

# KATARISK - Katastrophen und Notlagen in der Schweiz

eine Risikobeurteilung aus der Sicht des Bevölkerungsschutzes

## Erläuterung der Methode

1	Was KATARISK will.....	1
2	Vorgehen.....	2
2.1	Übersicht.....	2
2.2	Abgrenzung des untersuchten Gefährdungsspektrums.....	4
2.3	Vorgehen „Risikoanalyse“.....	4
2.4	Vorgehen „Risikobewertung“.....	7
3	Illustration des Vorgehens zur Risikoanalyse.....	9
3.1	Statistische Grundlagen.....	9
3.2	Beschreibung von Szenarien und quantitative Erfassung der Hochwassergefahr in der Schweiz.....	10
3.3	Extrapolation anhand Worst-Case-Szenarien.....	15
3.4	Berechnung des statistischen Schadenerwartungswertes von Hochwasser in der Schweiz.....	17
4	Festgelegte Grenzkosten.....	18
4.1	Grundidee.....	19
4.2	Übersicht über die festgelegten Grenzkosten.....	20
4.3	Grenzkosten für „ physisch geschädigte Personen“ (n1).....	21
4.4	Grenzkosten für „ Evakuierte“ (n2).....	22
4.5	Grenzkosten für „ Unterstützungsbedürftige“ (n3).....	22
4.6	Grenzkosten für „ geschädigte Lebensgrundlagen“ (n4).....	25
4.7	Grenzkosten für „ Sachschäden“ (n5).....	28
5	Berücksichtigung der Risikoaversion gegenüber Katastrophen und Notlagen.....	29
5.1	Modellierung der Risikoaversion mit Ereignisklassen.....	29
5.2	Berücksichtigte Aspekte.....	33
6	Glossar.....	35
6.1	Begriffe.....	35
6.2	Definition und Abgrenzung der untersuchten Gefahren.....	40
7	Einbezogene Fachstellen.....	42
8	Literatur und Internethinweise.....	43
8.1	Allgemeine Literatur und Internethinweise.....	43
8.2	Publikationen zu den Ergebnissen.....	43
8.3	Literaturhinweise zur Risikobewertung.....	44
8.4	Literaturhinweise zur Risikoanalyse von Hochwasser.....	47

## 1 Was KATARISK will

Welche Katastrophen und Notlagen sind für wen wie relevant?

KATARISK stellt die Bedeutung von Katastrophen und Notlagen für die lokal, regional-kantonal und interkantonal-national zuständigen Stellen in der Schweiz dar. Entsprechend werden alle Gefahren, die das Potential für Katastrophen und Notlagen besitzen, systematisch beschrieben, analysiert und einheitlich bewertet. Gewalt unterhalb der Kriegsschwelle (z.B. Terrorismus) und bewaffnete Konflikte sind in KATARISK nicht berücksichtigt.

KATANOS, 1995 als Grundlage

Das Bundesamt für Zivilschutz (BZS) hat entsprechende Ergebnisse erstmals 1995 in „KATANOS, Katastrophen und Notlagen in der Schweiz, eine vergleichende Übersicht“ veröffentlicht [BZS 1995]. Dieser Bericht fasst die Ergebnisse zuhanden der Behörden und den für Katastrophen und Notlagen zuständigen Stellen zusammen. Die Ergebnisse von KATANOS wurden in den Jahren 1995–2000 für verschiedene Planungen weiterentwickelt. Die Ergebnisse sind in folgende Planungsgrundlagen eingeflossen:

- KATACHECK – ein EDV-gestütztes Instrument zur Überprüfung der Katastrophen- und Nothilfe, Bundesamt für Zivilschutz 2000.
- Gefährdungsannahmen für den Bevölkerungsschutz, Projektorganisation Bevölkerungsschutz 2000.
- PLANAT – Von der Gefahrenabwehr zur Risikokultur, PLANAT, die nationale Plattform Naturgefahren stellt sich vor, Bern 2000
- PLANAT – Massnahmenkonzept „Erdbeben“, mögliche Massnahmen des Bundes im Kontext der bestehenden gesetzlichen Rahmenbedingungen, Bern, September 1999

*Auslöser für KATARISK:  
Überarbeitung, Aktualisierung  
und Ergänzung mit Blick auf den  
Bevölkerungsschutz in der  
Schweiz*

Im Hinblick auf das Verbundsystem Bevölkerungsschutz [BZG 2002] ist diese vergleichende Übersicht über die Katastrophen und Notlagen in der Schweiz (KATANOS, 1995) überarbeitet, aktualisiert und ergänzt worden. Insbesondere sind mit Blick auf die lokale Ebene die **Alltagsereignisse** sowie die Erfahrungen aus grösseren Ereignissen der vergangenen Jahre mit einbezogen worden.

Nachvollziehbare  
Auseinandersetzung mit dem  
Risiko fördern

Mit KATARISK soll im weiteren die Auseinandersetzung mit den Ergebnissen einer Risikobeurteilung gefördert werden. Daher werden detaillierte Ergebnisse und Grundlagen veröffentlicht. Gleichzeitig wurde die Gelegenheit genutzt, verschiedene Begriffe dem aktuellen Stand anzupassen. Alle Informationen sind abrufbar unter [www.bevoelkerungsschutz.ch](http://www.bevoelkerungsschutz.ch).

Sensibilisierung der Verantwortlichen

KATARISK soll die Verantwortlichen für die Vorbeugung und die Bewältigung von Schäden infolge von Katastrophen und Notlagen auf allen Ebenen (Bund, Kantone, Regionen und Gemeinden) und in allen Bereichen (Prävention, Vorsorge, Einsatz, usw.) für die Bedeutung von Risiken sensibilisieren. Die Anstrengungen zur Risikoverminderung sollen nachhaltig auf die relevanten Gefährdungen ausgerichtet werden können.

Risikoorientierte Planungsgrundlagen für den Bevölkerungsschutz in der Schweiz

Mit KATARISK stellt der Bund risikoorientierte Planungsgrundlagen für Katastrophen und Notlagen zur Verfügung, indem die Bedeutung der Risiken für die verschiedenen Ebenen lokal, regional-kantonal und interkantonal-national aus einer gesamtheitlichen Sicht aufgezeigt werden. Damit besteht ein Rahmen für die gemeinsame Planung und Absprache zwischen den Ebenen des Bevölkerungsschutzes. Die Ausrichtung des lokalen und regional-kantonalen Bevölkerungsschutzes muss sich auf Ergebnisse einer konkreten gebietspezifischen Risikobeurteilung stützen.

## 2 Vorgehen

### 2.1 Übersicht

Risikoanalyse und ...

Die Gefahren, die das Potential für Katastrophen und Notlagen in der Schweiz besitzen, werden wie folgt analysiert (vgl. Abbildung 1):

- ① Daten aus vergangenen Ereignissen auswerten und auf die heutige Situation übertragen
- ② stellvertretende Szenarien festlegen und quantitativ bezüglich ihrer Häufigkeit und des erwarteten Schadenausmasses anhand von definierten Indikatoren beschreiben
- ③ kumulative<sup>1)</sup> Darstellung der Szenarien im Häufigkeit-Ausmass-Diagramm und Bildung der vollständigen Summenkurve für jeden Schadenindikator (Extrapolation)
- ④ berechnen der jährlichen statistischen Schadenerwartungswerte aus der Summenkurve für jeden Schadenindikator (Fläche unter der Summenkurve).

... Risikobewertung ...

In einem zweiten Schritt werden die statistischen Schadenerwartungswerte wie folgt bewertet (vgl. Abbildung 1):

- ⑤ monetarisieren der erwarteten Schäden mit den Grenzkosten pro Schadenindikator: **monetarisierte Risiken ohne Aversion**
- ⑥ systematisches Berücksichtigen der Risikoaversion gegenüber Katastrophen und Notlagen: **monetarisierte Risiken mit Aversion**.

---

1) Kumulation der Eintretenshäufigkeit, aufsteigend mit grösser werdenden Eintretenshäufigkeiten.

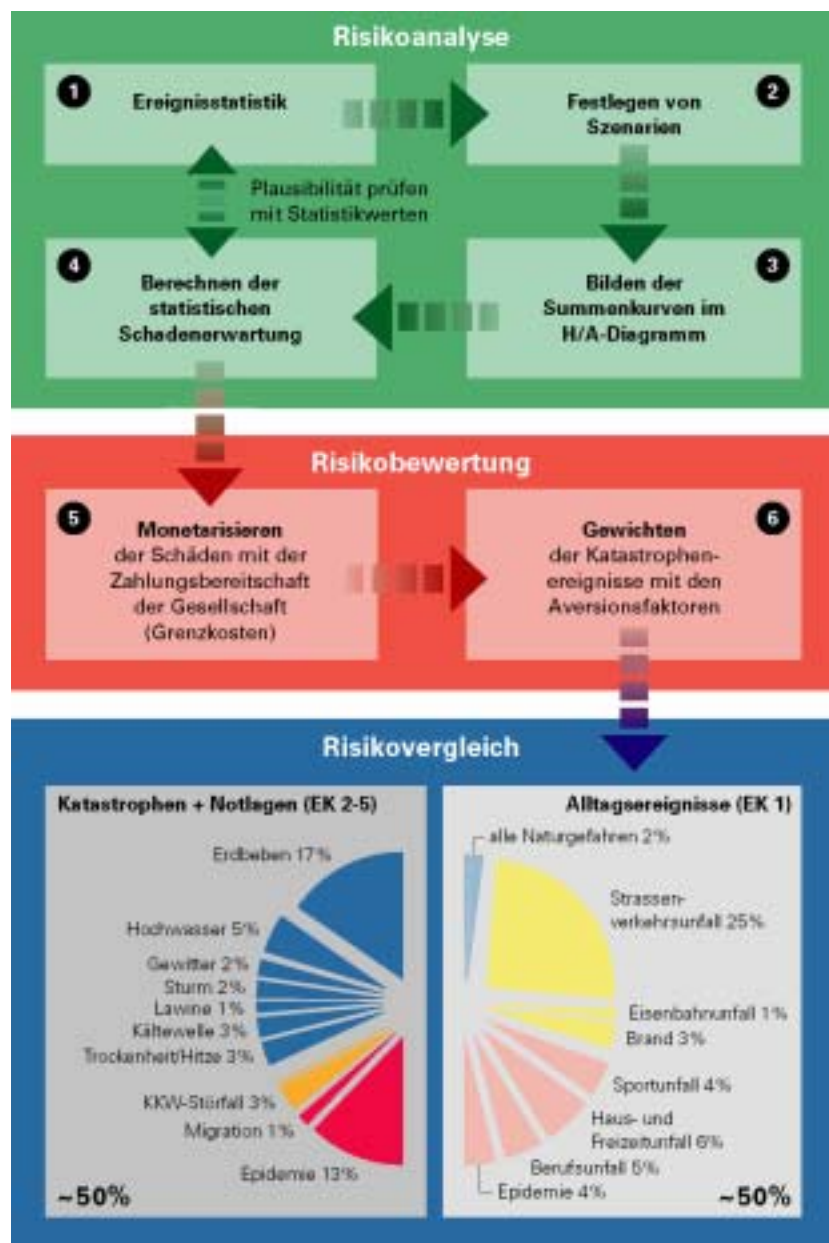
... gewähren eine ganzheitliche Vergleichbarkeit

Die monetarisierten Risiken für die verschiedenen Gefahren sind direkt miteinander vergleichbar. Damit kann für jede Gefahr deren Stellenwert für die Schweiz differenziert und quantitativ angegeben werden.

Vorgehen und Resultate sind separat dokumentiert

Die detaillierten Ergebnisse – getrennt nach Risikoanalyse und Risikobewertung – sind in separaten Dokumenten unter den Rubriken „Risikoanalyse“ und „Risikobewertung“ zusammengestellt. Im vorliegenden Dokument wird die Methode beschrieben, eine Illustration der Risikoanalyse am Beispiel Hochwasser gegeben und die Festlegungen der Bewertungsgrößen „Grenzkosten“ und „Risikoaversionsfaktoren“ dokumentiert.

Abbildung 1: Übersicht über das Vorgehen



## 2.2 Abgrenzung des untersuchten Gefährdungsspektrums

Abgrenzungskriterium:  
Handlungsbedarf für den  
Bevölkerungsschutz

Es wurden relevante Gefahren untersucht, die einen Handlungsbedarf für das Verbundsystem Bevölkerungsschutz auslösen können (vgl. Tabelle 1). Nicht untersucht wurden Gefahren infolge Ausfälle technischer Systeme, sofern sie nicht durch Naturgefahren ausgelöst werden, sowie wirtschaftliche Entwicklungen, Kriminalität, Umweltverschmutzung, Klimaveränderung, Insektenplage, Tierseuchen, Vulkanismus, Gewalt unterhalb der Kriegsschwelle (z.B. Terrorismus) und bewaffnete Konflikte.

Tabelle 1:  
untersuchte Gefahren

Naturgefahren	Zivilisationsbedingte Gefahren	
	Technische Gefahren	Gesellschaftliche Gefahren
– Erdbeben	– Strassenverkehrsunfall*	– Sportunfall*
– Geologische Massenbewegung	– Flugunfall	– Haus- und Freizeitunfall*
– Hochwasser	– Eisenbahnunfall	– Berufsunfall*
– Gewitter	– Brand	– Migration
– Sturm	– Notfall bei Stauanlagen	– Epidemie
– Lawine	– Chemischer Störfall	
– Kältewelle	– KKW-Störfall	
– Trockenheit/Hitze		
– Waldbrand		
– Meteorit		

\* Für diese Gefahren sind statistische Schadenerwartungswerte für „Alltagsereignisse“ (Ereignisklasse 1) aufgrund von Statistiken aufbereitet worden. Sie wurden nicht gemäss dem in Kapitel 2.3 beschriebenen Vorgehen einer Risikoanalyse bearbeitet. Die Risikobewertung wurde allerdings gemäss dem Vorgehen, das in Kap. 2.4 beschrieben ist, vorgenommen.

## 2.3 Vorgehen „Risikoanalyse“

Systematische Aufbereitung des  
vorhandenen Wissens

Für die Risikoanalyse wurden die jeweils zuständigen schweizerischen Fachstellen einbezogen (vgl. Kap. 7). Sie stellten 1995 für KATANOS umfangreiche Daten zur Verfügung und leisteten die inhaltliche Qualitätssicherung. Diese Daten wurden für die vorliegende Risikobeurteilung spezifisch, aufgrund der jüngsten Ereignisse und der neusten Erkenntnisse, ergänzt. Die Ergebnisse wurden wiederum von den Fachstellen überprüft.

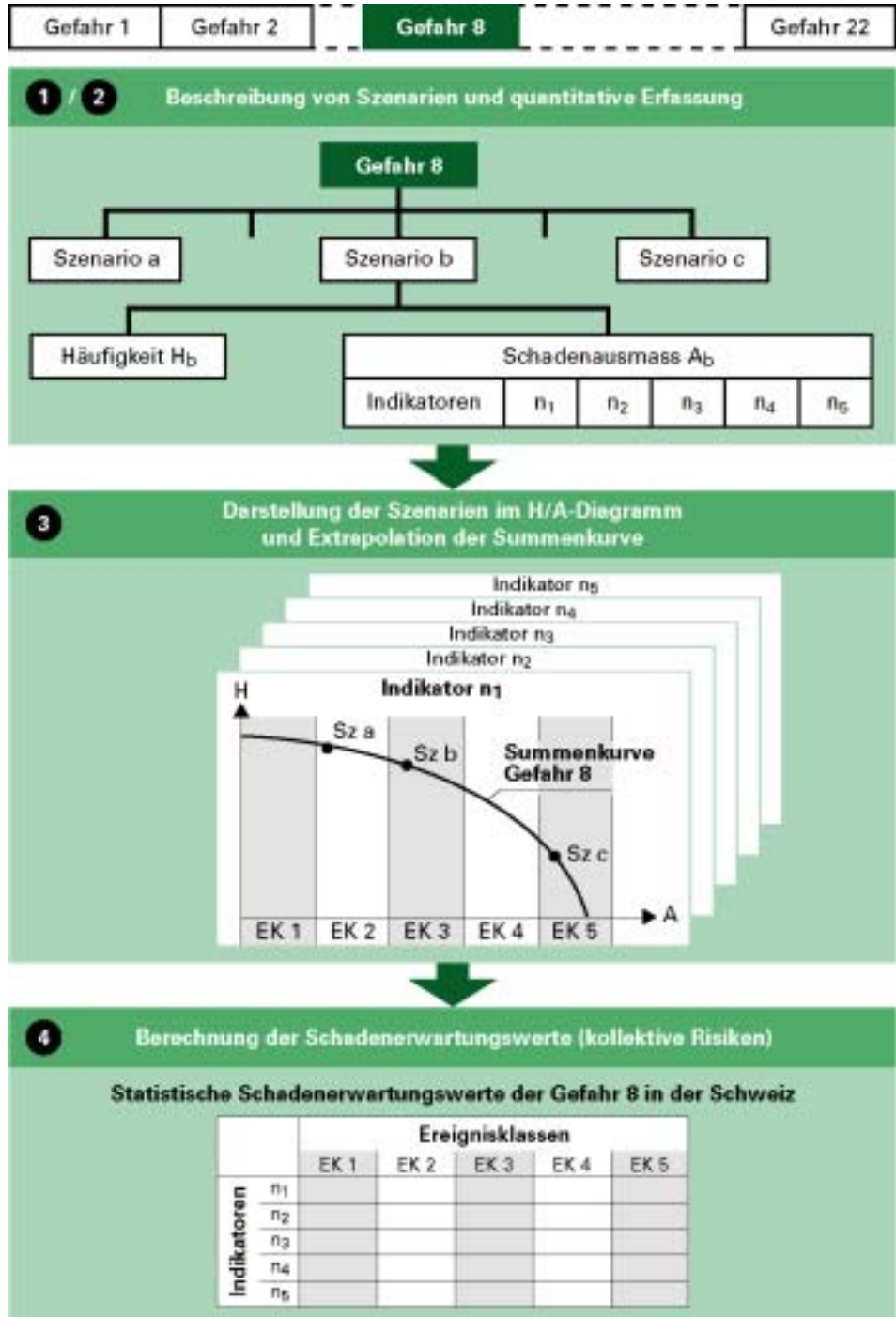
Drei Teile

Die Risikoanalyse setzt sich aus folgenden drei Teilen zusammen (vgl. Abbildung 2):

Abbildung 2: Übersicht über das Vorgehen zur Risikoanalyse

Legende:

- A: Schadenausmass
- H: Häufigkeit
- EK: Ereignisklasse
- n: Indikator:
- n1: Physisch Geschädigte
- n2: Evakuierte
- n3: Unterstützungsbedürftige
- n4: geschädigte Lebensgrundlagen
- n5: Sachschäden
- Sz.: Szenario



1./2. Beschreibung von Szenarien  
und quantitative Erfassung

Pro Gefahr wurden stellvertretende Szenarien festgelegt und bezüglich ihrer Häufigkeit und des erwarteten Schadenausmasses beschrieben. Dazu wurden vorhandene Grundlagen (Statistik, Gefahrenanalysen usw.) ausgewertet. Das Schadenausmass wurde mit folgenden Schadenindikatoren erfasst:

- $n_1$ : Anzahl Physisch Geschädigte (Todesopfer, Verletzte, Kranke)
- $n_2$ : Anzahl Evakuierte (horizontal und vertikal)
- $n_3$ : Anzahl Unterstützungsbedürftige (Obdachlose, Pflegebedürftige)
- $n_4$ : km<sup>2</sup> Geschädigte Lebensgrundlagen
- $n_5$ : Sachschäden in CHF (Wiederherstellungskosten)

Die Schadenindikatoren wurden so definiert, dass sie den Handlungsbedarf für den Bevölkerungsschutz möglichst gut wiedergeben.

