen. Schweizer Rück. Zürich. 85 S.
- Troxler, C.; Guenter, R.; Bohnenblust, H.* (1989): Schutz vor Naturgefahren. Schweiz. Ingenieur und Architekt, 107, 39.
- Vischer, D.* (1997): Naturgefahren in der Schweiz. Schweiz. Ingenieur und Architekt, 115, 47: 964–967.
- Von Randow, G.* (1996): Die Klugheit der Laien. Für eine friedliche Koexistenz von Verstand und Gefühl. Die Zeit, 13.09.96.

## **Zusammenfassung**

Schadenstatistiken der Rückversicherungsanstalten belegen, dass die naturbedingten Schäden seit 1987 massiv zunehmen. Trotz zunehmender finanzieller Mittel, die für die Gefahrenabwehr eingesetzt wurden, gelang es nicht, die naturgefahrenbedingten Schäden zu verringern. Vor diesem Hintergrund findet ein Paradigmenwechsel im Umgang mit Naturgefahren statt, der mit dem Leitsatz «Von der Gefahr zum Risiko, ein Kulturwandel» umschrieben wird. Es stellt sich die Frage, was ein risikoorientierter Umgang mit Naturgefahren bedeutet.

Der vorliegende Beitrag klärt die Begriffe «Risiko und Sicherheit», analysiert mögliche Ursachen für die Zunahme der Schäden und entwirft ein Konzept für einen risikobasierten Umgang mit Naturgefahren. Risiko bedeutet: möglicher Schaden multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit seines Eintretens. Die Quantifizierung von Risiko ist mit einigen Schwierigkeiten verbunden, vor allem bei der Gefährdung immaterieller und ideeller Werte sowie bei sehr seltenen Ereignissen, die einen enorm hohen Schaden erwarten lassen. Die Zunahme der naturgefahrenbedingten



Schäden lässt sich mit einem Risikomodell erklären. Hauptursache dürfte vor allem die Zunahme der Werteaggregation in unseren dicht besiedelten Räumen sein, was nicht heisst, dass in Zukunft auch eine Zunahme der Naturereignisse eintreten wird. Das Hauptproblem im Umgang mit Naturrisiken liegt in der Risikobewertung, die die Frage «wie sicher ist sicher genug?» beantworten muss. Die Suche nach dem akzeptierbaren Risiko muss in einem gesellschaftspolitischen Prozess erfolgen, indem Experten und die Politik intensiv zusammenarbeiten. Für den Umgang mit forstlichen Naturgefahren liegen Konzepte und Methoden vor, wie Gefahren analysiert und das Risiko quantifiziert werden sollen. Damit sind die Grundlagen geschaffen, um die Katastrophenprävention zu intensivieren. Ganzheitliche Massnahmenkonzepte sind nötig, um Risiken raumorientiert zu managen, was eine vermehrte Zusammenarbeit zwischen Forstfachleuten, Wasserbaufachleuten und Geologen bedingt.

## Résumé

### Le traitement des risques naturels du point de vue de la science

La statistique des dommages des instituts de réassurance montre une augmentation importante depuis 1987 des dégâts causés par des catastrophes naturelles. Malgré les moyens financiers qui ont été mis à disposition pour la lutte contre les dangers naturels, il n'a pas été possible de réduire les dégâts. Etant donné ces faits, un changement de paradigme se manifeste dans le traitement des risques naturels. Ce paradigme est précisé par la maxime: «Du danger au risque – une culture nouvelle». La question concrète dans le contact avec les dangers naturels est de savoir quel risque est accepté par la société.

Cet article explique les termes «risque et sécurité», analyse les causes probables de l'accroissement des dommages et présente un concept basé sur le risque dans le domaine des dangers naturels. Le risque est le dommage possible multiplié par la probabilité qu'il intervienne réellement. La quantification d'un risque est liée à certaines difficultés, particulièrement dans le cas où des valeurs immatérielles et idéelles sont mises en danger et dans le cas de catastrophes rares causant des dommages importants. L'accroissement des dégâts dus aux dangers naturels peut être expliqué par un modèle de risque. La raison principale de cet accroissement peut être expliquée dans la concentration des valeurs dans les agglomérations. Cela cependant ne veut pas dire que dans l'avenir il y aura un nombre plus grand de catastrophes causées par la nature. Le problème essentiel dans le cas des dangers naturels est l'évaluation des risques. Cette évaluation doit répondre à la question: «Quel niveau de sécurité représente une sécurité suffisante?» L'acceptation d'un danger naturel par la société doit être le résultat d'une collaboration étroite entre les experts et la politique.

Pour l'analyse et la quantification des dangers naturels, il existent des concepts et des méthodes qui sont la base pour la prévention et la lutte contre les catastrophes naturelles. La prévention des risques naturels exige des mesures intégrales et par conséquent une collaboration intensive entre les spécialistes (ingénieurs forestiers, hydrologues et géologues).

Traduction: *Rosmarie Kottusch*

## Summary

### Dealing with Natural Hazards from a Scientific Point of View

Damage statistics of reinsurance companies prove that damage caused by natural hazards has increased enormously since 1987. Although a growing amount of money is spent on the prevention of such damage, it has not yet been possible to reduce damage caused by natural hazards. It is on this background that the paradigm in dealing with natural hazards is changing and could be paraphrased: «From danger to risk – a cultural change». It now becomes necessary to define the risk-oriented approach towards natural hazards.

The present paper defines the terms «risk» and «safety», analyses possible causes for the increase of damage and outlines a concept for a risk-based approach towards natural hazards. Risk means: possible damage multiplied by the probability of its occurrence. Quantifying risks entails certain difficulties, particularly in the case of risk-exposure of immaterial and idealistic values as well as very rare events having an extremely high damage potential. The increase of damage through natural hazards can be explained by using a risk model. The main reason could be the increase of aggregate values in our densely populated areas. This does not necessarily mean that there will be an increase in natural events in the future. The main problem in dealing with natural hazards is the assessment of risks by having to answer the question «How safe is safe enough?» Trying to assess the acceptable risk is a sociopolitical process involving the intensive cooperation of experts and politicians. There exist concepts and methods for analysing dangers and quantifying risks. These concepts and methods form the basis for intensifying the prevention of disasters. Integral measures are necessary to manage risks in a site-oriented way, thus requiring increased cooperation between foresters, hydrologists and geologists. Translation: *Rosmarie Kottusch; Rosmarie Louis*

*Verfasser:*

Prof. Dr. Hans Rudolf Heinemann, Professur für forstliches Ingenieurwesen der ETH Zürich, CH-8092 Zürich.