

Grenzwert und Risiko

Probleme der Wahrnehmung und des Handelns

Working Paper

Author(s):

Scholz, Roland W.

Publication date:

1995

Permanent link:

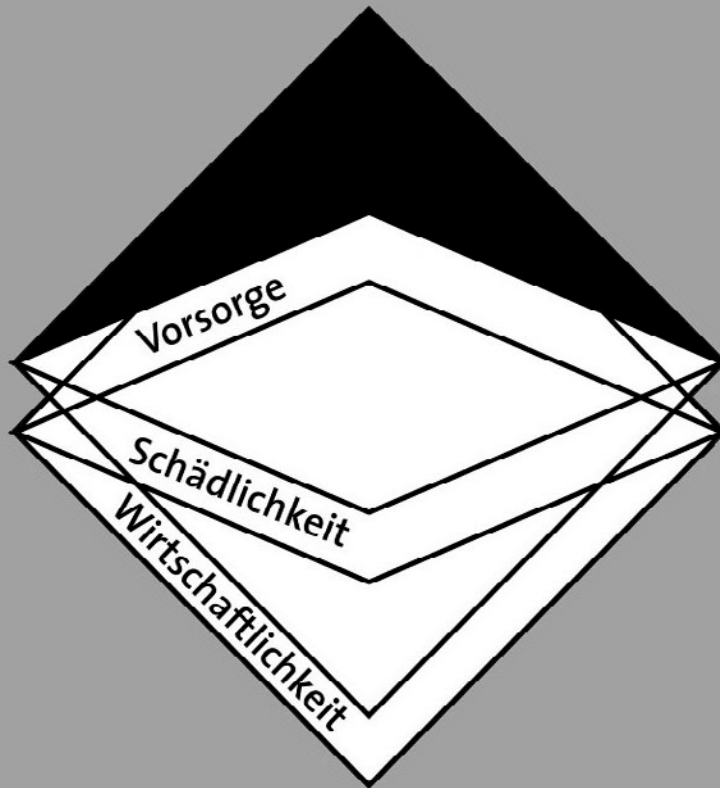
<https://doi.org/10.3929/ethz-a-002039648>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Originally published in:

Working Paper / UNS 9



■ Grenzwert
und Risiko:
Probleme der
Wahrnehmung
und des Handelns

Roland W. Scholz

Oktober 1995

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

UNIS

Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften
Natural and Social Science Interface
Sciences naturelles et sociales de l'environnement

Natural and Social Science Interface (UNS)



Publisher:

Prof. Dr. Roland W. Scholz
Umweltnatur- und
Umweltsozialwissenschaften (UNS)
ETH Zentrum HAD
Haldenbachstrasse 44
CH-8092 Zürich
Tel. ++41-1-632 5892
Fax ++41-1-632 10 29
E-mail: scholz@uns.umnw.ethz.ch

Corresponding author:

Prof. Roland W. Scholz
Umweltnatur- und
Umweltsozialwissenschaften (UNS)
ETH Zentrum HAD
CH-8092 Zürich
Tel. ++41-1-632 5891
Fax ++41-1-632 1029
E-mail: scholz@uns.umnw.ethz.ch



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Grenzwert und Risiko: Probleme der Wahrnehmung und des Handelns¹

Roland W. Scholz

Inhalt

1 Risiko und Handlung	1
2 Was ist ein Risiko?	3
3 Psychologie des Risikos	5
4 Was ist eine Grenze	11
5 Risikomanagement: Eine Forderung der Praxis	11
6 Literatur	15

1 Risiko und Handlung

Ein angemessener Umgang mit Risiken ist schwierig. Und wenn etwas schwierig ist, dann holt man sich einen Rat. Diesen Weg begingen schon die Mesopotamier² 3000 Jahre vor Christus. Den Expertenrat im Risikomanagement lieferten die Aschipu. Diese Gruppe besaß die seltene Gabe, die Zeichen der Götter lesen zu können. Der Weg von den Zeichen der Götter zu einer Risikoabschätzung war jedoch kein direkter. Die Aschipu wählten folgendes Verfahren. Auf einer Tontafel registrierten sie zunächst die verschiedenen Handlungsalternativen. Wurden nun Zeichen der Götter lesbar, dann notierten sie bei den einzelnen Alternativen ein „+“ für die Zeichen, die günstig waren und bei den anderen ein „-“. Danach wurde die günstigste Alternative ausgewählt und, wie es sich für einen seriösen Risikogutachter gehört, ein ordnungsgemäßer Schlussbericht auf einer neuen Tontafel erstellt.

Eine gute Risikoanalyse ist *wertvoll* und kann aus Erklärungsnotständen helfen. In seinem achtbändigen Werk *Wider das Heidentum* liefert *Amobius der Ältere*³ eine aufschlussreiche Analyse zur Risikovorsorge. Das 400 Jahre nach Christi Geburt erstellte voluminöse Werk wurde nötig, da Arnobius die Taufe verweigert wurde. Dies wiederum lag darin begründet, dass Arnobius den Missionarsrittern in Nordafrika lange Zeit nicht nur böse mitgespielt, sondern wohl auch das Christentum auf übelste Art und Weise verspottet hatte.

¹ Vortragsmanuskript zur Tagung: Transparenz und Akzeptanz von Grenzwerten am Beispiel des Trinkwassers, Berlin, 10. und 11. Oktober 1995:

Publiziert als: Scholz, R.W. (1996). Grenzwerte und Risiko: Probleme der Wahrnehmung und des Handelns. In A. Grohmann & G. Reinicke (Eds.), *Transparenz und Akzeptanz von Grenzwerten am Beispiel des Trinkwassers* (pp. 5–19). Berlin: Erich Schmidt Verlag.)

² Oppenheim, 1977; Covello und Mumpower, 1986, p. 520.

³ Grier, 1981, Covello und Mumpower, 1986, p. 521.

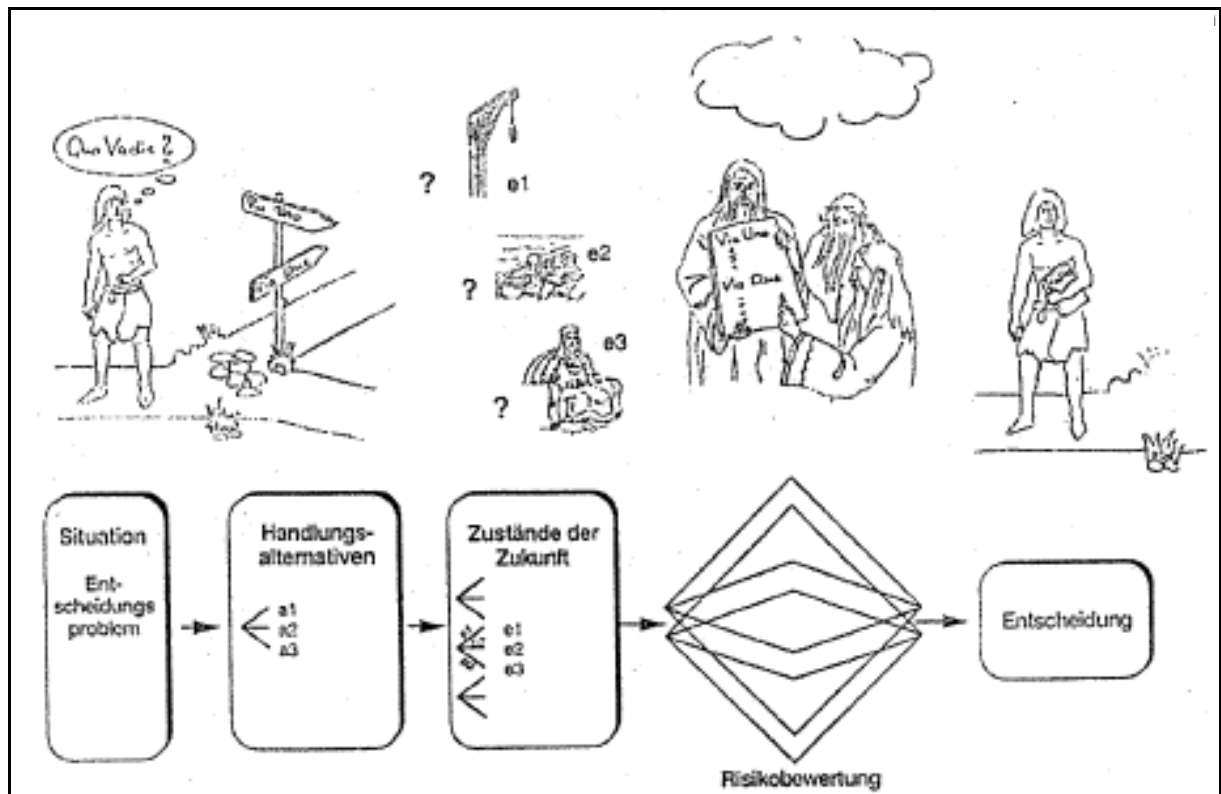


Abbildung 1: Die Entscheidungsprobleme der Aschepu und Komponenten des Risikohandlungsmodells.

