



Risikoaversion

Entwicklung systematischer Instrumente zur Risiko- bzw. Sicherheitsbeurteilung
Zusammenfassender Bericht
31. Oktober 2008

Risikoart	Kürzel (vgl. Anhang A1)	Jahr	Anzahl Todesopfer	Monetarisiertes Schadenausmass (in Mio. CHF)
Risikokonversionsansätze	armasuisse	2004		
	ANPRALL	2006		
	BÜ	1986		
	CBA	2001		
	DB	1983		
	Gefahrgutrisiken			2*
	Eisenbahntunnel			1
	Eisenbahntunnel			1
	Eisenbahntunnel			1
	Eisenbahntunnel			1
Naturgefahren	TUNNEL	2003		
	SANASILVA	1986		
	LAWINEN	1999		
	NATUR PLANAT	1989		
	NATUR PLANAT	2003		
	Lawinen/Steinschlag			1
	Lawinenschutz			1
Alle	KATARISK	2003		
	KSW	1998		
	LITAI	1980		
	ROWE	1977		
	Naturgefahren			100
Technische Risiken	ACDS	1991		
	AT	1998		
	DNEPP	1989		
	FARMER	1967		
	HUBERT	1991		
	NUCLEAR	2004		
	ORA	1999		
	Kernkraftwerke			3
	Industrierisiken			1
	Kernkraftwerke			10
Verletzten	Storfälle			
	Storfälle			
	Storfälle			
	Storfälle			

Ansätze mit Risikoaversion

$$R_m = \sum_i w_i \cdot A_i \cdot f_i \cdot \phi_i \cdot G_K$$

Diagramme:

- Anwendungsbereiche:** Zwei Diagramme zeigen die Faktorwerte für verschiedene Risikoarten. Ein Diagramm zeigt die Anzahl Todesopfer (Anzahl Todesopfer) auf der x-Achse und den Faktor auf der y-Achse. Ein weiteres Diagramm zeigt das monetarisierte Schadenausmass (Monetarisiertes Schadenausmass (in Mio. CHF)) auf der x-Achse und den Faktor auf der y-Achse.
- Diagramm 1:** Faktor vs. Anzahl Todesopfer. Die x-Achse ist logarithmisch skaliert (1, 10, 100, 1'000, 10'000, 100'000, 1'000'000). Die y-Achse ist linear (1 bis 100). Eine rote horizontale Linie markiert den Faktor 10. Eine schwarze Kurve steigt an.
- Diagramm 2:** Faktor vs. Monetarisiertes Schadenausmass (in Mio. CHF). Die x-Achse ist logarithmisch skaliert (1 bis 1'000'000). Die y-Achse ist linear (1 bis 100). Eine rote horizontale Linie markiert den Faktor 10. Eine schwarze Kurve steigt an.

Impressum

Auftraggeber

Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS
Monbijoustrasse 51A
3003 Bern
+41 (0)31 322 50 11

Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT
c/o Abteilung Gefahrenprävention
Bundesamt für Umwelt BAFU
3003 Bern
Tel. 031 324 17 81
planat@bafu.admin.ch
www.planat.ch

Projektleitung

Christoph Werner, Konzeption und Koordination, BABS

Projektbegleitgruppe

Jürg Balmer, Konzeption und Koordination, BABS
Dr. Marco Baumann, Abteilung Wasserwirtschaft und Wasserbau, Kanton Thurgau /
Mitglied der PLANAT
Dr. Michael Bründl, WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF
Bernard Gay, Sektion Störfall- und Erdbebenvorsorge, BAFU
Franz Niederhäuser, Sicherheit Umwelt Raumeinflüsse, VBS

Auftragnehmer / Verfasser der Studie

Bohnenblust, Hans	Ernst Basler + Partner AG
Holthausen, Niels	Zollikerstrasse 65
Merz, Hans A.	8702 Zollikon
	Telefon: 044 395 11 11
	info@ebp.ch
	www.ebp.ch

Hinweis

Reproduktion, auch auszugsweise, ist nur mit Quellenangabe gestattet.

Der Bericht ist zu beziehen bei: Bundesamt für Bevölkerungsschutz, Konzeption und
Koordination,
Monbijoustrasse 51 A, 3003 Bern
Email: forschung@babs.admin.ch

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage und Zielsetzung	1
2	Auslegeordnung (Phase 1).....	3
2.1	Zielsetzung der Phase 1	3
2.2	Definition des Begriffs „Risikoaversion“	3
2.3	Theoretische und konzeptionelle Grundlagen.....	4
2.4	Umgang mit der Risikoaversion in risiko-basierten Sicherheitskonzepten.....	5
2.5	Umgang mit der Risikoaversion in nicht risikobasierten Sicherheitskonzepten.....	6
2.6	Erkenntnisse, Folgerungen und Empfehlungen zum weiteren Vorgehen.....	7
3	Vorschlag für ein Konzept der Risikoaversion (Phase 2)	9
3.1	Ziel der Phase 2.....	9
3.2	Entwicklung der Sicherheitsplanung im öffentlichen Interesse	9
3.3	Entwicklung der Theorie zu Entscheidung bei Unsicherheit	10
3.4	Das Risikokzept und seine Wertungselemente.....	11
3.5	Besonderheiten von Risiken seltener Ereignisse mit grossen Schadensausmassen	12
3.6	Ansätze für die Praxis	13
3.7	Vorschläge zur Quantifizierung der Parameter	13
3.8	Zukünftige Berücksichtigung der "Risikoaversion"	16
3.9	Schlussbemerkungen und Empfehlungen	18

Anhang

A1 Verzeichnis der erarbeiteten Dokumente

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Unter dem Thema „Risikoaversion“ gegenüber seltenen Ereignissen mit grossen Schadensausmassen werden die vom Schadensausmass und der Seltenheit abhängigen Besonderheiten bei der Beurteilung und Bewertung der Risiken solcher Ereignisse diskutiert. Als "Risikoaversion" wird dabei das Phänomen bezeichnet, dass Risiken von Ereignissen mit zunehmendem Schadensausmass trotz abnehmender Eintretenswahrscheinlichkeit aus verschiedenen Gründen eine überproportionale Bedeutung beigemessen wird. Im Rahmen bestehender Ansätze für risikoorientierte Sicherheitsplanungen wird dies durch Einführung eines sogenannten Aversionsfaktors φ berücksichtigt. Eine vertiefte Auseinandersetzung mit dieser Problematik hat jedoch bisher nicht stattgefunden. Es besteht Klärungsbedarf zu diesem Thema.

Stand des Themas
"Risikoaversion"

Um ein solideres Fundament für die weitere Auseinandersetzung mit dieser Problematik zu schaffen, wurde durch das Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS)¹⁾ und die Nationale Plattform Naturgefahren (PLANAT)²⁾ ein Projekt initiiert, das sich des Themas "Risikoaversion – Entwicklung systematischer Instrumente zur Risiko- und Sicherheitsbeurteilung" annimmt. Bei der Durchführung des Projektes wird das BABS durch Ernst Basler + Partner AG unterstützt. Das Projekt ist Teil der umfassenden Anstrengungen der PLANAT zur Verbesserung der Grundlagen zur risikobasierten Entscheidungsfindung im Naturgefahrenbereich.

