

Renn, Ortwin; Klinke, Andreas

Working Paper

Risikoevaluierung von Katastrophen

WZB Discussion Paper, No. P 98-304

Provided in Cooperation with:
WZB Berlin Social Science Center

Suggested Citation: Renn, Ortwin; Klinke, Andreas (1998) : Risikoevaluierung von Katastrophen, WZB Discussion Paper, No. P 98-304

This Version is available at:
<http://hdl.handle.net/10419/49853>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

P 98 – 304

Risikoevaluierung von Katastrophen

Ortwin Renn

Andreas Klinke

November 1998

Ortwin Renn:
Tel: (0711)9063160
Fax: (0711)9063175
E-Mail: renn@afta-bw.de

Andreas Klinke:
Tel: (0711)9063288
Fax: (0711)9063175
E-Mail: klinke@afta-bw.de

Arbeitsgruppe: Internationale Politik
Leiter: Professor Dr. Wolf-Dieter Eberwein

Tel: (030) 25 491 564
Fax: (030) 25 491 561
E-Mail: eberwein@medea.wz-berlin.de
Internet: <http://www.wz-berlin.de>

Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung
Reichpietschufer 50
D -10785 Berlin

Das vorliegende Dokument ist die pdf-Version zu einem Discussion Paper des WZB. Obwohl es inhaltlich identisch zur Druckversion ist, können unter Umständen Verschiebungen/Abweichungen im Bereich des Layouts auftreten (z.B. bei Zeilenumbrüchen, Schriftformaten und –größen u.ä.).

Diese Effekte sind softwarebedingt und entstehen bei der Erzeugung der pdf-Datei. Sie sollten daher, um allen Missverständnissen vorzubeugen, aus diesem Dokument in der folgenden Weise zitieren:

Renn, Ortwin; Klinke, Andreas: Risikoevaluierung von Katastrophen.
Discussion Paper P 98 – 304.
Berlin : Wissenschaftszentrum, Berlin [1998].
URL: <http://bibliothek.wz-berlin.de/pdf/1998/p98-304.pdf>

Vorwort

Die nachfolgende Analyse von Ortwin Renn und Andreas Klinke ergänzt die von Wolf-Dieter Eberwein und Sven Chojnacki veröffentlichte empirische Studie über das Auftreten von Katastrophen in den Jahren 1946-1997*. Die Risikoevaluierung ist von unmittelbarer Bedeutung für das internationale humanitäre Hilfssystem, dessen Funktion in der Überwindung der unmittelbaren Folgen für die von Katastrophen betroffenen Menschen besteht. Die ist aber auch von Bedeutung für die Politik, die nicht nur die Rahmenbedingungen für die Handlungsfähigkeit der humanitären Hilfsorganisationen setzt und anpassen muß, sondern im Falle anthropogener Katastrophen auch Grundlage einer präventiven Politik darstellt.

*Wolf-Dieter Eberwein, Sven Chojnacki, Disasters and Violence, 1946-1997. The link between the natural and the social environment, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, P 98 - 302.

Zusammenfassung

Der Risikoevaluierung liegt die Annahme der Gestaltbarkeit der Zukunft zugrunde. Sie ist Voraussetzung für die Prävention von Katastrophen ebenso wie für deren Bewältigung, wenn sie nicht vermeidbar sind. Die zusammenhängenden Probleme werden aufgegriffen: 1. Wie definieren wir die mögliche Schadenskategoriekatastrophe, 2. Lassen sich derartige Ereignisse vorhersagen, 3. Welche Faktoren spielen neben Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensmaß auch eine Rolle bei der Risikobewertung? und 4. Welche Kriterien erlauben es, eine Risikobewertung vorzunehmen? Diese Analyse schließt mit einer Typologie von Katastrophen unter dem Gesichtspunkt der Instrumente über Prävention ab.

Abstract

Risk evaluation presupposes the development of the future. It is the precondition for the prevention of disasters, as well as their management, if they cannot be avoided. Four interrelated issues are analyzed: 1. How do we define the damage called catastrophe? 2. How can we forecast this type of event? 3. Which conditions, other than the probability of occurrence as well as the expected damage, play a role? 4. Which criteria are useful to evaluate risks? The analysis is completed with a typology of disasters from the perspective of the instruments available for their prevention.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Risikoevaluierung und Implikationen	1
1.1. Analytische Vorgehensweise.....	1
1.2. Terminologische Abgrenzungen.....	4
1.2.1.Schadensausmaß	4
1.2.2.Eintrittswahrscheinlichkeit.....	5
1.2.3.Gefahr und Risiko	7
1.2.4.Risikoanalyse	9
1.3. Risikowahrnehmung	10
1.4. Folgerungen für die Risikoevaluierung	12
1.5. Von der Risikobewertung zum Risikomanagement	15
1.5.1 Strategien zum Risikomanagement.....	16
1.5.2. Normal-, Grenz- und intolerabler Bereich von Risiken	18
2. Charakterisierung von Risiken	20
2.1. Die Bedeutung von Abschätzungssicherheit, Ahnungslosigkeit und Ungewißheit für die Risikobewertung	20
2.2. Zusätzliche Beurteilungskriterien	22
2.3. Synopsis	25
Literatur	27

Anhang:

Identifikation ökologischer Indikatoren

Katastrophentypologie, Risikoevaluierung und präventive Politik

1 Risikoevaluierung und Implikationen¹

1.1 Analytische Vorgehensweise

Risiko beruht auf dem Gegensatz zwischen Realität und Möglichkeit (Markowitz 1990). Erst wenn die Zukunft als von Menschen zumindest teilweise gestaltbar angesehen wird, ist es möglich, potentielle Gefahren zu vermeiden oder deren Konsequenzen zu mildern und Katastrophen vorzubeugen (Ewald 1993). Das Denken in Kategorien von Risiko (und auch Chance) setzt ein Mindestmaß an Gestaltbarkeit der Zukunft und damit Vermeidbarkeit von unerwünschten Ereignissen in Form von Katastrophen durch Vorsorge und Prävention voraus. Die Vorhersage von möglichen Gefahren ist darauf angewiesen, daß kausale Beziehungen zwischen dem Verursacher der Gefahr und den Konsequenzen gezogen werden können. Da die Konsequenzen unerwünscht sind, umfaßt Risiko immer auch ein normatives Konzept. Die Gesellschaft ist angehalten, Risiken zu vermeiden, zu verringern oder zumindest zu kontrollieren. Mit Zunahme der technischen Gefahrenpotentiale und der kulturellen Einverleibung von externen Gefahren in berechenbare Risikokalküle wächst der Bedarf an Risikowissenschaft und -management (Beck 1986).

Risiken bezeichnen also mögliche Folgen von Handlungen die im Urteil der überwiegenden Zahl der Menschen als unerwünscht gelten. Risikokonzepte in den unterschiedlichen Disziplinen unterscheiden sich nach der Art und Weise wie diese Handlungsfolgen erfaßt und bewertet werden. Dabei treten vier Kernfragen in den Vordergrund (Renn 1992 und 1997):

1. Was sind erwünschte und was sind unerwünschte Folgen? Oder konkreter: Wie definieren wir die möglichen Schadenskategorie "Katastrophe" und nach welchen Krite-

¹ Der in diesem Kapitel ausgeführte Ansatz der Risikoevaluierung und die im nächsten Kapitel vorgenommene Charakterisierung von Risiken ist im Rahmen der Arbeit des WBGU, „Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen“, konzipiert worden (WBGU 1998). Die Autoren, Ortwin Renn (Mitglied des WBGU) und Andreas Klinke (Wissenschaftlicher Mitarbeiter des WBGU), haben maßgeblich an dieser Arbeit mitgewirkt.

rien unterscheiden wir positive (d.h. erwünschte) und negative (d.h. unerwünschte) Konsequenzen von Handlungen oder Ereignissen? Reicht es aus, daß diese Unterscheidung von den Individuen in eigener Regie getroffen werden, oder benötigen wir kollektive Entscheidungsprozesse?

2. Wie lassen sich diese Folgen vorhersagen oder wenigstens intersubjektiv gültig abschätzen? Welche methodischen Werkzeuge besitzen wir, um mit Unsicherheit umzugehen und um die Wahrscheinlichkeit und das Ausmaß der (in Frage 1 definierten) Schadensmöglichkeiten abzuschätzen?
3. Welche Möglichkeiten haben wir, die Schadenskategorie "Katastrophe" in Katastrophentypen einzuteilen? Welche Risikoeigenschaften neben Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß spielen für die Bewertung von Risiken noch eine wichtige Rolle? Gibt es typische Katastrophenklassen, die es uns erlauben, Strategien abzuleiten?
4. Nach welchen Kriterien können wir eine Bewertung von Risiken und deren Schadenskategorie "Katastrophe" vornehmen?

Die erste Frage bezieht sich auf die soziale Definition von erwünschten und unerwünschten Folgen. Wer setzt fest, was für eine Gesellschaft erwünscht ist und was nicht? Darüber hinaus geht es um die Festlegung der Qualität der Folgen. Sind nur physische Konsequenzen, wie Tod, Verletzung oder ökologische Schäden, in die Kategorie der unerwünschten Folgen einbezogen oder auch soziale Beziehungen und Werte? Wenn man eine breite Definition von Risikoelementen bevorzugt, stellt sich gleich die weitere Frage, welchen Stellenwert die jeweiligen Risikoelemente einnehmen sollen (Berg et al. 1994). Sind psychische Belastungen weniger stark zu gewichten als chronische Erkrankungen und sind diese wiederum weniger wichtig als Invalidität?

Die zweite Frage berührt die Ebene der Vorhersagbarkeit der Folgen. Welche Möglichkeiten existieren, um die Wahrscheinlichkeit von Folgen zu errechnen? Da Zukunft prinzipiell unbestimmt ist (oder wir zumindest alle kausalen Faktoren, die auf Zukunft einwirken, nicht kennen, geschweige denn abschätzen können), läßt sich die Übereinstimmung zwischen Vorhersage und realen Konsequenzen nicht streng empirisch

messen, sie läßt sich bestenfalls ex post, also nach Ablauf der Lebensdauer der jeweiligen Risikoquelle, bestimmen. Diese Ungewißheit bedeutet nicht Handlungsunfähigkeit, sondern die Notwendigkeit, das eigene Handeln an unsicheren, aber keinesfalls beliebigen Abschätzungen von Handlungsfolgen auszurichten (Birnbacher 1994; Bonß 1996). Die Modellierung von Wahrscheinlichkeiten ist daher ein Hilfsmittel, um eine zeitlose Realität zu konstruieren, in der probabilistische Aussagen Sinn machen (Cohen 1996). Trotz verbleibender Ungewißheiten und Unsicherheiten gibt es bessere oder schlechtere Vorhersagen des Risikos, so daß Qualitätskriterien zur Bewertung von Risikoabschätzungen existieren. Es muß demnach Ziel einer jeden Risikoanalyse sein, so genau wie möglich die Wahrscheinlichkeit und das Ausmaß der Auswirkungen von Aktivitäten oder Ereignissen vorherzusagen, wobei andere risikobezogene Faktoren mit berücksichtigt werden müssen. Darüber hinaus gilt es, Strategien der vorausschauenden Risiko- bzw. Katastrophenvermeidung im Sinne einer Prävention zu entwickeln, um auch die Tragweite nicht vorhersagbarer Risiken begrenzen zu können.

Die dritte Frage ist auf die speziellen Charakteristika der Risiken ausgerichtet, die eine besondere Aufmerksamkeit der Gesellschaft erfordern. So sind Risiken danach zu beurteilen, wie sie in Bezug auf die Kriterien der zeitlichen Persistenz schädlicher Auswirkungen, der räumlichen Verteilung (Ubiquität), der Irreversibilität und anderen abschneiden (Jungermann 1986; California Environmental Protection Agency 1994; Margolis 1996). Solche Begleitumstände des Risikos sind dann von besonderer Wichtigkeit, wenn noch wenig über die kausalen Zusammenhänge zwischen Emission, Exposition und Wirkung bekannt ist.

Die vierte Frage schließlich umfaßt die normative Komponente der Risikoakzeptanz. Dabei geht es um die Beantwortung der folgenden Fragen:

1. Welche unerwünschten Folgen sind für eine Gesellschaft noch tragbar und welche nicht?
2. Wieviel Ungewißheit ist hinnehmbar, wenn die Folgen katastrophale Auswirkungen haben können?

3. Sind positive und negative Folgen in den Augen der betroffenen Personen gerecht verteilt?

Alle drei Aspekte, die Verrechenbarkeit von negativen und positiven Folgen, die Auswahl einer Strategie zum Umgang mit Unsicherheit sowie die Verteilung von antizipierten Folgen über unterschiedliche Gruppen, müssen bei der Frage nach der Akzeptabilität von Risiken berücksichtigt werden (Rowe 1979; Fischhoff et al. 1981; NRC 1983; Clarke 1989; Hood et al. 1992; Vlek 1996).