Um nun die Authentizität seines Glaubenswechsels zu beweisen, führte Arnobius Argumente für das Christentum in schriftlicher Form an. Nach tiefen Abhandlungen über die Unsicherheiten für das Seelenleben eines Heiden findet sich in Arnobius Werk schließlich eine aufschlussreiche Argumentation mit einer 2x2 Matrix.

Man habe die Alternativen, so Arnobius (1) *Akzeptiere das Christentum* und (2) *Bleibe ein Heide*. Nun gibt es Ereignisse, über die wir eine Unsicherheit besitzen, nämlich (1) *Es gibt Gott* oder (2) *Es gibt keinen Gott*. Falls Gott nicht existiert, so besteht kein Unterschied darin, welche Alternative man wählt. Gibt es nun Gott, so ist es besser, das Christentum zu akzeptieren, als ein Heide zu bleiben.

Wir erkennen, dass im Altertum wie in der Neuzeit, der Risikobegriff

- mit der Auswahl unterschiedlicher *Handlungsalternativen* zu tun hat, falls eine Handlungsalternative gewählt ist, über die *Ereignisse* gewisse *Unsicherheiten* bestehen, und
- wie wir von den Aschepu lernen können, eine *Risikobewertungsfunktion* auch dann nicht leicht erhältlich ist, wenn man die Zeichen der Götter lesen kann.

2 Was ist ein Risiko?

Der Risikobegriff ist ein viel gebrauchter Begriff, um den, wie ich einmal behauptet habe, es eine ähnlich heillose Verwirrung gibt, wie um den Begriff Liebe.

Der Fremdwörterduden von 1982⁴ z.B. ist knapp und falsch. Risiko wird dort nämlich neben den zutreffenden Konnotationen „Wagnis; Gefahr“ nur mit „Verlustmöglichkeiten bei einer unsicheren Unternehmung“ bezeichnet. Eine Entschuldigung zu diesem falschen Wortgebrauch findet sich im Vorwort des wissenschaftlichen Rates der Dudenredaktion. Dort heißt es. „Der Wandel, dem unser Wortschatz unterliegt, zeigt sich besonders deutlich im Bereich des Fremdwortes. Ständig werde – vor allem in der Technik und in den Naturwissenschaften - neue Wörter aus fremdsprachlichen Bestandteilen geprägt“

Dies wird insbesondere beim Risikobegriff deutlich. Verlassen wir dazu erneut den engen historischen Rahmen und wenden uns dem etymologischen Ursprung des Begriffs Risiko zu. Der Begriff Risiko setzte sich in der norditalienischen Kaufmannsprache im 15. Jahrhundert durch⁵. Risco, rischio bedeutete dort, in Übereinstimmung mit dem Duden, Gefahr und Wagnis und ging schon im 15. Jahrhundert in die Alltagssprache ein, während es im deutschen bis zum 19. Jahrhundert nur als Terminus Technicus für ökonomische Schadensgefahren genutzt wurde⁶.

Der Wortstamm von riscare, seinerseits, geht aber auf das altgriechische ριζα zurück, was soviel wie Wurzel, aber auch Klippe bedeutet. Ein sich in der hellenischen Inselwelt bewegender Schiffer riskierte nun etwas, wenn er versuchte den Weg abzukürzen, indem er sich näher an die Klippe heranwagt, die seinen Untergang bedeuten könnte. In dieser Bedeutung verknüpft Risiko also eventuelle Verluste mit den Gewinnen und Vorteilen des kürzeren Wegs.

Eine wissenschaftliche Fassung des Begriffs Risiko wurde von LaPlace⁷ vorgenommen⁸. In seiner „*théorie des hasards*“⁹ betrachtet er „die Wahrscheinlichkeit der Ereignisse, die die Hoffnung aber auch die Angst der Menschen vor dem Morgen“ bestimmen. Dabei definiert er Hoffnung als „Nutzen desjenigen, der ein beliebig Gutes erwartet mit der Annahme, dass es nur wahrscheinlich ist.“ Mathematisch fasst LaPlace seine Definition von Risiko, indem er das Risiko über die Summe der Produkte von Nutzen bzw. Schäden und der Wahrscheinlichkeiten aller Ereignisse definierte. Mit seinen statistischen Analysen zur Lebenserwartung bzw. Todeswahrscheinlichkeit mit und ohne Pocken lieferte LaPlace außerdem eine wichtige Grundlage zu einer rationalen epidemiologischen Risikosteuerung.

⁴ Fremdwörterduden, 1982, p. 674.

⁵ Rammstedt, 1992.

⁶ Rammstedt, 1992; Schirmer 1911.

⁷ LaPlace, (1816) 1921, Im „*Essai philosophic sur les probabilités*“ verwendet LaPlace noch einen engen Fachbegriff der Seeversicherung, der offenbar stärker schadensorientiert ist.

⁸ Nach Rammstedt, 1992 benutzt Pascal im Gegensatz zu LaPlace noch eine umgangssprachliche Variante des Risikobegriffs.

⁹ LaPlace, 1816, 1921.

Es ist nun überaus spannend zu betrachten, wie in den letzten Jahrhunderten der Zeitgeist bzw. unterschiedliche Auffassungen der Rationalität¹⁰ die Konzeption des Risikobegriffs beeinflusst haben.

Im 19. Jahrhundert, der Zeit der entstehenden Industriegesellschaft, wurden Risiken als Opportunitätskosten für die Schaffung von Wohlstand und Reichtum betrachtet, Dies kommt am besten durch den Slogan „Wer nichts wagt, der nichts gewinnt“ zum Ausdruck.^{11 12}

Die Konzeptionen „technologische Risiken“, „industrielle Risiken“ oder „Umweltrisiken“ kamen erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts auf. Vorgeherrscht haben jedoch lange Zeit sehr verengte Risikokonzeptionen. Betrachtet wurden nur die negativen Folgen, die in der Zeit zwischen 1930 bis 1960, der Hochzeit des Technikglaubens und der Konzeption des „homo oeconomicus“, des vollrationalen Menschen, als Quantifizierung der Opportunitätskosten zu betrachten sind.

Im Zeitraum zwischen 1970 und 1990 hat der Risikobegriff in der Öffentlichkeit eine große Verbreitung gefunden¹³. Die Öffentlichkeit und die in dieser Zeit sprunghaft gewachsene Community der Risikoforscher beschäftigen sich intensiv mit den negativen Folgen von Technik, etwa Kernkraftwerken und der chemischen Industrie, Wissenschaftshistorisch zeichnet sich diese Epoche durch einen Wechsel zur Konzeption des Menschen als „eingeschränkt rationales Wesen“¹⁴ aus.

Wir folgern aus diesen Ausführungen:

- der Risikobegriff ist sozialhistorisch geprägt und unterliegt einem Bedeutungswandel
- der Zeitgeist und, das Rationalitätskonzept, z.B. durch das Bild vom vollrationalen oder eingeschränkt rationalen Menschen, beeinflussen die Bedeutung dieses Begriffs.

¹⁰ Scholz, 1991; Schulman und Carey 1984.

¹¹ Dake, 1992.

¹² Einen wesentlichen Riss bekam diese Konzeption in Mitteleuropa vor allem durch den ersten Weltkrieg, insbesondere durch die verheerenden Wirkungen des Giftgaskriegs an der deutschen "Westfront". Die psychoanalytische Konzeption des Menschen als irrationales, triebgesteuertes Wesen wird als eine Reaktion auf diesen Kulturschock begriffen (Schulman und Carey, 1984).

¹³ Während etwa eine Studie zu *Theoretical possibilities on consequences of major accidents in large nuclear powerplants* (US Atomic Energy Commission. WASH-749 1957), das Risiko kaum anspricht, wird durch die *Deutsche Rassmussen Studie von 1975*: sogar eine breite gesellschaftliche Risikodiskussion initiiert.

¹⁴ Vgl. Simon, 1972-, Seiten, 1979, Schulman und Carey, 1984; Scholz, 1991.