Initiierung des Projektes durch
BABS und PLANAT

In Phase 1 dieses Projektes wurden zunächst die heute verwendeten Ansätze zur Berücksichtigung der mit dem Schadensausmass zunehmenden Besonderheiten von seltenen Ereignissen im Sinne einer Auslegeordnung dargestellt und analysiert³⁾. Dabei wurde vorgesehen, die weiteren Arbeiten auf den Ansatz der Risikokonversion zu konzentrieren, auf welchem das Risikokzept⁴⁾ basiert.

Phase 1: Auslegeordnung

Phase 2 des Projektes untersucht, welches die vom Schadensausmass abhängigen Besonderheiten seltener Ereignisse sind und wie diese in Risiko- bzw. Sicherheitsbeurteilung berücksichtigt werden können. Damit soll das bisherige Verständnis der „Risikoaversion“ überprüft, vertieft und präzisiert, sowie der Ansatz zu ihrer Berücksichtigung als Teil des Risikokzeptes differenzierter und transparenter dargestellt werden. Schliesslich werden quantitative Vorschläge für eine Aversionsfunktion unterbreitet.

Phase 2: Vorschlag für
Verständnis und Anwendung

1) Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz befasst sich von Gesetzes wegen mit den Vorbereitungen auf Katastrophen und Notlagen und hat daher ein spezifisches Interesse an dieser Fragestellung.

2) Das Projekt ist Bestandteil des PLANAT-Aktionsplans 2005 – 2008 "Strategie Naturgefahren Schweiz" (Projekt B 2.1).

3) Vgl. Bericht "Risikoaversion: Entwicklung systematischer Instrumente zur Risiko- bzw. Sicherheitsbeurteilung bei naturbedingten und technischen Risiken, Phase 1: Darstellung und Analyse heute verwendeter Ansätze", Schlussbericht und Anhänge vom 31. August 2007

4) Strategie Naturgefahren Schweiz – Teilprojekt B: Methoden-Evaluation, Dez. 2004

2 Auslegeordnung (Phase 1)

2.1 Zielsetzung der Phase 1

Die Phase 1 des Projekts „Risikoaversion im Bereich naturbedingter und technischer Risiken - Entwicklung systematischer Instrumente zur Risiko- bzw. Sicherheitsbeurteilung“ beinhaltet folgende Zielsetzungen:

Ziele der Auslegeordnung

- Definition des Begriffs "Risikoaversion"
- Theoretische und konzeptionelle Grundlagen
- Umgang mit der Risikoaversion in risikobasierten Sicherheitskonzepten
- Umgang mit der Risikoaversion in nicht risikobasierten Sicherheitskonzepten
- Einfluss von Ereignissen auf die Risikoaversion
- Erkenntnisse, Folgerungen und Empfehlungen zum weiteren Vorgehen

2.2 Definition des Begriffs „Risikoaversion“

Eine breit akzeptierte, klare Definition des Begriffs Risikoaversion konnte sich bisher nicht etablieren. Je nach Gebiet und Blickwinkel (z.B. Ingenieur- vs. Geistes- und Sozialwissenschaften) unterscheidet sich das Begriffsverständnis in beträchtlichem Masse. Eine klare und eindeutige, allerdings etwas abstrakte und eingegrenzte Definition des Begriffs Risikoaversion hat sich nur im Bereich der Entscheidungs- bzw. Nutzentheorie etabliert. Im Umgang mit technischen sowie naturbedingten Risiken ist das Verständnis wenig einheitlich. Insbesondere fehlt häufig der Bezug zu einem klaren konzeptionellen Rahmen, wie ihn etwa die normative Entscheidungstheorie darstellt.

Unterschiedliches Verständnis in Ingenieur-, Geistes- und Sozialwissenschaften

Für die vorliegende Arbeit steht beim Begriff Risikoaversion die Frage im Zentrum, wie die Bewertung der Risiken vom Ausmass der möglichen Ereignisse abhängt. Analog zur Begriffsverwendung durch die PLANAT wird der Begriff „Risikoaversion“ wie folgt definiert:

Definition der PLANAT

Das empirisch in vielen Situationen feststellbare und theoretisch begründbare Phänomen, mögliche Ereignisse mit grossem Schadenausmass stärker zu gewichten, als es aufgrund des zugehörigen Schaden- erwartungswerts angezeigt wäre, wird als „Risikoaversion gegenüber Grossereignissen“ oder kurz als „Risikoaversion“ bezeichnet.

Risikoaversion als einer von mehreren Aspekten bei der Risikobewertung

Bei dieser Definition ist zu beachten, dass die so verstandene Risikoaversion gegenüber Grossereignissen nur einer von mehreren Aspekten für die Bewertung von Risiken darstellt. Andere Aspekte sind etwa die „Entsetzlichkeit“ (dreadfulness) einer Todesursache, oder die Verletzlichkeit spezifischer Personengruppen (z.B. Kinder, Betagte), die Beeinflussbarkeit des Risikos bzw. Schadenereignisses usw. Nicht immer kann klar auseinander gehalten werden, wie stark die Risikoaversion gegenüber Grossereignissen oder die erwähnten anderen Aspekte eine Rolle spielen.

Explizite und implizite Berücksichtigung in der Praxis

Grundsätzlich werden zwei Arten unterschieden, die Risikoaversion zu berücksichtigen: (1) Explizite Ansätze, bei denen die Risikoaversion auf nachvollziehbare und dokumentierbare Art und Weise im Allgemeinen quantitativ festgelegt wird und (2) implizite Ansätze, bei welchen die Risikoaversion indirekt und verdeckt bei den Entscheidungen über Risiken berücksichtigt wird.

2.3 Theoretische und konzeptionelle Grundlagen

Normative Entscheidungstheorie und Erwartungsnutzentheorie

Die normative Entscheidungstheorie beschäftigt sich mit der Frage, wie Entscheidungen getroffen werden bzw. getroffen werden sollen, damit deren Konsequenzen bestmöglich den Präferenzen des Entscheidungsträgers entsprechen. Um ein tieferes Verständnis des Stellenwerts sowie der Bedeutung der Risikoaversion bei Entscheidungsprozessen zu erhalten, sind primär die Ansätze aus der normativen Entscheidungstheorie im Zusammenhang mit Entscheidungen unter Unsicherheit untersucht worden. Dabei stand die „expected utility theory“ (EUT) im Vordergrund, welche im Wesentlichen beinhaltet, dass ein risikoaverses Verhalten durch eine konkave „utility function“ charakterisiert ist, während risikofreudiges Verhalten durch eine konvexe „utility function“ beschrieben wird.

Modellansätze zur Quantifizierung

Daneben wurden auch vereinzelte Modellansätze zur Bestimmung einer Risikoaversionsfunktion untersucht wie z.B. ein Modell zur Berücksichtigung des Vertrauensverlustes über eine Risikoaversion oder ein Modell zur Berücksichtigung der Regenerationsgeschwindigkeit über eine Risikoaversion. Zudem wurden wahrnehmungspsychologische Ansätze und neueste Forschungsbeiträge (z.B. Dissertation Th. Plattner, Forschung Abrahamsson et al.) sowie Erklärungsbeiträge anderer Theorierichtungen (z.B. Life Quality Index, rechtliche Aspekte) diskutiert.