1.2 Terminologische Abgrenzungen

1.2.1 Schadensausmaß

Die beiden zentralen Kategorien, die beim Thema Risiko eine Rolle spielen, sind Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit (zu den Definitionen siehe: Knight 1921; National Research Council 1983; Fischhoff et al. 1984; Fritzsche 1986; Short 1984; Bechmann 1990; EEC 1993; Kolluru und Brooks 1995; Banse 1996; Rosa 1997). Unter Schaden soll hier eine im allgemeinen Verständnis der Bevölkerung (d.h. von der überwiegenden Zahl der Menschen intuitiv) als negativ bewertete Auswirkung einer menschlichen Aktivität (z.B. militärische Konflikte) oder eines Ereignisses (z.B. Vulkanausbruch, Erdbeben, Explosion) verstanden werden. Die Dimension, die durch einen Schaden als verletzt angesehen wird, bezeichnet man als Schutzgut. Als Schadens- oder Gefährdungspotential gilt die Summe der möglichen Schäden, die durch eine Aktivität oder durch ein Ereignis ausgelöst werden könnten. Rein formal betrachtet ist die Summe der denkbaren Schäden immer unendlich, da man sich zu jedem Ereignis mit einer einmal abgeschätzten Zahl von Schäden auch einen alternativen Schadensverlauf mit einer noch größeren Zahl an Schäden vorstellen kann. In der Praxis zeigt sich aber, daß es im Rahmen von vernünftigen Annahmen durchaus möglich ist, Begrenzungen des maximal möglichen Schadensausmaßes anzugeben (Morgan 1990). So gehen wir von dem maximal möglichen Schadensausmaß einer Katastrophe aus.

1.2.2 Eintrittswahrscheinlichkeit

Die Frage nach der Eintrittswahrscheinlichkeit erzeugt größere terminologische Probleme. Anders als bei der Messung physischer Schäden gibt es keine objektiv eindeutige Methode zur Validierung von Eintrittswahrscheinlichkeiten (Tittes 1986; Hauptmanns et al. 1987; Kaplan und Garrik 1993). Tritt ein Ereignis mit zyklischer Genauigkeit immer wieder zu einem bestimmten Zeitpunkt ein (etwa Ebbe und Flut oder Jahreszeitenwechsel), dann spricht man nicht von einem Risiko, sondern von einem sicheren Ereignis, selbst wenn dieses Ereignis in der Zukunft liegt. Denn in diesem Fall liegt die Eintrittswahrscheinlichkeit bei eins, d.h. das Ereignis wird mit Sicherheit eintreten. Der Terminus Risiko wird vielmehr auf die Schadensereignisse angewandt, bei denen Informationen oder auch nur Spekulationen über die relative Häufigkeit dieses Ereignisses über die Zeit vorliegen, der genaue Zeitpunkt des Ereignisses oder zumindest das Ausmaß von zyklischen Ereignissen aber ungewiß bleiben. Risikoabschätzungen machen es daher prinzipiell unmöglich, auf der Basis beobachteter oder geschätzter Häufigkeiten von Ereignissen über die Zeit oder über eine Menge von Individuen hinweg konkrete Schadensfälle im einzelnen vorherzusagen (Rowe 1983). Risikoaussagen bezeichnen immer Wahrscheinlichkeiten, also Tendenzen von Ereignisketten, die unter bestimmten Rahmenbedingungen zu erwarten sind. Die Tatsache, daß ein Ereignis im Durchschnitt einmal in tausend Jahren zu erwarten ist, sagt folglich nichts über den Zeitpunkt aus, an dem das Ereignis wirklich stattfinden wird: Es kann morgen, erst in zehntausend Jahren oder auch noch später eintreten.

Um die Qualität der Ungewißheit, die mit der Abschätzung der Wahrscheinlichkeit von Schadensprognosen einhergeht, terminologisch zu fassen, werden in der Literatur unterschiedliche Begriffe verwandt (Fritzsche 1986; Häfele et al. 1990; Bonß 1991; Beroggi und Kroger 1993; Bechmann 1994; Rosa 1997). Dabei stößt man auf Begriffe wie Unsicherheit, Ungewißheit, Ahnungslosigkeit, Unbestimmtheit oder auch Undeutlichkeit. Um Fehlinterpretationen so weit wie möglich zu vermeiden, gehen wir von folgenden Begriffsbestimmungen zur Charakterisierung von Ungewißheit bei Risikoabschätzungen aus:

Ahnungslosigkeit bedeutet Unkenntnis sowohl über die möglichen Schadensfolgen, als auch über die mögliche Eintrittswahrscheinlichkeit. So war die Gesellschaft z.B. in den 50er Jahren ahnungslos über die Wirkungen der FCKWs auf die stratosphärische Ozonschicht, oder Ende der 70er Jahre in Bezug auf ADDS. Im Stadium der Ahnungslosigkeit läßt sich kaum etwas machen: Man kann allenfalls allgemeine Strategien der vorsichtigen Umsetzung formulieren.

Ein *unbestimmtes Risiko* kennzeichnet dagegen eine Situation, in der das Schadensausmaß zwar weitgehend bekannt ist, man aber keine verlässlichen Aussagen über die Eintrittswahrscheinlichkeit machen kann. Hat man dagegen Anhaltspunkte zur Bestimmung sowohl der Eintrittswahrscheinlichkeit und als auch des Ausmaßes (im Sinne einer Schadensausmaß-Wahrscheinlichkeitsfunktion), so bezeichnen wir den Grad der Verlässlichkeit dieser Bestimmung beider Risikokomponenten als *Abschätzungssicherheit*. Kennen wir die Verteilungsfunktion von Eintrittswahrscheinlichkeiten und korrespondierenden Schadensausmaßen recht genau, dann ist die Abschätzungssicherheit hoch; ist diese jedoch nur in Ansätzen erkennbar und mit erheblichen Fehlerkorridoren versehen, dann ist die Abschätzungssicherheit gering. Läßt sich die Abschätzungssicherheit durch statistische Verfahren (beispielsweise 95prozentiges Konfidenzintervall) valide quantifizieren, sprechen wir von statistischer Unsicherheit².

Die allgemeine Tatsache, daß alle Risikoabschätzungen im Unsicherheitsraum verbleiben, soll hier mit dem Begriff der *Ungewißheit* umschrieben werden. In der Literatur wird dieser nicht auflösbare Unsicherheitsraum auch häufig mit dem Terminus Unsicherheit belegt (z.B. Krücken 1997). Wegen der leichten Verwechslungsgefahr mit dem Begriff der statistischen Unsicherheit bevorzugen wir den Begriff der *Ungewißheit*, wenn wir die grundsätzliche Unfähigkeit zur deterministischen Prognose von Schadensereignissen meinen (vgl. auch Bonß 1996). Ungewißheit ist eine grundsätzliche Eigenschaft des Risikos, während die Abschätzungssicherheit zwischen extrem hoch

² Die Bestimmung der statistischen Unsicherheit wird im Normalfall durch Methoden der klassischen Statistik durchgeführt (Integration über eine Häufigkeitsfunktion). Sind dazu aber nicht genügend Daten aus der Vergangenheit verfügbar oder ist die Varianz der Verteilung sehr hoch, dann werden in den Sicherheitswissenschaften auch subjektive Schätzwerte als Annäherung an die "objektive" Verteilung

und extrem niedrig variieren kann. Auch wenn es nicht möglich ist, auf der Basis von Risikoabschätzungen objektive Vorhersagen über einzelne Schadensereignisse zu machen, so ist die Abschätzung doch keineswegs beliebig (Rosa 1997). Wenn wir etwa zwei Handlungsoptionen haben, bei denen das gleiche unerwünschte Ereignis mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit eintritt, dann ist die Folgerung für eine *Entscheidung unter Unsicherheit* eindeutig: Jeder rational denkende Mensch würde sich für die Handlungsoption mit der geringeren Eintrittswahrscheinlichkeit entscheiden (Renn 1996). Mathematisch gesehen sind Risikoereignisse Kombinationen von systematischen Kausalbeziehungen (bzw. zyklischen Prozessen) und Zufallsereignissen. Der Zufall drückt sich in zwei Dimensionen aus: zum einen in den Wahrscheinlichkeiten für ein bestimmtes Ereignis (Unsicherheit erster Ordnung), zum anderen in der Streuung der Schadensereignisse bei gegebenen Wahrscheinlichkeiten (Unsicherheit zweiter Ordnung: Abschätzungssicherheit).

1.2.3 Gefahr und Risiko

Die Bedeutung von zufälligen Schwankungen macht auch die Schwierigkeit aus, einen objektiven Risikobegriff zu definieren (Evers und Novotny 1987; Bradbury 1989; Shrauder-Frechette 1991; Krohn und Krücken 1993; Banse 1996). Den Tatbestand einer objektiven Bedrohung durch ein zukünftiges Schadensereignis bezeichnet man in der Regel als *Gefahr* (Scherzberg 1993). Die Menschen sind andauernd Gefahren ausgesetzt, die sie gar nicht oder nur zum Teil kennen. Wenn Gefahren erkannt und charakterisiert worden sind, sprechen wir von *Risiken* (Luhmann 1993). Sie dienen als mentale Konstrukte, um Gefahren näher zu bestimmen und nach dem Grad der Bedrohung, also nach Schwere und Häufigkeit des Schadens, zu ordnen oder sogar zu quantifizieren. Wegen der Ungewißheit über künftige Ereignisse sind Risikoabschätzungen aber immer nur Annäherungen an die objektive Gefahr, die man nur nach dem Schadensereignis sicher wissen kann. Es gibt nämlich keine Möglichkeit, eine Risikoabschätzung zum Zeitpunkt der Prognose eindeutig als falsch zu entlarven (Rowe 1984). Selbst wenn beispielsweise in den nächsten zehn Jahren zwanzig Kernkraftwerke einen GAU (größter anzunehmen-

relativer Häufigkeiten verwandt (Bayesianische Statistik; siehe Hauptmanns et al. 1987; Edwards 1968).

der Unfall) erleben sollten, heißt das noch lange nicht, daß die Ergebnisse der gängigen Risikoabschätzungen für Kernkraftwerke (im Schnitt einen GAU alle 100.000 Jahre) falsch seien. Die Eintrittswahrscheinlichkeit sagt nur aus, daß bei Betrachtung eines sehr großen Zeitraums ein Ereignis unter konstanten Rahmenbedingungen mit einer bestimmten relativen Häufigkeit zu erwarten ist. Die Einengung des Risikobegriffes auf relative Häufigkeit von unerwünschten Ereignissen ist der Versuch, auf der Basis von Erfahrungen aus der Vergangenheit und Modellierung der Zukunft begrenzte Prognosen über zukünftige Ereignisse zu erstellen. Dabei wird vor allem auf die zwei Risikokomponenten Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß zurückgegriffen, während andere risikorelevante Aspekte ausgeblendet werden. Aus diesem Grund vermeiden viele Theoretiker der Risikoanalyse die Begriffe "wahres" oder "objektives" Risiko, weil es sich bei Risiko grundsätzlich um mentale Konstrukte zur Erfassung komplexer Wirkungsketten mit Zufallsereignissen handelt, die keine direkte Entsprechung in der Wirklichkeit haben (Shrader-Frechette 1991; Rayner 1993; Rohrman 1995a; Kunreuther und Slovic 1996).

Wenn dennoch von dem Begriff des *objektiven Risikos* ausgegangen wird, dann ist damit ein Idealtypus gemeint, dessen inhaltliche Füllung sich erst ex post, also nach Ende der Lebensdauer einer Risikoquelle oder bei Naturereignissen erst am Ende der Geschichte, als Verteilungsmuster von Schadensereignissen über eine Menge von Individuen oder über die Zeit herauskristallisiert. Das objektive Risiko ist also eine ideale Größe, die sich als relative Häufigkeit erkennbarer Verteilungsmuster von Schadensereignissen in Rückschau auf die gesamte Zeitspanne, in dem das Ereignis überhaupt eintreten kann, definieren läßt. Das abgeschätzte Risiko und das objektive Risiko liegen um so enger beieinander,

- je genauer das betrachtete System in seinen Kausalzusammenhängen oder Tendenzen verstanden ist,
- je mehr über die relativen Häufigkeiten bekannt ist,
- je geringer der Systemwandel ist, d.h. je weniger man Änderungen der kausalen Beziehungen in Zukunft erwartet.

Ereignismuster mit geringen zyklischen Zeitspannen, geringe Unterschiede bei identischer Exposition zwischen den Individuen, hinreichend große und klar interpretierbare Datenmengen aus der Beobachtung der Vergangenheit und die berechnete Annahme einer Konstanz der auf die systematische Beziehung wirkenden Drittfaktoren sind Indikatoren für eine relativ gute Übereinstimmung zwischen Risikoabschätzung und objektivem Risiko.