3 Psychologie des Risikos

Die wahrgenommenen Risiken der Umwelt oder Umweltangst¹⁵ sind wesentliche Gegenstände der psychologischen Risikoforschung.

Warum, fragt z.B. Dake¹⁶ fühlen sich dreiviertel aller Amerikaner im Jahre 1990 stärker dem Risiko ausgesetzt als zwanzig Jahre zuvor, obwohl sie gesünder und länger leben? Warum werden Maßnahmen oder Grenzwerte, die ehemals¹ als sicher betrachtet wurden in Frage gestellt und nicht mehr akzeptiert. Was hat es auf sich mit der im vorletzten SPIEGEL zitierten Umwelthysterie und dem Ökofieber?¹⁷

Welche Erkenntnisse liefert die psychologische Risikoforschung? Wie werden Risiken wahrgenommen? Was bestimmt möglicherweise, im Widerspruch zu gesicherten harten naturwissenschaftlichen Daten, die Wahrnehmung von Risiken?

Diese Frage haben in den achtziger Jahren vor allem Baruch Fischhoff, Sarah Lichtenstein und Paul Slovic in Oregon untersucht. Die genannten Forscher gehen von der Konzeption des Menschen als eingeschränkt rationales Wesen aus und versuchen nun zum einen nachzuweisen, dass

- i) die menschlichen Schätzungen verzerrt sind,
- ii) Risiken eine „Persönlichkeit“ besitzen, in dem Sinne, dass die Risikowahrnehmung wesentlich durch wenige Eigenschaften der Risikosituation bestimmt wird.

Die folgende Abbildung präsentiert die Beziehung zwischen jährlichen Todesraten, wie sie in einschlägigen statistischen Erhebungen festgestellt werden und den subjektiven Schätzungen von amerikanischen Durchschnittsbürgern¹⁸. Punkte, die oberhalb der Winkelhalbierenden liegen, indizieren eine Überschätzung der statistischen Wahrscheinlichkeit, Punkte unterhalb der Winkelhalbierenden eine Unterschätzung. Die Häufigkeit des Todes durch Autounfälle, wird offenbar richtig eingeschätzt, während eine Lebensmittelvergiftung überschätzt, der Tod durch Diabetes aber unterschätzt wird¹⁹.

Wir folgern aus dieser Untersuchung:

- Laien sind keine zuverlässigen Häufigkeits- und Risikoschätzer.

Die Risikoforschung der achtziger Jahre beschäftigte sich nun in einer wohl dreistelligen Anzahl von Untersuchungen damit, herauszufinden, welche Aspekte eine subjektive Risikoabschätzung beeinflussen.

⁵ Hazard, 1993.

¹⁶ Dake, 1992, p. 22.

¹⁷ Spiegel 39/1995.

¹⁸ Fischhoff, Lichtenstein, Slovic, Derby und Keeney, 1981.

¹⁹ Es handelt sich bei diesen Autounfällen offenbar um ein Ereignis, dessen Häufigkeit in Form einer unbedingten Wahrscheinlichkeit direkt beobachtbar ist (vgl. Scholz und Mayer 1993) und, wegen seiner Alltäglichkeit, auch keine spezifische Salienz (vgl. Nisbett und Ross, 1980) besitzt.

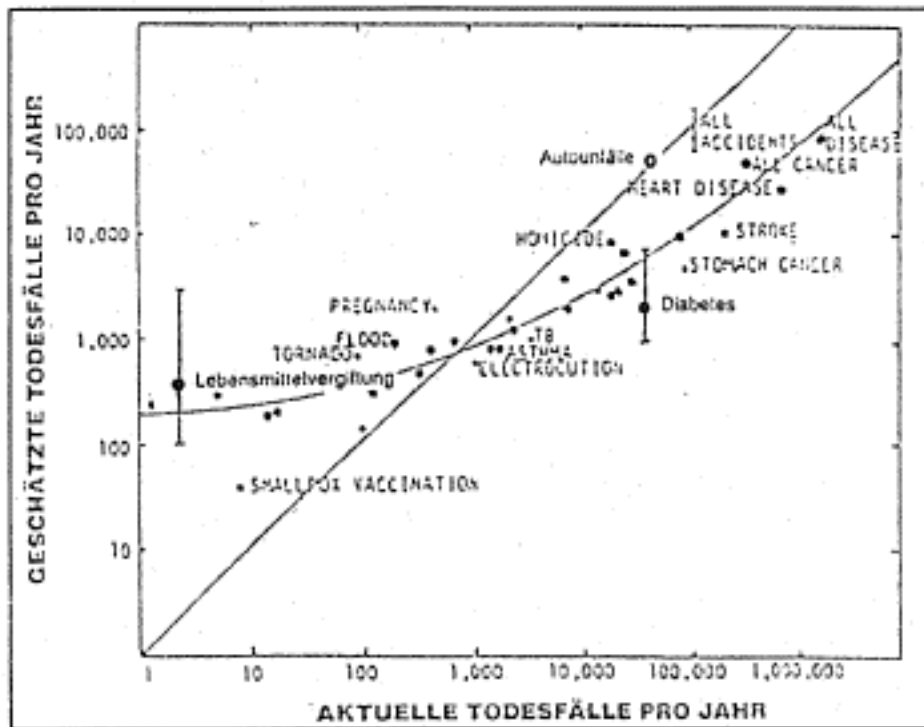


Abbildung 2: Fischhoff, Lichtenstein, Slovic, Derby & Keeney, 1981

Das gängigste Verfahren um eine Klassifikation von Aspekten der Risikowahrnehmung zu erhalten besteht darin, dass man zu verschiedenen Risikoereignissen Listen von Eigenschaften vorlegt, die Versuchspersonen zu beurteilen haben.

Als Ereignisse kommen etwa persönliche Todeswahrscheinlichkeiten durch Chlorbehandlung des Trinkwassers, durch Giftgasunfälle oder durch Nuklearkrieg in Frage,

Als Eigenschaften sind von den Personen etwa die Neuigkeit, Beobachtbarkeit, Freiwilligkeit usw. des Risikos bewerten.

Mit einer Faktoranalyse kann man dann die Ähnlichkeitsprofile der Risikoeigenschaften, ähnlich wie in vielen psychologischen Persönlichkeitstests²⁰, auf einige wenige Dimensionen reduzieren. Die Abbildung 3 zeigt ein Ergebnis einer solchen Studie²¹. Wir erkennen, dass etwa das Risiko der amerikanischen Bevölkerung durch Wasser-Fluoreszierung ähnlich wahrgenommen wird wie das Todesrisiko durch Röntgenstrahlung, Saccharin, Mikrowellen oder Marihuana.

Im Wesentlichen lassen sich in den Studien drei verschiedene Faktoren extrahieren.

Faktor 1 wird als *Schrecklichkeit*, bezeichnet. Dieser Faktor umfasst Aspekte wie die Freiwilligkeit und die empfundene Grausamkeit des Todes, die in einigen Studien auch als getrennte Faktoren betrachtet werden.

²⁰ vgl. Cattell und Weiss, 1980.

²¹ Slovic, Fischhoff und Lichtenstein, 1980.