3. Summenkurven im H/A-  
Diagramm und Extrapolation

Für jede Gefahr wurden anhand der Szenarien Summenkurven im Häufigkeit-Ausmass-Diagramm hergeleitet. Die Summenkurven geben an, mit welcher Häufigkeit bzw. Wahrscheinlichkeit ein bestimmtes Schadenausmass in der Schweiz überschritten wird. Mit Hilfe von Überlegungen zum schlimmst möglichen Fall (worst case) wurden die Summenkurven extrapoliert. Damit umfassen sie das gesamte mögliche Schadenspektrum.

4. Berechnung der  
Schadenerwartungswerte  
(kollektive Risiken) je  
Schadenindikator und je  
Ereignisklasse (EK)

Die Fläche unter der Summenkurve ergibt den langfristig statistischen Schadenerwartungswert pro Jahr für jeden Schadenindikator (kollektives Risiko). Die Berechnung erfolgte für jeden Schadenindikator differenziert nach fünf definierten Ereignisklassen (vgl. Abbildung 3). Alle Ereignisse, die Schäden in der Grösse der Ereignisklasse 1 (EK 1) verursachen, gehören zu den Risiken infolge Alltagsereignissen. Ereignisse, die grössere Schäden verursachen, gelten als Katastrophen oder Notlagen. Diese umfassen vier Ereignisklassen (EK 2 bis EK 5).

**Ereignisklasse 1 (EK 1):** Alltagsereignisse

**Ereignisklasse 2 (EK 2):** lokale Katastrophe oder Notlage

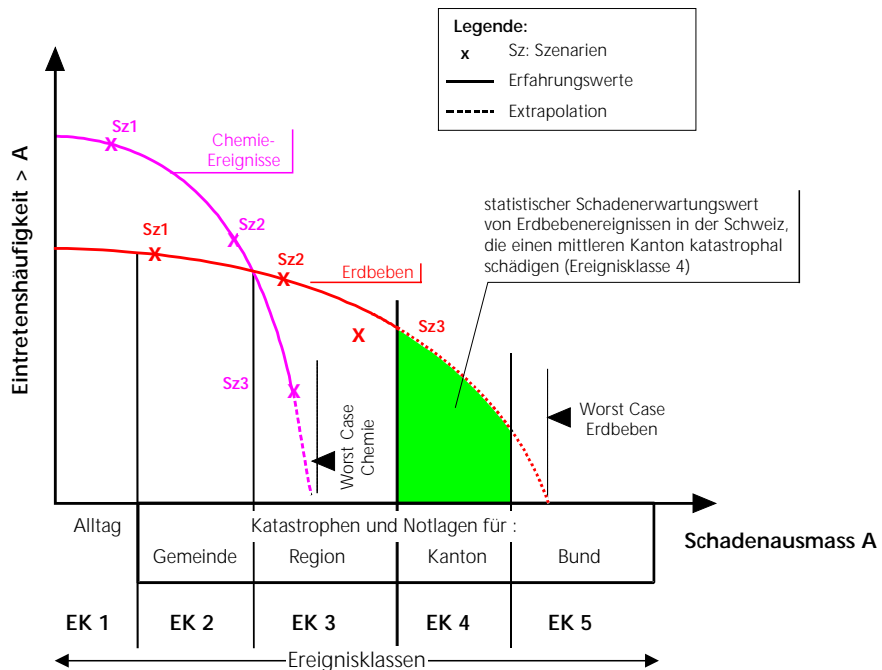
**Ereignisklasse 3 (EK 3):** regionale Katastrophe oder Notlage

**Ereignisklasse 4 (EK 4):** überregionale Katastrophe oder Notlage

**Ereignisklasse 5 (EK 5):** nationale Katastrophe oder Notlage

Detaillierte Definitionen der Ereignisklassen befinden sich im Kapitel 5 (Berücksichtigung der Risikoaversion).

Abbildung 3:  
Herleitung der Summenkurven  
und Berechnung der statistischen  
Schadenerwartungswerte nach  
definierten Ereignisklassen (EK)



statistischer Schadenerwartungswert (kollektives Risiko) zwischen Ausmass  $A_j$  und  $A_{j+1}$  für den Indikator  $n_i$

$$R_{i0} = \frac{A_{j+1}}{H_{j+1}^a (a+1)} (H_j^{a+1} - H_{j+1}^{a+1}) \quad \text{mit } a: \frac{\log A_{j+1} - \log A_j}{\log H_{j+1} - \log H_j}$$

A: Schadenausmass  
 H: kumulierte Häufigkeit zu A  
 j: Index für bestimmtes Ausmass A  
 i: Index für Indikator n

## 2.4 Vorgehen „Risikobewertung“

Risikobewertung aus Sicht der  
Katastrophen- und Nothilfe

Die Risikobewertung umfasst die zwei Elemente „Monetarisierung mit den Grenzkosten“ und „Gewichtung mit der Risikoaversion“ (vgl. Abbildung 4). Entsprechend wurden die Zahlungsbereitschaft der Gesellschaft zur Verhinderung von Schäden (sogenannte Grenzkosten) sowie eine Risikoaversion gegenüber Katastrophen und Notlagen berücksichtigt. Beide Elemente sind Wertungsfragen. Die hier festgelegten Werte gelten nur für die Schweiz und dort ausschliesslich aus dem Blickwinkel der Katastrophen- und Nothilfe (Bevölkerungsschutz). Das Festlegen der Grenzkosten und der Risikoaversionsfaktoren für die vorliegend vergleichende Übersicht sind in Kapitel 5 dokumentiert.





6. Unter Berücksichtigung der Risikoaversion gegenüber Katastrophen und Notlagen entstehen die monetarisierten Risiken mit Aversion

Zur Berücksichtigung der Risikoaversion gegenüber Katastrophen und Notlagen wurden Risikoaversionsfaktoren eingeführt, die mit steigender Ereignisklasse grössere Werte annehmen. Auf diese Weise wurde die Risikoaversion zwar pragmatisch, aber systematisch berücksichtigt (vgl. Abbildung 4). Während das Phänomen der Risikoaversion an sich unbestritten ist, geschieht dessen praktische Handhabung allerdings noch weitgehend unsystematisch und heterogen. Der Handlungsbedarf bezüglich eines einheitlicheren Umgangs mit der Risikoaversion ist erkannt und eine vertiefte Untersuchung ausgelöst worden [vgl. dazu PLANAT 2000]. Das Risiko mit Berücksichtigung der Aversion wird als „monetarisiertes Risiko mit Aversion“ bezeichnet (vgl. Abbildung 4). Diese Risiken sind in einem ganzheitlichen Sinne direkt miteinander vergleichbar. Sie werden wie folgt berechnet:

Formel zur Berechnung des monetarisierten Risikos mit Aversion

$$R_{m, m.A.} = \sum_{j=1}^{j=5} \left( \sum_{i=1}^{i=5} (R_{jio} \cdot GK_i) \cdot \Phi_j \right); \quad \begin{array}{l} i: \text{Indikatoren } (n_1 - n_5) \\ j: \text{Ereignisklassen (EK 1 - EK 5)} \end{array}$$

statistischer Schadenerwartungswert für Ereignisklasse j, Indikator  $n_j$  (vgl. Kap. 2.3: Vorgehen Risikoanalyse)  
 Grenzkosten für Indikator  $n_i$   
 Aversionsfaktor für EK j  
 Monetarisiertes Risiko ohne Aversion (Mio CHF/J)  
 Monetarisiertes Risiko mit Aversion (Mio CHF/J)

### 3 Illustration des Vorgehens zur Risikoanalyse

Illustration der Herleitung, Ergebnisse für alle Gefahren in Rubrik Risikoanalyse

Das Vorgehen für die Risikoanalyse wird im Folgenden am Beispiel der Hochwassergefahr in der Schweiz illustriert. Das Vorgehen wurde für alle in KATARISK untersuchte Gefahren analog durchgeführt. Die Ergebnisse für alle Gefahren sind in den Dokumenten unter der Rubrik „Ergebnisse der Risikoanalyse“ zusammengestellt.

#### 3.1 Statistische Grundlagen

Hochwasser in der Schweiz 1972-2001

Zwischen 1972 und 2001 wurden in der Schweiz 1386 Unwetterereignisse<sup>2)</sup> registriert. Davon wurden 75 Prozent (1034 Ereignisse) als leicht, 15 Prozent (207) als mittelschwer und 10 Prozent (134) als schwer eingestuft [vgl. RÖTHLISBERGER 1998; UNWETTERSCHÄDEN 1997-2001].

Personenschäden 1972-2001

Bei diesen Unwetterereignissen starben insgesamt 103 Personen (Personenschäden). Wegen der 21 Todesopfer im Saxetenbach von 1999 und der

2) Als ein Unwetterereignis werden alle Schadenfälle bezeichnet, die durch Niederschläge der gleichen Wetterlage verursacht werden.

16 Todesopfer in Gondo, 2000, ist diese Bilanz in den letzten Jahren stark angestiegen. Im Durchschnitt kamen in den letzten 30 Jahren vier Personen im Jahr infolge von Hochwasser ums Leben (Tabelle 2). Ohne die erwähnten Ereignisse von 1999 und 2000 sind es noch die Hälfte, d.h. es kamen noch zwei Personen im Jahr infolge von Hochwasser ums Leben (Tabelle 2)<sup>3)</sup>.

Schadenssumme 1972-2001

Die geschätzte Schadenssumme belief sich in den Jahren 1972 bis 2001 auf über 12 Mrd. CHF nach heutigem Geldwert<sup>4)</sup> [RÖTHLISBERGER 1998; UNWETTERSCHÄDEN 1997 - 2001]. Ohne Extremschadenereignis muss im Mittel in der Schweiz mit schätzungsweise 200 Mio. CHF Sachschaden pro Jahr<sup>5)</sup> durch Hochwasserereignisse gerechnet werden (Tabelle 2).

Tabelle 2:  
Hochwasserereignisse und -schäden in der Zeitperiode von 1972 bis 2001

	Anzahl Hochwasserereignisse	Todesopfer	Geschätzte Schadenssumme (Mio. CHF, Preisindex 2001)
Total (1972-2001)	1386	103	11'600
Mittelwert pro Jahr mit den Extremschadenjahren 78, 87, 93, 99, 2000	48	4	400
Mittelwert pro Jahr ohne die Extremschadenjahre 78, 87, 93, 99, 2000		2	220

Extreme Schadenwirkungen

Die Abschätzung extremer Schadenwirkungen infolge von Hochwasserereignissen – wie beispielsweise radioaktive Verstrahlung – wird auf Untersuchungen der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen abgestützt [BEW 1991]. Die Beschädigung des Reaktorkerns in einem KKW infolge eines Hochwasserereignisses (externe Überflutung) wird pro Reaktor auf  $4 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr geschätzt<sup>6)</sup> [BEW 1991]. Bei einem von zehn Kernschadenfällen muss mit einer Freisetzung radioaktiver Stoffe gerechnet werden.

### 3.2 Beschreibung von Szenarien und quantitative Erfassung der Hochwassergefahr in der Schweiz

Ableitung von Szenarien aus der Vergangenheit

Die Szenarien widerspiegeln die Vergangenheit und beruhen entsprechend auf den statistischen Grundlagen. Für katastrophale Ereignisse werden Beobachtungen bis ins 12. Jahrhundert einbezogen [RÖTHLISBERGER 1991; UNWETTERSCHÄDEN 1992 – 2001].

- 
- 3) Die Zahl der Verletzten wird in den Statistiken nicht ausgewiesen.
  - 4) Hochrechnung mittels Barwertmethode (Zinssatz: 5%); in diesen Kosten sind die Folgeschäden und die ideellen Kosten nicht inbegriffen.
  - 5) Zum Vergleich: Das Bruttoinlandprodukt der Schweiz betrug 2001 rund 415'000 Mio. CHF (Marktpreis).
  - 6) D.h. für die Schweiz: 5 KKW's zu  $4 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr =  $2 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr (0.000002 pro Jahr).

### Szenario a: Lokales Hochwasserereignis

Lokal begrenzt, schnelle  
Schadenbehebung

Das Hochwasserereignis betrifft ein lokal begrenztes Gebiet und verursacht Sachschäden, die relativ schnell wieder behoben werden können. Die Sachschäden belaufen sich auf bis zu 2 Mio. CHF.

Angenommene Mittelwerte:

- 1 Mio. CHF Sachschaden

Das Szenario a repräsentiert folgende Hochwasserereignisse:

Tabelle 3:  
Hochwasserereignisse Szenario a

Datum	Ort (Kt., Gde., Ort)	Schadenbeschreibung
19.8.98	GR, Davos	Unwetter beschädigt Bahnstrecke zwischen Davos und Filisur, Sachschaden von etwa 2 Mio. CHF
13.8.97	FR, Schwarzsee	Kurzes und heftiges Hagelgewitter verursachte das Anschwellen des Riggisalpaches; Schäden von etwa 2 Mio. CHF an 25 Gebäuden.
28.8.91	GL, Mühlehorn	Überflutung des Dorfes durch einen Wildbach infolge Gewitter am Firzstock.
April 89	ZH, Reppischtal	Hangrutschung infolge von Regenfällen, 20 a Wald zerstört, eine Schiessanlage gefährdet, Wiederherstellungskosten von schätzungsweise 1.25 Mio. CHF

Eintretenshäufigkeit des  
Szenarios a

Gemäss [RÖTHLISBERGER 1998; UNWETTERSCHÄDEN 1997 - 2001] sind 1241 Hochwasserereignisse im Zeitraum zwischen 1972 und 2001 der niedrigsten Ereignisklasse zuzuschreiben, d.h. es handelt sich dabei um Ereignisse mit leichten und mittelschweren Schäden (Sachschäden von unter 2 Mio. CHF). Für das Szenario a wird von einer mittleren Eintretenshäufigkeit in der Schweiz von etwa 43mal pro Jahr ausgegangen (1241 Ereignisse in 29 Jahren).

### Szenario b: Regionales Hochwasserereignis

Grössere Region betroffen

Das Hochwasserereignis betrifft eine grössere Region. Die Sachschäden belaufen sich auf eine Höhe von 2 bis 20 Mio. CHF. Lokal kann das Ereignis sehr schwere Schäden anrichten.

Angenommene Mittelwerte:

- 10 Mio. CHF Sachschaden

Das Szenario b repräsentiert folgende Hochwasserereignisse:

Tabelle 4:  
Hochwasserereignisse Szenario b

Datum	Ort (Kt., Gde., Ort)	Schadenbeschreibung
6.8.1997	Heftige Gewitter in BE und LU <sup>7)</sup>	Überschwemmungen von Strassen und Kellern; insgesamt 250 Häuser betroffen; geschätzter Gebäudeschaden 6 Mio. CHF; Landschaften, Wegreissen von Wasser- und Abwasserleitungen und Unterbruch der Bahnlinie.

7) Besonders betroffenen Gebiete: Saanenland, Gemeinde Willisau, Emmental.

Datum	Ort (Kt., Gde., Ort)	Schadenbeschreibung
24.7.1992	Unwetter rund um die Rigi <sup>8)</sup>	Keller und Strassen überschwemmt, Kanalisationen verstopft, Flurschäden, Schäden an den Rigi- bahnen, Schadenkosten von insgesamt rund 10 Mio. CHF.
28.6.1987	BE <sup>9)</sup>	Erdbeben infolge ergiebiger Niederschläge, 0.5 Mio. m <sup>3</sup> Erdmasse geriet in Bewegung, Zufahrtsstrasse nach Isenfluh für ca. 2 Jahre unterbrochen, Dorf von der Umwelt abgeschnitten und in seiner Existenzgrundlage gefährdet, geschätzte Kosten für die Erneuerung der Strasse von 3.2 Mio. CHF.
19.6.1986	Gewitter im Kanton Solothurn <sup>10)</sup>	Bachausbrüche, Rückstau in Kanalisationen, Dorfteile verwüstet, Sachschäden von rund 10 Mio. CHF.

Eintretenshäufigkeit des Szenarios b

Ausgehend von der Statistik über die Jahre 1900 bis 2001 beträgt die Eintretenshäufigkeit eines schweren regionalen Hochwasserereignisses (Sachschäden von 2 bis 20 Mio. CHF) in der Schweiz etwa einmal pro Jahr. Für das Szenario b wird daher von einer mittleren Eintretenshäufigkeit in der Schweiz von einmal pro Jahr ausgegangen.

### Szenario c: Überregionales Hochwasserereignis

Mehrere Gebiete betroffen

Ein Hochwasserereignis sucht mehrere Gebiete. – meist in verschiedenen Kantonen – heim. Es hat einzelne Todesopfer oder Verletzte zur Folge und Personen müssen evakuiert werden – wovon einige obdachlos werden. An einzelnen Orten wird Kulturland überschwemmt oder übermurt. Die Sachschäden belaufen sich auf 20 bis 100 Mio. CHF. Lokal können die Schäden sehr grosse Ausmasse annehmen.

Angenommene Mittelwerte:

- 3 physisch Geschädigte (Todesopfer, Verletzte)
- 25 Evakuierte
- 2 Obdachlose
- 1 km<sup>2</sup> geschädigtes Kulturland
- 60 Mio. CHF Sachschaden

Das Szenario c repräsentiert folgende Hochwasserereignisse:

Tabelle 5:  
Hochwasserereignisse Szenario c

Datum	Ort (Kt., Gde., Ort)	Schadenbeschreibung
August 1997	Überschwemmung in Sachseln (OW)	Schäden von 100 bis 150 Mio. CHF; Überschwemmung des Dorfes; schätzungsweise 200'000 m <sup>3</sup> Geröll und Schlamm bleiben zurück.
Ende August 1992	Unwetter im Tessin <sup>11)</sup>	Zahlreiche Überschwemmungen und Erdbeben, Weiler Faèd im Bavonatal wurde von 140 000 m <sup>3</sup> Schlamm- und Geschiebemasse verschüttet, 2 Todesopfer, etliche Wohnhäuser und Rustici zerstört.