1.2.4 Risikoanalyse

Auf der Basis dieser Überlegungen können wir weitere terminologische Klärungen vornehmen. So ist die *Risikoanalyse* der Versuch, mit wissenschaftlichen Methoden möglichst realitätsgetreu die Eintrittswahrscheinlichkeiten von konkreten Schadensfällen oder die Wahrscheinlichkeitsfunktion von Schadensausmaßen auf der Basis von Beobachtung, Modellierung und Szenariobildung qualitativ und so weit wie möglich quantitativ zu bestimmen (NRC 1984; Krewski und Birkwood 1987; IEC 1993; IAEA 1995; Kolluru 1995). Mit Hilfe von Risikoanalysen wird versucht, möglichst objektiv den Erwartungswert eines Risikos, das heißt die Wahrscheinlichkeit von Schadensfolgen gemittelt über die Zeit oder über Risikoobjekte (etwa Individuen) zu bestimmen. Im denkbar einfachsten Fall kann der statistische Erwartungswert in die Zukunft extrapoliert werden, sofern der Risikoauslöser sich über die Zeit nicht verändert (etwa biologische Halbwertszeitraum) und keine relevante gesellschaftliche Intervention stattfindet (Häfele et al. 1990). Wenn im vergangenen Jahr im Straßenverkehr X Menschen ums Leben gekommen sind, dann werden es bei nahezu gleichen Bedingungen im kommenden Jahr ungefähr ebenso viele sein. Handelt es sich um komplexere Phänomene oder fehlen die Erfahrungswerte aus der Vergangenheit, so müssen Wahrscheinlichkeiten modelliert oder synthetisiert werden.

Die Ergebnisse einer Risikoanalyse sind im engeren Sinne nicht falsifizierbar (Marcus 1988). Unter der Bedingung, daß sich die Risikoabschätzung auf überschaubare Zeiträume bezieht und quantitative Konfidenzintervalle umfaßt, können Ereignisse, die wiederholt außerhalb dieser Konfidenzintervalle liegen, allerdings als Indikator für eine mangelhafte oder fehlerhafte Analyse dienen. Solche Ereignisse können auch auf

dem Computer simuliert werden, so daß die Schadensereignisse nicht unbedingt faktisch eintreten müssen. Es wird aber niemals möglich sein, einzelne Ereignisse aufgrund einer Risikoanalyse vorherzusagen, noch kann man die Güte einer Abschätzung aufgrund eines Einzelereignisses beurteilen. Die naturgegebene Ungewißheit von Risikoaussagen und die Schwierigkeiten mit einer objektiven Bewertung ihrer Aussagekraft bleiben bestehen.

1.3 Risiko Wahrnehmung

Von der Risikoanalyse ist die *Risikowahrnehmung* zu unterscheiden. Manche Autoren gehen aufgrund des hypothetischen Charakters von Wahrscheinlichkeitsaussagen so weit zu sagen, daß jede Risikoaussage nichts weiter sei als eine mehr oder weniger systematisch aufgebaute Intuition über zukünftige Ereignisse (Ryner 1984; Wynne 1992). Die Nivellierung zwischen Risikoabschätzung auf der Basis wissenschaftlicher Methoden und der intuitiven Wahrnehmung von Risiken ist wenig hilfreich, selbst wenn die Grenze zwischen Risikoanalyse und gesellschaftlicher Risikowahrnehmung fließend ist. Mittlerweile wurden eine Reihe von Methoden und Techniken entwickelt, um die Verknüpfung von Ursache-Wirkungsmustern mit Zufallseinflüssen so zu modellieren, daß die Vorhersagegenauigkeit von relativen Häufigkeiten möglicher Schadensfälle zugenommen hat. Es bleibt weiterhin Aufgabe der Wissenschaftler, laufend Methoden und Techniken, die den zu prognostizierenden Ereignissen angemessen sind, zu verbessern, um so eine genauere Risikoabschätzung zu ermöglichen. Dazu müssen geeignete Kriterien entwickelt werden, um die Güte und Treffsicherheit von Risikoabschätzung ex ante bewerten zu können.

Die Risikowahrnehmung braucht sich dagegen nicht an den stringenten Kriterien der methodisch ausgerichteten Risikoabschätzung auszurichten. Risikowahrnehmung beruht weitgehend auf persönlichen Erfahrungen, vermittelten Informationen (etwa über die Medien) und intuitiv wirkenden Schließverfahren, die sich im Verlauf der

biologischen und später der kulturellen Evolution herausgebildet haben.³ Das naturwissenschaftlich-technische Risikokzept hat diese Risikodimensionen weitgehend ausgeklammert und beschränkt sich im wesentlichen auf Sach-, Gesundheits- und Umweltschäden. Erst die psychologische und sozialwissenschaftliche Risikoforschung hat die Grundlage dafür geschaffen, daß auch die soziale und psychische Risikoerfahrung hinreichend erfaßt und weitgehend erklärt werden konnte. Neben der Betonung nicht-physischer Risikodimensionen erbrachte die Wahrnehmungsforschung auch den Nachweis, daß Menschen bei der Bewertung von Risiken neben Wahrscheinlichkeit und Schadensausmaß auch kontextbedingte Risikoeigenschaften zugrundelegen.⁴ Was eine Gesellschaft als Risiko aufgreift oder wahrzunehmen vorgibt, steht nicht unbedingt in unmittelbarem Zusammenhang mit der Höhe des Risikos, definiert durch die beiden Komponenten Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß.

Die Beschäftigung mit der Risikowahrnehmung ist auch im Sinne einer vorausschauenden und rational verfaßten Risikopolitik ist aus mehreren Gründen sehr wichtig. Zum einen richten Menschen ihr Verhalten nach ihrer Wahrnehmung und nicht nach wissenschaftlichen Risikomodellen aus. Die Wahrnehmung des Risikos ist aber nicht unabhängig vom "objektiven" Risiko. In einigen Fällen können auch eingebildete Risiken genau die Symptome hervorrufen, die von den Schadenspotentialen der jeweiligen Risikoquellen im Prinzip hervorgerufen werden. Psychosomatische Reaktionen sind nicht selten Folgeerscheinungen von Risikowahrnehmungen (Aurant und Hazard 1992).

Zum zweiten nehmen Menschen neben den beiden Größen Ausmaß und Wahrscheinlichkeit andere Risikoeigenschaften auf, die nicht nur ihre Präferenzen widerspiegeln, sondern auch unter normativen Gesichtspunkten in eine rationale Risikopolitik

³ Wie durch Studien zur intuitiven Risikowahrnehmung herausgefunden wurde, verbinden Menschen mit Risiken nicht nur physische Schäden, sondern auch Beeinträchtigungen sozialer und kultureller Werte (Überblick in: Fischhoff et al. 1978; Covello 1983; Slovic 1987; Brehmer 1987; Gould et al. 1988; Renn 1989; Drottz-Sjöberg 1991; Pidgeon et al. 1992; Jungermann und Slovic 1993; Rohrman 1995b).

⁴ Auf der Basis der Kenntnis nicht-physischer Dimensionen und kontextbedingter Risikoeigenschaften kann man beispielsweise nachvollziehen, warum eine Öffentlichkeit auf eine potentielle Ölverschmutzung von wenigen tausend Litern mit einem Boykott von Shell reagiert, während das achtlose Verklappen von Öl von Schiffen die Meere jährlich mit ca. 10 Mio. Tonnen Öl belastet, ohne daß es zu einer ähnlichen Reaktion kommt (Löfstedt und Renn 1997).

einmünden sollten (Renn, 1998). Ob eine Schadensmöglichkeit reversibel ist oder nicht, ob sich ein potentieller Schaden noch auf andere Menschen oder auf kommende Generationen auswirken kann, sind Dimensionen, die in klassischen Risikoabschätzungen meist ausgeklammert werden.

Zum dritten sind die meisten Menschen nicht indifferent gegenüber Verteilungsmustern von Schäden über Zeit und Raum. Die Risikoabschätzung geht definitionsgemäß von relativen Häufigkeiten aus, wodurch zwangsläufig eine Mittelung über Raum und Zeit erfolgt. Ob aber eine Risikoquelle 1.000 Menschen auf einen Schlag oder 1.000 Menschen kontinuierlich über einen bestimmten Zeitraum schädigt, ist in der Wahrnehmung der meisten Menschen keineswegs das gleiche (Jungermann und Slovic 1993). Auch normativ mag es sinnvoll sein, Verteilungsmuster als eigenständige Bewertungsgröße in die Analyse mit aufzunehmen, da punktuelle Schäden häufig mehr Mittel zur Kompensation erfordern als kontinuierlich anfallende Schäden. Darüber hinaus verbinden Menschen mit Verteilungsmustern auch Konzepte der sozialen Gerechtigkeit. Eine asymmetrische Verteilung von Nutzen und Risiken bedarf in den meisten Kulturen einer besonderen gesellschaftlichen Rechtfertigung. Ob eine Risiko als fair oder zumutbar gilt, richtet sich weniger an der Größe des Risikos aus als an einem individuellen oder kulturellen Maßstab der Gerechtigkeit. Zu diesem Punkt machen klassische Risikoabschätzungen keine Aussagen.

1.4 Folgerungen für die Risikoevaluierung

In die Risikobewertung fließen Erkenntnisse aus der Risikoanalyse und der Risikowahrnehmung mit ein. Im einzelnen sollte die Risikobewertung folgende Grundsätze beachten (Shubik 1991; Banse 1996; Fischhoff 1996):

- Technisch-naturwissenschaftliche Risikoanalysen sind hilfreiche und notwendige Instrumente einer rationalen Risikopolitik. Nur mit ihrer Hilfe lassen sich relative Risiken miteinander vergleichen und Optionen mit dem geringsten Erwartungswert von Schäden auswählen. Sie können und dürfen jedoch nicht als alleinige Richtschnur für die Bewertung von und den Umgang mit Risiken dienen. Ihre Universalität wird

nämlich mit einer Abstraktion vom Kontext und einer Ausblendung der auch unter rationalen Gesichtspunkten sinnvollen Risikomerkmale aus den Wahrnehmungsmustern erzielt. Wenn man Kontext und situationsspezifischen Begleitumstände nicht einbezieht, werden Entscheidungen dem Anspruch, in einer gegebenen Situation ein Zielbündel effizient und wertadäquat zu erreichen, nicht gerecht.

- Risikoeigenschaften sind wesentliche Merkmale der Risikowahrnehmung. Diese Wahrnehmungsmuster sind keine beliebig manipulierbaren, irrational zusammengesetzten Vorstellungen, sondern in der menschlichen Evolution gewachsene und im Alltag bewährte Konzepte, die zwar überformt, aber nicht prinzipiell ausgelöscht werden können. Ihr universeller Charakter ermöglicht eine gemeinsame Orientierung gegenüber Risiken und schafft eine Basis für Kommunikation. Der Reichtum, der diesen Wahrnehmungsprozessen zugrunde liegt, kann und soll auch in der Risikobewertung Verwendung finden.
- Unter rationalen Gesichtspunkten erscheint es durchaus erstrebenswert, die verschiedenen Dimensionen des intuitiven Risikoverständnisses systematisch zu erfassen und auf diesen Dimensionen die jeweils empirisch gegebenen Ausprägungen zu messen. Wie stark verschiedene technische Optionen Risiken unterschiedlich auf Bevölkerungsgruppen verteilen, in welchem Masse institutionelle Kontrollmöglichkeiten bestehen, und inwieweit Risiken durch freiwillige Vereinbarung übernommen werden, läßt sich im Prinzip durch entsprechende Forschungsinstrumente messen. Wichtig ist vor allem, daß diese Faktoren bei der politischen Bewertung von Risiken berücksichtigt werden. Die Dimensionen der intuitiven Risikoerfassung müssen legitime Elemente einer rationalen Bewertung sein, die Abschätzung der unterschiedlichen Risikoquellen auf jeder Dimension muß aber nach einer rational-wissenschaftlichen Vorgehensweise erfolgen.
- Risikowahrnehmung kann kein Ersatz für einen rationalen Umgang mit Risiken sein. Ebenso wenig wie technisch-naturwissenschaftliche Risikoanalysen zur alleinigen Grundlage von Entscheidungen gemacht werden dürfen, sollte man die faktische Bewertung von Risiken zum politischen Maßstab ihrer Akzeptabilität machen. Viele Risiken werden verdrängt, weil man sich mit ihnen nicht beschäftigen will. Dies gilt

vor allem für Risiken, die durch Naturgewalten ausgelöst werden. Sich von verdrängten oder offenkundig falschen Vorstellungen leiten zu lassen, kann kaum eine Rechtfertigung für die Festlegung einer sinnvollen Risiko- und Technologiepolitik sein. Die Kenntnis dieser Wahrnehmungsmuster kann jedoch zur Gestaltung und Ausführung von Informations- und Bildungsprogrammen nutzbringend angewandt werden.