Beiträge anderer Wissenschaftsdisziplinen

2.4 Umgang mit der Risikoaversion in risikobasierten Sicherheitskonzepten

Das Studium der bestehenden Ansätze und relevanten Grundlagen hat gezeigt, dass die heute verwendeten Ansätze in risikobasierten Sicherheitskonzepten drei unterschiedlichen Typen zugeordnet werden können:

Verschiedene Ansätze des Umganges mit Risikoaversion:

1. *Risikokonversionsansatz*: Berücksichtigung Risikoaversion beim Risikomass: Dabei wird das Ausmass A_j eines Ereignisses j zusätzlich mit einer Risikoaversionfunktion $\varphi(A_j) \geq 1$ – auch als Risikoaversionfaktor bezeichnet – gewichtet, bevor es mit der Eintretenswahrscheinlichkeit w_j multipliziert wird und so das empfundene Risiko R_e ermittelt wird.

Risikokonversion

$$R_e = \sum_j w_j [A_j \varphi_j(A_j)]$$

2. *Akzeptabilitätslinienansatz*: Berücksichtigung der Risikoaversion bei der Bewertung der Risiken in einem komplementär-kumulativen Häufigkeits-Ausmass-Diagramm. Dabei wird das W-A-Diagramm in verschiedene Akzeptabilitätsbereiche unterteilt (akzeptable, nicht akzeptable Risikobereiche sowie einen dazwischen liegenden Übergangsbereich). Je grösser der Schaden eines Ereignisses ist, desto seltener muss es sein, damit das zugehörige Risiko als akzeptabel oder im Übergangsbereich liegend eingestuft wird. Die Neigung der Akzeptabilitätslinien beinhaltet implizit eine Risikoaversion. Je grösser die absolute Steigung der Akzeptabilitätslinie umso grösser die implizite Aversion gegenüber Grossereignissen (ein direkter Vergleich mit den Aversionsfaktoren von Risikokonversionsansätzen ist nicht möglich, da der Akzeptabilitätslinienansatz ein grundlegend anderes Risikobewertungsmodell darstellt)
3. *Andere Ansätze*, insbesondere der Ansatz von Haimes, bei dem bei der Untersuchung der Kosten-Wirksamkeit von Sicherheitsmassnahmen nicht von einem einzigen Schadenerwartungswert über den gesamten Wertebereich ausgegangen wird. Stattdessen werden die Schadenerwartungswerte in mehreren Schadensbereichen separat betrachtet und den Massnahmenkosten gegenübergestellt. Dies entspricht de facto einer Risikoaversion gegenüber grösseren Schadensausmassen.

Akzeptabilitätslinien-Ansatz

Andere Ansätze

Die in der Literatur beschriebenen und den Autoren bekannten Ansätze wurden in Bezug auf die folgenden Merkmale ausgewertet:

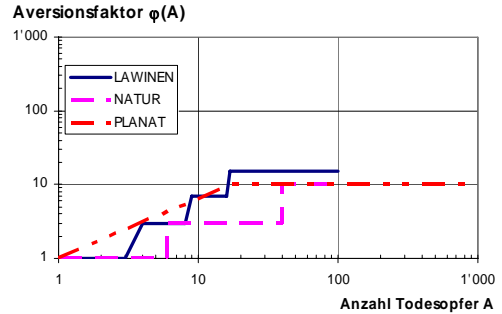
Untersuchte Merkmale

- Entstehungsgeschichte und Anwendungsbereiche
- Betrachtete Gefahrenpotentiale
- Verteilung nach Risikokonversion und Akzeptabilitätslinien
- Bezug zum Schadenindikator
- Gründe für Anwendung Risikoaversion
- Festlegung der Risikoaversion
- Grösse der Risikoaversion

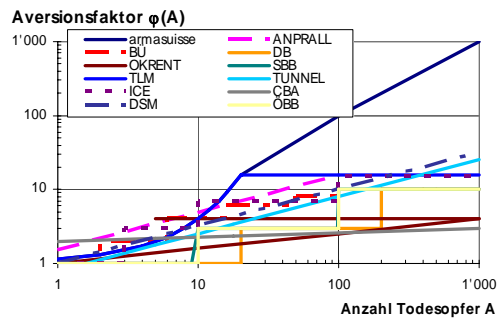
- Anwendung in der Praxis und Stellenwert (vgl. bisherige Ansätze in Tabelle 1)

Tabelle 1:
Bisherige Aversionsfaktoren

Risikoaversionsansätze für
Naturgefahren: Risikokon-
versionsansätze



Risikoaversionsansätze für
technische Gefahren: Risi-
kokonversionsansätze



2.5 Umgang mit der Risikoaversion in nicht risikobasierten Sicherheitskonzepten

Untersuchung der
Risikoaversion in massnahmen-
und normenbasierten
Sicherheitskonzepten

Bei Entscheidungen im Sicherheitsbereich kann auch in nicht explizit risikobasierten Sicherheitskonzepten, d.h. massnahmen- bzw. normenbasierten Sicherheitskonzepten, eine Risikoaversion einfließen. Es wurde anhand von ausgewählten Beispielen (SIA Tunnelnormen; Wegleitung und Richtlinien zum Hochwasserschutz und SIA Normen zum Erdbebenschutz) untersucht, ob eine Risikoaversion gegenüber Grossereignissen nachweisbar ist. Dabei wurde kein nachweisbarer und quantifizierbarer Einfluss der Risikoaversion sichtbar. Allerdings kann vermutet werden, dass punktuell bei der Festlegung der massnahmen- bzw. normenbasierten Sicherheitskonzepten unbewusst und implizite eine gewisse Risikoaversion eingeflossen ist, die sich jedoch nicht klar identifizieren lässt, da gleichzeitig verschiedene Einflüsse die Massnahmen in Vorschriften und Normen beeinflussen.

2.6 Erkenntnisse, Folgerungen und Empfehlungen zum weiteren Vorgehen

Risikoaversion wird in verschiedenen Fachbereichen z.T. sehr unterschiedlich verstanden. In den Sozialwissenschaften werden üblicherweise Fragestellungen im Zusammenhang mit der Risikoaversion von Individuen untersucht. In den Ingenieurwissenschaften wird unter Risikoaversion meist ein Aspekt zur Risikobewertung in der Sicherheitsplanung verstanden. Beide Sichtweisen werden hier zunächst kurz dargestellt.

Unterschiedliche Sichtweisen

Individuelle Risikoaversion: Risikoaversion ist eine typische Eigenschaft des Menschen. Individuen werden als risikoavers bezeichnet, wenn sie einen sicheren Wert (z.B. das eigene Kapitalvermögen) einem gleich grossen, aber unsicheren Erwartungswert (z.B. der Erwartungswert des in einer Lotterie eingesetzten Kapitalvermögens) bevorzugen. Es handelt sich häufig um ein intuitives Verhalten, dieses ist aber auch rational, da der Mensch in der Regel einen abnehmenden Grenznutzen für Vermögen hat.