8) Besonders stark betroffene Gebiete: Rigi-Nordlehne, Arth-Goldau

9) Besonders stark betroffene Gebiete: Lauterbrunnen, Isenfluh

10) Besonders stark betroffene Gebiete: Balsthal, Hägendorf, Mümliswil

11) besonders betroffene Gebiete: Sottoceneri, Maggiatal, Leventina, Region Bellinzona, Misox/GR

Datum	Ort (Kt., Gde., Ort)	Schadenbeschreibung
7.8.1992	Unwetter in verschiedenen Regionen der Schweiz <sup>12)</sup>	Schäden an Strassen, Schienen, Gebäuden und Kulturland, Sperrung von Strassen, Stromunterbrüche, 34 Autos im Val S-charl demoliert oder in den Bach gespült, 35 Personen auf Zeltplatz in der Lenk evakuiert.
21.-22.12.1991	Massive Schneefälle, Wärmeeinbruch mit anhaltend heftigen Regenfällen und Schneeschmelze auf gefrorenem Boden in 16 Kantonen.	Häuser verschüttet, Keller und Felder überflutet, schwere Schäden an Infrastruktur und öffentlichen Anlagen, 4 Todesopfer.
23.5.1986	Unwetter in den Kantonen BE und FR <sup>13)</sup>	Schäden an Gebäuden und Autos, 1 Todesopfer.

Eintretenshäufigkeit des Szenarios c

Hochwasserereignisse mit sehr schweren Schäden (in der Regel Todesopfer, Sachschäden in der Höhe von 20 bis 100 Mio. CHF) zählte [RÖTHLISBERGER 1998; UNWETTERSCHÄDEN 1997 - 2001] zwischen 1900 und 2001 31 Ereignisse. Daraus kann für das Szenario c von einer mittleren Eintretenshäufigkeit in der Schweiz von etwa 0.3mal pro Jahr ausgegangen werden. Betrachtet man zusätzlich zum 20. Jahrhundert das 19. Jahrhundert, resultiert eine ähnliche Grösse (0.28 pro Jahr).

### Szenario d: grossräumiges Hochwasserereignis

Grossräumig, vielfältige Schäden

Das Wirkungsgebiet des Hochwasserereignisses ist grossflächig und umfasst mehrere Kantone. Einzelne Gebiete sind von der Umwelt abgeschnitten. Wichtige Infrastrukturen (z.B. Verkehrswege) werden unterbrochen. Es gibt mehrere Todesopfer und Verletzte und Hunderte von Menschen müssen evakuiert werden. Einzelne Häuser werden weggespült. Grössere Flächen Kulturland werden überschwemmt und übermurt. Die Sachschäden belaufen sich auf 100 Mio. bis 1 Mrd. CHF.

Angenommene Mittelwerte:

- 15 physisch Geschädigte (Todesopfer, Verletzte)
- 500 Evakuierte
- 20 Obdachlose
- 10 km<sup>2</sup> geschädigtes Kulturland
- 400 Mio. CHF

12) Am stärksten betroffene Gebiete: Val S-charl/GR, Sihl- und Waagtal in der Region Ybrig/SZ, Region Flums/Flumserberge/SG, Lenk/BE, Güntlenau/GL.

13) Besonders betroffene Gebiete: Boll/BE, Bigental/BE, Regionen um Freiburg.

Das Szenario d repräsentiert folgende Hochwasserereignisse:

Tabelle 6:  
Hochwasserereignisse Szenario d

Datum	Ort (Kt., Gde., Ort)	Schadenbeschreibung
14.-16.10.2000	VS, TI	Überschwemmungen und Erdbeben im gesamten Gebiet des Kt. Wallis. Im Dorf Gondo riss ein Erdbeben über 12 Häuser mit sich; 100 Familien verlieren ihr gesamtes Hab und Gut; 12 Todesopfer; geschätzte Schadenssumme im Wallis: 343 Mio. CHF an öffentlichen Einrichtungen, 140 Mio. CHF an Gebäude- und Fahrha-schäden, Schäden der Bahnen von 35 Mio. CHF.  Geschätzte Schadenssumme im Tessin: Schäden der öffentlichen Hand 200 Mio. CHF, Privatversicherer 155.5 Mio. CHF.
Mai 1999	Gesamtes Mittelland, grössere Seen <sup>14)</sup>	Direkte Kosten von ca. 580 Mio. CHF; Ausuferen von Seen und der grösseren Flüsse des Mittellandes; Schadenursache war das eindringende Wasser; lokal hohe Schadenssummen durch Rutschungen.
23.9.-17.10.93	Tessin, Oberitalien <sup>15)</sup>	Jahrhunderthöchststand des Langensees (197.24 Meter). Locarno, Ascona u.a. Gebiete standen wochenlang unter Wasser. Hauptproblem waren Verkehrsbehinderungen infolge Überschwemmung oder Erdbeben, Gefahren infolge von Felsstürzen und Erdbeben sowie rund 250'000 Liter ausgelaufenes Heizöl (giftige Dämpfe, Umweltschäden). Strom- und Telefonversorgung sowie die Abfallentsorgung sind zusammengebrochen. Schulen wurden geschlossen; Wohnungen konnten vielerorts nicht geheizt werden. Mindestens ein Todesopfer bei einem Erdbeben und einige Vergiftungen infolge von Öldämpfen. Mindestens 1'000 Personen in Notunterkünfte umgesiedelt. Schätzungsweise 2.5 km <sup>2</sup> Kulturland überschwemmt. Sachschäden über 100 Mio. CHF, Verlust von ca. 300'000 Logiernächten.
24./25. 9.1993	Oberwallis, Rhonetal, Saastal, z.T. Reusstal und Waadtland <sup>16)</sup>	Intensive Regengüsse während 2-3 Tagen in der gesamten Südschweiz; Besonders stark betroffen waren Brig, wo die Saltina während 12 Std. mit viel Geschiebe durchs Zentrum floss sowie das Saas- und Mattertal. In Brig 2 Todesopfer und 2 Herzinfakte. Insgesamt über 3'000 Evakuierte. Allein in Brig rund 550 Mio. CHF Sachschaden; insgesamt ca. 650 Mio. CHF.
29.7. 1990	Unwetter in 10 Kantonen <sup>17)</sup>	Zahlreiche Schäden an Infrastruktur, Gebäuden und Kulturland, Verkehrsverbindungen unterbrochen, ganze Talschaft im Gürbe- und Sensegebiet überflutet, Dorf Moléson von Umwelt abgeschnitten und 300 Personen evakuiert, Sachschaden in der Grössenordnung von 145 - 170 Mio. CHF.
24.-25. 8.1987	Unwetter im Alpenraum <sup>18)</sup>	Grossräumige Überschwemmungen; die wichtigsten Nord-Süd- und West-Ost-Verbindungen waren unterbrochen; Kanton Uri praktisch von der übrigen Schweiz abgeschnitten, ca. 1'000 Personen wurden evakuiert, gewaltiges Aufgebot an Militär, Feuerwehren und Krisenstäben; Totalschäden von ca. 800 Mio. CHF (davon in Uri 550 Mio., im Wallis 115 Mio. und im Tessin 120 Mio.).

14) Am Thuner-, Briener-, Sarner-, Boden-, Zuger- und Walensee wurden Wasserhöchststände dieses Jahrhunderts registriert.

15) Am stärksten betroffene Gebiete: Locarno, Ascona, Bleniotal, Magadinoebene, Sopraceneri, Gambarogno

16) Am stärksten betroffene Gebiete: Brig, Saastal.

17) Am stärksten betroffene Gebiete: Gürbe- und Senseregion/BE, Greyerzerland/ FR, Region Ybrig/SZ, Luzerner Hinterland.

18) Am stärksten betroffene Kantone: UR, VS, TI; am stärksten betroffene Gebiete: untere Reussebene, oberes Reusstal, Urserental, Goms, mittleres Rhonetal, Bedrettal, Leventina, Bavona- und Rovanatal.

Datum	Ort (Kt., Gde., Ort)	Schadenbeschreibung
17.-19. 7.1987	Unwetter in den Kantonen GR und TI <sup>19)</sup>	Ganze Talschaften und Dörfer von der Umwelt abgeschnitten; Verkehrswege blockiert; 4 Tote; Hunderte wurden evakuiert; Grossaufgebote an Militär, Zivilschutz etc. waren monatelang im Einsatz; Totalschäden von ca. 250 Mio. CHF (davon allein in Poschiavo 98.3 Mio.).

Eintretenshäufigkeit des Szenarios d

Im 20. Jahrhundert zählte [RÖTHLISBERGER 1991] sechs Hochwasserereignisse mit katastrophalem Ausmass (Todesopfer, Sachschäden von über 100 Mio. CHF). Mit den jüngsten katastrophalen Ereignissen von 1993, 1999 und 2000 ergeben sich insgesamt neun solche Ereignisse in rund 100 Jahren, was zu einer mittleren Eintretenshäufigkeit in der Schweiz von 0.09 pro Jahr führt.. Weitet man das Betrachtungsspektrum bis ins 12. Jahrhundert aus (36 katastrophale Ereignisse), reduziert sich dieser Wert auf 0.045 pro Jahr. Für das Szenario d wird daher mit einer mittleren Eintretenshäufigkeit in der Schweiz von 0.05 pro Jahr gerechnet.

### 3.3 Extrapolation anhand Worst-Case-Szenarien

Vorgehen für die Extrapolation

Das von den vier Szenarien repräsentierte Spektrum des Hochwasserrisikos ist nicht vollständig. Insbesondere fehlt die obere Grenze des Schadenspektrums. Diese wird erreicht, wenn das Schadenausmass mit abnehmender Häufigkeit nicht mehr zunimmt. Graphisch zeichnet sie sich durch eine senkrecht abfallende Summenkurve im Häufigkeit-Ausmass-Diagramm (H/A-Diagramm) aus. Mit Hilfe von qualitativen Überlegungen wird die obere Grenze des Schadenausmasses bei Hochwasser geschätzt (sogenannter "Worst-Case") und im H/A-Diagramm eingetragen (vgl. Abbildung 3 und Abbildung 5). Die Summenkurve endet als Tangente zu dieser oberen Ausmassgrenze.

#### Worst-Case-Szenario - ohne radioaktive Verstrahlung

Beschreibung des Worst-Case-Szenarios

Als schlimmstmögliches Hochwasser wird ein Ereignis angenommen, das sich über weite und dicht besiedelte Teile der Schweiz auswirkt. In den alpinen und voralpinen Einzugsgebieten können Murgänge oder Erdrutsche ganze Dörfer begraben [vgl. Veltin, Puschlav, 1987]. Neben den Sachschäden sind grosse Personenschäden zu erwarten. Zusätzlich führen starke und lang andauernde Regenfälle, kombiniert mit Schmelzwasser, zu schweren Überschwemmungen grosser Teile des Mittellandes.

Auswirkungen des Worst-Case-Szenarios

Sämtliche Hochwasserschutzbauten verlieren ihre Wirkung, wodurch stark besiedelte Gebiete betroffen sind. Sekundärereignisse wie die Freisetzung gefährlicher chemischer Stoffe oder Flächenbrände durch freigesetzte

19) Am stärksten betroffene Gebiete: Poschiavo, Brusio, Bündner Oberland von Disentis bis Ilanz, Lugnez, Bleniotal, Raum Faido.



brennbare Flüssigkeiten fordern zahlreiche Todesopfer sowie Schwer- und Leichtverletzte. Grosse Gebiete müssen evakuiert werden. Viele Häuser werden unbewohnbar und grosse Industriezonen lahmgelegt. Wichtige Verkehrsachsen sind unpassierbar, Ver- und Entsorgung wie Abwasser, Trinkwasser, Strom usw. brechen zusammen.

Maximales Schadenausmass  
infolge Hochwasser in der  
Schweiz ohne radioaktive  
Verstrahlung

Angenommene maximale Schadenausmasse pro Schadenindikator:

- 10'000 physisch Geschädigte (Todesopfer, Schwer- und Leichtverletzte)
- 500'000 Evakuierte (vor Hochwasser, Dambruchgefahr)
- 100'000 Obdachlose (zerstörte Häuser)
- 5'000 km<sup>2</sup> geschädigtes Kulturland (überschwemmt, übermurt oder chemisch verseucht)
- 200 Mrd. CHF Sachschaden

Eintretenshäufigkeit Worst-Case  
ohne radioaktive Verstrahlung

Aufgrund der Extrapolation im H/A-Diagramm wird das Worst-Case-Szenario ohne radioaktive Verstrahlung in der Schweiz mit einer Eintretenshäufigkeit von  $1 \cdot 10^{-6}$  bis  $1 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr (1E-06 bis 1E-07 pro Jahr) erwartet (vgl. Abbildung 5).

### **Worst-Case-Szenario - mit radioaktiver Verstrahlung**

Radioaktive Verstrahlung infolge  
Hochwasser

Ab einer Eintretenshäufigkeit von  $1 \cdot 10^{-6}$  bis  $1 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr wird das Schadenbild des Hochwasserrisikos von der radioaktiven Verstrahlung dominiert [BEW 1991]. Das angenommene maximale Ausmass ist demjenigen von radioaktiver Verstrahlung gleichzusetzen (vgl. KKW-Störfall).

Maximales Schadenausmass  
infolge Hochwasser in der  
Schweiz mit radioaktiver  
Verstrahlung

Angenommene maximale Schadenausmasse pro Schadenindikator:

- 300'000 physisch Geschädigte
- 500'000 Evakuierte
- 135'000 Obdachlose
- 42'000 km<sup>2</sup> geschädigte Lebensgrundlagen (Wald, Wiesen, Ackerland usw.)
- ca. 200 Mrd. CHF Sachschaden (von den Wasserschäden dominiert)

Eintretenshäufigkeit Worst-Case  
mit radioaktiver Verstrahlung

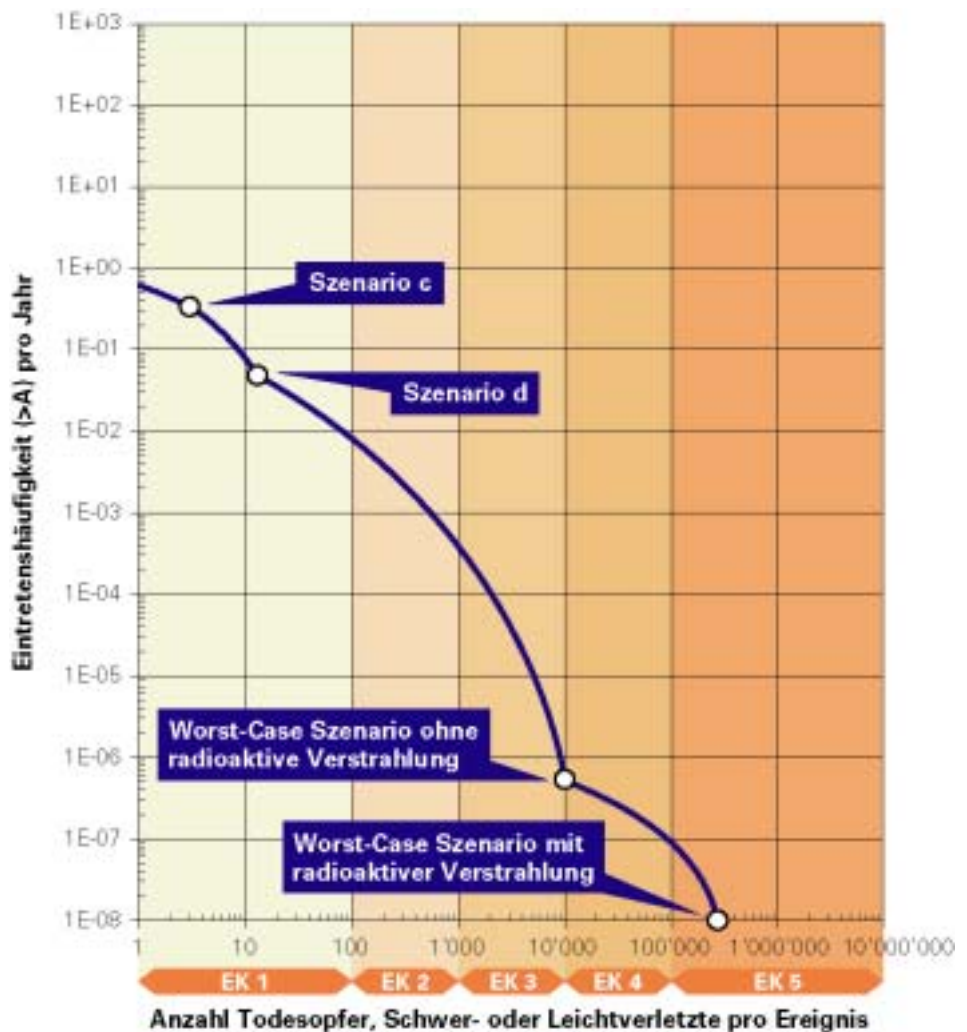
Aufgrund der Extrapolation im H/A-Diagramm und den Angaben in [BEW 1991] wird das Worst-Case-Szenario mit radioaktiver Verstrahlung mit einer Eintretenshäufigkeit in der Schweiz von  $1 \cdot 10^{-8}$  bis  $1 \cdot 10^{-9}$  pro Jahr (1E-08 bis 1E-09 pro Jahr) erwartet (vgl. Abbildung 5).

Abbildung 5:  
Darstellung der Szenarien im  
H/A-Diagramm für den  
Schadenindikator „physisch  
Geschädigte“ und Extrapolation  
der Häufigkeitsverteilung des  
gesamten Schadenspektrums

Die vergleichende Darstellung  
der Summenkurven aller  
Gefahrenarten je  
Schadenindikator befinden sich  
im Bericht „Ergebnisse der  
Risikoanalyse“

Lesehilfe:

- 1E+02 = 100mal pro Jahr
- 1E+00 = 1mal pro Jahr
- 1E-01 = 1mal in 10 Jahren  
(0.1mal pro Jahr)
- 1E-03 = 1mal in 1'000 Jahren  
(0.001mal pro Jahr)  
usw.



### 3.4 Berechnung des statistischen Schadenerwartungswertes von Hochwasser in der Schweiz

Berechnung der  
Schadenerwartungswerte  
(kollektive Risiken)

Die Fläche unter der Summenkurve ergibt für jeden Schadenindikator den langfristig statistischen Schadenerwartungswert. Dieser stellt die Summe aller denkbaren Schäden infolge einer Gefahr verteilt über die betrachtete Anzahl Jahre dar.