- Selbst wenn man die besten wissenschaftlichen Erkenntnisse für alle Dimensionen, die Menschen als relevant erachten, gesammelt hätte, was in der Realität kaum möglich ist, dann ist damit die Entscheidung über technische Optionen noch lange nicht vorprogrammiert. Denn Abwägungen zwischen Optionen setzen immer normative Gewichtungen zwischen den unterschiedlichen Zieldimensionen voraus (Derby und Keeney 1981). Solche Abwägungen sind einerseits abhängig vom Kontext, andererseits von der Wahl der Dimensionen. Bei der Wahl der Dimensionen kann uns die Wahrnehmungsforschung bereits wichtige Anregungen vermitteln. Bei der Abwägung und der relativen Gewichtung der Dimensionen spielt zudem das Kriterium der fairen Verteilung von Risiken und Nutzen eine bedeutende Rolle (MacLean 1986). Es ist nicht mehr die Aufgabe der Wissenschaft, solche Abwägungen zu treffen, sondern sie soll die Informationen und zum Teil auch die Verfahren bereitstellen, um die politisch legitimierten Entscheidungsträger oder die betroffene Personen in die Lage zu versetzen, zu einer präferenz- und sachgerechten Urteilsbildung zu kommen (Shrader-Frechette 1991; Krücken 1997). Bei dieser Urteilsbildung können und sollen natürlich die Experten aktiv mitwirken.

Wenn es auch klare Regeln für die Messung und Behandlung stochastischer Phänomene gibt, so liegt es in der Natur der Wahrscheinlichkeitsaussagen, daß sich daraus sehr unterschiedliche, sogar diametral entgegengesetzte Handlungsanweisungen ergeben können.

1.5 Risikobewertung als Grundlage für Risikomanagement

Risikomanagement kann als die Summe der von Personen oder Organisationen eingeleiteten Maßnahmen zur Reduzierung, Steuerung und Regulierung von Risiken bezeichnet werden (vgl.: Lowrance 1976; Covello et al. 1984; Lave 1985; Clarke 1989; Morgan 1990; Kolluru 1995). Vor der Einleitung der Maßnahmen ist aber durch eine Risikobewertung zu klären, inwieweit Maßnahmen überhaupt gerechtfertigt und notwendig sind und mit welchem Ausmaß und Geschwindigkeit bestimmte Reduktionen vorgenommen werden sollen. Diese Frage nach der Akzeptabilität des Risikos führt in die Ambivalenz und sorgt damit für große politische Sprengkraft, denn die Entscheidungstheorie kann uns keine rational eindeutige Lösung vorgeben, wie man bei einer Vielzahl von Handlungsoptionen mit unterschiedlichen Risiken sinnvoll entscheiden sollte (Fischhoff et al. 1985); je nach Risikopräferenz fällt das Urteil anders aus.

Allein aus der Tatsache heraus, daß Menschen unterschiedliche Strategien zum Umgang mit Risiken besitzen, läßt sich die grundlegende Schlußfolgerung ziehen, daß eine rationale Risikopolitik den einzelnen Akteuren die Freiheit geben sollte, für Risiken, die sie selbst eingehen und deren Folgen sie selbst tragen müssen, das Management selbst zu übernehmen (Sapolski 1990). Voraussetzung dafür ist aber, daß der mit diesem Verhalten verbundene Schaden für die Gesellschaft (etwa die Kosten für Rettungsdienste oder Krankenpflege) durch eine Versicherung oder andere Haftungssysteme abgedeckt ist. Mit dieser marktgerechten Regelung wird die Wahl des richtigen Risikomanagements auf den übertragen, der dann auch die Folgekosten dieses Managements zu übernehmen hat. Problematischer sind Situationen, bei der das individuelle Risikomanagement der einen Person Risiken für andere Personen umfaßt (externe Effekte) oder Risiken mit kollektiven Gütern verbunden sind. In diesem Falle muß der Staat entweder durch Vorschriften bestimmte Managementregeln durchsetzen (etwa durch Umweltstandards oder Genehmigungsverfahren) oder aber durch Haftungsregeln die Folgekosten auf diejenigen überwälzen, die durch ihr Verhalten Risiken wiederum auf andere überwälzt haben. In beiden Fällen ist dann aber eine Richtungsentscheidung im Hinblick auf die kollektive Auflösung des Entscheidungsdilemmas unter Ungewißheit notwendig (im Fall des Ordnungsrechts zur direkten Festlegung von Management-

prinzipien im Falle des Haftungsrechts zur indirekten Festlegung der erforderlichen Kompensationszahlungen). Wie sollte eine Gesellschaft oder internationale Akteure, wenn es um kollektive Risiken geht, über die prinzipielle Vorgehensweise bei Ungewissen Folgen entscheiden? Welche Strategie sollte sie wählen, wenn die Folgen riskanter Handlungen viele Menschen mit unterschiedlichen Präferenzen betreffen?

1.5.1 Strategien zum Risikomanagement

Philosophen und Entscheidungstheoretiker sind, was die Strategien des Risikomanagements betrifft, zu recht unterschiedlichen Schlußfolgerungen gekommen (Shrader-Frechette 1991; Leist und Schaber 1995). Der Philosoph Hans Jonas gehört eindeutig dem Lager der Vorsichtigen an. Sein Minimax-Prinzip lautet: *Minimiere den maximal erwartbaren Schaden*. Das Problem mit dieser Lösung besteht darin, daß mit etwas Phantasie es zu jeder Risikoquelle ein mögliches, wenn auch im Einzelfall wenig wahrscheinliches Katastrophenszenario gibt, sofern die Technik nur einen nennenswerten Marktanteil erreicht hat (Jonas 1979 und 1990). Die Gesellschaft wird folglich zur Immobilität und zur Chancenlosigkeit verurteilt. Weniger apodiktisch argumentiert John Rawls (1974 und 1971). Seine Lösung des Problems richtet sich nach den subjektiven Erwartungen unterschiedlicher Gruppen: *Wähle die Variante aus, bei der auch die von der Entscheidung am meisten Benachteiligten in einer Gesellschaft zustimmen können*. Bewußt klammert Rawls die Möglichkeit einer Kompensation der Benachteiligten in sein Kalkül ein, so daß die ökonomische Rationalität des Pareto-Kriteriums, nach dem jedes Individuum nach einer Entscheidung mindestens ebenso gut dastehen muß wie vor der Entscheidung, gewahrt bleibt. Ebenso wie Jonas hat auch Rawls die denkbar negativen Auswirkungen im Auge, er betrachtet sie jedoch mit der Brille der Betroffenen.

Die meisten Entscheidungstheoretiker sind dagegen im Lager der kühlen Rechner. Ward Edwards, der Entwickler der multiattributiven Entscheidungsanalyse, nimmt eine mittlere Position ein (Edwards 1954). Wenn es in einer Gesellschaft offenkundig risikoaversive und risikofreudige Personen gibt, dann sollte sich die Gesellschaft neutral verhalten und die jeweiligen Erwartungswerte als Orientierungsmarken wählen. Damit würde man beiden Seiten, den Risikofreudigen und Risikoaversiven in gleicher Weise

gerecht. Einen goldenen Mittelweg verspricht die Arrow-Hurwicz Regel (1971). Sie lautet: *Wähle diejenige Handlungsoption, die in der Kombination von bestmöglichen und schlechtestmöglichen Folgen die höchsten Werte aufweist.* Andere wiederum vertreten die Auffassung, daß die Gesellschaft die Pflicht habe, negative Folgen, die mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit eintreffen werden, und Katastrophen, die mit einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit eintreffen werden, jeweils negativer zu bewerten als die Fälle dazwischen (Derby und Keeney 1981). *Vorsicht bei den Extremen* könnte man diese Devise interpretieren.

Die Kontroverse um die ethisch gebotene Auflösung von Ungewißheit zeigt, daß selbst bei identischen Wertorientierungen - also einem Konsens über Wünschbarkeiten - die Lösung für einen kollektiven Umgang mit Ungewißheit nicht eindeutig bestimmbar ist. Das Denken in Risiken zwingt uns, mit der legitimen Vielfalt von Lösungen zu leben. Weder der eine, noch der andere hat Recht. Es gibt keinen hinreichenden, intersubjektiv zwingenden Grund, sich für eine risikoaversive oder eine risikoneutrale Entscheidungslogik zu entscheiden. Beides ist möglich und mit guten Gründen zu belegen. Diese Ambivalenz beruht also auf normativen Festlegungen, wie ein Individuum oder eine Gruppe mit einem Risiko umgehen will und welche Präferenzen (risikofreudig, -aversiv oder -neutral) vorherrschen (Renn 1996).

Diese Ambivalenz, die sich aus der Entscheidungslogik ergibt, gewinnt natürlich noch dadurch an Schärfe, daß die Annahme identischer Wertorientierungen und Interessen in einer pluralistischen Gesellschaft völlig realitätsfremd ist. Natürlich werden einzelne Gruppen die jeweiligen Folgen unterschiedlich bewerten, je nach dem wie stark sie betroffen sind und welche Folgen sie hoch oder gering schätzen.

Ähnlich wie bei der Frage nach der objektiven Risikoerfassung ist auch die Risikobewertung und die sich daraus ergebende Wahl der Instrumente zur Risikosteuerung natürlich nicht beliebig. Je nachdem welche Vorlieben und Ziele vorgegeben werden, kann man die Akzeptabilität von Risiken klar bestimmen. Die Diskussion um die Ambivalenz der Risikobewertung hat in der Öffentlichkeit häufig den Eindruck von man-

gelder Kompetenz der Risikoexperten und daraus folgend von einer Risikopolitik nach vordergründigen Interessen hinterlassen (Brown und Goble 1990).

1.5.2 Normal-, Grenz- und intolerabler Bereich von Risiken

Als Hilfestellung für eine praktikable Risikobewertung und als Anleitung für ein rational begründbares Risikomanagement unterscheiden wir drei Kategorien von Risiken: Normal-, Grenz- und intolerabler Bereich. Der *Normalbereich* zeichnet sich dadurch aus, daß relativ wenig statistische Unsicherheit besteht, die Abschätzungssicherheit hoch, das Schadenspotential eher gering ist und daß die Risiken geringe Komplexität aufweisen oder empirisch hinreichend belegt sind. Risiken im Normalbereich haben in der Regel nicht das Schadenspotential einer Katastrophe. Sie können durch folgende Eigenschaften charakterisiert werden:

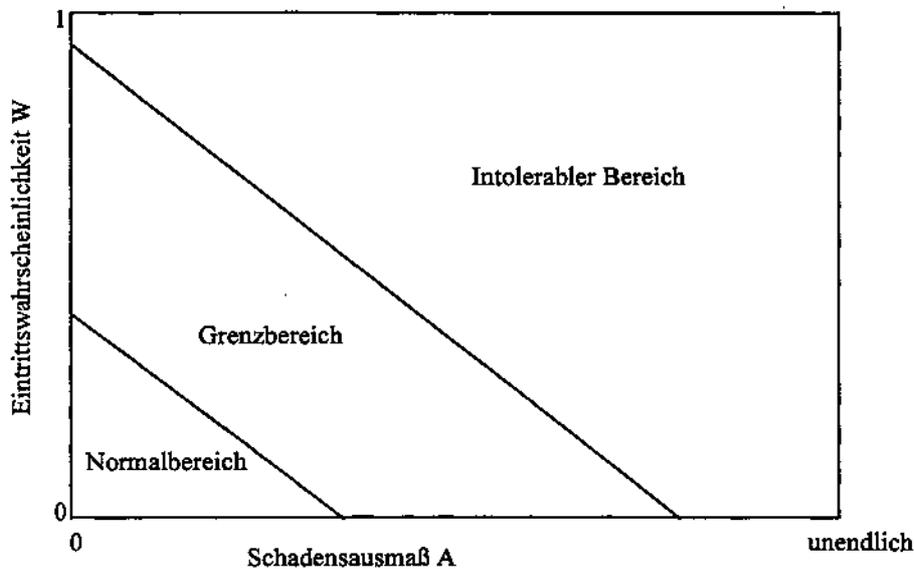
- insgesamt eher niedriges Schadenspotential;
- insgesamt kleine bis mittlere Eintrittswahrscheinlichkeit;
- geringe Persistenz und Ubiquität der Risikoverursacher oder -folgen;
- geringe Irreversibilität der Risikofolgen, sollte der Schaden eintreten;
- geringe statistische Unsicherheit über die Schwankungsbreiten von Schadenspotential und Eintrittswahrscheinlichkeiten; und
- keine deutlichen Verzerrungen zwischen der Gruppe der Risikoträger und der Gruppe der Chancen- bzw. Nutzengewinner (Verteilungsgerechtigkeit).