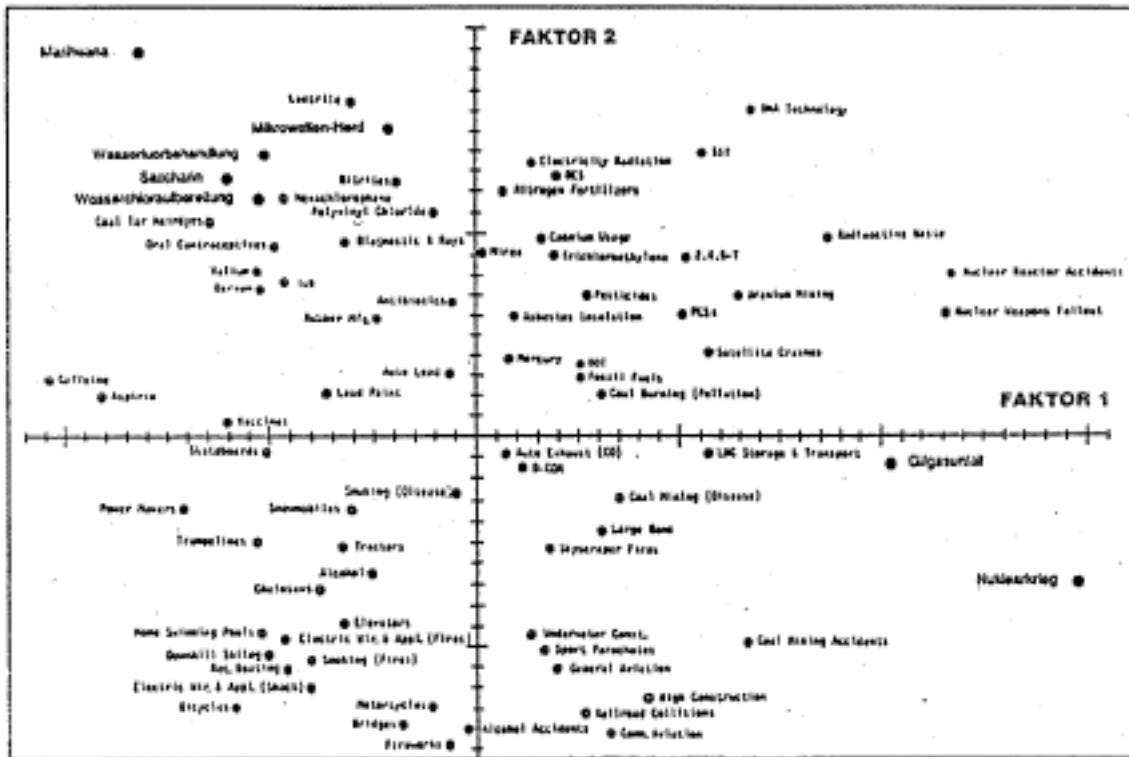


Abbildung 3: Faktoren der Risikowahrnehmung. Ergebnisse einer multivariaten Analyse (aus Slovic Fischhoff, Lichtenstein, 1980).

Der Faktor 2 wird als *Bekanntheit* bezeichnet.

Ferner findet sich häufig ein dritter Faktor, der mit der *Anzahl der Personen* korreliert, die einem Risiko ausgesetzt sind.

Ein Risiko wird als hoch angesehen, wenn ihm viele Personen ausgesetzt sind, es unbekannt ist und/oder die Art und Weise, wie man vom Risiko getroffen wird, als schrecklich empfunden wird.

Die psychologische Risikoforschung der achtziger Jahre besitzt eine recht hohe Plausibilität. Die bislang vorgetragenen Ergebnisse sind auch in der breiten Öffentlichkeit aufgenommen worden. Ihre Ergebnisse, können auch als weitere Belege für die Konzeption der eingeschränkten Rationalität der Menschen betrachtet werden. Sie stützen insbesondere die Konzeption eines Menschen, der seine Urteile auf wenigen Heuristiken und Daumenregeln begründet, die ihn, zumindest gelegentlich, in die Irre führen²².

Obwohl die Gültigkeit der referierten Ergebnisse nicht wesentlich bezweifelt wird, hat sich die psychologische Risikoforschung in den letzten zehn Jahren weiterentwickelt. Heute werden insbesondere folgende Erkenntnisse berücksichtigt²³:

²² Einen vollständigen Überblick liefert das Werk von Kahneman, Slovic, Tversky, 1982.

²³ Vgl. Pidgeon, Hood, Jones, Turner und Gibson, 1992.

1.) *Subjektive und objektive Risiken sind konstruiert*

Eine Trennung zwischen subjektiven Risiken und objektiven Risiken ist kaum haltbar.

Eine Todesstatistik, sagen wir die Wahrscheinlichkeit auf einem Zebrastreifen bei grünem Signallicht überfahren zu werden, ist immer auf eine bestimmte Menge von Verkehrssituationen zugeschnitten und bedeutet für einen 16-jährigen Jüngling etwas anderes als für eine achtzig-jährige Rentnerin.

Aus dieser Beurteilung folgt natürlich, dass subjektive Risikourteile keine Fehler sind, sondern, wie es schon Ulrich Beck²⁴ formuliert hat, als ein Faktum und als Datum betrachtet werden müssen.

2.) *Risiko ist kein eindimensionales, sondern ein mehrdimensionales Konstrukt*



Abbildung 4: S. Harris, 1979, The New Yorker Magazine.

Eine Risikobewertung umfasst, wie es in der ursprünglichen Modellansatz von LaPlace angemessen zum Ausdruck kommt, neben den negativen auch die positiven Konsequenzen einer möglichen Handlung. Eine Reduktion auf die negativen Aspekte ist unzulässig. Risikokommunikation sollte somit nicht nur die negativen Aspekte umfassen.

²⁴ Beck, 1986.

Wie in einem Bericht der Royal Society Study Group von 1992 herausgestellt wird, gilt es auch aus psychologischer Perspektive zwischen semantischen Varianten von Risiko zu unterscheiden. Für die Diskussion von Umweltnischen besonders wichtig ist die Unterscheidung zwischen „akzeptierbarem“ und „tolerierbarem“ Risiko.

Unter „akzeptierbarem Risiko“ wird eine wertbezogene Entscheidung über ein Risiko verstanden, in der unbestrittene und bestrittene Fakten einbezogen sind.

Fischhoff et al.²⁵ geben drei Verfahren an, ein akzeptierbares Risiko zu erheben:

- Expertenschätzungen oder ingenieurmässige Expertenregeln,
- cost-benefit Analysen durch mathematische Modelle und
- bootstrapping-Methoden, bei denen etwa statistische Daten mit einzelnen subjektiven Präferenzen verknüpft werden.

Das akzeptierte Risiko beinhaltet jedoch nicht, wie Sir Frank Layfield²⁶ in einer englischen Studie zum Kernkraftrisiko bemerkt, die wahre Bedeutung einer Risikosituation und umfasst insbesondere nicht den Widerwillen, den Menschen gegenüber bestimmten Risiken besitzen.

Ein tolerierbares Risiko²⁷ hingegen umfasst die Bereitschaft mit einem Risiko zu leben, um in den Genuss eines bestimmten als notwendig empfundenen Nutzen zu kommen, falls wir ein bestimmtes Vertrauen in die Kontrollierbarkeit des Risikos besitzen. Etwas zu tolerieren bedeutet nicht, dass wir es ignorieren, sondern dass wir es im Auge behalten und es reduzieren, falls möglich.

Um es an Beispielen zu illustrieren: Das erhöhte Todesrisiko eines Autorennfahrers ist ein akzeptiertes Risiko. Bei einem akzeptierten Risiko wird der erwartete Nutzen höher eingeschätzt als der erwartete Schaden.

Die erhöhten Krebsrisiken in einer Gesellschaft hingegen, welche von der Energienutzung ausgeht oder durch die Trinkwasserbehandlung erzeugt werden, sind tolerierbare Risiken. Es handelt sich um unerwünschten Nebeneffekte und es besteht, z.B. bei Hintergrundbelastungen durch kanzerogene ubiquitäre Stoffe, keine Möglichkeit einer freien Wahl.

3.) Risikobeurteilung und Risikowahrnehmung sind kulturelle, soziale und politisch determinierte Prozesse

Über die soziokulturelle Rahmung bin ich bereits in den historischen Bemerkungen eingegangen. Der politische Aushandlungsprozess ist mit Gegenstand des vorliegenden Bandes und drückt sich im sog. „Administration Dilemma“ aus, welches darin besteht, dass die unterschiedlichen Wahrnehmungen, die verschiedene Gruppen der Gesellschaft besitzen, in Einklang zu bringen sind.

²⁵ Fischhoff, Lichtenstein, Slovic, Derby und Keeney, 1981.

²⁶ HSE, 1988.

²⁷ Pidgeon, Hood, Jones, Turner und Gibson, 1992, p. 93.

Auf dem Hintergrund der bisherigen Ausführungen lässt sich folgende Antwort auf die Frage ableiten, warum die Bevölkerung hochentwickelter Staaten in den letzten 20 Jahren gegenüber technischen und ökologischen Risiken eine solch starke Sensitivität zeigen.

In einer Phase, in der das Menschenbild eher durch Zweifel an der menschlichen Rationalität gekennzeichnet wird, *fokussiert* sich die *Risikowahrnehmung* vornehmlich auf die *negativen Aspekte* von Ereignissen, insbesondere die Gefahr oder Wahrscheinlichkeit eines Todes.

Schäden durch Umweltereignisse werden zudem besonders negativ betrachtet, da sie *unfreiwillig* sind.

