
Elektrotechnik-Fachberichte 7

7. Fuldaer Elektrotechnik-Kolloquium 2002

RISIKO

Kernkraft, Mobilfunk, BSE, Terror, Straßenverkehr ...

Unser Umgang mit der Angst

FET

Förderkreis des Fachbereichs Elektrotechnik und
Informationstechnik der Fachhochschule Fulda

Tagungsband des 7. Fuldaer Elektrotechnik-Kolloquiums
18. Oktober 2002

RISIKO - Unser Umgang mit der Angst

Veranstalter

- FET - Förderkreis des Fachbereichs Elektrotechnik und Informationstechnik
- Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik der Fachhochschule Fulda

Tagungsleitung

Timm Grams, Klaus Fricke-Neuderth, Ulrich Rausch

Herausgeber

Timm Grams
Fachbereich Elektrotechnik
Fachhochschule Fulda

FET Fulda 2002

FET - Förderkreis des Fachbereichs Elektrotechnik
und Informationstechnik der Fachhochschule Fulda
c/o Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik
Marquardstraße 35, 36039 Fulda

Vorwort

Mit dem Motto „Risiko - Unser Umgang mit der Angst“ greifen wir die letztjährige Diskussion zum Thema „Felder, Wellen, Strahlen“ auf und vertiefen den uns alle betreffenden Aspekt der Verständigung über die Risiken der Technik.

Risiko quantifiziert die Angst vor einem möglichen Schaden.

Wir müssen Risiken eingehen, um uns die Welt vertraut zu machen, und um noch größere Risiken zu vermeiden. Felix von Cube drückt das so aus: „Exploration ist die Triebhandlung des Sicherheitstriebes, also die mit Anstrengung verbundene Umwandlung der Unsicherheit in Sicherheit“.

Der Ingenieur oder auch der Ökonom denkt dabei vor allem an bewertbare und mit Zahlen belegbare Sachverhalte und spricht vom *objektiven Risiko*.

Es gibt aber durchaus rational begründete Unterschiede der Risikowahrnehmung. Das *subjektive Risiko* wird wesentlich bestimmt durch

- die Bekanntheit einer Gefahr,
- die Freiwilligkeit im Eingehen eines Risikos und
- die Beeinflussbarkeit des Risikos.

Folglich beurteilt der Betreiber eines Kernkraftwerks die mit der Anlage verbundenen Risiken ganz anders als der betroffene Anlieger. Niklas Luhmann meint gar, dass die goldene Regel als Grundlage der Moral fragwürdig geworden ist: „Wenn noch gälte: 'Liebe Deinen Nächsten wie dich selbst', könnte dieser sich auf allerhand gefasst machen“.

Hinzu kommt, dass wir oft mit einem Mangel an glaubwürdiger Information leben müssen. Und damit wird die Sphäre des Rationalen verlassen. Die Perspektive wird durch Gefühle, Überzeugungen, Gruppenzugehörigkeit, Glaubwürdigkeit der Informanten und gegenseitiges Vertrauen bestimmt. Ob jemand eine Entscheidung als richtig oder falsch ansieht, hängt vom gesellschaftlichen Umfeld, der Organisation und deren *Risikokultur* ab.

Inhalt

| | |
|---|----|
| Geleitwort des Vorsitzenden des Förderkreises | 5 |
| Geleitwort des Dekans des Fachbereichs Elektrotechnik und Informationstechnik... | 6 |
| Risikoanalysen für Kernkraftwerke | 7 |
| <i>Einleitung</i> | 7 |
| <i>Grundlegendes Sicherheitskonzept</i> | 7 |
| <i>Probabilistische Sicherheitsanalysen</i> | 9 |
| <i>Zusammenfassung und Ausblick</i> | 10 |
| Die subjektive Wahrnehmung technischer Risiken..... | 12 |
| 1. <i>Einleitung</i> | 12 |
| 2. <i>Zur Aktualität der Risikodebatte</i> | 13 |
| 3. <i>Grundmuster der Risikowahrnehmung</i> | 15 |
| 4. <i>Aufgaben der Risikopolitik</i> | 21 |
| Risikokulturen: Von der Schwierigkeit, sich über riskante Technik zu verständigen | 24 |
| <i>Gibt es „die Technik der Gesellschaft“?</i> | 24 |
| <i>Abgrenzung des Technikbegriffs: Simplifikation und Komplexität</i> | 25 |
| <i>Funktionieren und Nichtfunktionieren</i> | 25 |
| <i>Eingeschlossene und ausgeschlossene Kausalitäten</i> | 26 |
| <i>Risikokulturen: Vertrauen und Misstrauen</i> | 26 |
| <i>Eigenwerte der Technikbeobachtung</i> | 27 |
| <i>Literaturverzeichnis</i> | 29 |
| Genormtes Risiko - ein Essay | 30 |
| <i>Von der Schwierigkeit, sich auf Begriffe zu einigen</i> | 30 |
| <i>Elementare Risikobewältigung</i> | 31 |
| <i>Klassifizierungen sind zufällig aber beharrlich</i> | 32 |
| <i>Risikobewusstsein ist eine moderne Errungenschaft</i> | 33 |
| <i>Subjektive Risikobewertung ist rational</i> | 34 |
| <i>Keine Antwort auf die Frage „Wie sicher ist sicher genug?“</i> | 35 |
| <i>Risikooptimierung - ein praktikabler Ansatz</i> | 36 |
| <i>Ein lehrreicher Disput im „Vorfeld der Normung“</i> | 38 |
| <i>Das neue Konzept der Europäischen Gemeinschaft</i> | 40 |
| <i>Literaturhinweise</i> | 42 |
| <i>Normen und Richtlinien</i> | 42 |
| Anschriften | 43 |

Geleitwort des Vorsitzenden des Förderkreises

Das 7. Fuldaer Elektrotechnik-Kolloquium greift mit dem Motto „Risiko“ ein sehr aktuelles Thema auf. In der Wirtschaft ist die Risiko-Analyse zu einem notwendigen Dauerthema geworden. Jedes Unternehmen, welches am internationalen Markt erfolgreich bestehen will, muss seine Risiken rechtzeitig erkennen und die entsprechenden Maßnahmen ergreifen. Neben den wirtschaftlichen Risiken stehen auch die Umweltrisiken immer mehr im Vordergrund. Die Banken und die Versicherungen bewerten neben dem finanziellen Risiko auch sehr stark das Umweltrisiko. Durch hohe Schadenersatzforderungen ist schon manches Unternehmen in Existenznot geraten. Deshalb gehört heute das Risikomanagement auch auf die Tagesordnung von kleinen und mittleren Unternehmen.