Problematischer ist der Fall, daß die Risiken Bereiche berühren, die über das alltägliche Ausmaß hinausgehen. In diesem Fall berühren die Risiken den *Grenzbereich* oder den *intolerablen Bereich*. In beiden Bereichen ist die Abschätzungssicherheit gering, die statistischen Unsicherheiten streuen breit, das Schadenspotential kann katastrophale Ausmaße annehmen kann. Diese Bereiche sind auch dann erreicht, wenn die Risiken globale, irreversible Schäden hervorrufen, sich über lange Zeit akkumulieren oder in besonderer Weise die Bevölkerung mobilisieren oder ängstigen. Zusammengefaßt zeichnen sich Risiken im Grenzbereich durch folgende Eigenschaften aus:

- die Ungewißheit ist bei allen Risikoeigenschaften hoch;
- das Schadenspotential ist hoch, d.h. ein mögliches Schadenspotential kann die Dimension einer Katastrophe annehmen;
- die Eintrittswahrscheinlichkeit ist hoch;
- die Abschätzungssicherheit (Unsicherheit und Ungewißheit) ist sehr gering, es liegt aber ein begründeter Verdacht vor, daß große Schäden möglich sind;
- Persistenz, Ubiquität und Irreversibilität sind in besonderem Maße gegeben, wobei auch hier ein begründeter Verdacht vorliegen muß, daß Schäden möglich sind; oder
- aus Gründen der wahrgenommenen Verteilungungerechtigkeiten oder anderer sozialer und psychischer Faktoren ist mit einem großen Mobilisierungspotential (Verweigerung, Protest, Widerstand) zu rechnen.

Im Grenzbereich und im intolerablen Bereich ist oft eine eindeutige Aussage zur Gültigkeit der wissenschaftlichen Risikoabschätzung kaum möglich. Bei der Frage nach der Bewertung ist im Grenzbereich ein risikoaversives Verhalten durchaus angebracht, da dort oft die Grenzen menschlicher Erkenntnisfähigkeit erreicht sind. Aus diesem Grunde geht es dann nicht mehr vorrangig um eine abwägende Risikoentscheidung, sondern häufig um eine Begrenzung der Möglichkeiten von weitreichenden negativen Überraschungen. Vorsorgeorientierte und präventive Strategien der Risikosteuerung, Formen der Gefährdungshaftung, allgemeine Vorsichtsregeln und Aspekte der Risikovermeidung haben dann Vorrang vor wirkungsbezogenen Optimierungsregeln. Dementsprechend fällt auch die Wahl der Instrumente einer Risikopolitik aus.

Normal-, Grenz- und intolerabler Bereich von Risiken



Quelle: WBGU 1998⁵

2 Charakterisierung von Risiken

2.1 Die Bedeutung von Abschätzungssicherheit, Ahnungslosigkeit und Ungewißheit für die Risikobewertung

Normalerweise werden Risiken durch zwei Größen definiert: die Eintrittswahrscheinlichkeit und das Schadensausmaß (Hauptmanns et al. 1987). Die Abschätzung dieser beiden Größen ist abhängig von der Quantität und Qualität der jeweiligen Daten, die eine gültige Vorhersage von relativen Häufigkeiten erlauben. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Abschätzungssicherheit, die sich im Idealfall durch statistische Unsicherheiten, d.h. durch Streubreiten um jedes Paar von Schaden und Wahrscheinlichkeit, ausdrücken lassen. Diese Streubreiten werden meist durch Konfidenzintervalle zum Ausdruck gebracht.

⁵ Die Differenzierung in Normal-, Grenz- und intolerablen Bereich ist unter anderem auch in die Risikobewertung in der Schweiz eingeflossen (vgl. Piechowski 1994). Seit dem 1. April 1991 schreibt die Störfallverordnung (StFV) den Umgang mit technischen Risiken in der Schweiz vor. Risiko wird darin als Verknüpfung von Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit definiert. Mit Hilfe eines Wahrscheinlichkeits-Ausmaß-Diagramms (W-A-Diagramm) erfolgt die Festlegung des zu betrachtenden Segments.

Davon zu unterscheiden sind die beiden Fälle von Unbestimmtheit und Ahnungslosigkeit. In beiden Fällen beruht die Unwissenheit in bezug auf Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit entweder auf (prinzipiell behebbaren) Informationsdefiziten, auf mangelnder Kenntnis von Erfahrungswerten aus der Vergangenheit (singuläre Ereignisse oder extrem lange Zyklen), auf mangelnder Erkenntnismöglichkeit des systematischen Kausalkette (z.B. undurchschaubares Geflecht an intervenierenden Variablen) oder auf unzureichender Signifikanz des Schadens gegenüber dem Hintergrundrauschen des Zufalls. Bei unbestimmten Risiken ist nur die Verteilungsfunktion unbekannt, im Falle der Ahnungslosigkeit zusätzlich das Schadenspotential. Solche Risiken müssen durch antizipative Strategien der Risikovermeidung und Ertüchtigung des Sozialsystems, auch unbekannte Folgen noch beherrschen zu können (Resilienzstrategien), angegangen werden (Collingridge 1996).

Hat man zumindest Anhaltspunkte für die Festlegung der beiden Komponenten Schadensausmaß und Wahrscheinlichkeit, dann lassen sich Risiken nach dem Ausmaß dieser beiden Größen sowie nach der Abschätzungssicherheit für diese beiden Größen untergliedern. Die Abschätzungssicherheit läßt sich im Idealfall durch Berechnung der statistischen Unsicherheit quantitativ bestimmen, bei geringer Datenbasis muß sie qualitativ charakterisiert werden.

Bei Vorliegen von großen Datenmengen mit geringer Varianz, langen Beobachtungszeiträumen mit kleinen Zeitspannen zwischen Ursachen und Wirkungen und einer hohen Konstanz und Robustheit möglicher intervenierender Variablen kann man davon ausgehen, daß die Abschätzungssicherheit relativ hoch ist. Eine geringe Abschätzungssicherheit deutet auf eine unzureichende Datenbasis oder auf Ereignisse mit einem hohen Zufallsanteil hin. Die Abschätzungssicherheit muß für die Wahrscheinlichkeitsaussage und das Schadensausmaß jeweils getrennt betrachtet werden. Versicherungen können beispielsweise noch recht gut mit Risiken umgehen, bei denen eine hohe Abschätzungssicherheit auf der Schadensumfangseite herrscht, auch wenn die Abschätzungssicherheit bei den Eintrittswahrscheinlichkeiten zu wünschen übrig läßt (Kleindorfer und Kunreuther 1987). Das Umgekehrte gilt aber nicht. Auch wenn die Wahrscheinlichkeiten gut abschätzbar sind, aber das Schadensausmaß sehr unsicher

bleibt, ist es für Versicherungen fast unmöglich, eine kostendeckende Prämie festzusetzen. In diesem Falle könnten z.B. private oder öffentliche Fondslösungen greifen. Sind beide Komponenten sehr unsicher, sind noch weitreichendere Haftungsregelungen oder staatliche Vorsorgemaßnahmen notwendig.

2.2 Zusätzliche Beurteilungskriterien

Es ist sinnvoll, neben diesen beiden klassischen Komponenten des Risikos noch weitere Bewertungselemente in die Charakterisierung von Risiken aufzunehmen (Kates und Kaspersohn 1983; California Environmental Protection Agency 1994; Haller 1996). Diese Bewertungselemente lassen sich aus den Untersuchungen über Risikowahrnehmung ableiten oder sie werden in einer Reihe von Ländern (etwa Dänemark, Niederlande und Schweiz) bereits als Kriterien benutzt oder sind dort für Risikobewertungsverfahren vorgeschlagen worden. Von besonderer Bedeutung sind dabei folgende Kriterien:

- *Ubiquität*: räumliche Verbreitung des Schadens oder des Schadenspotentials (intragenerationale Gerechtigkeit)
- *Persistenz*: zeitliche Ausdehnung des Schadens oder des Schadenspotentials (intergenerationale Gerechtigkeit)
- *Irreversibilität*: Nichtwiederherstellbarkeit des Zustandes vor Schadenseintritt. Dabei geht es im Umweltbereich vorrangig um die typenmäßige Wiederherstellbarkeit im Rahmen eines dynamischen Wandels (etwa Wiederaufforstung oder Reinigung des Wassers möglich), nicht um die individuelle Restaurierung des Urzustandes (etwa Erhalt eines individuellen Baumes oder Ausmerzungen nicht einheimischer Pflanzen und Tierarten).
- *Verzögerungswirkung*: Damit ist die Möglichkeit gemeint, daß zwischen dem auslösenden Ereignis und der Schadensfolge eine lange Latenzzeit herrscht. Diese Latenzzeit kann physikalischer (langsame Reaktionsgeschwindigkeit), chemischer oder biologischer Natur sein oder sich als Folge einer langen Variablenkette (etwa Aussetzen des Golfstroms aufgrund von Klimaveränderungen) ergeben.

- *Mobilisierungspotential* (Akzeptanzverweigerung): Darunter versteht man die Verletzung von individuellen, sozialen oder kulturellen Interessen und Werten, die eine entsprechende Reaktion der Betroffenen hervorruft. Diese Reaktionen umfassen den offenen Protest, den Entzug von Vertrauen in die Entscheidungsträger, geheime Sabotageakte oder andere Formen der Gegenwehr. Auch psychosomatische Folgen lassen sich in diese Kategorie aufnehmen.

Fragen der Kontrollierbarkeit (individuell und institutionell) sind einerseits in den Kriterien der Ubiquität und Persistenz von ihrer physikalischen Seite und in dem Kriterium der Mobilisierung von ihrer sozialen Seite her erfaßt. Das Kriterium der Freiwilligkeit läßt sich aus kollektiver Sicht kaum als Bewertungskriterium für gesellschaftliche Risiken heranziehen, weil es sich bei den hier interessierenden Fällen um Risiken handelt, die auf andere überwältigt werden. Das mit aufgezwungenen Risiken verbundene Protestpotential ist im Kriterium Mobilisierung enthalten. Die Gewöhnung an eine Risikoquelle ist für sich allein genommen kein normativ sinnvolles Bewertungskriterium, da man sich auch an große möglicherweise inakzeptable Risiken gewöhnen kann (z.B. Unfälle im Straßenverkehr).

Hinter dem Wunsch, gewohnte Risiken positiver zu beurteilen als neuartige Risiken, steht aber die berechtigte Sorge, daß man den Grad der Unsicherheit bei dem Eingehen von Risiken noch nicht hinreichend abschätzen kann und man daher eher vorsichtig vorgehen sollte. Dieser Aspekt ist in unserem Kriterienkatalog durch die Größe Abschätzungssicherheit erfaßt.

Die Kriterien der Verteilungsgerechtigkeit sind dagegen schwieriger zu fassen, da es an intersubjektiv gültigen Maßstäben zur Messung von Gerechtigkeit und Ungerechtigkeit fehlt. Problemlos läßt sich die Frage nach der Identität zwischen Nutznießern einer Aktivität und den vom Risiko betroffenen Menschen beantworten.

Liegt Identität vor, dann erscheint eine individuelle Risikoregelung sinnvoll, wie wir dies ja bereits oben begründet haben. Andernfalls müssen dagegen kollektive Regelungsmechanismen eingesetzt werden. Diese können von haftungsrechtlichen Ver-

pflichtungen (und damit einer erneuten Individualisierung) bis hin zu Partizipationsrechten der Risikoträger an den Entscheidungen oder zu genehmigungsrechtlichen Vorschriften reichen. Inwieweit die Asymmetrien als ungerecht empfunden werden und ob Kompensationen monetärer oder ideeller Art als adäquater Ausgleich angesehen werden, ist allerdings eine Frage der im jeweiligen Kultursystem herrschenden Wertvorstellungen.

In den meisten Fällen ist eine fallweise Betrachtung der Auswirkungen notwendig, um eine Verletzung des Gerechtigkeitspostulats eindeutig festzustellen. Einen Hinweis auf eine möglicherweise ungerechte Verteilung von Lasten geben die beiden Indikatoren Ubiquität und Persistenz. Ein sich global auswirkendes Risiko betrifft in der Regel die intragenerative Gerechtigkeit, ein persistentes Schadenspotential wirkt sich auf kommende Generationen aus. Bei Vorliegen von Extremwerten bei diesen beiden Indikatoren ist der Verdacht auf eine ungerechte Verteilung angebracht. Aber erst die Analyse des Einzelfalles kann zweifelsfrei klären, ob bestimmte Gerechtigkeitspostulate erfüllt bzw. verletzt sind.

Vorschläge für eine multidimensionale Bewertung von Risiken finden sich auch in den analytischen und philosophischen Literatur zum Risiko (Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1992; Shrader-Frechette 1989; Gethmann 1990; Femers und Jungermann 1993). Dabei werden zum Teil ähnliche, zum Teil leicht abweichende Kriterien zur Bewertung vorgeschlagen. In die nationale Gesetzgebung sind bislang nur in Dänemark, den Niederlanden und der Schweiz mehrdimensionale Bewertungsverfahren explizit aufgenommen worden. Andere Länder, vor allem die USA, nehmen aber in der praktischen Standardsetzung durch ihre Beratungsgremien solche Bewertungen nach verschiedenen Kriterien vor (Hattis und Minkowitz 1997; Beroggi et al. 1997; Petringa 1997; Löfstedt 1997).