Der Durchschnittsbürger hochindustrialisierter westlicher Länder schätzt viele Umweltrisiken höher ein, als dies etwa aus technisch-naturwissenschaftlicher Sicht der Fall ist. Dabei werden, auch auf dem Hintergrund der Konzeption des „Menschen als eingeschränkt rationales Wesen“ Zweifel an naturwissenschaftlich-technischen Risikoabschätzung begründet, da technische Risikoabschätzungen sich nicht in jedem, Falle intuitiven Wahrnehmungen als überlegen erwiesen haben²⁸.

In einer englischen Studie konnte z.B. Wynne zeigen, dass Bauern die ökotoxikologische Wirkung eines Pestizids zuverlässig erkennen konnten, obwohl laborexperimentelle Befunde eine Wirkung bei den applizierten Dosen zunächst bestritten. Dies wurde auch trefflich in einem kürzlich von Dieter und Grohmann²⁹ publizierten Artikel reflektiert:

„Das Misstrauen der Bevölkerung in die öffentliche oder private Verwaltung von Umwelt und Gesundheitsdaten ist zwar nicht immer sachlich begründet, wohl aber verständlich.“

Eine besondere Bedeutung dürfte im Rahmen einer soziokulturell geformten Risikowahrnehmung dem Phänomen zukommen, dass z.B. heute ein einzelner Wissenschaftler in der Lage ist, aus einer Materie mit mikroskopischer Struktur eine Gefährdung riesigen Ausmaßes zu erzeugen. Die Auswirkungen individueller umweltbezogener Handlungen eines Einzelnen können unverhältnismäßig größere Umweltauswirkungen nach sich ziehen als je in der Vergangenheit. Somit können von umweltbezogenen Schäden eine hohe Anzahl von Personen betroffen sein.

²⁸ cf. Wynne, 1982.

²⁹ Dieter und Grohmann, 1995, p. 179.

4 Was ist eine Grenze

Viele Risikoabschätzungen beziehen sich auf Grenzen. Dies betrifft nicht nur toxikologische Gefahrenabschätzungen. Auch finanzielle Risiken, die ein Kaufmann bei einer Investitionsentscheidung trifft oder der Verlust eines Spielers dürfen bestimmte Grenzen nicht überschreiten.

Nun ist es auch bei vorderhand sehr klar definierten Ereignissen, wie z.B. der Tod, bei differenzierter Betrachtung, nicht trivial die Grenze zum Leben zu bestimmen.

Grundsätzlich müssen wir aber akzeptieren, dass im Grunde alle Grenzen natürlicher Systeme unscharf sind. Dies gilt auch für das Konstrukt von Wirkungsschwellen, die aus toxikologischer Sicht als Pufferkapazitäten von biologischen Systemen zu betrachten sind. Hier sei auf den Beitrag von Weber in diesem Band hingewiesen. Ich möchte an dieser Stelle lediglich darauf hinweisen, dass die Unschärfe von Grenzen mit geeigneten Konzeptionen in einer Risikoabschätzung zu berücksichtigen sind. Die Unschärfen machen sich insbesondere bei Ereignissen mit sehr kleinen Wahrscheinlichkeiten bemerkbar.

5 Risikomanagement: Eine Forderung der Praxis

Bevor ich zum Abschluss wieder auf die Aschipu zurückkommen möchte und eine Anwendung des bisher Gesagten auf die Ableitung von Grenzwerten vornehme, möchte ich zusammenfassen:

Der Risikobegriff, der von einem sozialen System, einem Laien, Experten, einer Gruppe oder einer Organisation verwendet wird ist in aller Regel

- ein Produkt eines Wahrnehmungs-, Konstruktions- und Bewertungsprozesses
- mehrdimensional,
- soziokulturell determiniert, unter politischen, technischen und ökonomischen Randbedingungen geformt, und besitzt zudem
- differenzierte semantische Ebenen, wie wir mit der Unterscheidung zwischen toleriertem³⁰ und akzeptierten Risiko gezeigt haben.

Risikobetrachtungen können zwar aus verschiedenen Perspektiven, wie z.B. in dem zu diskutierenden Thesenpapier zu *Transparenz und Akzeptanz von Grenzwerten am Beispiel des Trinkwassers* dargelegt³¹, aus verschiedenen Perspektiven formuliert werden. Wir gehen jedoch davon aus, dass bei jedem Risiko eine Integration dieser verschiedenen Perspektiven erfolgt.

Ich möchte nun abschließend zeigen, wie eine solche Integration aussehen kann. Dazu möchte ich ein von Prof. Dieter genutztes Beispiel verwenden. Es handelt sich um Grenzwertbe-

³⁰ Der Begriff toleriertes Risiko steht auch in enger Verbindung zu dem Begriff der Gefahr von Luhmann, 1987.

³¹ Siehe dazu die Einleitung in diesem Band

trachtung³² bei sog. Hilfsmitteln, wie Chlor zur Desinfektion von Trinkwasser oder von Pflanzenbehandlungsmitteln zur Schädlingsbekämpfung. Das Beispiel zeigt die Integration von Gefährdungs-, Vorsorge- und Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten bei einer Risikoabschätzung.

Bei einer Applikation eines Schädlingsbekämpfungsmittels wird aus landwirtschaftlicher Sicht zunächst das wirtschaftliche Risiko betrachtet. Die Abbildung 5 zeigt den Erwartungswert des ökonomischen Nutzens. Für eine Risikobetrachtung sind die verschiedenen Streuungen mitzubetrachten.

Wird ein Hilfsmittel in zu geringer Konzentration ausgetragen, so ist die Nutzenkurve negativ. Die Kurve fällt sogar ab, wenn die Konzentration erhöht wird. Den, erhöhten Materialkosten steht noch kein wesentlicher Effekt gegenüber. Dann steigt die Kurve, bis zu einer bestimmten Konzentration, ab der eine zusätzliche Konzentration keinen weiteren Nutzen verspricht. Schließlich sind erhöhte Konzentrationen schädlich und die Nutzenfunktion fällt steil ab.

Aus ökologischer Sicht sind zumindest die *Kosten und der Nutzen* für die *Schädlichkeit* und die Vermeidbarkeit zu betrachten.

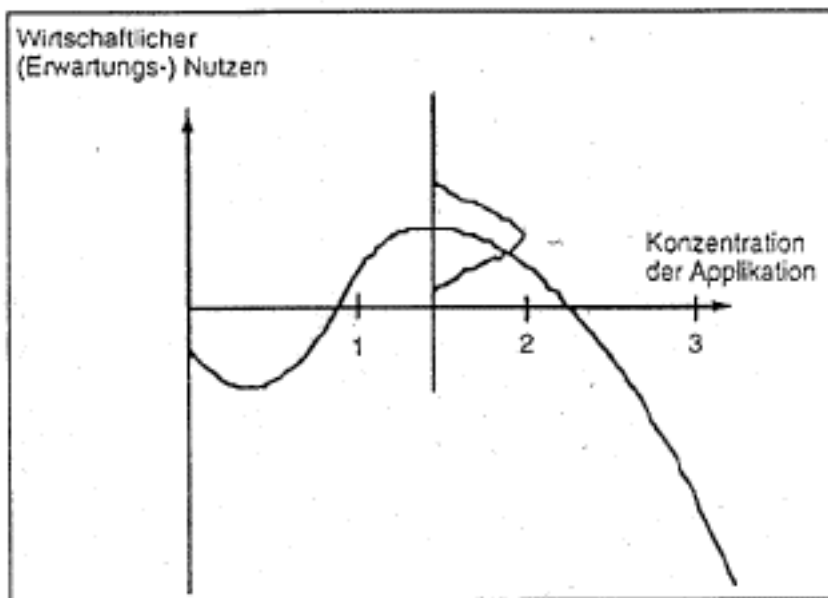


Abbildung 5: Hypothetisch angenommener Zusammenhang zwischen dem Erwartungswert des wirtschaftlichen Nutzen (y-Achse) und der Konzentration der Applikation eines Schädlingsbekämpfungsmittels. Die Normalverteilung skizziert die Unsicherheiten, die bei einer bestehenden Konzentration des wirtschaftlichen Betrages besteht.

Bei einigen wenigen Parametern gelingt es uns, in einem Umweltkompartiment eine eindimensionale Ziel- bzw. Schadensgröße zu bestimmen, für die eine Dosis- Wirkungsfunktion konstruiert werden kann. Dazu gehören etwa Enzymhemmungen oder Mortalitätsquoten. Postulieren wir, dass sich innerhalb eines bestimmten Szenarios eine bestimmte ökologische Gefährdungsschwelle ableiten lässt, dann haben wir in aller Regel eine s-förmige Funktion für das Gefährdungspotential.

³² vgl. Dieter und Grohmann, 1995.