Individuelle Risikoaversion

"Risikoaversion" im öffentlichen Sektor: Die Gesellschaft steht zum Teil vor ähnlichen, doch meist wesentlich komplexeren Entscheidungen: Bei Ereignissen mit eher geringen Sach- und Personenschäden kann die öffentliche Hand die Wiederherstellung leicht unterstützen. Für Ereignisse mit eher geringen Auswirkungen sind häufig auch Vorkehrungen für die Bewältigung getroffen, z.B. existieren Einsatzpläne bei Rettungskräften etc., besonders wenn diese Ereignisse regelmässig auftreten. Handelt es sich jedoch um grosse Sach- und Personenschäden, so kann mit den Auswirkungen weniger routiniert und geregelt umgegangen werden. Es kommt häufig auch vermehrt zu indirekten Schäden, z.B. grössere Produktionsausfälle, die sich negativ auf ganze Branchen auswirken können.

Risikoaversion im öffentlichen Sektor

Ereignisse mit grossen Schäden führen also zu Situationen, die häufig weniger gut bewältigt werden können. In der Praxis kann dem begegnet werden, indem Ereignisse mit grossen Schäden höher gewichtet werden und sie damit in der Sicherheitsplanung eine bedeutendere Rolle spielen. Dazu dienen die bisher angewendeten Risikokonversionsansätze und die Akzeptabilitätslinienansätze.

Höhere Gewichtung von Grossereignissen mit Hilfe der Risikokonversion und der Akzeptabilitätslinienansätze

Allgemeine Erkenntnisse für die Umsetzung

Zur Umsetzung einer Funktion zur besonderen Berücksichtigung von Grossschäden aufgrund der oben genannten Gründe stellen sich folgende Fragen: Was soll genau abgedeckt werden? Welche Systemgrenzen werden definiert? Diese Festlegungen stellen bereits Wertungen dar, die einen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis haben.

Zu klärende Fragen

Unterschiedliche Schadenindikatoren und Aversionsfunktionen für unterschiedliche Gefahren

Aufgrund der unterschiedlichen Schadenbilder Gefahren liegt nahe, dass

- bei unterschiedlichen Gefahren auch unterschiedliche Schadenindikatoren besonders geeignet sind, um die Schäden abzubilden, und
- nicht für alle Gefahren die gleiche Funktion verwendet werden kann.

Auswirkungen der Aversion auf die Massnahmenplanung als Entscheidungsgrundlage

Vor einer Umsetzung interessieren die Entscheidungsträger vor allem auch die Auswirkungen dieses Instrumentes zur besonderen Berücksichtigung von Grossschäden auf die Massnahmenplanung (d.h. auf ihr Budget im Nicht-Schadenfall). Eine wichtige Entscheidungsgrundlage sind daher Aussagen zur Auswirkung auf die Massnahmenplanung mit und ohne Berücksichtigung einer Aversion.

Einflussgrössen auf die Grösse der Aversionsfunktion

Erkenntnisse über Einflussgrössen auf die Grösse der Aversionsfunktion

- Die Aversionsfunktion ist tendenziell umso grösser, je grösser der Stellenwert derjenigen indirekten Schäden und Folgeschäden ist, die durch die untersuchten Indikatoren nicht erfasst werden und deshalb nur über die Risikoaversion zum Ausdruck kommen.
- Die Aversionsfunktion muss sich immer auf einen klar definierten Schadenindikator beziehen (z.B. Todesopfer).
- Hat man den Anspruch, die Grösse der indirekten Schäden und Folgeschäden in ihrer Grössenordnung adäquat über eine Aversionsfunktion abzubilden, gibt es keine einheitliche, für alle Anwendungsbereiche gültige und „richtige“ Aversionsfunktion.
- Es ist jedoch durchaus sinnvoll und möglich, zu einem spezifischen Indikator (z.B. Todesopfer) für gewisse massgebliche Gefahrenarten eine pragmatische Aversionsfunktion im Sinne einer Näherung zu bestimmen.

3 Vorschlag für ein Konzept der Risikoaversion (Phase 2)

3.1 Ziel der Phase 2

Die Frage, wie unsere Gesellschaft mit Risiken umgeht, gewinnt stetig an Bedeutung. Dementsprechend sind wir gefordert, die naturwissenschaftlich-technischen, sozioökonomischen und verfahrensbezogenen Grundlagen, Kenntnisse und Methoden zum Umgang mit Risiken weiterzuentwickeln. Als ein Element der Risikobeurteilung im Risikokonzept gehört dazu auch das Thema Risikoaversion, das das mit dem Schadenausmass zunehmende Bedürfnis nach besonderem Schutz behandelt. Der vorliegende Bericht legt gegenüber den bisherigen Ansätzen vertieft dar, wie "Risikoaversion" bei der Beurteilung solcher Risiken verstanden und wie sie berücksichtigt werden kann. Dazu wird ein in der Struktur transparentes, quantifiziertes und in der Praxis anwendbares Modell vorgestellt.

Ziele

3.2 Entwicklung der Sicherheitsplanung im öffentlichen Interesse

In einer kurzen Darstellung der Entwicklung der Sicherheitsplanung im öffentlichen Interesse⁵⁾ wird der Rahmen aufgezeigt, innerhalb dessen die Aufgaben der Sicherheitsplanung im öffentlichen Interesse und vor allem der damit verbundenen Wertungen zu verstehen sind. Dabei werden die folgenden Bereiche kurz gestreift:

Entwicklung und behandelte Aspekte

- Umgang der Gesellschaft mit Wertungsfragen, die unvermeidbar sind, da die Grundfrage der Sicherheit „Wie sicher ist sicher genug?“ nicht ohne Wertungen zu beantworten ist.
- Das Recht als Werterahmen als wichtigstes System, das die Werte der Gesellschaft wiedergibt und den Rahmen absteckt, innerhalb dessen sich die Akteure bewegen müssen, und sich im Bereich von Sicherheits- und Risikoentscheiden oft auf allgemeine Prinzipien beschränkt (z.B. Forderung nach Erfüllung der Sorgfaltspflicht, Einhaltung des Verhältnismässigkeitsprinzips, Anwendung der Regeln der Technik etc.).

5) Unter dem Begriff "Sicherheitsplanung im öffentlichen Interesse" werden alle Prozesse, Methoden, gesetzliche Bestimmungen, Regeln und Empfehlungen verstanden, die von der Öffentlichkeit bzw. derer legitimierten Vertretern festgelegt werden, um Gefahren bzw. Risiken entgegen, bei denen die Öffentlichkeit ein legitimes Interesse zu deren Abwehr besitzt.