Statistische  
Schadenerwartungswerte von  
Hochwasser in der Schweiz

In der Schweiz sind gemäss der vorliegenden Risikoberechnungen pro Jahr rund 5 Todesopfer, Schwer- oder Leichtverletzte (physische Personenschäden), 320 Evakuierte, 10 Obdachlose (Unterstützungsbedürftige), 5 km<sup>2</sup> geschädigtes Kulturland und ca. 260 Mio. CHF Sachschaden infolge von Hochwasser zu erwarten (vgl. Tabelle 7).

Zusammensetzung Personen-  
und Sachschäden

Die Personenschäden sowie die Sachschäden setzen sich zu rund der Hälfte aus Ereignissen der Ereignisklasse 1 zusammen (kleine, aber häufige Ereignisse). Der Schadenerwartungswert von geschädigtem Kulturland hingegen weist grosse Anteile in den Ereignisklassen 2 bis 4 auf. Personenschäden

und geschädigte Lebensgrundlagen im Ausmass der Ereignisklassen 5 sind nur infolge radioaktiver Verstrahlungen denkbar.

Tabelle 7:  
Schadenerwartungswert bei  
Hochwasser  
  
Die Schadenerwartungswerte  
aller untersuchten Gefahren  
befinden sich im Bericht  
„Ergebnisse der Risikoanalyse“

Für die Indikatoren n1 bis n3  
werden nur ganze Zahlen  
angegeben, ausser, wenn die  
Nachvollziehbarkeit der Summe  
Kommastellen verlangt

Ereignisklassen, Schadenindikator			Statistischer Schadenerwartungswert
<b>EK1</b>	n1	1-99 Personen/J	3 Personen/J
	n2	1-999 Evakuierte/J	119 Evakuierte/J
	n3	1-9'999 Unterstützungsbedürftige/J	8 Unterstützungsbedürftige/J
	n4	< 5 km <sup>2</sup> /J	0.68 km <sup>2</sup> /J
	n5	<250 Mio. CHF/J	152 Mio. CHF/J
<b>EK2</b>	n1	100-999 Personen/J	1 Personen/J
	n2	1000-9'999 Evakuierte/J	139 Evakuierte/J
	n3	10'000-99'999 Unterstützungsbedürftige/J	3 Unterstützungsbedürftige/J
	n4	5-49.9 km <sup>2</sup> /J	1.2 km <sup>2</sup> /J
	n5	250-2499 Mio. CHF/J	42 Mio. CHF/J
<b>EK3</b>	n1	1'000-9'999 Personen/J	1 Personen/J
	n2	10'000-99'999 Evakuierte/J	65 Evakuierte/J
	n3	100'000-999'999 Unterstützungsbedürftige/J	0 Unterstützungsbedürftige/J
	n4	50-499 km <sup>2</sup> /J	1.3 km <sup>2</sup> /J
	n5	2'500-19'999 Mio. CHF/J	26 Mio. CHF/J
<b>EK4</b>	n1	10'000-99'999 Personen/J	0 Personen/J
	n2	100'000-999'999 Evakuierte/J	0 Evakuierte/J
	n3	> 1'000'000 Unterstützungsbedürftige/J	0 Unterstützungsbedürftige/J
	n4	500-4999 km <sup>2</sup> /J	2.2 km <sup>2</sup> /J
	n5	2'500-19'999 Mio. CHF/J	33 Mio. CHF/J
<b>EK5</b>	n1	> 100'000 Personen/J	0.02 Personen/J
	n2	> 1'000'000 Evakuierte/J	0 Evakuierte/J
	n4	> 5'000 km <sup>2</sup> /J	0.011 km <sup>2</sup> /J
	n5	> 100'000 Mio. CHF/J	9 Mio. CHF/J
<b>Summe aller Ereignisklassen</b>			
n1	Geschädigte	5 Personen/J	
n2	Evakuierte	323 Evakuierte/J	
n3	Unterstützungsbedürftige	12 Unterstützungsbedürftige/J	
n4	km <sup>2</sup>	5.4 km <sup>2</sup> /J	
n5	Sachschaden	262 Mio. CHF/J	

## 4 Festgelegte Grenzkosten

### 4.1 Grundidee

Grenzkosten führen zu monetarisierten Risiken ohne Aversion

Mit den sogenannten Grenzkosten werden die mit den definierten Schadenindikatoren erfassten Schäden monetarisiert und dadurch miteinander vergleichbar gemacht. Die Grenzkosten drücken aus, wieviel Geld die Gesellschaft aufzuwenden bereit ist, um Schäden im Ereignisfall zu reduzieren (Zahlungsbereitschaft der Gesellschaft). Für jeden definierten Schadenindikator wird in diesem Kapitel die entsprechende Zahlungsbereitschaft festgelegt. Die mit den Grenzkosten multiplizierten und damit monetarisierten<sup>20)</sup> Risiken haben eine vergleichbare Einheit [CHF pro Jahr] und werden als „monetarisierte Risiken ohne Aversion“ bezeichnet (vgl. Abbildung 4). In einem ganzheitlichen Sinne sind sie nur innerhalb der gleichen Ereignis-klasse direkt miteinander vergleichbar.

Zwei Elemente zur Festlegung

Die Festlegung der Grenzkosten stützt sich auf zwei Elemente:

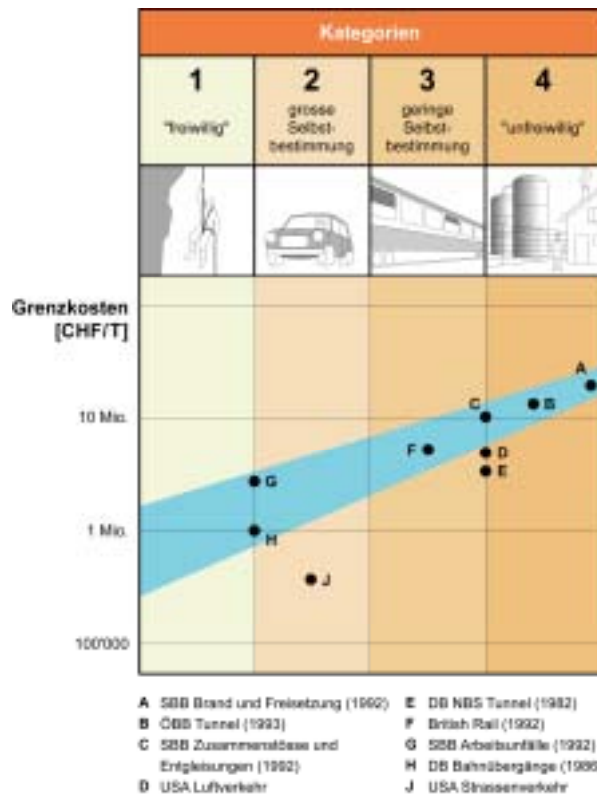
- Das erste Element beinhaltet die volkswirtschaftlichen Folgekosten, die aufgrund einer Schädigung entstehen und die mit dem jeweiligen Schadenindikator nicht gemessen werden. Dieser hauptsächlich wirtschaftliche Ansatz liefert einen Mindestwert für jeden Schadenindikator, den die Allgemeinheit für Sicherheitsmassnahmen auszugeben bereit ist - unabhängig von der Art der Gefahr. Beim Schadenindikator „Physisch Geschädigte“ gehören beispielsweise der Arbeitsausfall, Abgeltungskosten, Heilungskosten und Administrationskosten dazu. Bei den „Sachschäden“ dagegen wird mit den Wiederherstellungskosten der Grossteil der volkswirtschaftlichen Kosten bereits direkt erfasst.
- Das zweite Element geht über diese Kosten hinaus und umfasst die von der Gefahrenart abhängige zusätzliche Bereitschaft der Gesellschaft, solche Schäden durch Sicherheitsanstrengungen zu minimieren. Bezüglich dieser Bereitschaft, zusätzliche Mittel zur Verhinderung von Personenschäden auszugeben, sind verschiedene detaillierte Untersuchungen vorhanden<sup>21)</sup> [ARE 2002, BfU 2002, UVEK 2002, SUVA 1999, SBB 1993, Bohnenblust et al. 1993, Jungermann et al. 1993, Merz et al. 1993 und 1995, Wilhelm et al. 1992]. Die Untersuchungen gehen davon aus, dass die Bereitschaft in Abhängigkeit von Kategorien ansteigt. In Abbildung 6 sind Beispiele solcher Grenzkosten zur Verhinderung eines Todesopfers dargestellt.

20) In Geldwerte umgewandelt

21) Aufgrund von empirischen Untersuchungen über durchgeführte/erstellte Sicherheitsmassnahmen, Analysen von Lohnzahlungen risikoreicher Arbeit oder Personenbefragungen.

Abbildung 6:  
Beispiele von Grenzkosten zur Verhinderung eines Todesopfers in Abhängigkeit von Kategorien

Legende:  
CHF/T: Schweizerfranken pro verhindertes Todesopfer



## 4.2 Übersicht über die festgelegten Grenzkosten

Zusammenfassung

Tabelle 8 fasst die festgelegten Grenzkosten je Schadenindikator zusammen. Aufgrund dieser Festlegungen werden beispielsweise rund hundert Mal mehr Mittel aufgewendet, um physische Schäden an Personen im Ereignisfall zu verhindern, als für Massnahmen, die verhindern sollen, dass Personen evakuiert oder unterstützt werden müssen (Unterstützungsbedürftige).

Tabelle 8:  
Festlegung der Grenzkosten pro Schadenindikator und Gefahrenart für die vergleichende Übersicht über die Katastrophen und Notlagen in der Schweiz

Schadenindikator	Definition	Grenzkosten
n1: Physisch Geschädigte (P)	Todesopfer	0,6–20 Mio. CHF/P.
	Verletzte	4'000-300'000 CHF/P.
	Mittelwert für Todesopfer, Verletzte, Kranke	1 - 2 Mio. CHF/P.
n2: Evakuierte	Mittelwert für horizontal und vertikal Evakuierte	10'000 CHF/Evak.
n3: Unterstützungsbedürftige	Kurzfristig mit hoher Selbständigkeit	10'000 CHF/Unt.
	Langfristig pflegeintensiv	100'000 CHF/Unt.
n4: Lebensgrundlagen	Landwirtschaftliche Nutzfläche (mittelfristige Schädigung)	1 Mio. CHF/km <sup>2</sup>
	Wald (langfristige Schädigung)	10 Mio. CHF/km <sup>2</sup>
	Langfristig geschädigte Lebensgrundlagen infolge chemischer Störfälle	50 Mio. CHF/km <sup>2</sup>
	Langfristig geschädigte Lebensgrundlagen infolge KKW-Störfälle	200 Mio. CHF/km <sup>2</sup>
n5: Sachschäden		1 CHF/CHF

### 4.3 Grenzkosten für „physisch geschädigte Personen“ (n1)

#### Folgekosten „physisch geschädigter Personen“

Grundlagen aus dem Bereich Strassenverkehr

Für die Festlegung der Folgekosten von physischen Personenschäden kann auf detaillierte Grundlagen aus dem Bereich des Strassen- und Schienenverkehrs zurückgegriffen werden [Bundesamt für Raumentwicklung 2002].

Soziale Kosten von 6.6 Mrd. CHF

Die sozialen Kosten für Personenschäden bei Verkehrsunfällen beliefen sich im Jahre 1998 auf 12.3 Mrd. CHF (597 Todesopfer, 100'380 Verletzte). Davon waren rund 20% Sachschäden (Auto, Versicherungsaufwand, Polizei- und Rechtsfolgekosten) und die restlichen 80% eigentliche Folgekosten für Personenschäden (Heilung, Abgeltung, immaterielle Kosten, Produktionsausfall).

Folgekosten von rund 100'000 CHF pro Personenschaden

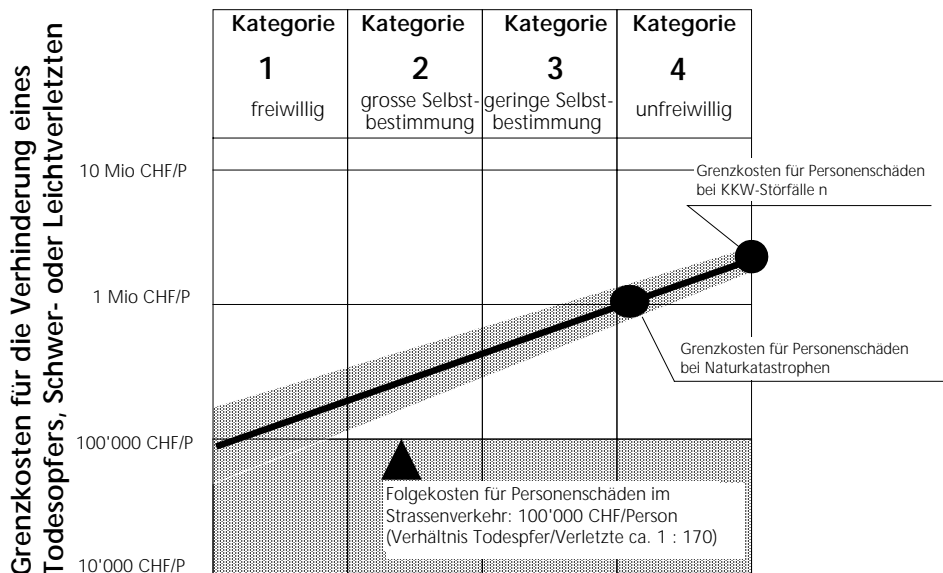
Daraus ergeben sich Folgekosten von 100'000 CHF pro Personenschaden mit einem Verhältnis zwischen Todesopfern und Verletzten von rund 1 : 170 (12.3 Mrd. CHF x 0.8 / 100'977 = 97'450 CHF pro Person).

#### Zusätzliche Bereitschaft zur Verhinderung von „physisch geschädigten Personen“

Kategorien und Indikatoren

Der Ansatz von Abbildung 6 mit der Einteilung in Kategorien wird in Abbildung 7 auf den Schadenindikator n1 (Todesopfer, Verletzte) umgesetzt.

Abbildung 7: Festlegung der Grenzkosten für physische Personenschäden



Bereitschaft, Mittel auszugeben

Mit der in Abbildung 7 wiedergegebenen Steigerung der Bereitschaft, Mittel zur Vermeidung und Bewältigung von Schäden auszugeben, resultieren für Naturkatastrophen – unterer Bereich der Kategorie 4 – die mittleren Grenzkosten je Personenschaden von 1 Mio. CHF pro geschädigte Person. Für KKW-Störfälle – oberer Bereich der Kategorie 4 – resultieren Grenzkosten pro geschädigte Person von rund 2 Mio. CHF.

#### 4.4 Grenzkosten für „Evakuierte“ (n2)

Annahmen der SBB

Bei der Festlegung der Grenzkosten für den Schadenindikator Evakuierte wurde auf die Annahmen der Schweizer Bundesbahn (SBB) zurückgegriffen [SBB 1993]. Dabei wurde ein Betrag von 10'000 CHF pro Evakuierten als Grenzkosten eingesetzt. Auf eine Unterscheidung in Kategorien wurde bei diesem Schadenindikator verzichtet, da sich Evakuierungen immer unter unfreiwilligen Verhältnissen abspielen.

#### 4.5 Grenzkosten für „Unterstützungsbedürftige“ (n3)

##### Folgekosten von „Unterstützungsbedürftigen“

Richtlinien für die Bemessung der Sozialhilfe der Schweizerischen Konferenz für öffentliche Fürsorge

Anhaltspunkt für die Festlegung der Grenzkosten bilden die Richtlinien für die Bemessung der Sozialhilfe der Schweizerischen Konferenz für öffentliche Fürsorge (SKöF). Sie beruhen auf den Erfahrungen der Fürsorgeämter und setzen sich aus verschiedenen Teilbeiträgen zusammen, die weiterhin eine individuelle Berechnung der Hilfen ermöglichen.

Tabelle 9:  
Richtlinien für die Bemessung der Sozialhilfe der Schweizerischen Konferenz für öffentliche Fürsorge (Stand 1994))

Hilfeleistung	Leistungen pro Monat
<b>Unterhaltsbeiträge pro Person und Monat</b>	
1 Person	670 CHF
2 Personen	500 CHF
3 Personen	422 CHF
4 Personen	375 CHF
<b>Frei verfügbarer Betrag</b>	
Für jede Person ab 17. Lebensjahr	150 CHF
<b>Gebühren Radio/TV/Telefon</b>	
Haushalte mit 1 Person	65 CHF bis 85 CHF
Haushalte mit mehreren Personen	75 CHF bis 95 CHF
<b>Kleider, Wäsche, Schuhe</b>	
Für jede Person ab 17. Lebensjahr	80 CHF bis 100 CHF
<b>Mehrkosten auswärtige Verpflegung</b>	
20 auswärts eingenommene Hauptmahlzeiten	170 CHF bis 210 CHF
<b>Allgemeine Erwerbsunkosten</b>	
Bei vollem Arbeitspensum (100%)	200 CHF bis 250 CHF
<b>Weitere Hilfen</b>	
Bei Arbeitslosen, die im Rahmen von Beschäftigungs- oder Ersatzarbeitsprogrammen eine erhebliche Leistung erbringen, sind unter dem Titel "Weitere Hilfe" 200 CHF bis 250 CHF als Abgeltung anzurechnen	200 CHF bis 250 CHF
<b>Freibeiträge bei liquidierbarem Vermögen<sup>22)</sup> (einmalig)</b>	
Bei Einzelpersonen	4'000 CHF
Bei Ehepaaren	8'000 CHF
Zuschlag pro minderjähriges Kind	2'000 CHF

22) Liquidierbares Vermögen besteht aus Bargeld, Bankguthaben, Obligationen, Aktien, Autos oder Edelmetallen. Dies wird bis zum ausgegebenen Freibetrag als Einkommen angerechnet.

Mindesteinkommen Aufgrund dieser Richtlinien wird für eine erwachsene Person ein Mindesteinkommen pro Monat von ca. 1000 CHF festgelegt<sup>23)</sup>. Zudem werden die Mietkosten sowie die übrigen Wohnkosten (Heizung, Wasser usw.) voll gedeckt. Weitere Ausgaben wie Verkehrsauslagen, Weiterbildungskosten sollen gemäss den Richtlinien ebenfalls übernommen werden.

Finanzieller Aufwand pro Asylbewerber Als Vergleichsgrösse kann hierfür auch der finanzielle Aufwand pro Asylbewerber (pro Tag) in kantonalen Durchgangszentren und Foyers beigezogen werden: 1989 betrug der Nettoaufwand 37.10 CHF pro Tag. Pro Monat entspricht dies einem Betrag von rund 1100 CHF. Gemäss der Asylverordnung 2 vom 11.8.1999 beteiligt sich der Bund an den Unterstützungskosten mit einer Tagespauschale von 16 bis 20 CHF (400 bis 600 CHF pro Monat). Den Rest tragen die Kantone nach kantonalen Regeln. Daneben zahlt der Bund eine Unterbringungspauschale von 11.60 bis 12.80 CHF pro Tag (350 bis 400 CHF pro Monat).