Nach traditioneller Argumentation werden hier Schwellenwerte postuliert, die außerhalb der Toxikologie auch gelegentlich als Toxikologenlüge bezeichnet werden. Ich präferiere, wie bereits angedeutet, eine s-förmige Wirkungskurve.

Diese Kurve steht in aller Regel in zumindest ordinaler oder gar proportionaler Beziehung zur Risikobewertung bezogen auf den Gefahrenaspekt, der aus dem *Wissen* über die Auswirkungen eines Stoffes resultiert.

Bei einer ökologischen Risikoabschätzung verengen wir unser Weltwissen jedoch niemals auf ein einziges Kompartiment und auf eine eindimensionale Stoffbetrachtung.

Einige Stoffe stehen in Verdacht, Effekte zu zeigen, ohne daß bislang ein klarer Nachweis erbracht werden konnte. Bei anderen potentiellen Schadstoffen haben wir kein genaues Wissen, ob nicht durch eine permanente Hintergrundbelastung die Umweltmatrix in einer solchen Art und Weise verändert wird, daß nicht doch auf indirektem Wege Wirkungen erzielt werden.

Wie würden Sie reagieren, wenn Sie zu entscheiden hätten, etwa große Grundwasserkompartimente einen mit der Stoffgruppe der Phalate verwandten Parameter zu belasten, über den es relativ wenig Wissen gibt.

Nichtwissen ist unangenehm. Wie man etwa an der Forschungsförderung sehen kann, sind wir etwa bereit für die Reduktion von Nichtwissen etwas zu zahlen, ohne dass wir genau wissen, was wir bekommen.

Wie sehr das Nichtwissen bedrückt, kann man auch experimentell mit dem sog. Ellsberg-Paradoxon aufzeigen. So sind Personen sehr wohl bereit etwa 10 DM Einsatz zu zahlen, wenn die Chance eine rote Gewinnkugel aus einem Sack mit je 50% roten und blauen Kugeln zu ziehen.

Bietet man hingegen eine zweistufige Wette, in der zuerst mit einem Münzwurf entschieden wird, ob man aus einem Sack mit 80% Gewinnfarbe zieht oder aus einem Sack mit 20%, so zahlt man etwas weniger. Der Informationsgewinn, den man erwirbt, um beim Ziehen genau zu wissen woran man ist, ist offenbar etwas wert.

Die gleiche Situation liegt in verschärfter Form vor, wenn man den Nutzen eines in der Umwelt neu verteilten anthropogenen Stoffes beurteilen soll. Für die Vermeidung von unbekanntem Risiken aufgrund hoher Belastungen, sind wir in der Regel bereit zu zahlen.

Genau dieser Grundsatz liegt nun dem Prinzip der Risikovorsorge zugrunde. Auch unterhalb eines mit guten wissenschaftlichen Grundlagen ermittelten Gefahrenwertes für eine Schädigung in einem Umweltkompartiment, besitzen wir negative Bewertungsfunktionen.

Die Abbildung 6 zeigt für unser landwirtschaftliches Beispiel, daß etwa ökonomische und ökologische Risikofunktionen zu integrieren sind und daß sich die ökologischen Bewertungen in Gefahren und Vorsorgebetrachten untergliedern können. Eine umfassende Risikobewertung, die etwa einer Grenzwertableitung unterliegt, integriert diese Aspekte. Dies gilt es deutlich und

transparent zu machen, auch wenn wir nicht die Aschipu sind und nicht die Zeichen der Götter lesen können.

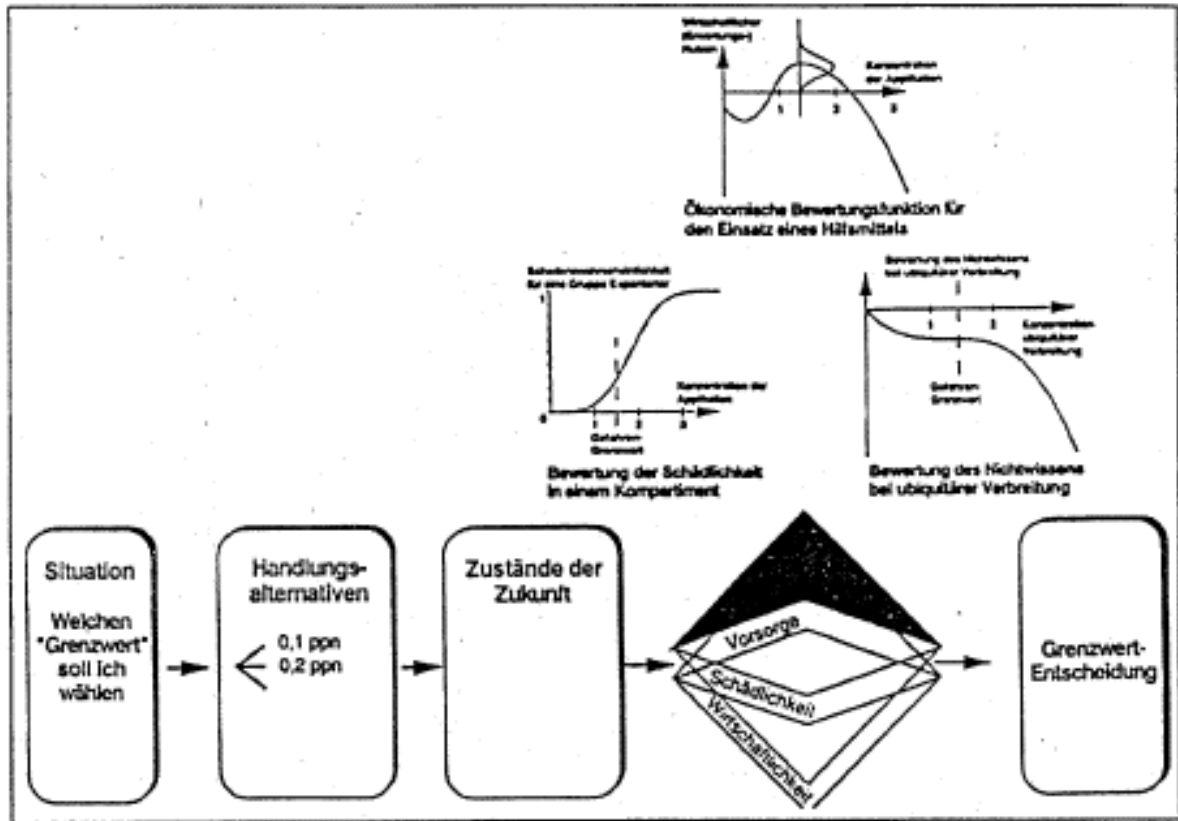


Abbildung 6: Das Risikohandlungsmodell am Beispiel der Integration von Vorsorgeschädlichkeit und Wirtschaftlichkeit.

6 Literatur

- Beck, U. (1986). *Risikogesellschaft: auf dem Weg in eine andere Moderne*. Frankfurt am Main: Surkamp.
- Cattell, R. B., & Weiss, T.H. (1980). *Grundintelligenztest CFT (Culture Fair Intelligence Test)*. Braunschweig: Westermann.
- Covello, V.T., & Mumpower, J. (1986). Risk Analysis and Risk Management: An Historical Perspective. *Risk Analysis*, 5, 519-540.
- Dake, K. (1992). Myths of Nature: Culture and the Social Construction of Risk. In: *Journal of Social Issues*, (48) 4, 21-37.
- Dieter, H., & Grohmann, A. (1995). Grenzwerte für Stoffe, in der Umwelt als Instrument der Umwelthygiene. In: *Bundesgesundheitsblatt*, 5, 179-186.
- Dieter, H., & Grohmann, A. (1995). Grenzwerte für Stoffe in der Umwelt als Instrument der Umwelthygiene. In: *Bundesgesundheitsblatt*, 5, 179.
- Drosdowski, G., Müller, W., Scholze-Stubenrecht, W., & Wermke, M. (Hg.) (1982). *Fremdwörterduden*. Mannheim: Dudenverlag, 674.
- Fischhoff, B., Lichtenstein, S., Slovic, P., Derby, S.L., & Keeney, R.L. (1981). *Acceptable Risk*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Grier, B. (1981). The Early History of the Theory and Management of Risk. Paper presented at the Judgment and Decision Making Group Meeting, Philadelphia, Pa.
- Health and Safety Executive (1988a). *The Tolerability of Risk from Nuclear Power Stations*. London: HMSO.
- Health and Safety Executive (1988b). *Comments Received on the Tolerability of Risk from Nuclear Power Stations*. London: HMSO.
- Kahnemann, D., Slovic, P., & Tversky, A. (1982). *Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hazard, B. (1993). *Umweltbelastungen und Ängste: Erkennen, Bewerten, Vermeiden*. Stuttgart: Fischer.
- LaPlace, P.-S. ((1816),1921). *Essai philosophic sur les probabilités* 1. Paris, 19.
- Luhmann, N. (1987). *Ökologische Kommunikation* (3 ed.). Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Nisbett, R. E., & Ross, L. (1980). *Human Inference: Strategies and Short-Comings of Social Judgment*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall.
- Oppenheim, L. (1977). *Ancient Mesopotamia*. University of Chicago Press.
- Pidgeon, N., Hood, C., Jones, D. Turner, B., & Gibson, R. (1992). Risk Perception. In: *Risk: Analysis, Perception and Management*. Report of a Royal Society Study Group, London, 89-125.