- Die Entwicklung von massnahmen- bzw. erfahrungsbasierter zu risikobasierter Sicherheitsplanung, bei der eine explizite Auseinandersetzung mit den Risiken von Gefahrensituationen stattfindet, indem zunächst die Risiken auf der technisch-wissenschaftlicher Ebene systematisch analysiert und quantifiziert und schliesslich anhand von expliziten Kriterien bewertet werden. Erst auf dieser Basis werden Massnahmen geplant und beschlossen.
- Die Entwicklung normativer Entscheidungsmodelle, die unter anderem die Bedeutung von Bewertungsfragen bei Entscheidungen hervorhoben und aufzeigten, dass unsere Gesellschaft bisher weder institutionell noch inhaltlich diese Fragen eingehender reflektiert hat und auf ihre Beantwortung vorbereitet ist. Gesellschaftliche Regeln zu dieser Thematik können nicht quasi objektiv durch technische Fachleute und Gremien allein festgelegt werden. Die Frage „Wie sicher ist sicher genug?“ ist eine umfassende Wertungsfrage, die nur in einer interdisziplinären und in der Gesellschaft eingebetteten Vorgehensweise beantwortet werden kann.
- Rollenverteilung bei Entscheiden im Rahmen der Sicherheitsplanung im öffentlichen Interesse.

3.3 Entwicklung der Theorie zu Entscheidung bei Unsicherheit

Entwicklung der
Entscheidungstheorie und
Folgerungen für die
Risikoaversion

Dieses Kapitel gibt Hinweise auf die theoretisch und wissenschaftlich begründete Basis für das Verständnis von Entscheidungen bei Unsicherheit⁶⁾ und damit des Risikobegriffs und des Phänomens "Risikoaversion". Es zeigt auf, wie sich die Entscheidungstheorie entwickelt hat. Dabei werden folgende Bereiche behandelt:

- Das Grundproblem: Obwohl Individuen und die Gesellschaft laufend vor grösseren oder kleineren Entscheidungen stehen, hat sich die vertiefte Auseinandersetzung mit Entscheidungsprozessen und mit formalen Entscheidungsmodellen nur zögerlich entwickelt. Dies gilt insbesondere für Entscheidungen, die mit grossen Unsicherheiten behaftet sind, wie typischerweise im Bereich der Sicherheitsplanung. In der Theorie der Entscheidung bei Unsicherheit wird gezeigt, dass es sich hierbei um ein inhärent subjektives Problem handelt, dass es also keine allgemein gültigen, objektiven Regeln gibt und keine noch so detaillierte Analyse zu wertfreien Entscheidungen führen kann.
- Die Entwicklung der Entscheidungstheorie, die zwar erst in der Mitte des 20. Jahrhunderts richtig begonnen hat, deren Wurzeln aber auf die grossen Mathematiker des 17. und 18. Jahrhunderts zurückgehen, wird kurz dargestellt. Darin spielt die Einführung der Nutzen- und Spieltheorie eine wichtige Rolle, innerhalb derer gezeigt wurde, dass Individuen Unsicherheitssituationen nicht aufgrund des so ge-

6) Unter dem Begriff "Unsicherheit" wird in der Entscheidungstheorie die Tatsache verstanden, dass es bei stochastischen Vorgängen in der Natur der Sache liegt, dass Ereignisse nicht präzise vorausgesagt werden können, bzw. dass mit einer Voraussage immer Unsicherheit und Unschärfen verbunden sind, - dass es eben auch anders kommen kann.

nannten Erwartungswertes beurteilen, sondern andere Nutzenaspekte wichtig werden (z.B. nichtlineare Nutzenfunktionen und die intrinsische Risikoeinstellung (risikoavers, risikoneutral, risikofreudig)).

- Daraus werden Folgerungen für ein Modell der Sicherheitsplanung gezogen, dass es nämlich keine rein objektiv richtige Definition von Risiko gibt und demzufolge auch keine rein objektiv, „richtig“ hergeleiteten Regeln für den Umgang mit Risiken. Risiko ist immer ein Konstrukt. Dabei muss die Grundhaltung der Gesellschaft gegenüber Risiken in entsprechenden Modellen pragmatisch berücksichtigt werden, insbesondere die besondere Bedeutung der Unsicherheit bei seltenen Ereignissen mit sehr grossen Schadensausmassen.

3.4 Das Risikokzept und seine Wertungselemente

Dieses Kapitel stellt die Elemente des Risikokzeptes zusammenfassend dar, wobei insbesondere die verschiedenen Wertungselemente hervorgehoben werden. Das Risikokzept gibt einen möglichen Rahmen für die systematische, quantitative Analyse und Bewertung von Risiken und die Beurteilung von Massnahmen zur Reduktion der Risiken und stellt die Basis für die vorliegende Auseinandersetzung mit dem Thema „Risikoaversion“ dar. Es gliedert sich in folgende Phasen:

Elemente des Risikokzeptes:

- Die Risikoanalyse, die die Frage nach der Höhe der Risiken („Was kann passieren?“) als eine primär technisch-wissenschaftliche Fragestellung behandelt. Dabei wird gezeigt, dass alle Schritte einer Risikoanalyse stets auch Fragen beinhalten, die nicht rein objektiv beantwortet werden können. Beispiele dafür sind die Auswahl der Indikatoren für die Beschreibung des Schadensausmasses, die Verknüpfung von Eintretenswahrscheinlichkeit und Schadensausmass oder die Messgrössen der Sicherheit.
- Die Risikobewertung, die mit der Frage befasst, ob ein bestimmtes Sicherheitsniveau ausreichend hoch ist („Was darf passieren?“). Dabei wird gezeigt, dass zahlreiche Faktoren zu berücksichtigen sind, um diese Wertungen vorzunehmen. Beispiele dafür sind die Risikokategorien, die berücksichtigen, dass Menschen und die Gesellschaft im allgemeinen bereit sind, umso höhere Risiken zu akzeptieren, je besser sie mit ihnen vertraut sind, je freiwilliger sie sie eingehen und je direkter die Nutzenempfindung aus der risikobehafteten Tätigkeit ist. Oder die Grenzwerte für das individuelle Todesfallrisiko und die Grenzkosten (maximale Zahlungsbereitschaft) zur Rettung eines Menschenlebens. Und schliesslich spielt die Aversion eine grosse Rolle, mit der berücksichtigt wird, dass mit zunehmender Grösse des Schadensausmasses eines Ereignisses die Bewertung dieses Schadensausmasses überproportional zunimmt.
- Die Massnahmenplanung, die ebenfalls implizite und explizite Wertungen enthält, wie beispielsweise die Diskontierung von Kostenströmen oder die Monetarisierung von Risiken mittels der Grenzkosten und den Aversionsfaktoren. Die optimale Massnahmen oder

Risikoanalyse

Risikobewertung

Massnahmenplanung

Massnahmengruppe wird jedoch in einem weitgehend objektiven Optimierungsprozess ermittelt.