In der Fertigungstechnik ist es weitestgehend gelungen, den größten Teil der Risiken einzugrenzen und entsprechende Vorsorgen zu treffen. Die Beschreibungen der Fertigungsprozesse und die ständige Überwachung der Parameter haben zu einer wesentlichen Qualitätsverbesserung und damit zu einer Risikominimierung geführt. Die Produkte sind sicherer geworden.

Obwohl die Industrienationen auf mehr Eigenverantwortung setzen, wird doch der Ruf nach einheitlichen Richtlinien und Grenzwerten immer lauter. Es kann nicht sein, dass in einigen Ländern so gut wie keine Risikovorsorge getroffen wird und in anderen die Produktion von Wirtschaftsgütern wegen den hohen Auflagen fast wirtschaftlich nicht mehr möglich ist. Letztendlich muss der Verbraucher entscheiden, ob er Waren und Lebensmittel aus Ländern mit einem niedrigen Sicherheitsstandard akzeptiert. Jeder von uns hat als Konsument einen enormen Einfluss darauf, ob die Wirtschaft sichere Produkte und gesunde Nahrungsmittel herstellt.

Fulda, September 2002

Dipl.-Ing. Bernhard Juchheim

Geleitwort des Dekans des Fachbereichs Elektrotechnik und Informationstechnik

Der Wunsch dem „Risiko“ vorzuzugreifen war einer der Ursachen menschliche Zivilisation herauszubilden. Für die Menschen unbegreifliche Naturerscheinungen wurden den Göttern zugeschrieben, die es durch kultische Rituale zu besänftigen galt.

In der Zeit der Aufklärung bekam der Umgang des Menschen mit dem „Risiko“ eine neue Qualität. Aberglaube wurde durch wissenschaftliches Denken ersetzt. Also das Wirken der Götter durch den „Wissens-Regelkreis“: Modell aufstellen – Vorhersagen treffen – Experiment beobachten – Modell verbessern.

Damit sind auch schon die Grenzen der wissenschaftlichen Risikoversorge angelegt. Wissenschaftliche Risikoversorge setzt eine bekannte Kette von Ursachen und Wirkungen voraus. Zur Not behilft sie sich mit Wahrscheinlichkeitsaussagen. Diese beruhen aber ebenfalls entweder auf einer vollständigen Information über das Experiment durch theoretisch abgeleitete A-priori-Wahrscheinlichkeiten oder auf statistischen Daten, also A-posteriori-Wahrscheinlichkeiten als Ergebnisse einer ausreichenden Zahl identischer Experimente.

Die wissenschaftliche Risikoversorge kann dort, wo diese Bedingungen erfüllt sind, hervorragende Ergebnisse vorweisen, z. B. im Arbeitsschutz und der Betriebssicherheit moderner „konventioneller“ technischer Anlagen. In anderen Fällen muss sie Stückwerk bleiben oder ganz versagen.

Auf die drängende Frage, was sollen wir tun angesichts von Tschernobyl, BSE, Ozonloch, Elbehochwasser, usw., gibt uns die Wissenschaft keine „Patentlösung“ als Antwort. Hier ist die Einsicht notwendig, dass es sich primär um eine ethische Frage handelt.

Die Geschichte lehrt, dass sich nur kooperativ organisierte Gesellschaften dauerhaft durchsetzen und Lebensqualität für Alle schaffen können. Nachhaltige und verantwortungsvolle Risikoversorge beachtet deshalb folgende Leitlinien:

- Beteiligung – faire Spielregeln bei der Mitwirkung aller Betroffenen
- Gerechtigkeit – faire Verteilung von Chance und Risiko
- Problembewusstsein – beständiges Ringen um Lösungen statt „Entsorgen“
- Offenheit – zukünftigen Generationen neue Wege frei halten
- Wissenschaftlichkeit – Wirkungsketten und ungelöste Probleme öffentlich machen

Ich danke allen Mitwirkenden des 7. Fulda Elektrotechnik-Kolloquiums für ihre Beiträge zu „Risiko – Unser Umgang mit der Angst“. Wenn es gelingt durch die Beiträge Ängste abzubauen bzw. in Gefahrenbewusstsein umzuwandeln, dann war dieses Kolloquium sehr erfolgreich.

Fulda, September 2002

Prof. Dr. Martin Werner

Risikoanalysen für Kernkraftwerke

Adolf Birkhofer

Das Streben nach Sicherheit spielte in der Kerntechnik schon immer eine zentrale Rolle. Aufbauend auf vernünftigen physikalischen und konstruktiven Prinzipien, wurde das Sicherheitskonzept von Kernkraftwerken kontinuierlich verbessert und umfasst heute ein weites Spektrum von Sicherheitsgrundsätzen, die alle wichtigen Bereiche abdecken. Dabei wird ein deterministischer Ansatz verfolgt, der Wahrscheinlichkeiten nicht explizit berücksichtigt. Schwere Unfälle werden dadurch zwar extrem unwahrscheinlich, können aber nicht mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden. Es stellen sich daher folgende Fragen: Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit schwerer Unfälle? Welche Unfallfolgen sind mit welcher Wahrscheinlichkeit zu erwarten? Wie sind Unfallabläufe und wie können sie beherrscht bzw. verhindert werden? Wie können diese Erkenntnisse zur Verbesserung der Sicherheit genutzt werden? Probabilistische Sicherheitsanalysen sind ein systematischer Weg um diese Fragen zu beantworten.