Eintrittswahrscheinlichkeit (W):

0 bis gegen 1: *Ausmaß der*

Schadensfolgen (A):

0 bis gegen unendlich

Abschätzungssicherheit (S)

hohe bzw. niedrige Abschätzungssicherheit bei der Schätzung der Wahrscheinlichkeiten

hohe bzw. niedrige Abschätzungssicherheit bei der Schätzung der Schadensausmaßes

hohe bzw. niedrige Abschätzungssicherheit bei der Schätzung beider Risikokomponenten

Ubiquität (U):

lokal bis global

Persistenz (P):

kurze Abbaurate bis sehr lange Abbaurate

Irreversibilität (I):

Schaden nicht rückholbar bis Schaden rückholbar

Verzögerungswirkung (V):

große zeitliche Distanz zwischen auslösendem Ereignis und Schaden

Mobilisierungspotential (M):

keine politische Relevanz bis hohe politische Relevanz

2.3 Synopsis

Um eine objektiv nachvollziehbare, rationale und multidimensionale Risikoevaluierung der Schadenskategorie „Katastrophe“ zu erhalten, werden Aspekte der naturwissenschaftlich-technischen Risikoabschätzung, einer intuitiven Risikowahrnehmung, einer intersubjektiven Risikobewertung und eines ausgewogenen Risikomanagements zusammengeführt. Die naturwissenschaftlich-technische Risikoabschätzung liefert Kenntnisse über die relative Häufigkeit von Schadensereignissen wie Katastrophen in bezug auf Raum und Zeit. Eine intuitive Risikowahrnehmung erfaßt die individuelle oder gesellschaftliche Bewertung der Schadenskategorie „Katastrophe“. Im Rahmen der intersubjektiven Risikobewertung wird mit Hilfe eines oder mehrerer Verfahren der

rationalen Urteilsfindung ein Risiko und dessen mögliches Schadenspotential einer Katastrophe hinsichtlich dessen Akzeptabilität oder Zumutbarkeit für die Gesellschaft oder für bestimmte Gruppen und Individuen beurteilt. Ein ausgewogenes Risikomanagement schließlich umfaßt adäquate Strategien und Instrumente zur Reduktion, Steuerung und Regulierung von Risikoquellen und -potentialen sowie möglicher Schadensereignisse bis hin zu Katastrophen.

Aus diesem Kontext lassen sich acht relevante Risikokriterien und ihre Eigenschaften identifizieren: Eintrittswahrscheinlichkeit, Schadensausmaß, Abschätzungssicherheit, Ubiquität, Persistenz, Irreversibilität, Verzögerungswirkung und Mobilisierungspotential. Diese Kriterien können bedrohliche Risikopotentiale und mögliche Schadensausmaße wie Katastrophen beschreiben und charakterisieren. Dementsprechend kann in einer Katastrophentypologie der jeweilige Katastrophentyp mit Hilfe der Kriterien charakterisiert werden. Darum können erstens angemessene übergeordnete Strategien der Prävention abgeleitet werden. Zweitens können für die internationale, nationale und subnationale Ebene geeignete, konkrete Instrumente und Maßnahmen entwickelt werden.

Literatur

- Akademie der Wissenschaften zu Berlin (1992): Umweltstandards. Berlin: de Gruyter.
- Banse, G. (1996): Herkunft und Anspruch der Risikoforschung. In: Banse, G. (Hrsg.): Risikoforschung zwischen Disziplinarität und Interdisziplinarität. Berlin: Edition Sigma, 15-72:
- Bechmann, G. (1990): Großtechnische Systeme, Risiko und gesellschaftliche Unsicherheit. In: Halfmann, J. und Japp, K.P. (Hrsg.): Riskante Entscheidungen und Katastrophenpotentiale. Elemente einer soziologischen Risikoforschung. Opladen: Westdeutscher Verlag, 129-149.
- Bechmann, G. (1994): Risiko und gesellschaftlicher Umgang mit Unsicherheit. Probleme und Perspektiven. Österreichische Zeitschrift für Soziologie 4, 8-33.
- Beck, U. (1986): Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Berg, M.; Erdmann, G.; Hartmann, M.; Jaggy, M.; Scheringer, M. und Seiler, H.J. (Hrsg.) (1994): Was ist ein Schaden? Zur normativen Dimension des Schadensbegriffs in der Risikowissenschaft. Dokumente Nr. 2. Zürich: Vdf Hochschulverlag.
- Beroggi, G.E.G. und Kröger, W. (1993): Risikoanalyse technischer Systeme. Methoden und Modelle, Verfahren und Hilfsmittel. Schweizer Ingenieur und Architekt 47, 877-883.
- Beroggi, G.E.G.; Abbas, T.C.; Stoop, J.A. und Aebi, M. (1997): Risk Assessment in the Netherlands. Arbeitsbericht Nr. 91 der Akademie für Technikfolgenabschätzung. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung.
- Birnbacher, D. (1994): Das Risiko in einer prozeduralen Risikoethik. Ethik und Sozialwissenschaften. Zeitschrift für Erziehungskultur 5 (1), 137-139.
- Bonß, W. (1991): Unsicherheit durch Gesellschaft - Argumente für eine soziologische Risikoforschung. Soziale Welt 2, 258-277.
- Bonß, W. (1996): Die Rückkehr der Unsicherheit. Zur gesellschaftstheoretischen Bedeutung des Risikobegriffes. In: Banse, G. (Hrsg.): Risikoforschung zwischen Disziplinarität und Interdisziplinarität. Berlin: Edition Sigma, 166-185.
- Bradbury, J.A. (1989): The Policy Implications of Differing Concepts of Risk. Science, Technology, and Human Values 14 (4), 380-399.
- Brehmer, B. (1987): The Psychology of Risk. In: Singleton, W.T. und Howden, J. (Hrsg.): Risk and Decisions. New York: Wiley, 25-39.
- Brown, H. und Goble, R. (1990): The Role of Scientists in Risk Assessment. Risk: Issues in Health and Safety VI, 283-311.
- California Environmental Protection Agency (1994): Toward the 21st Century. Planning for Protection of California's Environment. Final Report. Sacramento, Cal: EPA.
- Clarke, L. (1989), Acceptable Risk? Making Choices in a Toxic Environment (University of California Press: Berkeley)

- Cohen, A.V. (1996): Quantitative Risk Assessment and Decisions about Risk. An Essential Input into the Decision Process. In: Hood, C. und Jones, D.K.C. (Hrsg.): Accident and Design. Contemporary Debates in Risk Management. London: UCL Press, 87-98.
- Collingridge, D. (1996): Resilience, Flexibility, and Diversity in Managing the Risks of Technologies. In: Hood, C. und Jones, D.K.C. (Hrsg.): Accident and Design. Contemporary Debates in Risk Management. London: UCL-Press, 40-45.
- Covello, V.T. (1983): The Perception of Technological Risks: A Literature Review. *Technological Forecasting and Social Change* 23, 285-297.
- Covello V.T., Menkes, J. und Mumpower, J. (Hrsg.) (1984): Risk Evaluation and Management. New York: Plenum, 275-296.
- Covello, V.T. and Mumpower, J. (1985): Risk Analysis and Risk Management: An Historical Perspective. *Risk Analysis* 5, 103-120.
- Derby, S.L. und Keeney, R.L. (1981): Risk Analysis: Understanding "How Safe Is Safe Enough". *Risk Analysis* 1 (3), 217-224.
- Drottz-Sjöberg, B.-M. (1991): Perception of Risk. *Studies of Risk Attitudes, Perceptions, and Definitions*. Stockholm: Center for Risk Research.
- Edwards, W. (1954): The Theory of Decision Making. *Psychological Bulletin* 51, 380-417.
- Edwards, W. (1968): Probabilistic Information Processing Systems: Design and Evaluation. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*. SSC-4, 248-265.
- Evers, A. und Nowotny, H. (1987): Über den Umgang mit Unsicherheit. Die Entdeckung der Gestaltbarkeit von Gesellschaft. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Ewald, F. (1993): Der Vorsorgestaat. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Fischhoff, B.; Slovic, P.; Lichtenstein, S.; Read, S. und Combs, B. (1978): How Safe Is Safe Enough? A Psychometric Study of Attitudes Toward Technological Risks and Benefits. *Policy Sciences* 9, 127-152.
- Fischhoff, B.; Lichtenstein, S.; Slovic, P.; Derby, S.L. and Keeney, R.L. (1981): Acceptable Risk. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fischhoff, B.; Watson, S.R. und Hope, C. (1984): Defining Risk. *Policy Sciences* 17, 123-129.
- Fischhoff, B.; Slovic, P.; und Lichtenstein, S. (1985): Weighing the Risks. In: Kates, R.W.; Hohenemser, C. und Kasperson, J.X. (Hrsg.): Perilous Progress: Managing the Hazards of Technology. Boulder: Westview, 265-328.
- Fischhoff, B. (1996): Public Values in Risk Research. In: Kunreuther, H. und Slovic, P. (Hrsg.): Challenges in Risk Assessment and Risk Management. *Annals of the American Academy of Political and Social Science*. Special Issue. Thousand Oaks: Sage, 75-84.
- Fritzsche, A.F. (1986): Wie sicher leben wir? Risikobeurteilung und -bewältigung in unserer Gesellschaft. Köln: TÜV Rheinland.
- Gould, L.C.; Gardner, G.Y.; DeLuca, D.R.; Tieman, A.; Doob, L.W. und Stolwijk, J.A.J. (1988): Perceptions of Technological Risk and Benefits. New York: Russell Sage Foundation.

- Häfele, W.; Renn, O. und Erdmann, H. (1990): Risiko, Unsicherheit und Undeutlichkeit. In: Häfele, W. (Hrsg.): Energiesysteme im Übergang - Unter den Bedingungen der Zukunft. Landsberg/Lech: Poller, 373-423.
- Hattis, D. und Minkowitz, W.S. (1997): Risk Evaluation: Legal Requirements, Conceptual Foundations, and Practical Experiences in the United States. Arbeitsbericht Nr. 93 der Akademie für Technikfolgenabschätzung. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung.
- Hauptmanns, U.; Hertrich, M. und Werner, W. (1987): Technische Risiken: Ermittlung und Beurteilung. Berlin: Springer.
- Hood, C.C.; Jones, D.K.C.; Pidgeon, N.F.; Turner, B.A.; Gibson, R. (1992): Risk Management. In: Royal Society Study Group (Hrsg.): Risk Analysis, Perception and Management. London: The Royal Society, 135-192.
- IAEA, International Atomic Energy Agency (1995): Guidelines for Integrated Risk Assessment and Management in Large Industrial Areas. Technical Document: IAEA-TECDOC PGVI-CIJV. Wien: International Atomic Energy Agency.
- IEC (1993): Guidelines for Risk Analysis of Technological Systems. Report IEC-CD (Sec) 381 issues by the Technical Committee QMS/23. Brüssel: European Community.
- Jonas, H. (1979): Das Prinzip der Verantwortung. Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation. Frankfurt/M.: Insel Verlag.
- Jonas, H. (1990): Das Prinzip Verantwortung. In: Schüz, M. (Hrsg.): Risiko und Wagnis. Die Herausforderung der industriellen Welt. Band 2. Gerling Akademie. Pfuldingen: Neske, 166-181.
- Jungermann, H. (1986): Technische Systeme und menschliches Urteil. In: M. Held, M. und Molt, W. (Hrsg.): Technik von gestern für die Ziele von morgen? Energiepolitische Orientierungen auf dem Weg zur postmaterialistischen Gesellschaft. Opladen: Westdeutscher Verlag, 104-112.
- Jungermann, H und Slovic P. (1993): Charakteristika individueller Risikowahrnehmung. In: Bayerische Rückversicherung (Hrsg.): Risiko ist ein Konstrukt. Wahrnehmungen zur Risikowahrnehmung. München: Knesebeck 89-107.
- Kaplan, S. und Garrik, J.B. (1993): Die quantitative Bestimmung von Risiko. In: Bechmann, G. (Hrsg.): Risiko und Gesellschaft. Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinärer Risikoforschung. Opladen: Westdeutscher Verlag: Opladen, 91-124.
- Kates, R.W. und Kaspersen, J.X. (1983): Comparative Risk Analysis of Technological Hazards. A Review. Proceedings of the National Academy of Sciences 80, 7027.
- Kleindorfer, P.R. und Kunreuther, H. (1987): Insurance and Compensation as Policy Instruments for Hazardous Waste Management. In: Kleindorfer, P.R. und Kunreuther, H. (Hrsg.): Insuring and Managing Hazardous Risks: From Seveso to Bhopal and Beyond. Berlin: Springer, 145-172.
- Knight, F. (1921): Risk, Uncertainty and Profit. New York: Kelley.
- Kolluru, R.V. (1995): Risk Assessment and Management: A Unified Approach. In: Kolluru, R.V.; Barteil, S.; Pitblade, R. und Stricoff, S. (Hrsg.): Risk Assessment and Management Handbook. For Environmental, Health, and Safety Professionals. New York: Mc-Graw-Hill, 1.3-1.41.