3.5 Besonderheiten von Risiken seltener Ereignisse mit grossen Schadensausmassen

Besonderheiten von
Grossereignissen:

Dieses Kapitel ist das Kernstück der vorliegenden Arbeit, weil es das Grundverständnis für die Einführung der Aversion begründet. Dabei werden jene Effekte herausgeschält, die mit zunehmender Ereignisgrösse überproportional an Bedeutung gewinnen. Es sind dies:

- Qualitative Ausweitung und überproportionale Zunahme des Schadens

 - Die qualitative Ausweitung und überproportionale Zunahme des Schadens. Katastrophen ziehen viel weitere Kreise und wirken sich auf immer komplexere Weise auf das sozioökonomische Netzwerk einer Gesellschaft aus. Zudem nehmen die Kosten für die Wiederherstellung und die Regeneration überproportional zu.
- Abnehmende Zuverlässigkeit der Quantifizierung von Ausmass und Häufigkeit

 - Die veränderte Zuverlässigkeit bei der quantitativen Einschätzung der Risiken durch eine zunehmende Unsicherheit bei der Eintretenswahrscheinlichkeitsabschätzung und der Schadenprognose. Je grösser und seltener ein Ereignis ist, desto mehr rücken konkrete Erfahrungswerte in den Hintergrund und müssen analytischen Abschätzungen oder gar intuitiven Expertenschätzungen Platz machen. Die Unsicherheiten werden dabei zwangsläufig immer grösser.
- Intrinsische Risikoeinstellung

 - Besondere Verantwortung gegenüber Ereignissen mit ausserordentlichem Schadensausmass, die als Aversion im engeren Sinn oder als intrinsische Risikoeinstellung bezeichnet wird. und berücksichtigt, dass man sich bei seltenen Ereignissen mit grossen Schadensausmassen besonders weit weg vom statistischen Erfahrungsbereich bewegt und damit auch vom Gültigkeitsbereich statistischer Modelle, wie es der Erwartungswert darstellt. Empirische Untersuchungen zeigen insbesondere, dass Menschen bei Entscheiden unter Unsicherheit und sehr kleinen Eintrittswahrscheinlichkeiten überwiegend ein risikoaverses Verhalten zeigen. Diese nimmt bei immer grösserem potenziellem Schaden zu. Es entspricht auch dem oben erwähnten Effekt, dass Entscheidungsträger besonderen Wert auf die Vermeidung von „Katastrophen“ legen und wegen deren psychosozialen Auswirkungen und den kaum vorhersagbaren Auswirkungen besonders hohe Vorsicht und Sorgfalt für angebracht erachten.

3.6 Ansätze für die Praxis

Die Erläuterungen der mit der Seltenheit und dem Schadenausmass von Ereignissen zunehmenden Besonderheiten müssen für eine Anwendung in der Praxis in operationelle Ansätze gefasst werden. Dabei werden zwei Faktoren definiert:

Aufteilung in zwei Teile:

- Schadenergänzungsfaktor f , der die qualitative Ausweitung und überproportionale Zunahme des Schadens abbildet, d.h. die Abbildung des effektiven Gesamtschadens, bewerkstelligt. Seine Beurteilung kann grundsätzlich weitgehend objektiv auf technisch-ökonomischen Überlegungen abgestützt werden. Als Basis kann die Auswertung von Schäden bei effektiven Ereignissen beigezogen werden. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Ausweitung der Schadenarten grundsätzlich abhängig vom betrachteten System ist und der Schadenergänzungsfaktor daher theoretisch für verschiedene Systeme unterschiedlich sein kann.
- Aversionsfaktor φ , dem die drei Effekte der zunehmenden Unsicherheit bei der Eintretenswahrscheinlichkeitsabschätzung (im Folgenden als φ_1 bezeichnet), der Unsicherheit bei der Schadenabschätzung (im Folgenden als φ_2 bezeichnet) und der intrinsische Risikoeinstellung (im Folgenden als φ_3 bezeichnet) zugeordnet werden. Für die praktische Anwendung werden die drei Teilfaktoren zwar einzeln bestimmt, letztlich aber wieder in einen Faktor φ zusammengefasst.

Schadenergänzungsfaktor

Aversionseffekte

3.7 Vorschläge zur Quantifizierung der Parameter

In diesem Kapitel werden Vorschläge für die Quantifizierung des Schadenergänzungsfaktors sowie der eigentliche Aversionsfaktor unterbreitet. Eine solche Quantifizierung ist selbstverständlich schwierig. Neben den praktischen Problemen einer sinnvollen Datenbasis und den dabei feststellbaren Streuungen, sind mit einer solchen Festlegung, wie im Rahmen dieses Berichtes deutlich gemacht wurde, Wertungen verbunden. Die Vorschläge beruhen daher weitgehend auf der Beurteilung durch die Verfasser dieser Studie und orientieren sich an den bisher angewendeten Ansätzen.

Grundlage der Quantifizierung

- Quantifizierung des Schadenergänzungsfaktors f :

Schadenergänzungsfaktor

Die nachstehend dargestellten Vorschläge wurden auf der Basis von Ereignisauswertungen sowie weiterer Überlegungen geschätzt. Zu beachten ist, dass der Faktor f bei einem Todesopfer definitionsgemäss eins sein muss, da der Faktor f ja lediglich die überproportionale Zunahme der Schäden berücksichtigt.

Anzahl Todesopfer	1	10	100	1'000	10'000	100'000	1'000'000
Faktor f	1.0	1.6	2.5	3.4	3.9	4.2	4.3

Aversionsfaktor • Quantifizierung des Aversionsfaktors φ :

Dabei wurden zuerst die Teilfaktoren φ_1 und φ_2 zur Unsicherheit der Bestimmung der Eintretenswahrscheinlichkeiten w und des Schadensausmasses A abgeschätzt, unter Berücksichtigung eines Konfidenzintervalls von 95% (ca. 2σ). Anschliessend wurden die beiden Teilfaktoren φ_1 und φ_2 zu einem gemeinsamen Faktor φ_{1+2} zusammengefasst, dessen Werte in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt sind.

Anzahl Todesopfer	1	10	100	1'000	10'000	100'000	1'000'000
Eintretenswahrscheinlichkeit je Jahr	5.0 E+00	1.1 E-01	6.2 E-03	2.8 E-04	1.8 E-05	2.4 E-06	5.0 E-07
Faktor φ_{1+2}	1.0	1.25	1.5	1.8	2.15	2.5	2.9

Anschliessend wurde der Teilfaktor φ_3 abgeschätzt, bei dem es sich um die Aversion im engeren Sinne handelt. Die Frage, wie stark die Gesellschaft diesen Teileffekt berücksichtigen sollte, ist nicht objektiv zu bestimmen. Diese Festlegung wäre theoretisch z.B. von einer den Bevölkerungsschnitt repräsentierender, gut informierter Gruppe von Personen im Sinne einer Ersatzöffentlichkeit zu treffen. Da ein solches Vorgehen sehr anspruchsvoll und aufwändig ist, wird im Rahmen dieses Projektes wie traditionellerweise üblich zunächst ein durch die Autoren dieser Studie festgelegter Vorschlag vorgelegt.

Anzahl Todesopfer	1	10	100	1'000	10'000	100'000	1'000'000
Faktor φ_3	1.0	1.3	1.8	2.5	3.2	3.8	4.0

Die Verknüpfung der Teilfaktoren φ_{1+2} und φ_3 erfolgt über eine Multiplikation. Daraus folgt folgende Formel:

$$R_m = \sum_i w_i \cdot A_i \cdot f_i \cdot \varphi_i \cdot GK$$

wobei:

- i : Szenarioindex
- R_m : Monetarisiertes Risiko aller i Szenarien
- w_i : Eintretenswahrscheinlichkeit [/ Jahr]
- A_i : Schadensausmass [Todesopfer]
- f_i : Schadenergänzungsfaktor
- $\varphi_i = (\varphi_{1+2} * \varphi_3)$: Aversionsfaktor
- GK : Grenzkosten

Die Gesamtwirkung dieser Faktoren ist in nachstehender Abbildung dargestellt. Die Teilfaktoren wurden zusätzlich in einem Gesamtfaktor zusammengefasst, der mit bestehenden "Aversions-Faktoren" vergleichbar ist. Dabei wird zwischen zwei Bereichen bezüglich des Schadensausmasses A unterschieden: den „Bereich normaler bis grosser Schadensausmasses“ bis maximal 1'000 Todesopfer, und den „Bereich extremer Schadensausmasses“, der von 1'000 bis 1'000'000 Todesopfern reicht.