Einleitung

Unfallprävention und die Begrenzung von Unfallfolgen sind zwei grundlegende Sicherheitsprinzipien, die auch die Entwicklung der Reaktorsicherheit bestimmt haben. Beide Prinzipien wurden schon bei der ersten Kettenreaktion in einem Reaktor beachtet. Als am 2. Dezember 1942 der erste Kernreaktor kritisch wurde, war für Enrico Fermi die Sicherheit ein wichtiger Bestandteil des Experiments. Neben einem Abschaltstab wurden zusätzliche Notfallmaßnahmen zum Abschalten des Reaktors vorbereitet. Fermi berücksichtigte auch den Reaktorbetrieb betreffende Sicherheitsfragen: Kurz vor dem Erreichen der Kritikalität bemerkte er eine wachsende Anspannung seiner Mannschaft. Um einen ruhigen und konzentrierten Ablauf sicherzustellen, ließ er das Experiment unterbrechen und ordnete eine Mittagspause an.

Grundlegendes Sicherheitskonzept

Das grundlegende Sicherheitskonzept für Leichtwasserreaktoren, der weltweit vorherrschenden Bauweise bei Leistungsreaktoren, geht auf die Lösungsansätze zurück, die zusammen mit dieser Technologie vor etwa fünf Jahrzehnten entwickelt wurden. Bereits damals war man sich bewusst, dass mögliche Leistungsexkursionen sowie die anfallenden radioaktiven Spaltprodukte ernstzunehmende Gefahren darstellen.

Man war bestrebt, ein tiefgehendes Verständnis für die grundlegenden physikalischen Phänomene und mögliche Fehlermechanismen zu entwickeln, um so Fehler und deren Ausweitung zu Unfällen, zu verhindern. Um das teilweise noch lückenhafte Wissen auszugleichen, arbeitete man mit beträchtlichen Sicherheitsreserven. Es wurden Strategien entwickelt, um die Auswirkung von Fehlern und Unfällen einzudämmen, falls die Unfallprävention nicht im vollen Umfang greifen sollte.

Die Implementierung dieser Leitgedanken führte zu einem grundlegenden Element der Reaktorsicherheit, dem so genannten Mehrstufenkonzept (**Abbildung 1**).

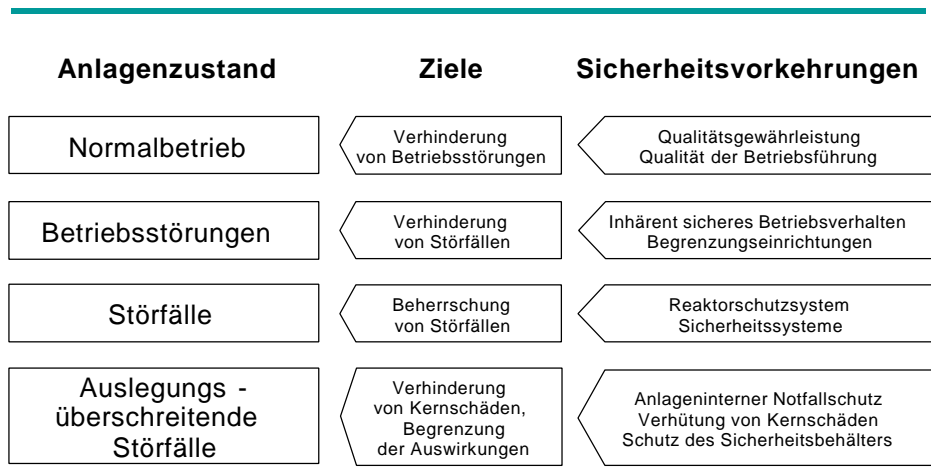


Abbildung 1 Mehrstufenkonzept

Das Mehrstufenkonzept besteht aus einer Kombination von physikalischen Barrieren, die das radioaktive Material einschließen sowie aus einem hierarchisch gestaffelten System von Sicherheitssystemen und Betriebsvorschriften, die diese Barrieren sowohl während des Normalbetriebs als auch bei Betriebsstörungen und Unfällen schützen sollen. Auf jeder Stufe wird durch entsprechende Maßnahmen versucht, die Ausweitung des Vorfalls auf die jeweils nächste Ebene zu verhindern. Grundlage des Konzepts sind drei Ebenen:

- Eine Kombination aus konservativer Bauweise, die ausreichende Sicherheitsreserven zwischen dem normalen Betriebszustand und dem Punkt, an dem Schädigungen einzelner Komponenten zu erwarten sind, bietet, sowie strikter Qualitätssicherung und Betriebsvorschriften, die einen vom Normalbetrieb abweichenden Betriebszustand weitgehend verhindern sollen.
- Das frühzeitige Abfangen von Betriebsstörungen durch ein inhärent sicheres Betriebsverhalten der Anlage sowie durch Begrenzungseinrichtungen, um so die Ausweitung von Betriebsstörungen zu Unfällen bzw. Störfällen zu unterbinden.
- Unabhängige Sicherheitssysteme, die die Beherrschung von Unfällen, die zu einer Kernschädigung führen können, sowie die Begrenzung ihrer Folgen, sicherstellen sollen.