- Kolluru R.V. und Brooks, D.G. (1995): Integrated risk assessment and strategic management. In: Kolluru, R.V.; Bartell, S.; Pitblade, R. und Stricoff, S. (Hrsg.): Risk Assessment and Management Handbook. For Environmental, Health, and Safety Professionals. New York: Mc-Graw-Hill, 2.1-2.23.
- Krewski, D. und Birkwood, P.L. (1987): Risk Assessment and Risk Management: A Survey of Recent Models. In: Lave, L.B. (Hrsg.): Risk Assessment and Management. New York: Plenum, 339-406.
- Krohn, W. und Krücken, G. (1993): Risiko als Konstruktion und Wirklichkeit. Eine Einführung in die sozialwissenschaftliche Risikoforschung. In: Krohn, W. und Krücken, G. (Hrsg.): Riskante Technologien: Reflexion und Regulation. Einführung in die sozialwissenschaftliche Risikoforschung, Frankfurt/M.: Suhrkamp, 9-44.
- Krücken, G. (1997): Risikotransformation. Die politische Regulierung technisch-ökologischer Gefahren in der Risikogesellschaft. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Kunreuther, H. und Slovic, P. (1996): Science, Values, and Risk. In: Kunreuther, H. und Slovic, P. (Hrsg.): Challenges in Risk Assessment and Risk Management. Annals of the American Academy of Political and Social Science. Special Issue. Thousand Oaks: Sage, 116-125.
- Lave, L.B. (Hrsg.) (1985): Risk Assessment and Management. New York: Plenum.
- Leist, A. und Schaber, P. (1995): Ethische Überlegungen zu Schaden, Risiko und Unsicherheit. In: Berg, M.; Erdmann, G.; Leist, A.; Renn, O.; Schaber, P.; Scheringer, M.; Seiler, H. und Wiedemann, R. (Hrsg.): Risikobewertung im Energiebereich. Zürich: VDF Hochschulverlag, 47-70.
- Lowrance, W.W. (1976): Of Acceptable Risk: Science and the Determination of Safety. Los Altos: William Kaufman.
- Luhmann, N. (1993): Risiko und Gefahr. In: Krohn, W. und Krücken, G. (Hrsg.): Riskante Technologien: Reflexion und Regulation. Frankfurt/M.: Suhrkamp, 138-185.
- Löfstedt, R.E. (1997): Risk Evaluation in the United Kingdom: Legal Requirements, Conceptual Foundations, and Practical Experiences with Special Emphasis on Energy Systems. Arbeitsbericht Nr. 92 der Akademie für Technikfolgenabschätzung. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung.
- Löfstedt, R.E. und Renn, O. (1997): The Brent Spar Controversy: An Example of Risk Communication Gone Wrong. Risk Analysis 17 (2), 131-136.
- MacLean, D. (1986): Social values and the distribution of risk. In: MacLean, D. (Hrsg.): Values at Risk. Totowa: Rowman and Allanheld, 75-93.
- Marcus, A.D. (1988): Risk, Uncertainty, and Scientific Judgment. Minerva 26, 138-152.
- Margolis, H. (1996): Dealing with Risk. Why the Public and the Experts Disagree on Environmental Issues. Chicago: University of Chicago Press: Chicago.
- Markowitz, J. (1990): Kommunikation über Risiken - Eine Theorie-Skizze. Schweizerische Zeitschrift für Soziologie 3, 385-420.
- Merkhofer, M. (1984): Comparative Analysis of Formal Decision-Making Approaches. In: Covello, V.T.; Menkes, J. und Mumpower, J. (Hrsg.): Risk Evaluation and Management. New York und London: Plenum, 183-220.

- Morgan, M.G. (1990): Choosing and Managing Technology-Induced Risks. In: Glickman, T.S. und Gough, M. (Hrsg.): Readings in Risk. Washington: Resources for the Future, 5-15.
- National Research Council, Committee on the Institutional Means for Assessment of Risks to Public Health (1983): Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process. National Academy of Sciences. Washington: National Academy Press.
- Petringa, N. (1997): Risk Regulation: Legal Requirements, Conceptual Foundations and Practical Experiences in Italy. Case Study of the Italian Energy Sector. Arbeitsbericht Nr. 90 der Akademie für Technikfolgenabschätzung. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung.
- Pidgeon, N.F.; Hood, C.C.; Jones, D.K.C.; Turner, B.A. und Gibson, R. (1992): Risk Perception. In: Royal Society Study Group (Hrsg.): Risk Analysis, Perception and Management. London: The Royal Society, 89-134.
- Piechowski, M. von (1994): Risikobewertung in der Schweiz. Neue Entwicklungen und Erkenntnisse. Unv. Ms.
- Rawls, J. (1971): A Theory of Justice. Cambridge: Harvard University Press.
- Rawls, J. (1974): Some Reasons for the Maximin Criterion. American Economic Review 1, 141-146.
- Rayner, S. (1993): Risikowahrnehmung, Technologieakzeptanz und institutionelle Kultur: Fallstudien für einige neue Definitionen. In: Bayerische Rückversicherung (Hrsg.): Risiko ist ein Konstrukt. Wahrnehmungen zur Risikowahrnehmung. München: Knesebeck, 214-243.
- Renn, O. (1989): Risikowahrnehmung - Psychologische Determinanten bei der intuitiven Erfassung und Bewertung von technischen Risiken. In: Hosemann, G. (Hrsg.): Risiko in der Industriegesellschaft. Nürnberg: Universitätsbibliothek, 167-192.
- Renn, O. (1992): Concepts of Risk: A Classification. In: Krimsky, S. und Golding, D.: Social Theories of Risk. Westport, CT.: Praeger, 53-79.
- Renn, O. (1996): Kann man die technische Zukunft voraussagen? Zum Stellenwert der Technikfolgenabschätzung für eine verantwortbare Zukunftsvorsorge. In: Pinkau, K. und Stahlberg, C. (Hrsg.): Technologiepolitik in demokratischen Gesellschaften. Stuttgart: Edition Universitas und Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 23-51.
- Renn, O. (1997): Three Decades of Risk Research: Accomplishments and New Challenges. Journal of Risk Research 11 (1), 49-71.
- Renn, O. (1998): The Role of Risk Perception for Risk Management. Reliability Engineering and System Safety 59, 49-61.
- Rohrmann, B. (1995a): Technological Risks: Perception, Evaluation, Communication. In: Mechlers, R.E. und Stewart, M.G. (Hrsg.): Integrated Risk Assessment. Current Practice and New Directions. Rotterdam: Balkema: Rotterdam, 7-12.
- Rohrmann, B. (1995b): Risk Perception Research: Review and Documentation. Studies in Risk Communication 48, Jülich: Forschungszentrum.
- Rosa, E. (1997): Metatheoretical Foundations for Post-Normal Risk. Journal of Risk Research 1 (1), 15-44.

- Rowe, W.D. (1983): Ansätze und Methoden der Risikoforschung. In: Conrad, J. (Hrsg.): Gesellschaft, Technik und Risikopolitik. Berlin: Springer, 15-38.
- Rowe, W.D. (1984): Risiken seltener Ereignisse. In: Lange, S. (Hrsg.): Ermittlung und Bewertung industrieller Risiken. Berlin: Springer, 152-166.
- Rowe, W.D. (1979): What is an Acceptable Risk and How Can It Be Determined? In: Goodman, G.T. und Rowe, W.D. (Hrsg.), Energy Risk Management. London: Academic Press, 327-344.
- Scherzberg, A. (1993): Risiko als Rechtsproblem. Verwaltungs-Archiv Band 84, 484-513.
- Short, J.F. (1984): The Social Fabric of Risk: Toward the Social Transformation of Risk Analysis. American Sociological Review 49, 711-725.
- Shrader-Frechette, K.S. (1991): Risk and Rationality. Philosophical Foundations for Populist Reforms. Berkeley: University of California Press.
- Shubik, M. (1991): Risk, Society, Politicians, Scientists, and People. In: Shubik, M. (Hrsg.): Risk, Organizations, and Society. Dordrecht: Kluwer, 7-30.
- Slovic, P. (1987): Perception of Risk. Science 236 (4799), 280-285.
- Tittes, E. (1986): Zur Problematik der Wahrscheinlichkeitsrechnung bei seltenen Ereignissen. In: Kompes, P.C. (Hrsg.): Technische Risiken in der Industriegesellschaft. Erfassung, Bewertung, Kontrolle. Wuppertal: GfS, 345-372.
- Vlek, CA. (1996): A Multi-Level, Multi-Stage and Multi-Attribute Perspective on Risk Assessment, Decision-Making, and Risk Control. Risk, Decision, and Policy 1 (1), 9-31.
- WBGU, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen 1998: Welt im Wandel. Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken. Berlin: Springer. In Vorbereitung.
- Wynne, B. (1992): Risk and Social Learning: Reification to Engagement, in: Krimsky, S. und Golding, D. (Hrsg.): Social Theories of Risk. Westport: Praeger, 275-297.

Identifikation ökologischer Indikatoren

von

Ortwin Renn, Andreas Klinke und Raphael Bayer

1) Ernährungs- bzw. Nahrungsmittelsicherheit

- ***Landnutzung***

alle Länder ; Zeitraum: 1961-96

Quelle: FAO: <http://apps.fao.org/lim500/nph-wrap.pl?LandUse&Domain=LUI>

- ***Landwirtschaftliche Nutzfläche***

alle Länder ; Zeitraum: 1961-96

Quelle: FAO: <http://apps.fao.org/lim500/nph-vvTap.pl?LandUse&Domain=LUI>

- ***Getreideproduktion pro Kopf (inklusive Reisproduktion)***

alle Länder; Zeitraum: 1961-97

Quelle: FAO, <http://apps.fao.org/cgi-bin/nph-db.pl?subset=agriculture>

bzw.

<http://apps.fao.org/lim500/nph-wrap.pl?Production.Crops.Primary&Domain=SUA>

Weitere mögliche Quelle: Landwirtschaftsministerium der Vereinigten Staaten (USDA)

- ***Getreideanbaufläche pro Kopf***

Dieser Indikator läßt sich aus den Daten zum Indikator Getreideproduktion pro Kopf ermitteln.

Quelle: FAO, <http://apps.fao.org/cgi-bin/nph-db.pl?subset=agriculture>

bzw.

<http://apps.fao.org/lim500/nph-wrap.pl?Production.Crops.Primary&Domain=SUA>

- ***Getreidepreise***

alle Länder; Zeitraum: 1961-97

Quelle: FAO, <http://apps.fao.org/cgi-bin/nph-db.pl?subset=agriculture>

bzw.

<http://apps.fao.org/lim500/nph-wrap.pl?Crops.Primary&Domain==ProducerPrices>

- ***Durchschnittlicher jährlicher Fisch- und Meeresfrüchteertrag***

alle Länder; Zeitraum: 1961-97

Quelle: FAO, <http://apps.fao.org/cgi-bin/nph-db.pl?subset=fisheries>

bzw.

<http://apps.fao.org/lim500/nph-wrap.pl?Fishery.Primary&Domain=SUA>

- ***Durchschnittlicher Indexwert der Nahrungsmittelproduktion pro Kopf***

alle Länder; Zeitraum: 1961-95

Quelle: Weltbank: Jährliche Weltentwicklungsberichte

2) Bodendegradation

- ***Jährliche Entwaldung***

alle Länder; Zeitraum: 1980-90

Quelle: World Bank 1997: Jahresbericht

Weitere Quelle: FAO 1997: FAO yearbook

Indikator: Änderung der Waldfläche (engl.: Change in Forest Cover); alle Länder; Zeitraum 1990-95

- ***Waldfläche***

alle Länder; Zeitraum: 1961-96

Quelle: <http://apps.fao.org/lim500/nph-wrap.pl?LandUse&Domain=LUI>

Anmerkung: Über die jährliche Veränderung des Indikators kann man die Entwaldung ermitteln

- ***Überdüngung und Versalzung - Verbrauch von Düngemittel***

alle Länder; Zeitraum: 1961-96

Quelle: FAO, <http://apps.fao.org/cgi-bin/nph-db.pl?subset=agriculture>

bzw.

<http://apps.fao.org/lim500/nph-wrap.pl?Fertilizers&Domain=LUI>

- ***Desertifikation***

Im Bericht „Status of Desertification and Implementation of the United Nations Plan of Action to Combat Desertification“ der UNCED existiert ein Weltzustandsbericht zur

Desertifikation. U.a. tauchen dort Daten auf zu Trockengebieten und in Länderberichten Daten zur Desertifikationsraten in ausgewählten Ländern.

a) Trockengebiete, weltweit

b) Desertifikationsraten je Land

Quelle: UNEP - GRID, Global Resources Information Database

<http://grid2.cr.usgs.gov/des/uncedpl.html#h>

Anmerkung: Über Internet ist eine Datensammlung (Data book of desertification / land degradation) erhältlich. Die Datensammlung erfaßt (laut Internet) alle gegenwärtig verfügbaren weltweiten Informationen und Daten über Desertifikation und Landdegradation.