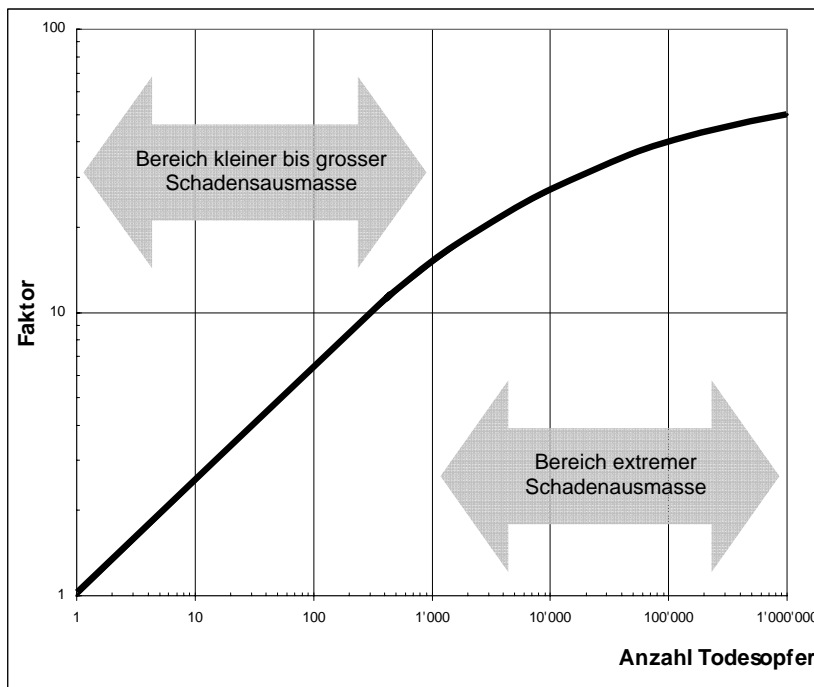
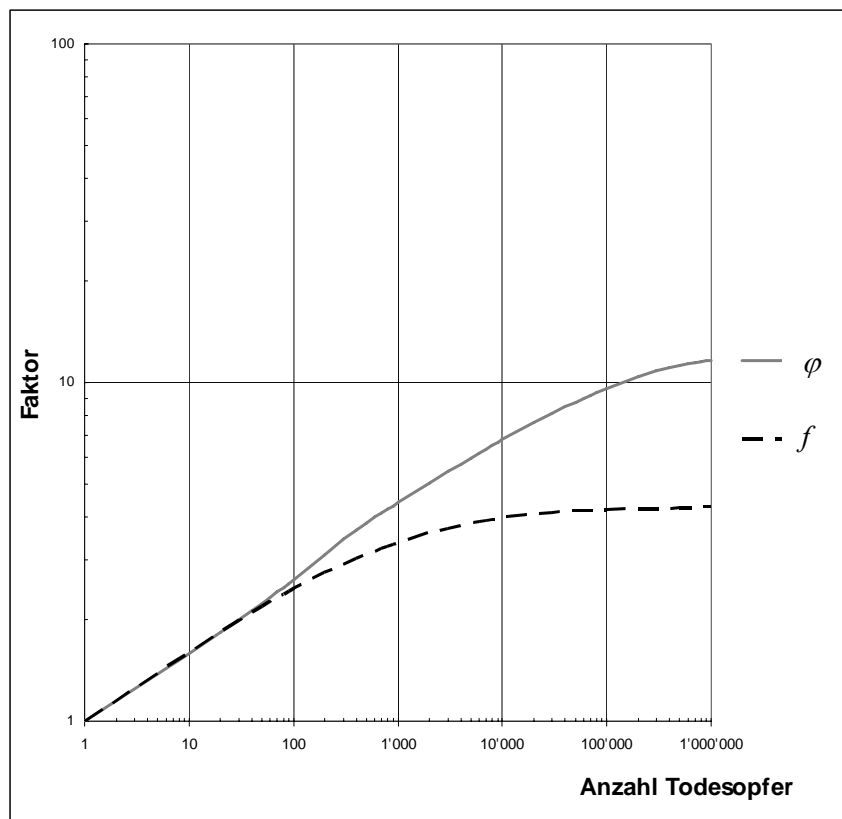


Abbildung 1
Vorschlag der
Risikoaversionfunktion
und ihrer Teilfunktionen

3.8 Zukünftige Berücksichtigung der "Risikoaversion"

Da der Schadenergänzungsfaktor f mit den Besonderheiten des Schadenausmasses begründet wird und der umfassenderen Abschätzung des Ausmasses dient, soll dieser in Zukunft im Zusammenhang mit der Analyse des Schadenausmasses berücksichtigt werden. Es wird daher vorgeschlagen, in Zukunft die in Abbildung 2 dargestellten Funktionen zu verwenden.

Abbildung 2
Funktionen der Faktoren φ und f bei Verwendung der Anzahl Todesopfer als Schadenindikator



Die Teilfaktoren sind bisher auf den Schadenindikator Todesopfer bezogen. Für die Anwendung der Teilfaktoren für andere Schadenindikatoren ist eine Monetarisierung der Ausmass-Skala notwendig. Bis weitere Erkenntnisse zur Berücksichtigung der vorgestellten Faktoren in Bezug auf andere Schadenindikatoren vorliegen, wird vorgeschlagen, die Ausmass-Skala durch Multiplikation der Anzahl Todesopfer mit üblichen Grenzkostenansätzen zu monetarisieren. So können die Faktoren auch auf andere Schäden bezogen werden und sind auch für Ereignisse anwendbar, bei denen üblicherweise wenig Personenschäden auftreten (z.B. Hochwasser). In Abbildung 3 sind die Funktion des Schadenergänzungsfaktors f und des Aversionsfaktors φ über einer monetären Skala in Franken dargestellt.