Dank dieses Sicherheitskonzepts ist die Eintrittswahrscheinlichkeit eines schweren Unfalls sehr gering. Dennoch können schwere Unfälle nicht mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden. Aus diesem Grund wurde der sog. anlageninterne Notfallschutz als zusätzliche Ebene des Mehrstufenkonzepts und damit ein weiterer Baustein zur Risikokontrolle eingeführt. Ziel des anlageninternen Notfallschutzes ist es, den Verlauf schwerer Unfälle, die zum Kernschmelzen führen können oder bereits dazu geführt haben, zu kontrollieren und ihre Konsequenzen einzudämmen. Die Maßnahmen konzentrieren sich auf die vitalen Sicherheitsziele wie das Abschalten des Reaktors, das Kühlen des Reaktorkerns, die Integrität des Containments und die Begrenzung von Freisetzungen. Zu diesem Zweck können alle verfügbaren Mittel, also sowohl Betriebs- als auch Sicherheitssysteme sowie externe Hilfsmittel - auch außerhalb ihres normalen Einsatzbereiches - herangezogen werden.

Dafür wurden mehrere eigenständige Konzepte erarbeitet, die bereits in einigen Kraftwerken in verschiedenen Ländern eingesetzt werden. Für französische Anlagen wurden beispielsweise

Verfahrensweisen zum sekundär- und primärseitigen „Bleed and Feed“ entwickelt, um in Extremsituationen selbst dann eine ausreichende Kernkühlung zu gewährleisten, wenn alle anderen Einrichtungen versagt haben. Sollten auch diese Maßnahmen im Falle eines auslegungsüberschreitenden Unfalls nicht greifen, zielen die Maßnahmen des anlageninternen Notfallschutzes darauf ab, die letzte Barriere - das Containment - intakt zu halten und die Anlage langfristig zu stabilisieren.

In Europa kommt der Begrenzung von Unfallfolgen wegen der relativ hohen Bevölkerungsdichte eine besondere Bedeutung zu. Es ist daher von übergeordneter Wichtigkeit, dass das Containment einen Druckanstieg nach einer Kernschmelze unbeschadet übersteht. Der anlageninterne Notfallschutz soll die Funktionsfähigkeit des Containments aufrechterhalten, auch wenn dies nach rein probabilistischen Gesichtspunkten nicht notwendig erscheint. Manche Maßnahmen, wie z.B. eine gefilterte Druckentlastung des Containments, sind in den meisten europäischen Ländern bereits standardmäßig vorgesehen. Andere Maßnahmen befinden sich noch in der Entwicklung.

Probabilistische Sicherheitsanalysen

Das Sicherheitskonzept von Kernkraftwerken basiert auf einem deterministischen Ansatz, der Wahrscheinlichkeiten nicht ausdrücklich mit einbezieht. Es stuft schwere Unfälle zwar als sehr unwahrscheinlich ein, kann ihr Auftreten jedoch nicht völlig ausschließen. Daher stellen sich folgende Fragen:

- Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit eines schweren Unfalls mit Kernschaden?
- Welche Konsequenzen ergeben sich daraus?
- Wie sind die Unfallabläufe und wie können sie beherrscht bzw. verhindert werden?

Dank der hohen Qualität der Sicherheitsvorkehrungen gibt es bisher kaum direkte Erfahrungen mit schweren Unfällen bei Leichtwasserreaktoren. Im Gegenteil, die meisten Störfälle haben praktisch keine sicherheitstechnische Relevanz. Um aus der beobachteten Betriebserfahrung Rückschlüsse auf die Häufigkeit schwerer Unfälle ziehen zu können, werden daher analytische Extrapolationsverfahren benötigt. Die Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) ist ein systematischer Ansatz, um dieser Aufgabe gerecht zu werden.

Die ersten groß angelegten Einsätze von probabilistischen Sicherheitsanalysen wurden in den 70er Jahren in den USA, Schweden, Frankreich und der Bundesrepublik Deutschland durchgeführt. Insbesondere die amerikanische Analyse Wash-1400 und die Phase A der deutschen Risikostudie, zielten darauf ab, das Individual- und das Kollektivrisiko, das sich aus dem Betrieb von Kernkraftwerken ergibt, zu ermitteln und mit anderen natürlichen oder industriellen Risiken zu vergleichen. Insgesamt gesehen zeigte sich, dass die Risiken die durch den Betrieb eines Kernkraftwerkes entstehen, im Vergleich zu anderen, nicht-nuklearen Risiken, relativ gering sind.

Die Analysen brachten auch wichtige neue Einsichten im Hinblick auf die sicherheitstechnischen Stärken und Schwächen der untersuchten Anlagen. WASH-1400 und die deutsche Studie machten zum Beispiel die große Bedeutung von kleinen Brüchen deutlich. Diese Erkenntnisse führten unmittelbar zu mehreren wichtigen technischen Verbesserungen.

Bis heute wurden weltweit mehr als 200 PSAs durchgeführt. Ihre Ergebnisse zeigen, dass die zu erwartende Kernschadenshäufigkeit gegenwärtig zwischen 10^{-4} und 10^{-7} pro Anlagenbetriebsjahr liegt. Die zu erwartende Häufigkeit großer radioaktiver Freisetzungen liegt etwa eine Größenordnung darunter. **Abbildung 2** zeigt die Ergebnisse mehrerer deutscher (grün) und amerikanischer (rot) PSA-Studien im Vergleich zu der direkten Erfahrung von Harrisburg.

Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Analyseergebnisse und deren Genauigkeit von vielen Einflussfaktoren abhängen; nicht zuletzt von subjektiven Einflüssen in den verschiedenen Analyseschritten und der Berücksichtigung des „Faktors Mensch“. Deshalb sollte sich eine PSA möglichst auf eine aus der anlagenspezifischen Betriebserfahrung ermittelte Datenbasis stützen. Störfallanalysen müssen auf validierten Simulationsmodellen basieren, die auf der Grundlage qualifizierter Forschung entwickelt wurden. Hierbei stößt man allerdings auf praktische Grenzen. Anlagenspezifische Daten sind nicht immer verfügbar und viele Fragen lassen sich nur auf der Basis von Expertenbefragungen beantworten. Beispielsweise ist die Expertenschätzung oft die einzige Möglichkeit, die Wahrscheinlichkeit eines bestimmten Ereignisses anzugeben, wenn keine gesicherte Betriebserfahrung vorliegt.