Unterstützungsdauer von einem Jahr Geht man von einer Unterstützungsdauer von rund einem Jahr aus, können die Folgekosten einer unterstützungsbedürftigen Person, die eine relativ hohe Selbständigkeit aufweist, auf rund 10'000 CHF geschätzt werden. Zwei Beispiele aus der Fürsorge in Dübendorf und dem Kanton Graubünden unterstützen die Annahmen von jährlichen Folgekosten im Bereich von 10'000 CHF pro Unterstützungsbedürftigen.

Tabelle 10:  
Beispiel aus der Fürsorge  
Dübendorf (Quelle: Glattaler  
5.8.94)

Jahr	Ausgaben	Anzahl Unterstützungsbedürftige	Jährliche Ausgaben pro Unterstützungsbedürftiger
1991	1,3 Mio. CHF	128	10'157 CHF
1992	2,4 Mio. CHF	254	9'449 CHF
1993	4 Mio. CHF	327	12'233 CHF

Ausgaben von 9687 CHF/Jahr Im Kanton Graubünden wurden 1993 991 Personen mit insgesamt 9.6 Mio. CHF unterstützt, pro Person entstehen damit Ausgaben von 9'687 CHF/Jahr (Quelle: Bündner Zeitung vom 30.3.94)<sup>24)</sup>.

Existenzminimum der AHV für betagte Person Unterstützungsbedürftige, die intensive Pflege benötigen, müssen mit höheren Folgekosten bewertet werden. Als Anhaltspunkt kann das Existenzminimum der AHV für eine betagte Person herangezogen werden. Es beträgt 21'600 CHF pro Jahr (Stand: 1993) [Füglister et al. 1993].

23) Ohne Entschädigung für auswärtige Verpflegung, allgemeine Erwerbsunkosten und weitere Hilfen.

24) Hinweise über die Population der Sozialhilfepfänger vermittelt die Pilotstudie für eine gesamtschweizerische Sozialhilfestatistik. Es wurden 30 Sozialhilfestellen mit rund 100 Gemeinden und 4000 Unterstützungsfällen einbezogen. Auf Grund dieser Ergebnisse schätzt der Wirtschaftsmathematiker Hanspeter Rüst, dass in der Schweiz 100'000 bis 150'000 Personen von den Fürsorgebehörden materiell unterstützt werden. Die Bruttoleistungen dürften etwa bei einer Milliarde Franken pro Jahr liegen (rund 10'000 Franken pro Jahr bei 100'000 Bedürftigen). Da ein Teil dieser Leistungen nur vorübergehend benötigt und von den unterstützten Personen selber oder ihren Angehörigen zurückbezahlt wird, bewegt sich die jährliche Nettoleistung der Fürsorgebehörden in der Grössenordnung von 700 Millionen Franken (Quelle: NZZ, 29.3.94 und BAZ, 29.3.94).



Spitalkosten Eine weitere Orientierungsgrösse für Folgekosten intensiver Pflegebedürftiger kann aus den Kosten des Gesundheitswesens abgeleitet werden. In Langzeitspitälern kann von jährlichen Spitalkosten von ca. 30'000 CHF pro Jahr und Fall ausgegangen werden (Stand: 1990) [Pharma Information 1992].

### **Zusätzliche Bereitschaft zur Verhinderung bzw. Bewältigung von „Unterstützungsbedürftigen“**

Keine vergleichbare Überlegungen verfügbar

Überlegungen zur zusätzlichen Bereitschaft – Unterstützungsbedürftige zu verhindern – sind kaum zu finden. Als erste Näherung werden die Grenzkosten in Abhängigkeit der Unterstützungsbedürftigkeit (siehe oben) wie folgt festgelegt:

Unterstützungsbedürftig infolge plötzlicher Schadenereignisse

Unterstützungsbedürftige infolge plötzlichen Schadenereignissen<sup>25)</sup> müssen kaum je während eines ganzen Jahres unterstützt werden. Es kann von einer Unterstützungsdauer von einigen Monaten (Annahme für Naturereignisse: 2 Monate) ausgegangen werden. Die untere Grenze von 10'000 CHF zur Verhinderung einer unterstützungsbedürftigen Person scheint für einen solchen Fall eine gute Annäherung<sup>26)</sup>.

Grenzkosten für langfristige und intensive Pflegepersonen

Grenzkosten für die Verhinderung langfristiger und intensiver Pflegepersonen können als erste Näherung um rund einen Faktor 10 höher angesetzt werden: Rund dreimal längere Pflegedauer (auf ein Jahr betrachtet) und rund dreimal höhere Folgekosten. 100'000 CHF pro langfristigen und intensiven Pflegefall scheinen vernünftig.

25) Z.B. Obdachlos infolge Naturereignis oder Brand usw.

26) Gleichviel wie die Folgekosten für eine unterstützungsbedürftige Person für ein ganzes Jahr.

Abbildung 8:  
Festlegung der Grenzkosten für  
Unterstützungsbedürftige

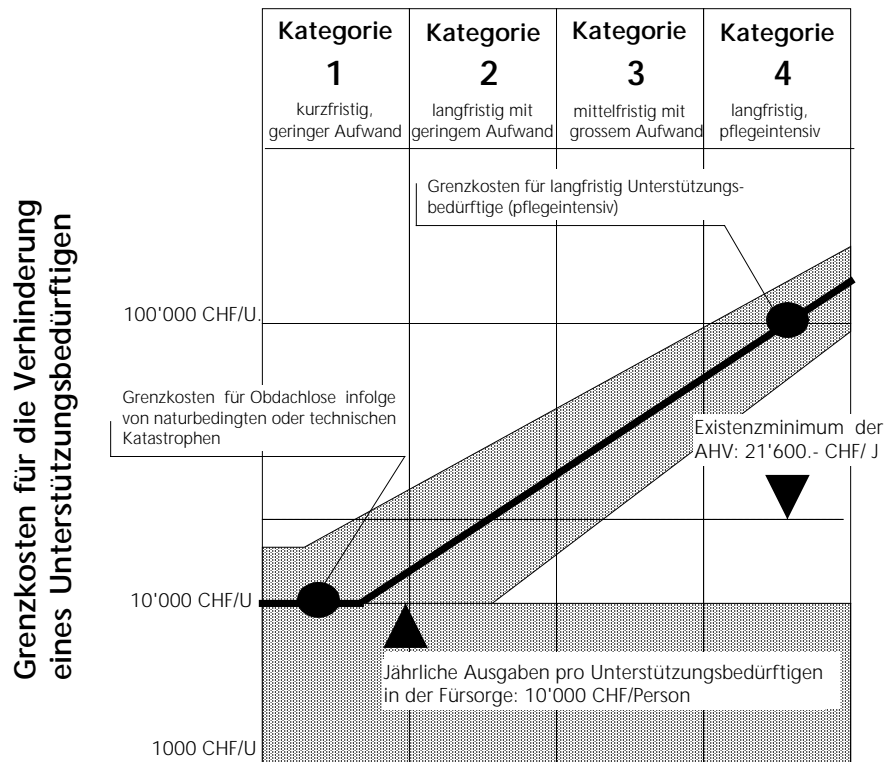


Abbildung 8 stellt die erarbeiteten Grenzkosten für Unterstützungsbedürftige in vergleichbarer Art zu den physisch Geschädigten zusammen (Steigung über die Kategorien).

#### 4.6 Grenzkosten für „geschädigte Lebensgrundlagen“ (n4)

Auswertungen von  
Naturereignissen

Es wurden zahlreiche Auswertungen von geschädigtem Wald und landwirtschaftlichen Flächen nach Naturereignissen berücksichtigt (Trockenheit, Waldbrand, Lawinen, geologische Massenbewegung, Hagel). Die Folgekosten von Schäden infolge Naturereignissen können als untere Grenze von Grenzkosten folgendermassen festgehalten werden:

##### Folgekosten von „geschädigtem Wald nach Naturereignissen“

5 Mio. CHF pro km<sup>2</sup> geschädigter  
Wald

[WILHELM 1992] gibt einen durchschnittlichen Schadenbetrag für geschädigten Wald von 100 CHF/m<sup>3</sup> an. Mit der Annahme, dass 0.01 km<sup>2</sup> Wald durchschnittlich zwischen 200 und 300 Bäume aufweist [TA vom 11.2.1982, Lawinenerignisordner EBP] und ein Baum rund 2 m<sup>3</sup> Holz bringt (Abschätzung) resultiert ein durchschnittlicher Schaden pro km<sup>2</sup> geschädigter Wald von 5 Mio. CHF (250 x 2 x 100 x 0.01).

Folgekosten von 6 Mio. CHF pro  
km<sup>2</sup> Wald beim Sturmereignis  
vom Jahr 1990

Beim Sturmereignis vom Jahre 1990 (Viviane, Wiebke) fielen rund 5 Mio. m<sup>3</sup> Holz (gemäss obigen Annahmen: 5 Mio./50'000 = 100 km<sup>2</sup> Wald). Der Bund trug mit rund 300 Mio. CHF zur Schadenbehebung bei [Schweizerischer Forstverein 1991]. Aus der Erfahrung von Katastrophenbewältigung

gen im Bereich der Trockenheit [Schorer 1992] kann angenommen werden, dass die Kantone Beiträge in der gleichen Grössenordnung aufbringen. Demzufolge kann aus dieser Betrachtung mit Folgekosten von 6 Mio. CHF pro km<sup>2</sup> Wald ausgegangen werden.

Folgekosten von 8 Mio. CHF/km<sup>2</sup> Wald

Beim Waldbrand von Balzers von 1986 (rund 1 km<sup>2</sup> verbrannter Wald) sind Lösch-, Räumungs- und Wiederaufforstungskosten von rund 6 Mio. CHF ausbezahlt worden (Preisstand 1993, Zinssatz 5%: 8 Mio. CHF). Die Wiederaufforstung beschränkte sich allerdings auf 0.3 km<sup>2</sup> [NZZ 30.11.1986]. Daraus können Folgekosten für 1 km<sup>2</sup> von 8 Mio. CHF abgeleitet werden.

Grenzkosten von 10 Mio. CHF/km<sup>2</sup> Wald

Die oben stehenden Abschätzungen erfassen meist nur Folgekosten aus geschädigten Wäldern wie Räumungsarbeiten, Wiederaufforstung. Annahme: Die indirekten Folgekosten<sup>27)</sup> belaufen sich auf eine ähnliche Grössenordnung. Somit können Grenzkosten pro km<sup>2</sup> geschädigter Wald bei Naturereignissen von rund 10 Mio. CHF postuliert werden. Dies bedeutet, dass die Gesellschaft bereit wäre, im Minimum 100 Mrd. Franken zu investieren, um den Verlust der gesamten Waldfläche der Schweiz (10'000 km<sup>2</sup>) zu verhindern.

### **Folgekosten von „geschädigten Landwirtschaftsflächen nach Naturereignissen“**

Endrohertrag – Ertragsausfall

Bei der Trockenheit im Jahre 1947 sind Einkommensverluste von rund 300 Mio. CHF entstanden [Schorer 1992]. Dies entspricht ca. einem Sechstel des Endrohertrages eines Durchschnittjahres in dieser Zeit [Schweiz. Bauernverband 1992]. Der Endrohertrag der 90er Jahren beträgt rund 9 Mrd. CHF pro Jahr. Das heisst, ein ähnlicher Verlust hätte heute Ertragsausfälle von 1.5 Mrd. CHF zur Folge.

Ertragsausfall – Folgekosten  
0.8 Mio. CHF/km<sup>2</sup>

Nimmt man den Ertragsausfall proportional zur Landwirtschaftsfläche (1979/85: 15'000 km<sup>2</sup>), so sind rund 2'500 km<sup>2</sup> Fläche geschädigt, und die direkten Folgekosten betragen 0.6 Mio. CHF/km<sup>2</sup>. Der Bund und die Kantone unterstützten damals die Landwirtschaft mit rund 60 Mio. CHF (Preisstand 1993, Zinssatz 5%: 560 Mio. CHF). Damit steigen die Folgekosten um 0.2 Mio. CHF/km<sup>2</sup> auf 0.8 Mio. CHF/km<sup>2</sup> an.

Folgekosten nach Trockenheit:  
0.85 Mio. CHF/km<sup>2</sup>

Auf ähnliche Werte kommt man bei der Trockenheit im Jahre 1976: Rund 5% der landwirtschaftlichen Fläche (800 km<sup>2</sup>) wurden damals geschädigt [Schorer 1992]. Mit der Annahme, dass der Ertragsausfall proportional ausfällt, sind für heutige Verhältnisse rund 500 Mio. CHF Ertragsausfall entstanden. Damit resultieren wiederum direkte Folgekosten von 0.6 Mio. CHF/km<sup>2</sup>. Der Bund unterstützte die Landwirtschaft mit 85 Mio. CHF (Preisstand 1993, Zinssatz 5%: 200 Mio. CHF). Damit erhöhen sich die abschätzbaren Folgekosten um 0.25 Mio. CHF/km<sup>2</sup> auf 0.85 Mio. CHF/km<sup>2</sup>.

27) Inkl. Verlust der Waldfunktionen für Wasserhaushalt, Erosion, Schutz, Lebensraum.

Folgekosten infolge Naturereignissen  
0.8 Mio. CHF/km<sup>2</sup>

Für Schäden an landwirtschaftlichen Flächen infolge von Naturereignissen (kurz- bis mittelfristig regenerierbare Schäden) werden Folgekosten von 0.8 Mio. CHF/km<sup>2</sup> angenommen. In Brig bedeckte der Schlamm nach dem Hochwasserereignis 1993 rund 0.3 km<sup>2</sup> Landwirtschaftsfläche. Folglich können die Folgekosten dieser Überschwemmungen auf rund 240'000 CHF geschätzt werden.

**Zusätzliche Bereitschaft zur Verhinderung von „geschädigten Lebensgrundlagen“**

Regenerierbarkeit von Schäden

Für geschädigte Lebensgrundlagen wird aufgrund der empirischen Erkenntnisse (vgl. oben) die Bereitschaft, zusätzliche Mittel zur Verhinderung von Schäden auszugeben, mit der Regenerierbarkeit der Schädigung modelliert. Generell sind Schäden an Lebensgrundlagen infolge Naturereignissen an landwirtschaftlichen Kulturen kurz- bis mittelfristig regenerierbar – d.h. über Woche, Monate oder Jahre. Waldschäden dagegen haben eine längere Regenerationszeit (Jahrzehnte).

Einteilung Grenzkosten in Kategorien

Aus diesen Überlegungen kann eine Einteilung der Grenzkosten in verschiedene Kategorien abgeleitet werden (Abbildung 9). Die angenommene Steigung über die Kategorien geht davon aus, dass zwischen der 1. und der 4. Kategorie ein Unterschied von 2 bis 3 Grössenordnungen (Potenzen) liegt. Die Grenzkosten der Kategorien 1, 2 und 3 stimmen mit vergangenen Ereignissen gut überein (vgl. vorangegangene Ausführungen). Die „Extrapolation“ für die Kategorien 4 wurde qualitativ vorgenommen (in Anlehnung an die Steigung für „physische Geschädigte“) und ist nicht durch Auswertungen vergangener Ereignissen erhärtet.

Abbildung 9:  
Festlegung der Grenzkosten für geschädigte Lebensgrundlagen

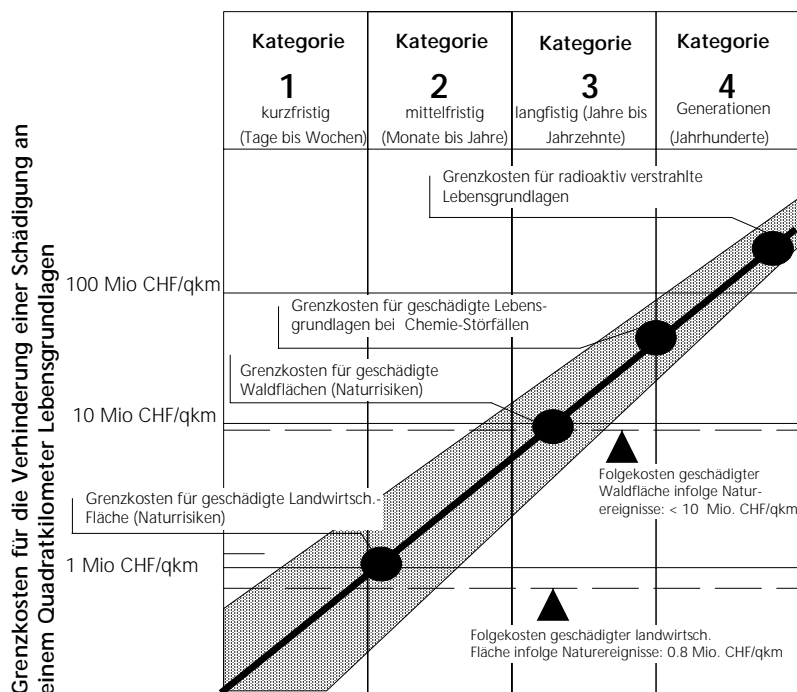


Tabelle 11 fasst die erarbeiteten Grenzkosten für geschädigte Lebensgrundlagen über das gesamte Gefahrenspektrum zusammen.

Tabelle 11:  
Vorgenommene Festlegung der Grenzkosten für den Schadenindikator "geschädigte Lebensgrundlagen" bei Naturereignissen

Schadenindikator "geschädigte Lebensgrundlagen"	Grenzkosten in CHF
Geschädigte Lebensgrundlagen infolge radioaktiver Verstrahlung	200 Mio. CHF/km <sup>2</sup>
Geschädigte Lebensgrundlagen infolge chemischer Störfälle	50 Mio. CHF/km <sup>2</sup>
Geschädigter Wald	10 Mio. CHF/km <sup>2</sup>
Geschädigte Landwirtschaftsfläche	1 Mio. CHF/km <sup>2</sup>

#### 4.7 Grenzkosten für „Sachschäden" (n5)

##### Folgekosten Sachschäden

Wiederherstellungskosten zerstörter Objekte

Die erfassten Sachschäden stellen in erster Näherung die Wiederherstellungskosten der zerstörten Objekte dar. Dies heisst beispielsweise, dass bei einem Totalschaden der Wiederbeschaffungswert der zerstörten Objekte abgeschätzt wird. Produktionsausfälle und ähnliches werden vernachlässigt. Es wird allerdings davon ausgegangen, dass die wesentlichsten Folgekosten mit den erfassten Sachschäden abgedeckt sind.