- Rammstedt, o. (1992). Risiko. In: J. Ritter (Hg.). Historisches Wörterbuch der Philosophie, 8, 1045-1050. Basel: Schwabe.
- Rasmussen, N.C. (Hg.). Reactor Safety Study, an Assessment of Accident Risks in US Commercial Nuclear Power Plants. WASH 1400 (Nurec 75/014). Washington, 1975.
- Schirmer, A. (1911). Wörterbuch der deutschen Kaufmannssprache. Strassburg.
- Scholz, R. W. (1991). Psychological Research in Probabilistic Understanding. In: R. Kapadia, & M. Borovcnik (Eds.). Chance Encounters: Probability in Education. Dordrecht: D. Reidel, 213-254.
- Scholz, R. W., & Mayer, J. (1993). Repräsentationsmodi in computergestützten Lernprogrammen zu bedingten Wahrscheinlichkeiten. In: (Hg.). Beiträge zum Mathematikunterricht 1993. Vorträge auf der 27. Bundestagung für Didaktik der Mathematik, Freiburg (CH), 22.-26.3.1993. Bad Salzdetfurth: Franzbecker, 323-327.
- Slovic, P., Fischhoff, B., & Lichtenstein, S. (1980a). Facts and Fears: Understanding Perceived Risk. In: R. Swing and W.A. Alberts, Jr. (Eds.), Societal Risk Assessment: How safe is safe enough? New York (NY): Plenum.
- Slovic, P., Fischhoff, B., & Lichtenstein, S. (1980b). Informing People about Risk. In: L. Moris, M. Mazis, & I. Barpofsky (Eds.). Product Liability and Health Risks. Banbury Report 6, Cold Spring Harbor, New York (NY).
- Theoretical Possibilities and Consequences of Major Accidents in Large Nuclear Power Plants. US Atomic Energy Commission WASH-740. Washington, 1957.
- Umwelthysterie und Aktionismus. In: Feldzug der Moralisten. Vom Umweltschutz zu Ökowahn. Spiegel 39, 41-42. 1995.
- Wynne, B. (1982). Rationality and Ritual: the Windscale Inquiry and Nuclear decision in Britain. Chalfont St. Giles: British Society for the History of Science.
- Wynne, B. (1989a). Understanding public risk perception. In: A. Saltelli et al. (Eds.). Risk analysis in nuclear waste management. Brussels: ECSC, EEC, EAEC.
- Wynne, B. (1989b). Frameworks of rationality in risk management: towards the testing of naive sociology. In: J. Brown (Eds.). Environmental threats: perception, analysis and management. London: Belhaven.

ETH-UNS Working Papers

■ UNS-Working Paper 1 (Out of Print)

Scholz, R.W. (1994). **Muss man den Formalismus beherrschen, um die Formalisten zu schlagen?** Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

(Published as: Scholz, R.W. (1998). Umweltforschung zwischen Formalwissenschaft und Verständnis: Muss man den Formalismus beherrschen, um die Formalisten zu schlagen? [Environmental research between formal science and comprehension: is command of the formalism necessary for beating the formalists?] In A. Daschkeit & W. Schröder (Eds.), *Umweltforschung quergedacht: Perspektiven integrativer Umweltforschung und -lehre* [Environmental research thought laterally: perspectives on integrating environmental research and teaching] (pp. 309–328). Berlin: Springer.)

■ UNS-Working Paper 2 (Out of Print)

UNS (1994). **Lehrstuhlbeschreibung Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften (UNS). Fallstudie, Forschung und Berufspraxis.** Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

■ UNS-Working Paper 3

Mieg, H.A. (1994). **Die Expertenrolle.** Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

■ UNS-Working Paper 4

Heitzer, A. & Scholz, R.W. (1994). **Monitoring and evaluating the efficacy of bioremediation - a conceptual framework.** Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

■ UNS-Working Paper 5 (Out of Print)

Scholz, R.W., Weber, O. & Michalik, G. (1995). **Ökologische Risiken im Firmenkreditgeschäft.** Zürich: ETH-Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

(Published as: Scholz, R.W., Weber, O., and Michalik, G. (1995). *Ökologische Risiken im Firmenkreditgeschäft.* [Ecological risks in loans to enterprises] In Overlack-Kosel, D., Scholz, R.W., Erichsen, S., Schmitz, K. W., and Urban, G. (Eds.), *Kreditrisiken aus Umweltrisiken* [Loan risks due to environmental risks] (pp. 1–49). Bonn: Economica.)

■ UNS-Working Paper 6 (Out of Print)

Scholz, R.W., Heitzer, A., May, T., Nothbaum, N., Stünzi, J. & Tietje, O. (1995). **Datenqualität und Risikoanalysen - Das Risikohandlungsmodell zur Altlastenbearbeitung.** Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

(Published as: Scholz, R.W., Heitzer, A., May, T. W., Nothbaum, N. Stünzi, J., and Tietje, O. (1996). *Datenqualität und Risikoanalysen: Das Risikohandlungsmodell zur Altlastenbearbeitung.* [Data quality and risk analyses. The Risk Action Model of soil remediation] In S. Schulte-Hostede, R. Freitag, A. Kettrup, and W. Fresenius (Eds.), *Altlasten-Bewertung: Datenanalyse und Gefahrenbewertung* [Evaluation of soil remediation cases: analysis of data and evaluation of risks] (pp. 1–29). Landsberg: Ecomed.)

■ UNS-Working Paper 7 (Out of Print)

Scholz, R.W., Mieg, A.H. & Weber, O. (1995). **Mastering the complexity of environmental problem solving by case study approach.** Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

(Published as: Scholz, R.W., Mieg, H.A., and Weber, O. (1997). *Mastering the complexity of environmental problem solving with the case study approach.* *Psychologische Beiträge*, [Contributions to Psychology] 39, 169–186.)

■ UNS-Working Paper 8 (Out of Print)

Tietje, O. & Scholz, R.W. (1995). **Wahrscheinlichkeitskonzepte und Umweltsysteme**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

(Published as: Tietje, O. and Scholz, R.W. (1996). Wahrscheinlichkeitskonzepte und Umweltsysteme. [Concepts of probability and environmental systems] In A. Gheorghe & H. Seiler (Eds.), Was ist Wahrscheinlichkeit? Die Bedeutung der Wahrscheinlichkeit beim Umgang mit technischen Risiken [What is probability? The meaning of probability in the case of technical risks] (pp. 31–49). Zürich: vdf.)

■ UNS-Working Paper 9 (Out of Print)

Scholz, R.W. (1995). **Grenzwert und Risiko: Probleme der Wahrnehmung und des Handelns**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

(Published as: Scholz, R.W. (1996). Grenzwerte und Risiko: Probleme der Wahrnehmung und des Handelns. [Standards and risks: Problems of cognition and of action] In A. Grohmann & G. Reinicke (Eds.), Transparenz und Akzeptanz von Grenzwerten am Beispiel des Trinkwassers [Transparency in the setting of standards and their acceptance in the case of drinking water] (pp. 5–19). Berlin: Erich Schmidt Verlag.)

■ UNS-Working Paper 10 (Out of Print)

Weber, O. (1995). **Vom kognitiven Ungetüm bis zur Unverständlichkeit: Zwei Beispiele für Schwierigkeiten im Umgang mit Grenzwerten**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

(Published as: Weber, O. (1996). Vom kognitiven Ungetüm bis zur Unverständlichkeit: zwei Beispiele für Schwierigkeiten im Umgang mit Grenzwerten. [From cognitive monsters to incomprehensibility: two examples of difficulties in managing standards] In Umweltbundesamt (Ed.), Transparenz und Akzeptanz von Grenzwerten am Beispiel des Trinkwassers. Berichtsband zur Tagung vom 10. und 11. Oktober 1995 (mit Ergänzungen), [Transparency in and acceptance of standards. The case of drinking water] (pp. 133–150). Berlin: Erich Schmidt Verlag.)