Die Datensammlung ist über folgende Internetseite bestellbar:

<http://www-cger.nies.go.jp/cger-e/db/desert-e.html>

3) Süßwasser

- **Süßwasserressourcen**

Darunter werden u.a. folgende Kategorien subsumiert: Jährliche Wasserentnahme, regionale Wasserverteilung, regionale Verteilung der Wasserentnahme, landwirtschaftliche Bewässerung alle Länder in Afrika, Naher Osten und GUS-Staaten

Quelle: <http://www.fao.org/WAICENT/FaoMo/Agricult/AGL/AGLW/aquastat/afric.htm>

- **Zugang zu sicherem Trinkwasser (urban und rural)**

alle Länder; Zeitraum: 1980-95

Quelle: WRI: Jahresberichte

- **Wasser Stress Index**

Der Wasser Stress Index listet die zwanzig Länder weltweit auf, deren jährlich erneuerbare Wasserressourcen in Kubikmeter pro Kopf pro Jahr unter 1000 liegen. Mit dem Wasser Stress Index bezeichnet das WRI 1996: 301-302 jene Länder in ariden Zonen, deren jährlich erneuerbaren Wasserressourcen unter 1000 Kubikmeter pro Kopf sinkt. Die Größe von 1000 leitet sich aus den vergangenen Erfahrungen ab. Diese Länder leiden also nach WRI an Wasserknappheit.

20 Länder; bislang nur für das Jahr 1990

Quelle: WRI 1996: 302, nach Engelmann, Robert und LeRoy, Pamela 1995: Sustaining Water: An Update; Population Action International, Washington

- ***Frischwasserressourcen und deren Entnahme***

a) ***Jährlich erneuerbare Wasserressourcen pro Kopf (in Kubikmeter)***

b) ***Jährliche Entnahme pro Kopf (in Kubikmeter)***

c) ***Sektorale Entnahme in Prozent bei Haushalten, Industrie, Landwirtschaft***

alle Länder;

Quelle: WRI: Jahresberichte

Weitere Quelle: World Bank: Jahresberichte

- ***Bewässerung in der Landwirtschaft pro 1000 ha Fläche***

alle Länder; Zeitraum: 1961-96

Quelle: FAO, <http://apps.fao.org/cgi-bin/nph-db.pl?subset=agriculture>

bzw.

<http://apps.fao.org/lim500/nph-wrap.pl?Irrigation&Domain=LUI>

- ***Quote der Bevölkerung mit Trinkwasserversorgung in %***

alle Länder; Zeitraum: 1961-97

Quelle: Weltbank: Jährliche Weltentwicklungsberichte

4) Klimarelevante Indikatoren

- ***Durchschnittliche Jahrestemperatur der Welt***

global; Zeitraum: 1866-1995

Quelle: Goddard Institute der NASA; <http://www.giss.nasa.gov/data/gistemp/#References>

- ***Temperaturen der Länder***

WMO bietet Zugang zu den Wetterdiensten der WMO-Mitgliedsländer, die ihre jeweiligen aktuellen Temperaturen erfassen.

Quelle: WMO, <http://www.wmo.ch/web-en/member.html>

Anmerkung: Bislang ist unklar, ob man über diese Wetterdienste auch frühere Daten erhält.

- ***Änderung in der mittleren jährlichen Temperatur***

Weltregionen; Zeitraum: die Änderungen basieren auf zwei 30-Jahre-Perioden, 1930-59 und 1960-89.

Quelle: UNEP, GRID, Global Resources Information Database <http://www-cger.nies.go.jp/grid-j/gridtxt/tmpch.html>

- ***Mittlere jährliche Niederschläge***

Weltregionen; Zeitraum: 1951-80

Quelle: UNEP, GRID, Global Resources Information Database
<http://www-cger.nies.go.jp/grid-j/gridtxt/prec.html>

- ***Änderungen in den mittleren jährlichen Niederschlägen***

Weltregionen; Zeitraum: die Änderungen basieren auf zwei 30-Jahre-Perioden, 1930-59 und 1960-89.

Quelle: UNEP, GRID, Global Resources Information Database
<http://www-cger.nies.go.jp/grid-j/gridtxt/prech.html>

Anmerkung: Bei der Quelle ist noch nicht eindeutig geklärt, welche Daten in welcher Form verfügbar sind.

- ***Globaler Feuchtigkeits-Index***

Weltregionen; Zeitraum: 1951-80

Quelle: UNEP, GRID, Global Resources Information Database
<http://www-cger.nies.go.jp/grid-j/gridtxt/hindt.html>

- ***Änderungen im globalen Feuchtigkeits-Index***

Weltregionen; Zeitraum: die Änderungen basieren auf zwei 30-Jahre-Perioden, 1930-59 und 1960-89.

Quelle: UNEP, GRID, Global Resources Information Database
<http://www-cger.nies.go.jp/grid-j/gridtxt/hindc.html>

- ***Southern Oscillation Index, (SOI) oder***

Zeitraum: 1896-1995

Quelle: <http://www.cdc.noaa.gov/~cas/years.risk.html>

- *Multivariater ENSO Index (MEI)*¹

Zeitraum: 1950-97

Quelle: <http://www.cdc.noaa.gov/~kew/MEI/mei.html#comparison>

¹ Folgende Naturereignisse wurden im Jahr 1997/98 von ENSO (El Nino Southern Oscillation) ausgelöst (Bader, Stephan 1998: Wenn das Klima kippt - El Nino experimentiert, in: Nationales Forschungsprogramm. Klimaänderungen und Naturkatastrophen. Schweizerischer Nationalfonds, Nr. 31, Info 13, 5-7): Starkniederschläge mit Überschwemmungen in Chile; schwere Niederschläge im nördlichen Brasilien verbunden mit Überschwemmungen (20.000 Obdachlose); starke Niederschläge u. Überschwemmungen in Ecuador u. Peru; Kältewelle in Mexiko (80 Tote); Trockenheit in Südostasien, dadurch Erntebeeinträchtigungen; Verstärkung der künstlich angelegten Waldbrände in Südostasien; Dürre in Papua-Neuguinea (1,2 Mio. Menschen litten an Wasser- und Nahrungsmangel); heftige Niederschläge führten in Ostafrika zu großflächigen Überschwemmungen (2000 Tote, mehrere 100.000 Obdachlose).

Katastrophen typologie, Risikoevaluierung und präventive Politik

von Ortwin Renn und Andreas Klinke

Katastrophen Typ	Exemplarische Beispiele	Risiko- charakterisierung nach wichtigen Kriterien	Strategien der Prävention	Instrumente bzw. Maßnahmen auf internationaler Ebene	Instrumente bzw. Maßnahmen auf nationaler Ebene	Instrumente bzw. Maßnahmen auf substaatlicher und Community- Ebene
Kurzfristige natürliche Katastrophen	Erdbeben, Überschwemmungen, Vulkane, Extremwetterereignisse, Tsunamis	A hoch u. bekannt W ungewiß U u. P ziemlich hoch	<ul style="list-style-type: none"> • Ermittlung von Eintrittswahrscheinlichkeiten • Prävention gegen Überraschungen • Katastrophenmanagement • Technische Barrieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Internationales Katastrophenzentrum (eng gekoppelt mit Int. Risk Assessment Board, vgl. dazu WBGU 1998): System der Früherkennung und Frühwarnung, Monitoring, Datenerfassung und -Verbreitung, kollektive Prozeduren der Katastrophenabschätzung • Governance-Strukturen: Institutionelle Koordination und Vernetzung der nationalen Katastrophenzentren • Internationale Hilfsgruppen 	<ul style="list-style-type: none"> • Nationale Zentren der Katastrophenermittlung und Prävention • Institutionelle Vernetzung subnationaler Katastrophopolitik • Gefährdungshaftung • Capacity Building (um Vulnerabilität entgegenzuwirken) • Technische Standards • Katastrophenmanagement • Infrastruktur für Hilfseinsätze bereitstellen 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacity Building (lokaler Notfallschutz) • Empowerment: Training, Bildung etc. • Containment (Reduktion der Schadensausbreitung) • Technische Schutzmaßnahmen • Vermeidung vulnerabler Gebiete • wo möglich Allmende einrichten • Evakuierung ermöglichen und erproben

Langfristige natürliche Katastrophen	Dürren, Epidemien, Insektenplagen	A eher hoch W unbekannt U u. P möglicherweise hoch V mittel (bis hoch)	Ursachenbekämpfung <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung der Resilienz (gegen Überraschungen) • Begrenzung von Schadensausmaß • Bestimmung von Schwellenwerten • Katastrophenmanagement 	<ul style="list-style-type: none"> • Internationales Katastrophenzentrum (siehe oben) • Institutionelle Koordination (siehe oben) • Internationales Katastrophenmanagement zur Verhinderung katastropher Auswirkungen und Eindämmung des Schadensausmaßes 	<ul style="list-style-type: none"> • Institutionelles Monitoring • Stärkung der Infrastruktur (v. a. in vulnerablen Staaten) • Capacity Building (um Vulnerabilität entgegenzuwirken) • Technische, medizinische, agroökonomische Mindeststandards • Wassermärkte, Eigentumsrechte, Bildung von Allmende (langfristige Bewirtschaftung) 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacity Building (Schutzmaßnahmen) Empowerment: Training, Bildung etc. • Containment keine marginale Landnutzung • Puffer einbauen • keine maximale Ressourcennutzung • Vorratswirtschaft • Gesundheitsbeauftragte
	Langfristfolgen von Klimaveränderungen	A eher hoch W eher hoch V sehr hoch	Stärkung der Langfristverantwortung <ul style="list-style-type: none"> • Stetige Reduktion durch Substitution Schadensmanagement 	<ul style="list-style-type: none"> • Selbstverpflichtung der internationalen Akteure • Internationale Zusammenarbeit • Gegenmaßnahmen zu Staatsversagen 	<ul style="list-style-type: none"> • Institutionelle Absicherung der Langfristverantwortung • Anreizsysteme (Zertifikate, Abgaben) • Mengengrenzungen durch Umweltstandards • Joint Implementation • Capacity Building (Technisches Know How, Technologietransfer etc.) • Technische Schutzmaßnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Verknüpfung von Partizipation, Empowerment • Containment • Empowerment: Training, Bildung

Kurzfristige anthropogene Katastrophen	Technische Katastrophen: Kernkraft, Chemie, Staudämme, Frühwarnsysteme, ABC-Waffen	A sehr hoch W sehr gering S hoch, da A und W bekannt	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion des Katastrophen potentials • Erhöhung der Resilienz • Katastrophenmanagement 	<ul style="list-style-type: none"> • Internationale Koordination, Kontrolle, TÜV (z.B. IAEO) • Internationale Haftungsverpflichtung • Internationale Hilfsgruppe (z.B. ABC-Dekontaminierung) • Abrüstung und Non-Proliferation • Muster Genehmigungsverfahren • Organisations-transfer 	<ul style="list-style-type: none"> • Forschung und Entwicklung von Substituten • Technische Maßnahmen zur Reduktion des Katastrophen potentials • Subvention nutzengleicher Alternativen • Capacity Building (Genehmigung, Überwachung, Training etc.) • Technische Verfahren der Resilienz (Redundanz, Diversifizierung, Elastizität etc.) • Entwicklung resilienter Organisationen • De-alerting (bei Frühwarnsystemen, Waffensystemen) 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacity Building (Notfallschutz) • Technische Schutzmaßnahmen • Empowerment: Partizipation, Training, Bildung • Expertenaustausch • Sicherheitskultur schaffen • Maschinen-Mensch-Interface verbessern • Evakuierung oder „Shelting“ ermöglichen und erproben
---	--	--	---	--	--	--

<p>Langfristige anthropogene Katastrophen</p>	<p>Hungersnöte, Lebensmittelknappheit, militärische Konflikte, Bürgerkriege</p>	<p>A möglicherweise sehr hoch W ungewiß P und U hoch</p>	<p>(Kriegs-) Ursachenbekämpfung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deeskalation durch Vermittlung • Verbesserung von Kooperation und Wissen • Schadensmanagement 	<ul style="list-style-type: none"> • Internationale Abkommen und Regelungen (z.B. Menschenrechte) • Verbesserung des internationalen, institutionellen Rahmens zur Konflikt-Schlichtung • Internationales Konfliktfrüh-erkennungssystem • Gegenmaßnahmen zu Staatsversagen • Internationale Eingreifgruppe zum Peace Keeping • Internationale Hilfsgruppe zum Schadensmanagement • Non-Proliferation und Abrüstung Strategie zum Ausgleich ungerechter Ressourcenverteilung 	<p>Offerierung von Mediation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gewährleistung der Nahrungsmittelsicherheit • Selbstverpflichtung zur militärischen Abrüstung (Sicherheitsdilemma) • Bereitschaft zur friedlichen Konfliktbearbeitung • Gewährleistung effektiver Verteilungsstrukturen • Aufbau demokratischer Entscheidungsstrukturen 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacity Building • Unterstützung der NGOs • Empowerment • Partizipation • Training und Ausbildung zur friedlichen Konfliktaustragung • Sicherung des Zugangs zu Ressourcen
--	---	--	---	--	--	--