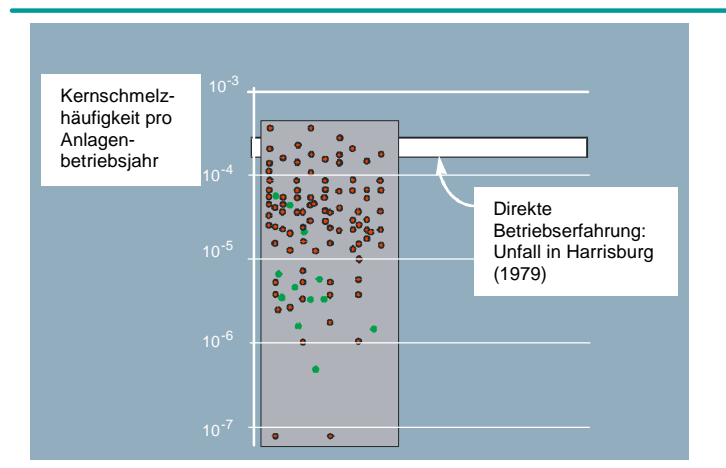


Abbildung 2 Probabilistische Sicherheitsanalysen - Ergebnisse

Allerdings können die in eine PSA eingehenden Unsicherheiten quantifiziert, über die einzelnen Analyseschritte hinweg transparent fortgepflanzt und schließlich im Ergebnis in Form von Wahrscheinlichkeitsverteilungen angegeben werden. Bei heutigen PSAs beträgt die Ergebnisunsicherheit der Kernschadenshäufigkeit (Vertrauensbereich 90%) etwa eine Größenordnung. Die Unsicherheiten im Hinblick auf die Wahrscheinlichkeiten von radioaktiven Freisetzungen sind allerdings erheblich größer, da die hierfür notwendige Modellierung der Containmentlasten und des Containmentversagens bei schweren Unfällen extrem komplex und damit leider auch (noch) entsprechend ungenau ist.

Zusammenfassung und Ausblick

Reaktorsicherheit basiert nicht nur auf der technischen Auslegung der Anlage. Sie ist vielmehr das Ergebnis eines dynamischen Zusammenspiels mehrerer Schlüsselfaktoren: Neben dem Anlagendesign, dem selbstverständlich eine hohe Bedeutung zukommt, hängt die Sicherheit einer kerntechnischen Anlage in einem hohen Maße – wie bei anderen Technologien auch – von der Qualität der Betriebsführung und angemessenen Qualitätssicherungsmaßnahmen ab. Probabilistische Sicherheitsanalysen sind ein Werkzeug, das es unter anderem erlaubt, das erreichte Maß an Sicherheit in Form von Wahrscheinlichkeiten für Unfälle mit Kernschäden bzw. radioaktiven Freisetzungen zu quantifizieren.

Aktuelle Entwicklungen, wie z.B. der Einsatz digitaler Leittechnik, der Einsatz von Hochabbrand-Brennelementen, die Frage nach dem Einfluss der Alterung der Anlagen („Ageing“) werfen neue Problemstellungen auf. In wichtigen Bereichen, wie bei der Berücksichtigung des menschlichen Einflusses und der Berücksichtigung von gemeinsam verursachten Ausfällen, ist auf Grund ihrer hohen Bedeutung eine weitere Verbesserung der Modelle und der Datenbasis

notwendig. All dies macht auch in Zukunft eine stetige Weiterentwicklung der PSA-Methodik und eine kontinuierliche Forschung auf dem Gebiet der Reaktorsicherheit notwendig.

Die subjektive Wahrnehmung technischer Risiken

Ortwin Renn

1. Einleitung

Risiken für Umwelt und Gesundheit sind zur Zeit in aller Munde. Ob BSE, gentechnisch veränderte Lebensmittel oder Elektrosmog- die populären Gazetten sind voll mit warnenden oder entwarnenden Risikoinformationen. Wie diese Informationen in der Öffentlichkeit wahrgenommen und bewertet werden, ist der Gegenstand dieses Beitrages. Mit dem Begriff der Wahrnehmung werden in der kognitiven Psychologie alle mentalen Prozesse verstanden, bei der eine Person über die Sinne Informationen aus der Umwelt (physische ebenso wie kommunikative) aufnimmt, verarbeitet und auswertet¹.

Unter dem Begriff Risiko möchte ich die Möglichkeit von unerwünschten Nebenfolgen einer Handlung oder eines Ereignisses verstanden wissen². Im Verständnis der Natur- und Ingenieurwissenschaften ist mit Risiko das Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß (bzw. die Wahrscheinlichkeitsfunktion über die Bandbreite der Schadensmöglichkeiten) gemeint. In der intuitiven Wahrnehmung von Risiken werden diese Faktoren auch mit berücksichtigt, es treten aber noch andere hinzu. Diese werden als subjektive Einflussgrößen bezeichnet³. So werden etwa Risiken unterschiedlich bewertet, je nach dem ob der Bewertende einen eigenen Einfluss auf die Höhe des Risikos für möglich hält oder nicht (persönliche Kontroll- oder Steuerungsmöglichkeit)⁴. Solche subjektiven Faktoren sind keinesfalls als irrational einzustufen. In der Tat macht es einen Unterschied in der Bewertung, ob man ein Risiko selber steuern kann (etwa bei Freizeitaktivitäten) oder ob man ein Risiko passiv hinnehmen muss. Aus diesem Grund ist es gerechtfertigt, das wahrgenommene Risiko auch nicht als irrationales sondern als subjektives Risiko zu bezeichnen. Alles, was Individuen, soziale Gruppen oder Institutionen als mögliche unerwünschte Handlungsfolgen wahrnehmen, soll hier mit dem Sammelbegriff subjektives Risiko erfasst werden. Das subjektive Risiko stellt also keine objektive Größe dar, sondern eine subjektive Erwartung, dass mit einer Handlung oder einem Ereignis die Möglichkeit einer als negativ empfundenen Folge einhergehen kann⁵. Solche Erwartungen können aufgrund wissenschaftlicher Vorgehensweisen „objektiviert“ werden, d.h. sie können den jeweils best möglichen Stand des kollektiven Wissens über zu erwartende Konsequenzen widerspiegeln. Sie können aber auch auf anekdotischem Wissen bez. sozialen Erfahrungen beruhen. Die Grenzen zwischen wissenschaftlich berechnetem und subjektivem Risiko sind nicht allzu eng zu ziehen.