##### Zusätzliche Bereitschaft zur Verhinderung von Sachschäden

1 CHF/CHF für alle Gefahren

Es wird davon ausgegangen, dass die Festlegung der Grenzkosten für zerstörte Sachwerte nicht von unterschiedlichen Gefahrenarten abhängig ist. Sie wurden in einem ersten Schritt auf 1 CHF/CHF festgelegt. Folgende Überlegungen liegen dieser Festlegung zugrunde:

0.6 CHF Für Schutzbauten pro 1 CHF Sachschaden beim Hochwasserschutz

In den Jahren von 1970-1990 haben Hochwasser in der Schweiz Schäden von 3'300 Mio. CHF angerichtet, für 2'000 Mio. CHF wurden in dieser Zeit Verbauungen errichtet [Jäggi 1992], die diese Schäden verhindern sollen. Aufgrund dieser Tatsachen ist die Gesellschaft bereit, pro CHF Sachschaden weniger als 1 CHF für die Verhinderung dieser Schäden mittels Schutzbauten<sup>28)</sup> auszugeben (0.6 CHF/CHF).

Vergleich mit Versicherungen

Als weiteres Mass zur Bereitschaft, Mittel zur Verhinderung von Sachschäden auszugeben, werden die Versicherungen betrachtet. Im Mittel werden Sachwerte auf ihren effektiven Wert versichert<sup>29)</sup>. Die Versicherungen selber sind allerdings kaum in der Lage, alle versicherten Werte auf einmal zu ersetzen. Ihre Rücklagen reichen dazu nicht aus. Folglich ist die Gesellschaft nicht bereit, mehr als 1 CHF/CHF auszugeben, um ihre Sachwerte zu schützen respektive zu versichern.

28) Hochwasserschutzbauten verhindern nicht nur Sachschäden, das Hochwasserrisiko umfasst allerdings vor allem solche.

29) Gewinnabschöpfung der Versicherungen von wenigen %.

Bereitschaft ist abhängig von der Bedeutung des Objektes

Die Bereitschaft, Sachwerte zu schützen, ist in erster Linie abhängig von der Bedeutung des Objektes. In einer ersten Näherung ist diese Bereitschaft bereits mit den Wiederherstellungskosten erfasst (teurerer Anlagenbau).

Verhinderung Zerstörung von Schutzbauten

Wäre die Gesellschaft bereit, mehr als 1 CHF/CHF Sachschaden in die Verhinderung von Sachschäden zu investieren, müsste wiederum mehr für die Verhinderung der Zerstörung von Schutzbauten investiert werden als diese Kosten usw.<sup>30)</sup>

## 5 Berücksichtigung der Risikoaversion gegenüber Katastrophen und Notlagen

Risikoaversion gegenüber Katastrophen und Notlagen

Unter Risikoaversion wird in KATARISK die Aversion gegenüber Katastrophen und Notlagen verstanden. Ein Ereignis mit einem grossen Schadenausmass wird von der Gesellschaft viel intensiver wahrgenommen und bewertet als die vielen zahlreichen Unfälle mit eher kleinem Schadenausmass. Deutlich zum Ausdruck kommt dieser Aspekt in der Aussage, dass 100 x 1 Toter als weniger schlimm empfunden wird als 1 x 100 Tote. Im Folgenden wird die Modellierung dieser Risikoaversion für KATARISK erläutert und danach die damit berücksichtigten Aspekte der Risikoaversion näher beleuchtet. Die wichtigste Literatur dazu ist im Kapitel 8.3 zusammengestellt.

### 5.1 Modellierung der Risikoaversion mit Ereignisklassen

Vergleich von grossen mit kleinen Schadenausmassen

Der Vergleich zwischen Ereignissen mit grossen und solchen mit kleinen Schadenausmassen ist nicht ohne weiteres möglich. Um dies zu berücksichtigen werden für die vergleichende Risikoberechnung sogenannte Ereignisklassen gebildet (vgl. Abbildung 10). Gemäss der hier angewendeten Modellierung sind Risiken infolge von Ereignissen unterschiedlicher Ereignisklassen nicht direkt miteinander vergleichbar, sondern müssen unterschiedlich gewichtet werden.

Unterscheidung von Grössenordnungen mit Blick auf die Katastrophenhilfe in der Schweiz

Die definierten Ereignisklassen unterscheiden sich in der Grössenordnung (logarithmische Skala) und orientieren sich an der Bedeutung der jeweiligen Ereignisse für den Bevölkerungsschutz in der Schweiz. Folgende Orientierungshilfe wurde zur Bildung der Ereignisklassen (EK) formuliert:

**EK 1:** Ereignisse, deren Schäden in der Regel mit den lokalen Einsatzmitteln bewältigt werden können. Solche Ereignisse stellen typischerweise keine Überforderung der verfügbaren Mittel auf lokaler Ebene

30) Zins für Sachwerte über 100%.

ne dar und werden in diesem Sinne nicht als Katastrophen oder Notlagen bezeichnet.

**EK 2:** Ereignisse, deren Schäden typischerweise die lokalen Einsatzmittel überfordern. Nachbarhilfe ist nötig. Solche Ereignisse werden entsprechend als lokale Katastrophe oder Notlage bezeichnet.

**EK 3:** Ereignisse, deren Schäden typischerweise die regionalen Einsatzmittel überfordern. Nachbarhilfe ist kaum möglich. Überregionale Hilfe ist nötig. Solche Ereignisse werden entsprechend als regionale Katastrophe oder Notlage bezeichnet.

**EK 4:** Ereignisse, deren Schäden typischerweise die überregionalen Einsatzmittel überfordern. Regionale Hilfe ist nicht möglich. Interkantonale oder Bundeshilfe ist nötig. Solche Ereignisse werden entsprechend als überregionale bzw. kantonale Katastrophe oder Notlage bezeichnet.

**EK 5:** Ereignisse, deren Schäden die gesamtschweizerischen Einsatzmittel überfordern. Internationale Hilfe ist nötig. Solche Ereignisse werden entsprechend als nationale Katastrophe oder Notlage bezeichnet.

Zu erwartende  
Eintretenswahrscheinlichkeiten in  
der Schweiz

Die folgende Tabelle beschreibt die zu erwartenden Eintretenswahrscheinlichkeiten in der Schweiz von Ereignissen bestimmter Ereignisklassen. Es stellt das Ergebnis der Risikoanalyse dar und wurde aus den kummulierten Summenkurven über alle Gefahren abgeleitet (vgl. Ergebnisse der Risikoanalyse).

Tabelle 12:  
Erwartete  
Eintretenswahrscheinlichkeit in  
der Schweiz

Ereignisse	Erwartete Eintretenswahrscheinlichkeit in der Schweiz
EK 1: Alltagsereignis	Mehrere Male pro Tag
EK 2: lokale Katastrophe/Notlage	Wenige Male pro Jahr bis einmal in 10 Jahren: wird in der Schweiz in den nächsten 25 Jahren mehrmals erwartet.
EK 3: regionale Katastrophe/Notlage	Wenige Male in 10 Jahren bis einmal in 100 Jahren: wird in der Schweiz in den nächsten 25 Jahren wenige Male erwartet.
EK 4: überregionale Katastrophe/Notlage	Wenige Male in 100 Jahren bis einmal in 1'000 Jahren: wird in der Schweiz in den nächsten 25 Jahren mit einer Wahrscheinlichkeit von 25% mindestens einmal erwartet.
EK 5: nationale Katastrophe/Notlage	Wenige Male in 1'000 Jahren bis einmal in 100'000 Jahren: wird in der Schweiz in den nächsten 25 Jahren mit einer Wahrscheinlichkeit von 2% mindestens einmal erwartet.

Festgelegte Faktoren zur  
Berücksichtigung der  
Risikoaversion für KATARISK

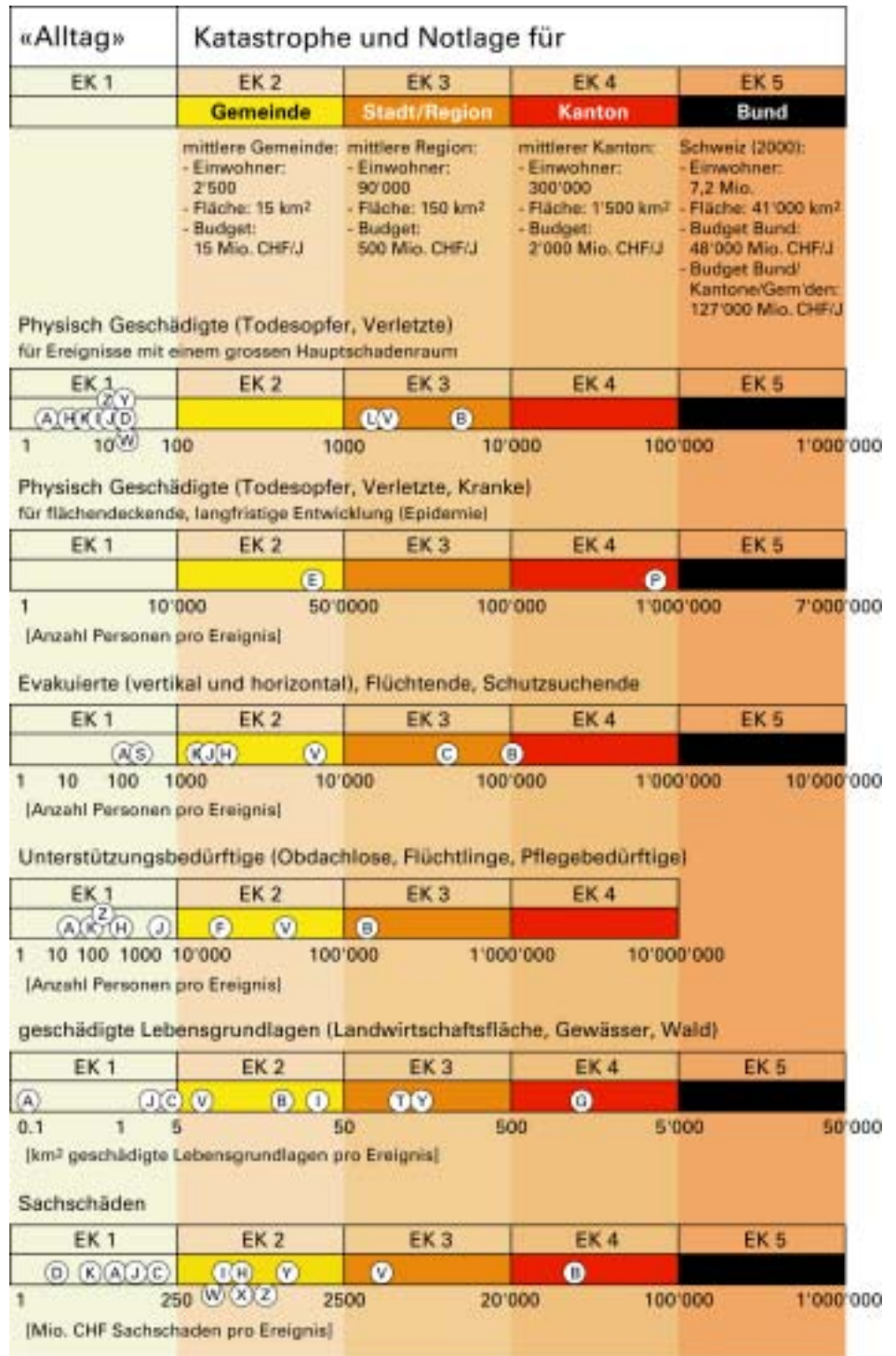
Die Risiken werden in Abhängigkeit der Ereignisklasse (vgl. Abbildung 10) mit Risikoaversionsfaktoren  $\varphi(A_i)$  jeweils stärker gewichtet:

- EK 1: Faktor 1
- EK 2: Faktor 3
- EK 3: Faktor 10
- EK 4: Faktor 30
- EK 5: Faktor 100.

Abbildung 10: Definition der Ereignisklassen (EK)

**Beispiele:**

- A: Chemie-Störfall (Eisenbahnunfall) Affoltern (ZH), 1994
- B: Erdbeben von 1356 in Basel (heute zu erwartende Schäden)
- C: Chemie-Störfall Schweizerhalle (BL), 1986
- D: Eisenbahnunfall in Däniken (SO), 1994
- E: Grippeepidemie 1919 (Schäden in der Schweiz)
- F: Migration aus Ex-Jugoslawien in die Schweiz, 1993
- G: Trockenheit von 1947 (Schäden in der Schweiz)
- H: Hochwasser im Oberwallis (Brig, VS), September 1993
- I: Orkane Vivian und Wiebke 1990
- J: Hochwasser im Tessin, Oktober 1993
- K: Chemie- Störfall (Eisenbahnunfall), Lausanne, 29.6.94
- L: Talsperren-Überflutung nach Bergsturz in Longarone (I) 1963 (grösste Katastrophe in West-Europa nach dem 2. Weltkrieg)
- P: Pestepidemie 1347-1350 (Schäden in der Schweiz)
- S: Chemie-Störfall (Eisenbahnunfall) Stein-Säckingen, 4.1.1991
- T: KKW-Störfall Tschernobyl, 1986 (Schäden in der Schweiz)
- V: Erdbeben von 1855 im Visperten (heute zu erwartende Schäden)
- w: Lawinenwinter, 1999: Schäden in der Schweiz
- x: Hochwasser, 1999: Schäden im Schweizer Mittelland
- y: Orkan Lothar, 1999: Schäden in der Schweiz
- z: Hochwasser 2009: Schäden im Kanton Wallis und Tessin





Die monetarisierten Risiken mit Aversion sind in einem ganzheitlichen Sinn auch über die verschiedenen Ereignisklassen miteinander vergleichbar und bilden die eigentlichen Planungs- und Entscheidungsgrundlagen für die Katastrophen- und Nothilfe in der Schweiz.

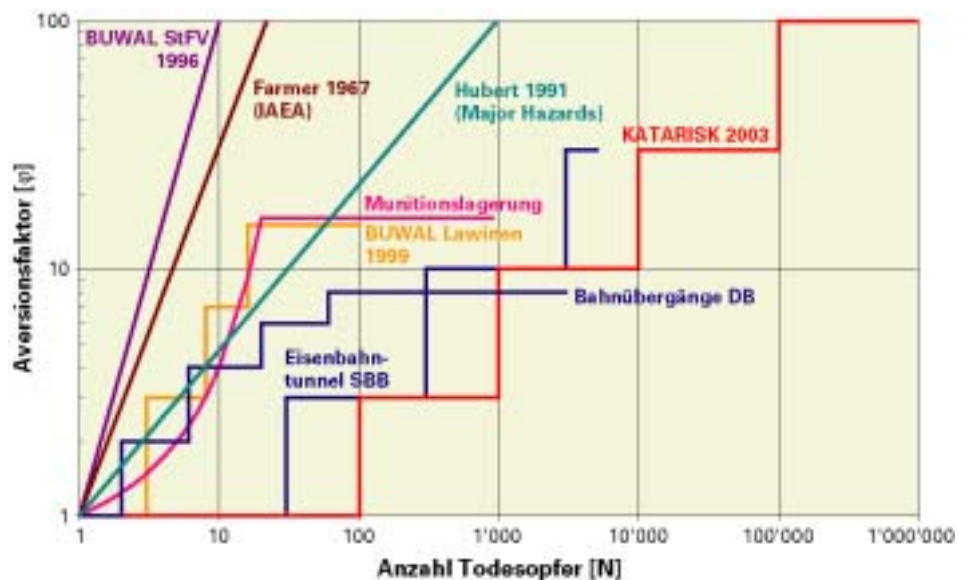
Die festgelegten Risikoaversionsfaktoren sind moderat

Bezüglich der Gewichtung der Ereignisklassen untereinander wird jeweils rund ein Faktor 3 eingesetzt. Diese Festlegung kann im Vergleich zu anderen Festlegungen als moderat beurteilt werden (Abbildung 11). Sie orientiert sich an einer mathematischen Auseinandersetzung bezüglich der Regenerationsfähigkeit von geschädigten Systemen in Abhängigkeit des Ausmasses [Tittes 1989].

Es gibt keine universelle Risikoaversionsfunktion

In Abbildung 11 sind einige der andersweitigen verwendeten Risikoaversionsfunktionen zusammengestellt. Sie führen – alle in Abhängigkeit zur Ereignisgrösse – zu einer nicht linearen Vergrösserung des Risikos. Die Form dieser Funktionen wurde jeweils zusammen mit den verantwortlichen Entscheidungsträgern diskutiert bzw. festgelegt. Es scheint klar, dass es eine „universelle“ Risikoaversionsfunktion nicht gibt; vielmehr ist deren Verlauf vom betrachteten System abhängig. Angesichts der grossen Bandbreite zur Berücksichtigung einer Risikoaversion gegenüber Katastrophen und Notlagen wird gegenwärtig eine wissenschaftliche Untersuchung durchgeführt [PLANAT 2000].

Abbildung 11: Beispiele von verschiedenen in der Praxis erarbeiteten Risikoaversionsfaktoren



## 5.2 Berücksichtigte Aspekte

Ganzheitliche Bewertung von Risiken

Risikoaversion gegenüber Katastrophen und Notlagen ist nicht Ausdruck von Technikangst oder irrationalen Verhalten einzelner Personen, sondern ein Instrument, um der oft unbewussten, schleichenden Vergrößerung von Gefahrenpotentialen entgegenzuwirken. Aus diesen Gründen ist eine Auseinandersetzung mit dem Phänomen der Risikoaversion unumgänglich und Bestandteil jeder ganzheitlichen Bewertung von Risiken.

Risikoaversion gegenüber Katastrophen und Notlagen – ein unbestrittenes Phänomen

Unfälle und Katastrophen werden in der Gesellschaft individuell unterschiedlich wahrgenommen und bewertet<sup>31)</sup>. Dies hängt offensichtlich von vielen Faktoren ab. In einem Punkt jedoch scheint weitgehende Übereinstimmung zu herrschen: Unfälle mit grossen Schadenausmassen oder gar Katastrophen werden viel intensiver wahrgenommen und bewertet als die viel zahlreicheren Unfälle mit eher kleinem Schadenausmass deutlich zum Ausdruck kommt dieser Aspekt in der Aussage, dass 100 x 1 Toter als weniger schlimm empfunden wird als 1 x 100 Tote. Zur Veranschaulichung stelle man sich die Reaktion vor, wenn in der Schweiz ein einzelnes Verkehrssystem jährlich gleich viele Todesopfer wie der gesamte Strassenverkehr fordern würde (ca. 500 Todesopfer 2001), dies jedoch bei einem einzigen Unfall.