■ UNS-Working Paper 11

Oberle, B.M., Meyer, S. B. & Gessler, R.D. (1995). **Übungsfall 1994: Ökologie als Bestandteil von Unternehmensstrategien am Beispiel der Swissair**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

■ UNS-Working Paper 12 (Out of Print)

Mieg, H.A. (1996). **Managing the Interfaces between Science, Industry, and Society**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

(Published as: Mieg, H.A. (1996). Managing the interfaces between science, industry, and society. In: UNESCO (Ed.), World Congress of Engineering Educators and Industry Leaders (Vol. I, pp. 529–533). Paris: UNESCO.)

■ UNS-Working Paper 13 (Out of Print)

Scholz, R.W. (1996). **Effektivität, Effizienz und Verhältnismässigkeit als Kriterien der Altlastenbearbeitung**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

(Published as: Scholz, R.W. (1996). Effektivität, Effizienz und Verhältnismässigkeit als Kriterien der Altlastenbearbeitung. [Efficacy, efficiency and appropriateness as criteria for evaluating soil remediation cases] In: Baudirektion des Kantons Zürich in Zusammenarbeit mit ETH-UNS (Eds.). Grundsätze, Modelle und Praxis der Altlastenbearbeitung im Kanton Zürich: Referate zur Altlastentagung 1996 [Principles, models and the administrative practice of soil remediation in the Canton of Zurich] (pp. 1–22) Zürich: AGW Hauptabteilung Abfallwirtschaft und Betriebe.)

■ UNS-Working Paper 14 (Out of Print)

Tietje, O., Scholz, R.W., Heitzer, A. & Weber, O. (1996). **Mathematical evaluation criteria**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

(Published as: Tietje, O., Scholz, R.W., Heitzer, A., and Weber, O. (1998). Mathematical evaluation criteria. In H.-P. Blume, H. Eger, E. Fleischhauer, A. Hebel, C. Reij, & G. Steiner (Eds.), Towards sustainable land use (pp. 53–61). Reiskirchen: Catena.)

■ UNS-Working Paper 15

Steiner, R. (1997). **Evaluationsbericht: Bewertung der obligatorischen Berufspraxis im Studiengang Umweltwissenschaften durch Betriebe und Studierende**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

■ UNS-Working Paper 16 (Out of Print)

Jungbluth, N. (1997). **Life-cycle-assessment for stoves and ovens**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

(Published as: Jungbluth, N. (1997). Life-Cycle-Assessment for stoves and ovens. 5th SETAC-Europe LCAS Case Studies Symposium, (pp. 121–130), Brussels.)

■ UNS-Working Paper 17

Tietje, O., Scholz, R.W., Schaerli, M.A., Heitzer, A. & Hesse, S. (1997). **Mathematische Bewertung von Risiken durch Schwermetalle im Boden: Zusammenfassung des gleichnamigen Posters auf der Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft in Konstanz**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

■ UNS-Working Paper 18

Jungbluth, N. (1998). **Ökologische Beurteilung des Bedürfnisfeldes Ernährung: Arbeitsgruppen, Methoden, Stand der Forschung, Folgerungen**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

■ UNS-Working Paper 19 (Out of Print)

Weber, O., Scholz, R.W., Bühlmann, R. & Grasmück, D. (1999). **Risk Perception of Heavy Metal Soil Contamination and Attitudes to Decontamination Strategies**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

(Published as: Weber, O., Scholz, R.W., Bühlmann, R., & Grasmück, D. (2001). Risk Perception of Heavy Metal Soil Contamination and Attitudes to Decontamination Strategies. *Risk Analysis*, Vol. 21, Issue 5, pp. 967–967.)

■ UNS-Working Paper 20

Mieg, H.A. (1999). **Expert Roles and Collective Reasoning in ETH-UNS Case Studies**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

■ UNS-Working Paper 21

Scholz, R.W. (1999). **«Mutual Learning» und Probabilistischer Funktionalismus - Was Hochschule und Gesellschaft von einander und von Egon Brunswik lernen können**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

■ UNS-Working Paper 22 (Out of Print)

Semadeni M. (1999). **Moving from Risk to Action: A conceptual risk handling model**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

(Published as: Semadeni, M. (2000). Moving from risk to action: A conceptual risk handling model. In R. Häberli, R. Scholz, A. Bill, & M. Welti (Eds.), Proceedings of the International Transdisciplinarity 2000 Conference: Transdisciplinarity – Joint Problem-Solving among Science, Technology and Society. ETH Zurich. Workbook I: Dialogue Sessions and Idea Market (pp. 239–234). Zürich: Haffmanns Sachbuch Verlag.)

■ UNS-Working Paper 23 (Out of Print)

Göldenzoph, W., Scholz, R.W. (2000). **Umgang mit Altlasten während dem Transformationsprozess im Areal Zentrum Zürich Nord (ZZN)**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften

(Published as: Göldenzoph, W., Baracchi, C., Fagetti, R., & Scholz, R.W. (2000). Chancen und Dilemmata des Industriebrachenrecyclings: Fallbetrachtung Zentrum Zürich Nord [Opportunities and dilemmas in the recycling of industrial "brownfields": Case study city center Zurich North]. DISP 143 [Docu-

ments and Information on Local, Regional, and Country Planning in Switzerland], 36, 10–17.)

■ UNS-Working Paper 24

Semadeni M. (2000). **Soil and Sustainable Land-Use**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften

■ UNS-Working Paper 25

Sell J., Weber, O., Scholz, R.W. (2001). **Liegenschaftsschätzungen und Bodenbelastungen**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften

■ UNS-Working Paper 26 (Out of Print)

Hansmann, R., Hesse, S., Tietje, O., Scholz, R.W. (2001). **Internet-unterstützte Umweltbildung: Eine experimentelle Studie zur Anwendung des Online-Simulationsspiels SimUlme im Schulunterricht**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

(Published as: Hansmann, R., Hesse, S., Tietje, O., Scholz, R.W. (2002). Internet-unterstützte Umweltbildung: Eine experimentelle Studie zur Anwendung des Online-Simulationsspiels SimUlme im Schulunterricht. Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften, Nr. 1/2002.)

■ UNS-Working Paper 27

Scholz, R.W., and Weber, O. (2001). **Judgments on Health Hazards to Soil Contamination by Exposed and Not-exposed Residents**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

■ UNS-Working Paper 28

Scholz, R.W., Steiner, R. and Hansmann, R. (2001). **Practical Training as Part of Higher Environmental Education**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

■ UNS-Working Paper 29

Hansmann, R., Scholz, R.W., Crott, H.W., and Mieg, H.A. (2001). **Education in Environmental Planning: Effects of Group Discussions, Expert Information, and Case Study Participation on Judgment Accuracy**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

■ UNS-Working Paper 30

Laws, D., Scholz, R.W., Shiroyama, H., Susskind, L., Suzuki, T., and Weber, O. (2002). **Expert Views on Sustainability and Technology Implementation**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

■ UNS-Working Paper 31

Flüeler, T. (2002). **Robust Radioactive Waste Management: Decision Making in Complex Socio-technical Systems. Part 1 = Options in Radioactive Waste Management Revisited: A Proposed Framework for Robust Decision Making; Part 2 = Robustness in Radioactive Waste Management. A Contribution to Decision Making in Complex Socio-technical Systems**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

(Part 1 published as: Flüeler, T. (2001a): Options in Radioactive Waste Management Revisited: A Framework for Robust Decision Making. *Journal of Risk Analysis*. Vol. 21. No. 4. Aug. 2001:787-799.

Part 2 published as: Flüeler, T. (2001b): Robustness in Radioactive Waste Management. A Contribution to Decision-Making in Complex Socio-technical Systems. In: E. Zio, M. Demichela & N. Piccinini (eds.): Safety & Reliability. Towards a Safer World. Proceedings of the European Conference on Safety and Reliability. ESREL 2001. Torino (I), 16–20 Sep. Vol. 1. Politecnico di Torino, Torino, Italy:317-325.)

■ UNS-Working Paper 32

Hansmann, R., Mieg, H.A., Crott, H.W., and Scholz, R.W. (2002). **Models in Environmental Planning: Selection of Impact Variables and Estimation of Impacts**. Zürich: ETH Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.