Die folgenden Ausführungen über Risikowahrnehmung sind dazu gedacht, einen Beitrag zum besseren Verständnis der Risikowahrnehmung bei technischen Risiken zu leisten. Ziel ist es,

¹ Jungermann H und Slovic P (1993), Charakteristika individueller Risikowahrnehmung. In: Bayerische Rückversicherung (Hrsg.), *Risiko ist ein Konstrukt. Wahrnehmungen zur Risikowahrnehmung* (Knesbeck: München), S. 89-107

² Fischhoff, B.; Watson, S.R.; und Hope, C., Defining Risk, *Policy Sciences*, 17 (1984), 123-129; vgl. auch: Renn, O., Concepts of Risk: A Classification, in: S. Krimsky and D. Golding (Hrsg.), *Social Theories of Risk* (Praeger: Westport 1992), S. 53-82

³ Evers, A. und Nowotny, H., *Über den Umgang mit Unsicherheit. Die Entdeckung der Gestaltbarkeit von Gesellschaft* (Suhrkamp: Frankfurt am Main 1987), S. 34 und S. 210ff

⁴ Rohrman, B. und Renn, O., The Perception of Risk. An Introduction, in: O. Renn und B. Rohrman (Hrsg.), *Cross-Cultural Risk Perception* (Kluwer: Dordrecht 2000), S. 11-54

⁵ Obermeier, O.P., Das Wagnis neuen Denkens - ein Risiko? in: M. Schütz (Hrsg.), *Risiko und Wagnis: Die Herausforderung der industriellen Welt*, Band 2 (Gerling Akademie, Neske: Pfullingen 1990), S. 243-263, hier S. 245f

aus psychologischer und soziologischer Sicht die Strukturen und Prozesse der individuellen Wahrnehmung von Risiken und den sozialen Umgang mit ihnen näher zu beleuchten. Nach einer kurzen Darstellung der Aktualität der Risikoproblematik wird die intuitive Form der Risikowahrnehmung beschrieben. Dabei liegt der Schwerpunkt auf den kognitiven und affektiven Aspekten des Wahrnehmungsprozesses. Zum Schluss soll die Rolle der Wahrnehmungsforschung für die Regulation von Risiken kurz angerissen werden.

2. Zur Aktualität der Risikodebatte

Kennzeichnend für die gesellschaftliche Bewältigung der Risikoproblematik ist die selektive Auswahl von Risiken, in denen sich das Unbehagen in der Modernität⁶ manifestiert. Gesellschaftliche Konflikte haben allgemeine Ursachen und bedingen allgemeingültige Konsequenzen, aber sie entzündeten sich an konkreten Objekten oder Themen. Im Streit um Risiken ist es vor allem die Kernenergie, die Großchemie und die Gentechnik, an denen sich auch symbolisch die Konflikte um die gesellschaftliche Bewältigung von Risiken entladen haben. Obwohl Gefährdungen der menschlichen Gesundheit und der Umwelt durch natürliche oder technische Ereignisse zu allen Zeiten bestanden haben, ist Risiko erst in jüngster Zeit zu einem öffentlichen Thema geworden. Die Neuartigkeit des Themas „Risiko“ ist auf vier Faktoren zurückzuführen⁷:

- 1) Zu allen Zeiten haben Menschen Vorsorge gegen Gefahren getroffen. Der Mangel an antizipativem Wissen führte sie aber dazu, negative Ereignisse weniger als Resultate ihres eigenen kontingenten Verhaltens, sondern sie vielmehr als „gottgegebene Strafe“ oder Schicksalsschläge anzusehen. Ob Pest, Missernten oder Damnbrüche, alle diese nach heutigem Verständnis durch menschliches Verhalten zumindest mit beeinflussten Katastrophen wurden weitgehend als externe Schicksalsschläge oder als Bestrafung für sündhaftes Verhalten gedeutet.

Im Zeitalter der Moderne, so der Soziologe Niklas Luhmann, seien die von Menschen als extern gesehene Gefahren, denen man sich früher passiv ausgesetzt fühlte, in intern regelbare Risiken transformiert worden⁸. Nach Auffassung von Luhmann unterscheiden sich Gefahr und Risiko durch den Grad der wahrgenommenen Steuerungsfähigkeit durch Personen oder Organisationen. Alles, was von außen als Bedrohung wahrgenommen werden kann, wobei man sich dieser Bedrohung bestenfalls durch Flucht entziehen kann, wird von ihm als Gefahr bezeichnet. Dagegen sind Risiken solche Bedrohungen, die vom Betrachter selbst oder von ihm beeinflussbaren Organisationen gesteuert werden können. Im ersten Falle der Gefahr liegt die Verantwortung bei Gott, dem Schicksal oder finsternen Mächten, im zweiten Fall des Risikos bei einem selbst oder bei identifizierbaren sozialen Institutionen. Risikomanagement, die moderne Formel für den aktiven Umgang mit unerwünschten Nebenfolgen menschlicher Aktivitäten, ist dabei ein beredtes Zeugnis für die Transformation von ursprünglich extern wahrgenommenen Gefahren in bearbeitbare, sozial beeinflussbare und steuerbare Aktivitäten zur Begrenzung von unerwünschten Handlungsfolgen. Mit dem Bewusstsein, dass sich negative Folgen durch menschliches Handeln beeinflussen lassen, also mehr und mehr Gefahren in Risiken transformiert werden, wächst der Grad der wahrge-