Wirkungen von Katastrophenereignissen

Katastrophenereignisse besitzen eine hohe Signalwirkung in der Gesellschaft und können erhebliche Konsequenzen für die verursachende Tätigkeit sowie für die verantwortlichen Behörden haben. Dieser Effekt zeigt sich zum Beispiel darin, dass Ereignisse, die als Katastrophen empfunden werden, die Geschichte einiger technischer Systeme sehr stark geprägt haben (z.B. durch Verbote, verschärfte Vorschriften oder durch einen merklichen Umsatz- oder Imageverlust), auch wenn sie statistisch betrachtet keinen wesentlichen Stellenwert besitzen. Ein Beispiel für die Schweiz stellt der Chemie-Störfall „Schweizerhalle“ im Jahre 1986 dar (0 Todesopfer, grosse Rheinverschmutzung). Dieses Ereignis hat die umfangreiche Störfallverordnung in der Schweiz ausgelöst. Das Phänomen der Risikoaversion ist also mehr als eine zeitweilige Überreaktion nach schweren Unfällen und Katastrophen. Vielmehr ist es ein Bestandteil des gesellschaftlichen Umgangs mit Katastrophenrisiken und bestimmt massgeblich das langfristige Handeln in diesen Unfallbereichen.

---

31) [PLANAT 2000]: Individuelle Risikowahrnehmung ist die Abneigung von Individuen gegen gewisse Merkmale von Risiken, insbesondere gegen katastrophale Auswirkungen.

Elemente der Risikoaversion  
gegenüber Katastrophen und  
Notlagen

Folgende Elemente sollen durch die Risikoaversionsfaktoren berücksichtigt werden:

- **Signalwirkung:** Katastrophale Ereignisse finden überproportional hohe Beachtung und führen oft zu überproportional heftigen Reaktionen (z.B. bezüglich Forderungen nach Massnahmen, Vorwürfe an die Verantwortlichen etc.).
- **Existenzielle Bedrohung:** Katastrophale Ereignisse sind oft kritisch für das betroffene System. So ist beispielsweise bekannt, dass rund 50% aller Firmen, die in den USA von einem Grossbrand heimgesucht wurden, innerhalb von zwei Jahren vom Markt verschwanden.
- **Überforderung bei der Ereignisbewältigung von Katastrophen:** Zur Behebung der Schäden infolge katastrophaler Ereignisse ist immer einer überproportional grosser Aufwand erforderlich. Zum einen sind es grössere Schäden. Zum andern treten sie oft örtlich und zeitlich konzentriert auf. Dies bringt meist eine temporäre Überforderung aller Hilfsorganisationen mit sich.
- **Hohe Verantwortlichkeit:** Katastrophen und Notlagen betreffen meist Risiken, die im Verantwortungsbereich von Institutionen liegen. Diesbezüglich wird von diesen eine besonders hohe Sorgfaltspflicht erwartet. Die Reaktion der Öffentlichkeit gegenüber den „Verantwortlichen“ ist beim Eintreten solcher Ereignisse entsprechend heftig.
- **Unsicherheit hinsichtlich der Eintretenswahrscheinlichkeit:** Katastrophen sind naturgemäss sehr selten, womit die Beurteilung ihrer Eintretenswahrscheinlichkeit mit erheblicher Unsicherheit verbunden ist. Wenn solche Ereignisse eintreten, wirft dies fast immer die Frage auf, ob die Wahrscheinlichkeiten richtig eingeschätzt wurden.
- **„Unsicherheit hinsichtlich der Auswirkungen“:** Grosse Unsicherheiten sind auch mit der Abschätzung der Auswirkungen solcher Ereignisse verbunden, insbesondere was indirekte und langfristige Schäden anbelangt. Oft zeigt sich das „wahre“ Ausmass der Katastrophe erst allmählich, womit die Diskussion um solche Ereignisse lange anhält.

## 6 Glossar

### 6.1 Begriffe

Begriff	Erläuterung
Alltagsereignis	Schadenereignis, das von den lokalen oder regionalen Ersteinsatzmitteln selbständig bewältigt werden kann. Solche Ereignisse verursachen Schäden in der Grösse der Ereignisklasse 1 (EK 1) und werden nicht als Katastrophe oder Notlagen bezeichnet
Bevölkerungsschutz der Schweiz	<p>Modular aufgebaute zivile Struktur für Führung, Schutz und Hilfe, welche die Bevölkerung, deren Lebensgrundlagen und Kulturgüter bei natur- und zivilisationsbedingten Katastrophen und in Notlagen sowie bei machtpolitischen Bedrohungen schützt. Der Bevölkerungsschutz fällt in erster Linie in die Zuständigkeit der Kantone und deckt folgende Aufgabenbereich ab: Sicherheit und Ordnung, Rettung und allgemeine Schadenwehr, Gesundheit und Sanität, technische Infrastruktur sowie Schutz, Betreuung und Unterstützung.</p> <p>Zu den Partnerorganisationen des Bevölkerungsschutzes in der Schweiz gehören gemäss Bundesgesetz über den Bevölkerungsschutz und den Zivilschutz vom 4. Oktober 2002:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>die Polizei zur Aufrechterhaltung von Sicherheit und Ordnung;</li> <li>die Feuerwehr für die Rettung und die allgemeine Schadenwehr;</li> <li>das Gesundheitswesen, einschliesslich des sanitätsdienstlichen Rettungswesens, zur medizinischen Versorgung der Bevölkerung;</li> <li>die technischen Betriebe zur Gewährleistung der technischen Infrastruktur, insbesondere der Elektrizitäts-, Wasser- und Gasversorgung, der Entsorgung sowie der Verkehrsverbindungen und der Telematik;</li> <li>der Zivilschutz zum Schutz der Bevölkerung, zur Betreuung von Schutz suchenden Personen, zum Schutz der Kulturgüter, zur Unterstützung der Führungsorgane und der Partnerorganisationen sowie für Instandstellungsarbeiten und für Einsätze zugunsten der Gemeinschaft.</li> </ol>
bewaffneter Konflikt	Ereignis, das die Bevölkerung, deren Lebensgrundlagen und Kulturgüter durch Waffen- und Gewalteinwirkung aufgrund militärischer Einsätze gefährdet und die Existenz und die Identität der Schweiz in Frage stellt
Ereignisklasse	Definition von Klassen bezüglich des Schadenausmasses für jeden Schadenindikator. Die Klassen geben an, ab welchem Schadenausmass ein bestimmtes Ereignis eine Katastrophe oder Notlage für eine „mittlere“ Gemeinde, Region, Kanton oder den Bund darstellt (vgl. Definition der Ereignisklassen).
Gefährdung, Gefahr	Mögliches Ereignis (oder mögliche Entwicklung), mit einer natürlichen, technischen oder machtpolitischen Ursache, welches die Bevölkerung und ihre Lebensgrundlagen gefährdet bzw. die sicherheitspolitischen Interessen der Schweiz beeinträchtigt
Grenzkosten	Kosten pro verhinderte Schadeneinheit, welche die Gesellschaft höchstens aufzuwenden bereit ist, um Massnahmen zur Reduktion von Risiken zu ergreifen (willingness to pay). Z.B. xx Franken pro verhindertes Todesopfer oder pro verhinderten Evakuierten (vgl. auch Kapitel 0).

Begriff	Erläuterung
Häufigkeit, Wahrscheinlichkeit	Erwartete Anzahl Ereignisse pro Zeiteinheit, normalerweise pro Jahr. Für seltene Ereignisse wird die Häufigkeit zur Wahrscheinlichkeit.
Häufigkeit-Ausmass-Diagramm	Doppelt-logarithmisches Diagramm mit dem Schadenausmass auf der X-Achsen (horizontalen) und der Häufigkeit bzw. Wahrscheinlichkeit auf der Y-Achse (vertikalen) zur Darstellung von Summenkurven (vgl. die entsprechenden Diagramme in „Ergebnisse der Risikoanalyse“).
Katastrophe	Ereignis (natur- oder zivilisationsbedingtes Schadenereignis bzw. schwerer Unglücksfall), das so viele Schäden und Ausfälle verursacht, dass die personellen und materiellen Mittel der betroffenen Gemeinschaft überfordert sind.
Lebensgrundlagen	Gesamtheit der Elemente, die für das Leben eines Menschen notwendig sind. Dazu gehören insbesondere die Versorgung mit Nahrungsmitteln, Energie und Rohstoffen, das Funktionieren der Wirtschaft, der unbeeinträchtigte Zugang zu den internationalen Märkten sowie eine möglichst intakte nationale und grenzüberschreitende Infrastruktur und Umwelt.
Mittel	Personal, Material, Ausrüstung und Fahrzeuge, die einer Partnerorganisation zur Verfügung stehen.
Notlage	Situation, die aus einer gesellschaftlichen Entwicklung oder einem technischen Ereignis entsteht und mit den ordentlichen Abläufen nicht wirkungsvoll bewältigt werden kann, weil sie die personellen und materiellen Mittel der betroffenen Gemeinschaft überfordert.
Partnerorganisationen des Bevölkerungsschutzes	<p>Zu den Partnerorganisationen des Bevölkerungsschutzes in der Schweiz gehören gemäss Bevölkerungsschutzgesetz 2002:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. die Polizei zur Aufrechterhaltung von Sicherheit und Ordnung;</li> <li>b. die Feuerwehr für die Rettung und die allgemeine Schadenwehr;</li> <li>c. das Gesundheitswesen, einschliesslich des sanitätsdienstlichen Rettungswesens, zur medizinischen Versorgung der Bevölkerung;</li> <li>d. die technischen Betriebe zur Gewährleistung der technischen Infrastruktur, insbesondere der Elektrizitäts-, Wasser- und Gasversorgung, der Entsorgung sowie der Verkehrsverbindungen und der Telematik;</li> <li>e. der Zivilschutz zum Schutz der Bevölkerung, zur Betreuung von Schutz suchenden Personen, zum Schutz der Kulturgüter, zur Unterstützung der Führungsorgane und der Partnerorganisationen sowie für Instandstellungsarbeiten und für Einsätze zugunsten der Gemeinschaft.</li> </ul>
Region	Gebiet, das mehrere Gemeinden oder ein Teilgebiet eines Kantons umfasst.

Begriff	Erläuterung
<p>Risiko</p>	<p>Risiko ist eine Funktion des Ausmasses (A) einer möglichen Schädigung der Bevölkerung und der Umwelt infolge eines unerwünschten Ereignisses mit deren Häufigkeit (H) bzw. Wahrscheinlichkeit. Von einem Risiko per se zu sprechen ist nicht aussagekräftig. Es gibt nur ein „Risiko für etwas bzw. jemanden“ oder ein „Risiko, dass etwas eintritt“. Im Begriff Risiko können verschiedene Aspekte berücksichtigt oder vernachlässigt sein. Daher werden in KATARISK folgende präzise Risikobezeichnungen verwendet:</p>
<p>Risikoanalyse</p>	<p>Die Risikoanalyse ist der möglichst werturteilsfreie Bereich einer Sicherheitsbeurteilung. Sie erfasst und beschreibt die Risiken in einem definierten System mit Hilfe von definierten Grössen bezüglich Schadensausmass (z.B. Todesopfer, Sachschaden etc.) und Häufigkeit systematisch.</p>
<p>Risikoaversion</p>	<p>Unter Risikoaversion wird in KATARISK die Aversion gegenüber Katastrophen und Notlagen verstanden. Ereignisse mit einem grossen Schadensausmassen werden viel intensiver wahrgenommen und bewertet als viele zahlreichere Unfälle mit eher kleinem Schadensausmass. Deutlich zum Ausdruck kommt dieser Aspekt in der Aussage, dass 100 x 1 Toter als weniger schlimm empfunden wird als 1 x 100 Tote-. Dieser Umstand wird mit der Einführung von Risikoaversionfaktoren (siehe folgender Begriff) berücksichtigt. Mehr zur Risikoaversion steht im Kap. 5.</p>
<p>Risikoaversionsfaktoren</p>	<p>Faktoren zur Berücksichtigung der Risikoaversion gegenüber Katastrophen und Notlagen (siehe vorhergehender Begriff). In KATARISK wurden Risikoaversionsfaktoren in Abhängigkeit zu den Ereignisklassen gebildet. Sie nehmen mit steigender Ereignisklasse grössere Werte an. Die statistischen Schadenerwartungswerte der entsprechenden Ereignisklasse werden mit den entsprechenden Risikoaversionsfaktoren multipliziert (vgl. dazu Kapitel 5 und Berichte zur Risikobewertung).</p>

Begriff	Erläuterung
Risikobewertung	Die Risikobewertung berücksichtigt Wertungsfragen gegenüber Risiken hinsichtlich ihrer Akzeptanz. Zu den Merkmalen der Risikobewertung gehören u.a. Selbstbestimmung bzw. Fremdbestimmung (Kenntnis, Vermeidbarkeit, Beeinflussbarkeit) und Nutzenempfindung. Bei KATARISK umfasst die Risikobewertung die zwei Elemente Zahlungsbereitschaft und Risikoaversion. Beide Elemente sind Wertungsfragen, die nicht richtig oder falsch festgelegt werden können. Sie müssen von den Verantwortlichen und Betroffenen im Konsens festgelegt werden. Die hier festgelegten Werte gelten ausschliesslich für die Schweiz und sind ausschliesslich aus dem Blickwinkel der Katastrophen und Nothilfe betrachtet.
Risiko, kollektives	Siehe Schadenerwartungswert, statistischer
Risiko, monetarisiertes ohne Aversion	Das monetarisierte Risiko ohne Aversion ist das Produkt des Schadenerwartungswertes mit den Grenzkosten (Zahlungsbereitschaft zur Verhinderung eines Schadens). Darin enthalten sind unter anderem die Folgekosten für die verschiedenen Schadenarten. Das monetarisierte Risiko ohne Aversion erlaubt es, verschiedene Schadenerwartungswerte (Todesopfer, Verletzte, Evakuierte, Unterstützungsbedürftige, geschädigte Lebensgrundlagen, Sachschäden) direkt miteinander zu vergleichen ( $R = H \cdot A \cdot GK$ ). Aus einer ganzheitlichen Sicht dürfen die monetarisierten Risiken ohne Aversion verschiedener Ereignisklassen nicht direkt verglichen werden.
Risiko, monetarisiertes mit Aversion	Aus den zwei Wertungskriterien Grenzkosten und Aversionsfaktor resultiert das monetarisierte Risiko mit Aversion einer Tätigkeit oder einer Entwicklung ( $R_g = f(A, H, GK, \phi)$ ). Die Risiken der verschiedenen Schadenarten und der verschiedenen Ereignisklassen können direkt verglichen werden.
Schadenausmass	Mit definierten Indikatoren quantitativ erfassten Schäden eines Ereignisses bzw. einer Entwicklung.
Schadenerwartungswert, statistischer	Summe aller denkbaren Schäden infolge einer Gefahr verteilt über die betrachteten Anzahl Jahre in einem bestimmten System. Angabe in Schäden pro Jahr, z.B. Todesopfer pro Jahr, CHF Sachschaden pro Jahr usw.
Schadenindikator	Stellvertretende Messgrösse, die es erlaubt, einen Sachverhalt quantitativ zu erfassen. Für KATARISK sind folgende Indikatoren definiert worden:

Begriff	Erläuterung
Schadenindikator Evakuierte	Personen, die infolge einer drohenden Gefahr alarmiert und kurz- oder langfristig in Sicherheit gebracht werden oder sich selber vor einer drohenden Gefahr in Sicherheit bringen müssen. Dazu werden horizontale und vertikale Evakuationen sowie Selbstrettungen gezählt. Die Hilfs- und Unterstützungsbedürfnisse bestehen in der Alarmierung und sicheren Unterbringung von Personen; fallweise werden auch Transportbedürfnisse auftreten. Für eine rasche und erfolgreiche Selbstrettung bzw. den persönlichen Schutz von Leib und Leben muss die Bevölkerung über Handlungsanweisungen verfügen oder über geeignete Schutzvorkehrungen informiert sein.
Schadenindikator Geschädigte Lebensgrundlagen	Fläche des Ökosystems, auf der die natürlichen Gleichgewichte massiv gestört werden. Die Hilfs- und Unterstützungsbedürfnisse sind vielfältig. Abhängig von der jeweiligen Gefahr oder Entwicklung bzw. von der Art der betroffenen Lebensgrundlagen (Wasser, Boden, Wald etc.) reichen sie von einfachen Räumungsarbeiten bis zur Überwindung von Versorgungsschwierigkeiten.
Schadenindikator Physisch Geschädigte	Alle Personen, die infolge einer Gefahr oder einer Entwicklung direkt und unmittelbar physisch geschädigt werden. Dazu werden Todesopfer, Schwer- und Leichtverletzte sowie Kranke gezählt. Die Hilfs- und Unterstützungsbedürfnisse bestehen hauptsächlich in der Bergung, Rettung und Pflege der geschädigten Personen.
Schadenindikator Sachschäden	direkte finanzielle Aufwendungen für die Wiederherstellung eines Funktions- oder Ressourcenausfalles. Mit dem Auftreten von Sachschäden ist immer ein Funktionsausfall in einem der Bereiche Wohnen, Arbeiten, Versorgung, Kommunikation oder Mobilität verbunden. Hilfs- und Unterstützungsbedürfnisse bestehen in Form von Räumungs- und Wiederaufbauarbeiten, der raschen Überbrückung des Funktionsausfalles oder dem Öffnen von Verkehrswegen.
Schadenindikator Unterstützungsbedürftige	Personen, die Schutz und Hilfe in Form von Unterkunft und/oder Versorgung benötigen, ohne direkt bedroht zu sein. Solche Unterstützungsbedürftige sind nicht in der Lage, ohne öffentliche Unterstützung ihre Grundbedürfnisse (Unterkunft, Wasser, Kleider, Nahrung, Medikamente, Information, Mobilität) hinreichend und/oder rechtzeitig mit eigenen Mitteln zu befriedigen. Die Hilfs- und Unterstützungsbedürfnisse bestehen in der Unterbringung und/oder Versorgung dieser Personen (z.B. Obdachlose und/oder von der Umwelt abgeschnittene Personen, Flüchtlinge, Betagte usw.).
Schaden, monetarisierter	Mit den Grenzkosten multiplizierter und über alle Indikatoren kumulierter Schadenwert.
Summenkurve	Die Summenkurve gibt im Häufigkeit-Ausmass-Diagramm an, mit welcher Häufigkeit in der Schweiz ein bestimmtes Schadenausmass infolge einer bestimmten Gefahr überschritten wird. Die Häufigkeiten bzw. Wahrscheinlichkeiten sind immer kumulativ aufgetragen. Für die in KATARISK untersuchten Gefahren werden je 5 Summenkurven hergeleitet (pro Schadenindikator eine) und zusätzlich noch eine Summenkurve über die monetarisierten Schäden.