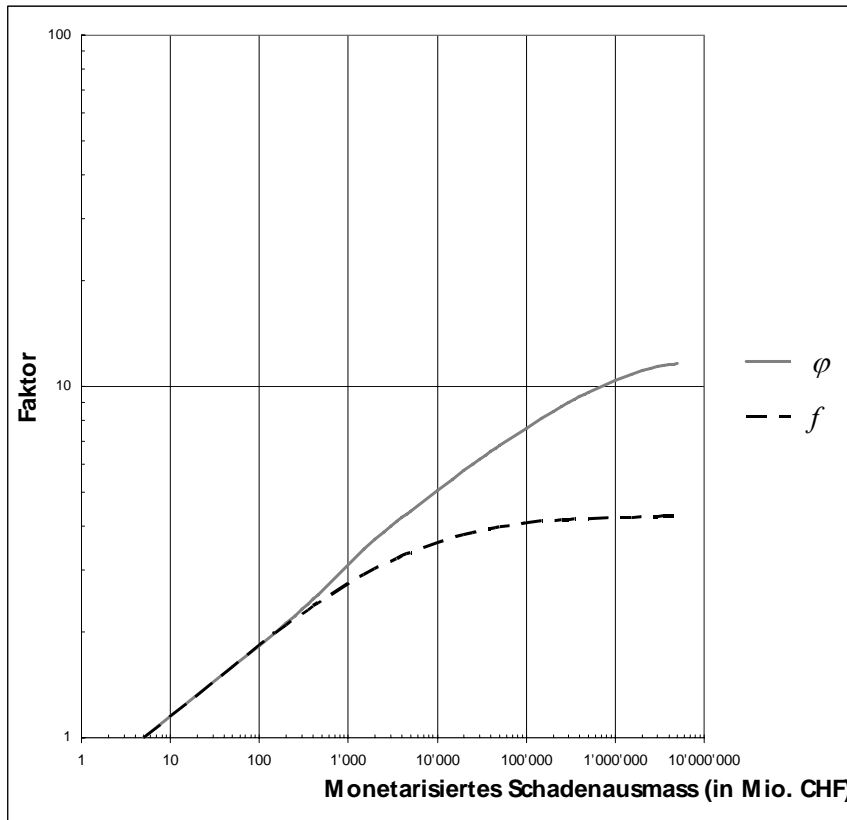


Abbildung 3
Funktionen der Faktoren φ und f bei Verwendung monetarisierter Schadenausmasse

3.9 Schlussbemerkungen und Empfehlungen

Besseres Verständnis des Phänomens "Risikoaversion"

Der vorliegende Bericht dokumentiert das erweiterte Verständnis des Phänomens "Risikoaversion". Die bisher weitgehend verborgene, innere Struktur dieses Phänomens ist nun offener gelegt und in verständliche und begründbare Effekte unterteilt worden. Es ist auch klar geworden, dass diese Struktur zwar das notwendige Verständnis für dieses Phänomen erleichtert, aber dass damit nicht das erhebliche Problem bei der Quantifizierung dieser Effekte gelöst ist. Wie hier die notwendigen und unumgänglichen Wertungen vorzunehmen sind, steht damit noch nicht fest. Bei diesen Wertungen gibt es kein "richtig" oder "falsch" sondern nur ein "mehr oder weniger vernünftig oder unvernünftig" bzw. ein „mehr oder weniger akzeptiert“. In diesem Sinne werden die vorgeschlagenen Werte mit bisher verwendeten Aversionsfunktionen der PLANAT, der Studie KATARISK und der IOS/VBS verglichen.

Wertungen notwendig und unumgänglich

Die Verfasser unterbreiten die folgenden Empfehlungen:

Diskussion unter Fachleuten und Vertretern der Öffentlichkeit fördern

- Auf der Basis des vorliegenden Berichtes soll die Diskussion um das Phänomen "Risikoaversion" bei seltenen Ereignissen mit grossen Schadensausmassen unter (Sicherheits-)Fachleuten und ausgewählten Vertretern der Öffentlichkeit gefördert werden. Ziel solcher Diskussionen wäre:
 - das Verständnis über Notwendigkeit und die Struktur des Phänomens "Risikoaversion" zu vertiefen und zu verbreiten;
 - die Bereitschaft zu fördern, das neue Konzept einzuführen und konkret anzuwenden;
 - die Bereitschaft zu erzeugen, bei der Festlegung der Wertungsfragen im Modell "Risikoaversion" mitzuarbeiten.

Vorgeschlagenes Aversionsmodell in Praxis verankern

- Das dargestellte Aversions-Konzept und -modell inkl. die vorgeschlagenen quantitativen Festlegungen für f und φ sollen in möglichst vielen Leitfäden und Handlungsanweisungen für die Praxis der Sicherheitsplanung verankert werden. Zudem soll es in Kursen und Weiterbildungen zum Thema Risiko und Sicherheit regelmässig thematisiert werden.

Breitere Abstützung der quantitativen Vorschläge anstreben

- Die im vorliegenden Bericht unterbreiteten, quantitativen Vorschläge für den Schadenergänzungsfaktor f und den Aversionsfaktor φ sollten durch den Einbezug weiterer Sicherheitsfachleute und Vertreter der Öffentlichkeit (informierte Ersatzöffentlichkeit) breiter abgestützt werden. Gleichzeitig sollten aber auch weitere Daten erhoben oder ausgewertet werden, welche einen Beitrag zur Festlegung der Faktoren leisten können. Insbesondere aber sollten Erfahrungen mit der Anwendung der vorgeschlagenen Aversionsfunktion ausgewertet werden.

A1 Verzeichnis der erarbeiteten Dokumente

Im Projekt "Risikoaversion - Entwicklung systematischer Instrumente zur Risiko- bzw. Sicherheitsbeurteilung bei naturbedingten und technischen Risiken" wurden folgende Dokumente erarbeitet:

- Zu Phase 1:
 - Risikoaversion - Entwicklung systematischer Instrumente zur Risiko- bzw. Sicherheitsbeurteilung bei naturbedingten und technischen Risiken
Phase 1: Darstellung und Analyse heute verwendeter Ansätze, 30. Juni 2007

Zu beziehen bei:
Bundesamt für Bevölkerungsschutz, Konzeption und Koordination,
Monbijoustrasse 51 A
CH-3003 Bern
E-Mail: forschung@babs.admin.ch
 - Risikoaversion - Entwicklung systematischer Instrumente zur Risiko- bzw. Sicherheitsbeurteilung bei naturbedingten und technischen Risiken
Phase 1: Darstellung und Analyse heute verwendeter Ansätze, Nicht öffentliche Anhänge zuhanden des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz BABS, 30. Juni 2007

- Zu Phase 2:
 - Risikoaversion – Ein Beitrag zur systematischen Risikobeurteilung, 31. Oktober 2008

Zu beziehen bei:
Bundesamt für Bevölkerungsschutz, Konzeption und Koordination,
Monbijoustrasse 51 A
CH-3003 Bern
E-Mail: forschung@babs.admin.ch
 - Risikoaversion - Entwicklung systematischer Instrumente zur Risiko- bzw. Sicherheitsbeurteilung bei naturbedingten und technischen Risiken
Nicht öffentlicher Anhang zur Phase 2 zuhanden des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz BABS, 31. Oktober 2008

- Zu Phasen 1 und 2
 - Risikoaversion - Entwicklung systematischer Instrumente zur Risiko- bzw. Sicherheitsbeurteilung
Zusammenfassender Bericht, 31. Oktober 2008 (deutsch, französisch, englisch)

Zu beziehen bei:
Bundesamt für Bevölkerungsschutz, Konzeption und Koordination,
Monbijoustrasse 51 A
CH-3003 Bern
E-Mail: forschung@babs.admin.ch
und unter
<http://www.bevoelkerungsschutz.admin.ch/themen/gefaehrdungen/risikoaversion.html>