⁶ Berger, P., Berger, B., und Kellner, H., *Das Unbehagen in der Modernität*. (Campus: Frankfurt am Main und New York 1973)

⁷ Die folgenden vier Faktoren stammen sinngemäß aus dem Beitrag in dem Buch: Akademie der Wissenschaften zu Berlin, *Umweltstandards* (De Gruyter: Berlin 1992), S. 248f

⁸ Luhmann, N., *Soziologie des Risikos* (De Gruyter: Berlin 1991), S. 31ff; siehe auch Luhmann, N., Risiko und Gefahr, in: W. Krohn und G. Krücken (Hrsg.), *Risikante Technologien: Reflexion und Regulation* (Suhrkamp: Frankfurt am Main 1993), S. 138-185

nommenen Verantwortung für das eigene Handeln. Damit wird auch der Risikobegriff zu einer zentralen Handlungskategorie in modernen Gesellschaften⁹. Prognosen auf der Basis methodisch gesicherten Wissens sind also notwendige Bestandteile der Zukunftsvorsorge in einer modernen Gesellschaft. Mit der Zunahme des Wissens um kausale Wirkungsketten, verfügt die Gesellschaft über Instrumente und Institutionen, um negative Ereignisse und ihre Folgen vorzusehen (*Antizipation*) und entsprechende Gegenmaßnahmen zu entwerfen bzw. durchzuführen. Gleichzeitig wächst damit der moralische Anspruch, Risikovorsorge zu treffen, um negative Ereignisse auszuschließen oder zu begrenzen¹⁰.

- 2) Mit den Errungenschaften der Technik, Medizin und Hygiene hat sich der relative Anteil naturgegebener Gefahren (wie etwa Infektionskrankheiten) verringert und der *Anteil zivilisatorischer Risiken* (durch Technik, Ernährung oder Freizeitaktivitäten) *erhöht*. Frühzeitige Todesfälle vor rund 100 Jahren waren vor allem auf Infektionskrankheiten zurückzuführen, die man ebenso wie große Naturkatastrophen als Schicksalsschläge hinnehmen musste¹¹. Unfälle oder umweltbedingte Schädigungen standen dagegen, sofern man sie überhaupt mit menschlichen Aktivitäten in Verbindung brachte weitgehend im Hintergrund. Dagegen gelten heute Unfälle im Straßenverkehr, Krebserkrankungen durch Rauchen und sonstige Formen einer ungesunden Lebensweise als dominante, individuelle Risikofaktoren in modernen Industriegesellschaften.
- 3) Die Evolution der Technik ist in weiten Bereichen durch eine Tendenz zur *Erhöhung des Katastrophenpotentials bei gleichzeitiger Reduzierung der Eintrittswahrscheinlichkeit* für das Eintreten eines solchen Falles gekennzeichnet. Die Möglichkeit großer Katastrophen, so gering auch ihre Wahrscheinlichkeit sein mag, wird bewusst in Kauf genommen, um einerseits die individuelle Schadenswahrscheinlichkeit gering zu halten, andererseits wirtschaftliche Vorteile in Form von Skaleneffekten zu nutzen¹². Das Fahren mit der Eisenbahn statt mit einem privaten PKW ist wirtschaftlich günstiger in bezug auf die wirtschaftliche Ressourcennutzung und sicherer bezogen auf die individuelle Unfallwahrscheinlichkeit¹³. Dennoch ist die Zahl der Opfer im Falle eines Eisenbahnunglücks höher als bei einem Unfall im Straßenverkehr. Wesentlich dramatischer ist diese Beziehung im Bereich der Kernenergie oder großer Chemieanlagen. Die Erhöhung des Katastrophenpotentials bei gleichzeitiger Verringerung des individuellen Schadensrisikos verlangt kollektive Entscheidungsprozesse (im Gegensatz zur persönlichen Entscheidung, ein Risiko in Kauf zu nehmen) und damit besondere Berücksichtigung der Verteilungswirkungen von Risiken¹⁴. Verteilungskonflikte erfordern mehr als nur eine nach bestem Wissen vorgenommene Analyse des rationalen Risikos; zu ihrer Lösung sind zudem subjektive Risikokomponenten und Gerechtigkeitsprinzi-

⁹ Bechmann, G., Risiko als Schlüsselkategorie der Gesellschaftstheorie, in G. Bechmann (Hrsg.), *Risiko und Gesellschaft. Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinärer Risikoforschung* (Westdeutscher Verlag: Opladen 1993), S. 237-276. Vgl. auch G. Krücken, *Risikotransformation. Die politische Regulierung technisch-ökologischer Gefahren in der Risikogesellschaft* (Westdeutscher Verlag: Opladen 1997), S. 28ff

¹⁰ Vgl. Lowrance, W. W., *Of Acceptable Risk: Science and the Determination of Safety* (William Kaufman: Los Altos 1976) und Renn, O., *Risikowahrnehmung der Kernenergie* (Campus: Frankfurt am Main und New York 1984), S. 13ff

¹¹ Vgl. Hohenemser, C.; Kates, R.W. und Slovic, P., The Nature of Technological Hazard, *Science*, 220 (1983), 378-384

¹² Perrow, C., *Normal Accidents* (Basic Books: New York 1984)

¹³ Akademie der Wissenschaften zu Berlin, *Umweltstandards* (De Gruyter: Berlin 1992), S. 249

¹⁴ MacLean, D., Understanding the Nuclear Power Controversy, in: H. T. Engelhardt, Jr. und A. L. Caplan (Hrsg.), *Scientific Controversies: Case Studies in the Resolution and Closure of Disputes in Science and Technology* (Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1987), S. 567-582

pien mit zu betrachten. Da beide in einer pluralen Gesellschaft umstritten sind, wächst das Konfliktpotential bei gesellschaftlichen Risikodebatten an¹⁵.