## 6.2 Definition und Abgrenzung der untersuchten Gefahren

Gefahrenart	Abgrenzung
<b>Naturgefahren</b>	
Erdbeben	Erschütterung der Erdoberfläche durch abrupte Bewegungen von Gesteinsmassen im Erdinnern. Zum Schadenbild der Erdbeben gehören ab einer bestimmten Intensität auch Freisetzungen chemischer oder radioaktiver Stoffe (KKW-Störfälle).
Geologische Massenbewegung	Dazu gehören Berg- und Felssturz, Block- und Steinschlag, Gletscherabbrüche sowie spontane, schnelle Rutschungen, sofern diese nicht Bestandteil des Schadenbildes eines Erdbeben-, Hochwasser- oder Gewitterereignisses sind. Kontinuierliche, langsame Rutschungen sowie Absenkungen sind in KATARISK nicht betrachtet worden.
Hochwasser	Gesamtes Schadenbild eines Starkniederschlagsereignisses. Dazu können Überschwemmungen, Ufererosion, Übermürung (Murgang oder Geschiebe) sowie Rutschungen gehören. Typischerweise treten in Bergregionen vermehrt Geschiebeschäden und Rutschungen auf, im Mittelland eher Wasserschäden.
Gewitter (Blitz, Hagel)	Gesamtheit der Blitz- und Hagelschäden, die durch ein Gewitter verursacht werden. Wind- und Wasserschäden (z.B. Rutschungen) infolge Gewitter werden bei Sturm- oder Hochwasserereignissen erfasst.
Sturm	Gesamtes Schadenbild eines Sturmereignisses (Wetterlagen: Föhn, Orkan). Hurrikane bzw. Wirbelstürme sind mit Blick auf die Schweiz nicht betrachtet worden; Schneestürme gehören zur Gefahrenart „Kältewelle“.
Lawine	Gesamtes Schadenbild eines Starkniederschlagsereignisses (Schnee) im Alpengebiet mit Lawinenniedergängen.
Kältewelle	Gesamtes Schadenbild eines extremen Temperaturtiefes, auch mit Starkniederschlägen (Schnee) und Wind (Schneesturm).
Trockenheit/Hitze	Gesamtes Schadenbild einer extremen Trockenheit und/oder Hitze-welle.
Waldbrand	Wald- und Buschbrände
Meteoriten	Kollisionen von Himmelskörpern aus dem Weltall mit dem Planeten Erde oder seiner Atmosphäre: Asteroiden, Kometen, Meteoriten.
<b>Technische Gefahren</b>	
Strassenverkehrs-unfall	Ein Strassenverkehrsunfall liegt vor, wenn auf öffentlichen Strassen und Plätzen durch Fahrzeuge Personen verletzt, getötet oder Sachschäden verursacht werden. Es werden Unfälle mit Personenwagen, Fahrräder, Motorräder, Kleinmotorräder, Fussgänger, Motorfahräder und anderen (v.a. Sachtransportfahrzeuge wie Lieferwagen, Lastwagen, Sattelschlepper) unterschieden. Unfälle mit einer Freisetzung von gefährlichen Gütern im Strassenverkehr werden unter „Chemie-Störfall“ aufgeführt.

<b>Gefahrenart</b>	<b>Abgrenzung</b>
Flugunfall	Abstürze oder Kollisionen von Flugzeugen aller Art mit Auswirkungen auf Insassen und Bevölkerung am Boden. Flugzeugabstürze auf Chemie-Anlagen oder Kernkraftwerke werden unter „Chemie-Störfall“ oder „KKW-Störfall“ betrachtet.
Eisenbahnunfall	Eisenbahnunfälle aller Art, ausser Unfälle mit Beteiligung gefährlicher Güter. Diese Ereignisse gehören zum „Chemie-Störfall“.
Brand	Brände aller Art, ausser Brände mit Beteiligung gefährlicher Güter. Diese Ereignisse sind Bestandteil des „Chemie-Störfalls“.
Notfall bei Stauanlagen	Versagen mit Bruch oder Überflutung von Talsperren, welche mindestens 10 Meter Stauhöhe über Niederwasser des Gewässers bzw. über Geländehöhe aufweisen oder bei wenigstens 5 m Stauhöhe einen Stauraum von mehr als 50'000 m <sup>3</sup> abschliessen (gemäss Stauanlagenverordnung). Solche Ereignisse sind unter anderem auch infolge von Fels- oder Bergstürzen in einen Stausee denkbar. Diese Ereignisse sind unter „geologische Massenbewegung“ erfasst worden.
Chemie-Störfall	Chemie-Störfälle bei der Produktion, der Lagerung, dem Umschlag oder Transport gefährlicher Güter (gemäss Störfallverordnung). Störfälle infolge eines Naturereignisses werden bei der entsprechenden Naturgefahr berücksichtigt (z.B. Hochwasser).
KKW-Störfall	Unfälle mit einer Freisetzung radioaktiver Substanzen (auch im Ausland). Freisetzungen infolge eines Naturereignisses (z.B. Erdbeben) werden im Schadenbild der entsprechenden Naturgefahr berücksichtigt.
<b>Gesellschaftliche Entwicklungen</b>	
Sportunfall	Alle Unfälle bei Ballspiele, Bergsport, Flugsport, Kampfsport, Kugel-, Wurf- und Schlagspiele, Turnen, Wassersport, Wintersport und andere wie Radfahren, Pferdesport, Rennsport mit Motorfahrzeugen (Details siehe bfu, Unfallgeschehen in der Schweiz, Statistik 2002).
Haus- und Freizeitunfall	Alle Unfälle bei Aufenthalt in Häusern, bei Nebenbeschäftigungen (z.B. Hobbys) und bei Ausgehen oder Volksfesten, Versammlungen und Vergnügungspark (Details siehe bfu, Unfallgeschehen in der Schweiz, Statistik 2002).
Berufsunfall	Alle Unfälle, bei denen Personen während der Arbeitszeit (inkl. Pausen) verletzt oder getötet werden, ohne Strassenverkehrsunfälle.
Migration	Interregionale und internationale Wanderungsbewegungen von Individuen, Gruppen oder Gesellschaften.
Epidemie	Massenhaftes Auftreten einer Krankheit, v.a. einer Infektionskrankheit, in einem begrenzten Gebiet und Zeitraum. Epidemien infolge eines Naturereignisses werden bei der entsprechenden Naturgefahr berücksichtigt.

## 7 Einbezogene Fachstellen

Folgende Fachstellen wurden in Workshops, bilateralen Gesprächen und schriftlichen Stellungnahmen in den Jahren 1994 / 1995 zur Erarbeitung der vergleichenden Übersicht über die Katastrophen und Notlagen (KATANOS) einbezogen. Die entsprechenden Stellen haben auch die aktualisierten Daten von KATARISK 2002 eingesehen und korreferiert.

- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): Herren B. Milani; E. Berger
- Landeshydrologie und -geologie (LHG): Herr Ch. Emmenegger
- Eidgenössische Forstdirektion (F+D): Forstdirektor H. Wandeler (1995), W. Schärer, P. Greminger (2002)
- Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW), heute Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG): Herren A. Götz, M. Spreafico, P. Heitzman, A. Petrascheck, O. Lateltin
- Bundesamt für Flüchtlingswesen (BFF): Herr U. Hadorn
- Bundesamt für Landwirtschaft: Herr Lehmann
- Bundesamt für Gesundheit (BAG): Herr A. Tschirky
- Bundesamt für Industrie, Gewerbe und Arbeit (BIGA): Herr S. Werenfels
- Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK): Herren S. Prêtre, H.P. Isaak, U. Schmocker, H.-J. Pfeiffer, M. Baggenstos
- AC-Labor Spiez (ACLS) heute KomABC: Herren B. Brunner, D. Rauber
- Forschungsinstitut für Wald, Schnee und Landschaft (WSL): Herr W. Ammann
- Schweizerische Bundesbahnen, Hauptabteilung für die Sicherheit (SBB S GD): Herr K. Hauser
- Nationale Alarmzentrale (NAZ/KOMAC): Herr H. Knaus
- Ausschuss zur Koordination der Vorbereitung der Katastrophenhilfe (COMCAT): Herr R. Favre
- Institut für Sozial- und Präventivmedizin, Uni Zürich: Herr Prof. Gutzwiler
- Kantonale Verantwortliche für die Vorbereitung der Katastrophenhilfe: Herren P. Bützer; R. Klaus
- Schweizerischer Sachversicherungsverband: Direktor M. Gretener
- Interkantonaler Rückversicherungsverband: Herr Kamber
- ETHZ forstliches Ingenieurwesen: Prof. H.-R. Heinimann
- ETHZ, Forschungstelle für Sicherheitspolitik: Prof. A. Wenger, J. Metzger

- ETHZ, Schweizerischer Erdbebendienst: Prof. D. Giardini
- Uni Bern, geogr. Institut: Prof. H. Kienholz
- KOVERS: Prof. W. Kröger

## 8 Literatur und Internethinweise

Literaturhinweise für die Risikoanalyse einzelner Gefahrenarten sind unter Grundlagen zur Risikoanalyse einsehbar.

### 8.1 Allgemeine Literatur und Internethinweise

BZG 2002 Bundesgesetz über den Bevölkerungsschutz und den Zivilschutz (BZG), Bern, 4. Oktober 2002. <http://www.admin.ch/>

BZS 1995 KATANOS, Katastrophen und Notlagen in der Schweiz. Eine vergleichende Übersicht. Bundesamt für Zivilschutz (BZS), Bern 1995.

BZS 2000 KATACHECK - ein EDV-gestütztes Instrument zur Überprüfung der Katastrophen- und Nothilfe, Bundesamt für Zivilschutz (BZS), Bern, 2000.

Projektorganisation Bevölkerungsschutz 2000: Gefährdungsannahmen für den Bevölkerungsschutz. Bern, Juni 2000

PLANAT 2000. Von der Gefahrenabwehr zur Risikokultur. PLANAT, die nationale Plattform Naturgefahren stellt sich vor. Bern, 2000. <http://www.planat.ch/>

SIPOL B 2000 Sicherheit durch Kooperation. Bericht des Bundesrates an die Bundesversammlung über die Sicherheitspolitik der Schweiz, Bern, 7. Juni 1999

### 8.2 Publikationen zu den Ergebnissen

Hostettler, B. und Peter, Th.: Welche Naturrisiken bedrohen die Gemeinschaft? In: Infoheft Raumplanung 1/94

Bundesamt für Zivilschutz: Welche Katastrophen und Notlagen gefährden die Schweiz? Info-Bulletin Zivilschutz 4/95

Peter, Th., Bähler, F., Merz, H.: What Could The Future Bring? In: International Journal of Environment and Pollution, George A. (Hrsg.), Integrated Regional Health and Environmental Risk Assessment and Safety Management for Large Industrial Complexes, Volume 6, Nos. 4-6, Inderscience Enterprises Ltd., 1996

### 8.3 Literaturhinweise zur Risikobewertung

ARE: siehe Bundesamt für Raumentwicklung

Bell, D. E. and Raiffa, H.: Marginal Value and Intrinsic Risk Aversion, in: Bell, D. E., Raiffa, H., Tversky, A. (eds.), Decision Making: Descriptive, Normative, and Prescriptive Interactions, Cambridge, 1988: Cambridge University Press, pp. 384-397.

Bohnenblust, H. und Fermaud, Ch.: Die Bewertung von Risiken im Bahnbetrieb. Beitrag an der Fachtagung 1993 des Verbandes Deutscher Eisenbahn-Ingenieure (VDEI) am 12. November 1993 in Dresden.

Bohnenblust, H. and Troxler, Ch.: Risk analysis - Is it a useful tool for the politician in making decisions on avalanche safety? In: Avalanche Formation, Movement and Effects (Proceedings of the Davos Symposium, September 1986). IAHS Publ. No. 167, 1987.

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), Bundesamt für Strassen (ASTRA): Erarbeitung der Grundlagen für eine Strassenverkehrssicherheitspolitik des Bundes, Schlussbericht VESIPO, Bern, Mai 2002

Bfu: siehe Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung

Bundesamt für Raumentwicklung (ARE): Unfallkosten im Strassen- und Schienenverkehr der Schweiz 1998. Bern, 2002.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): Vollzug Umwelt: Praxishilfe – Kosten-Wirksamkeit von Lawinenschutz-Massnahmen an Verkehrsachsen, Ch. Wilhelm. Bern, 1999.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): Vollzug Umwelt: Richtlinie, Beurteilungskriterien I zur Störfallverordnung StFV. Bern, September 1996.

Bundesamt für Zivilschutz: Katastrophen und Notlagen in der Schweiz. Eine vergleichende Übersicht. Bern, August 1995.

- Farmer, F.R.: Siting Criteria – a new Approach, IAEA Conference „Containment and Siting“. Wien, 1967.
- Füglister, P., Pedergnana, M.: Wege zu einer sozialen Schweiz. Schweizerische Sozialpolitik nach dem Jahre 2000. Orell Füssli, Zürich 1993.
- Hubert, P., Barry, M.H., Moatti, J.P.: Elicitation of Decision Makers' Preferences for Management of Major Hazards, Risk Analysis, pp. 99-206, 1991.
- Jäggy, W.: Wissenschaft von Wasser, keine trockene Theorie - wie Forschung die Menschen vor dem Wasser schützt - und das Wasser vor den Menschen. In TA-extra: Wasser, ein Rohstoff wird knapp. Tages Anzeiger, 1. Juni 1992.
- Jungermann, H. und Slovic, P.: Charakteristika individueller Risikowahrnehmung. In: Risiko ist ein Konstrukt - Wahrnehmung zur Risikowahrnehmung. Herausgegeben von der Bayerischen Rück, München, 1993.
- Keeney, R.L.: Equity and Public Risk. In: Operations Research, Vol. 28, pp. 527-534, 1980.
- Luce, R.D.: Rational Versus Plausible Accounting Equivalences in Preference Judgement. In: Edwards, W., Utility Theories: Measurements and Applications, Boston, 1992: Kluwer, pp. 187-206.
- Merz, H., Schneider, Th., Bohnenblust, H.: Bewertung von technischen Risiken. Beiträge zur Strukturierung und zum Stand der Kenntnisse. Modelle zur Bewertung von Todesfallrisiken. Polyprojekt Risiko und Sicherheit. Eidgenössische Technische Hochschule, 1995.
- Merz, H. and Bohnenblust, H.: Cost/Effectiveness Analysis and Evaluation of Risk Reduction Measures. In: Proceedings of the 2nd World Congress on Safety Sciences. Budapest, November 1993.
- Pharma Information, Informationsstelle der forschenden pharmazeutischen Firmen Ciba-Geigy, Roche und Sandoz: Das Gesundheitswesen in der Schweiz. Leistungen, Kosten, Preise. Basel, 1992.
- PLANAT: Nationale Plattform für Naturgefahren. Bewertung von Naturgefahren - Umgang mit Katastrophenereignissen (Risikoaversion). Vorstudie. Zürich, 2000.
- Rowe, W.D.: Understanding Uncertainty. In: Risk Analysis, Vol. 14, No.5, pp. 743-750, 1994.

- Rowe, W.D.: An Anatomy of Risk. pp. 300-326. New York, 1977.
- Schorer, M.: Extreme Trockenjahre in der Schweiz und ihre Folgen für Natur und Wirtschaft. Geographisches Institut der Uni Bern, 1992.
- Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu): Unfallgeschehen in der Schweiz, Statistik 2002
- Schweizerische Bundesbahnen: Sicherheitsstandards für unterirdische Verkehrsanlagen der SBB. Schlussbericht Teil 1, Betrachtungen für das SBB-Netz. Ernst Basler + Partner AG, Juni 1993.
- Schweizerischer Bauernverband: Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung. 69. Jahreshaft, 1992.
- Schweizerischer Forstverein: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. Nr. 6, Juni 1991.
- Schweizerische Unfallverhütungsanstalt (SUVA): Fünfjahresbericht UVG 1993- 1997. Luzern, Juli 1999
- Slovic, P., Fischhoff, B., Liechtenstein, S.: The Psychometric Study of Risk Perception. In: Covello, V.T., Menkes, J. and Mumpower, J. (eds.), Risk Evaluation and Management, New York, 1986: Plenum, pp. 3-24.
- Stiefel, U. und Schneider, J.: Was kostet Sicherheit? In: Schweizer Ingenieur und Architekt. Heft 47, Zürich, 1985.
- SUVA: siehe Schweizerische Unfallverhütungsanstalt
- Tittes, E.: Der Risikobegriff der Sicherheitstechnik. In: Risiko - subjektiv und objektiv. IX. internationales Sommer-Symposium 26.-28. Sept. 1988. Gesellschaft für Sicherheitswissenschaft Bergische Universität - GH Wuppertal, 1989.
- UVEK, siehe Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
- Wilhelm, Ch., Schmithüsen, F., Salm, B.: Untersuchung zum Finanzierungsaufwand und den zu schützenden Objekten im Zusammenhang mit Lawinenverbauungsprojekten. Zürich, 1992.

#### 8.4 Literaturhinweise zur Risikoanalyse von Hochwasser

Bundesamt für Energiewirtschaft BEW, HSK: Gutachten zum Gesuch um unbefristete Betriebsbewilligung und Leistungserhöhung für das Kernkraftwerk Mühleberg. Würenlingen, Oktober 1991.

Bundesamt für Wasser und Geologie: Landeshydrologie und -geologie. Hochwasser 1999, Analyse der Messdaten und statistische Einordnung. Hydrologische Mitteilungen, Nr. 28, 2000.

Bundesamt für Wasser und Geologie: Landeshydrologie und -geologie. Hochwasser 1999 – Analyse der Ereignisse. Studienbericht Nr. 10/2000, 2000.

Geiger, H., Zeller, J., Röthlisberger, G.: Starkniederschläge des schweizerischen Alpen- und Alpenrandgebietes: Einführung, Methoden, Spezialstudien, Bd. 7, 1991.

Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Bundesamt für Wasserwirtschaft und Eidgenössisches Departement des Innern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Landeshydrologie und -geologie: Ursachenanalyse der Hochwasser 1987: Ergebnisse der Untersuchungen, Mitteilungen des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Nr. 4, 1991 (EVED, EDI 1991a).

Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Bundesamt für Wasserwirtschaft und Eidgenössisches Departement des Innern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Landeshydrologie und -geologie: Ursachenanalyse der Hochwasser 1987: Schlussbericht, Mitteilungen des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Nr. 5, 1991 (EVED, EDI 1991b).

Forster, F. et al.: Hochwasser. in Forum für Wissen, 1993.

Mani, P.: Überblick über die Schadengebiete der Hochwasser 1987. In: Ursachenanalyse der Hochwasser 1987: Ergebnisse der Untersuchungen, BWW 1991.

Röthlisberger, G.: Chronik der Unwetterschäden in der Schweiz, Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Nr. 330, 1991.

Röthlisberger, G.: Unwetterschäden in der Schweiz, Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Nr. 346, 1998.



Unwetterschäden (1997-2001), WSL, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft.: Unwetterschäden in der Schweiz, jährliche Berichte. In: „Wasser, Energie, Luft“; Hegg, Badoux, Frick, Schmid.

Zeller, J.: Starkniederschläge und ihr Einfluss auf Hochwasserereignisse: Elemente zur Abschätzung der Hochwasserabflüsse kleiner Einzugsgebiete, Berichte der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Nr. 126, 2. Auflage, 1981.