- 4) Der individuelle Grenznutzen *materieller Güter* ist im Zeichen wirtschaftlicher Prosperität und Konsumvielfalt gegenüber dem Grenznutzen von allgemeiner Gesundheit, sauberer Umwelt und psychischen Wohlbefindens *gesunken*¹⁶. Um so schwieriger ist es deshalb, Risiken zu rechtfertigen, deren Nutzen weitgehend ökonomischer Natur ist. Zwar ist das Thema Umwelt nicht mehr so populär wie noch vor einigen Jahren, aber die überwiegende Mehrheit der Deutschen spricht sich nach wie vor für eine Verbesserung des Umweltschutzes aus. Das gilt für die neuen wie für die alten Bundesländer. Dementsprechend bleiben Umweltrisiken wichtige Themen der öffentlichen Wahrnehmung und Politik.

Alle vier Faktoren haben dazu beigetragen, dass Risiko als gesellschaftliches Problem erkannt wurde und politische Schlagkraft gewonnen hat. Mit der Verbesserung der Prognosefähigkeit und der zunehmenden moralischen Selbstverpflichtung der modernen Gesellschaft, Risiken zu begrenzen, wachsen die Ansprüche der Bürger an gesellschaftliche Gruppen und vor allem an politische Entscheidungsträger, die Zukunft aktiv zu gestalten und antizipativ auf mögliche Gefährdungen durch die natürliche und technische Umwelt zu reagieren. Sicherheit gegen zukünftige Gefahren und vorausschauendes Risikomanagement sind daher zentrale Anliegen nahezu aller Bevölkerungsgruppen in der Bundesrepublik Deutschland¹⁷.

3. Grundmuster der Risikowahrnehmung

3.1 Überblick

Wahrnehmungen sind eine Realität eigener Natur: So wie in Zeichentrickfilmen die gemalten Figuren erst dann in den Abgrund stürzen, wenn sie mitten in der Luft stehend plötzlich der Gefahr gewahr werden, so konstruieren auch Menschen ihre eigene Realität und stufen Risiken nach ihrer subjektiven Wahrnehmung ein. Diese Form der intuitiven Risikowahrnehmung basiert auf der Vermittlung von Informationen über die Gefahrenquelle, den psychischen Verarbeitungsmechanismen von Unsicherheit und früheren Erfahrungen mit Gefahren. Das Ergebnis dieses mentalen Prozesses ist das wahrgenommene Risiko, also ein Bündel von Vorstellungen, die sich Menschen aufgrund der ihnen verfügbaren Informationen und des „gesunden Menschenverstandes“ (Common Sense) über Gefahrenquellen machen¹⁸. Das Augenmerk dieses Kapitels liegt also auf der Ebene der konstruierten Realität, d.h. der Welt der Vorstellungen und Assoziationen, mit deren Hilfe Menschen ihre Umwelt begreifen und auf deren Basis sie ihre Handlungen ausführen.

Die Forschung der Risikowahrnehmung hat eine Reihe von Vorstellungsmustern identifizieren können, die in der Bevölkerung zur Wahrnehmung und Bewertung von Risiken benutzt werden. Da in diesem Beitrag nur anthropogen verursachte Umwelt- und Gesundheitsrisiken behandelt werden, sind im folgenden die Vorstellungsmuster aufgeführt, die den Bedeutungsumfang von Risiko im Bereich menschlich erzeugter Risiken (also nicht der Naturgefahren)

¹⁵ Shubik, M., "Risk, Society, Politicians, Scientists, and People," in: M. Shubik (ed.) *Risk, Organizations, and Society* (Kluwer: Dordrecht 1991), S.7-30

¹⁶ Renn, O. und Zwick, M. M., *Technik- und Risikoakzeptanz* (Springer, Berlin 1997), S. 49ff. Vgl. auch Klages, H., *Wertorientierungen im Wandel* (Campus: Frankfurt am Main und New York 1984), S. 107ff.

¹⁷ Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltfragen (WBGU), *Umweltethik* (Metropolis: Marburg 2000)

¹⁸ vgl. Renn, O., Risikowahrnehmung -Psychologische Determinanten bei der intuitiven Erfassung und Bewertung von technischen Risiken, in: G. Hosemann (Hrsg.), *Risiko in der Industriegesellschaft*. (Universitätsbibliotheksverlag Erlangen-Nürnberg: Erlangen 1989), S. 167-191

prägen. Als Kontrast dazu ist noch das Verständnis von Risiko als Schicksalsschlag hier erfasst. In diesem Verständnis spielen auch natürliche Katastrophen eine wichtige Rolle. Unter diesen einschränkenden Bedingungen lassen sich folgende Wahrnehmungsmuster aufzeigen:

- Risiko als unmittelbare Bedrohung
- Risiko als Schicksalsschlag
- Risiko als Herausforderung der eigenen Kräfte
- Risiko als Glücksspiel und
- Risiko als Frühindikator für Gefahren

Wie beeinflussen diese unterschiedlichen Risikoverständnisse das Denken und Bewerten von riskanten Situationen und Objekten? Welche Typen von Situationen und Objekten sind den verschiedenen Risikomustern zugeordnet?

3.2 Semantische Risikomuster

Risiko als unmittelbare Bedrohung: Große Störfälle verbunden mit dem Ausfall von Sicherheitssystemen können bei vielen technischen Systemen, vor allem Großtechnologien, katastrophale Auswirkungen auf Mensch und Umwelt auslösen. Die technische Sicherheitsphilosophie zielt meist auf eine Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeit eines solchen Versagens ab, so dass das Produkt aus Wahrscheinlichkeit und Ausmaß denkbar klein wird. Die stochastische Natur eines solchen Ereignisses macht aber eine Voraussage über den Zeitpunkt des Eintritts unmöglich. Folglich kann das Ereignis in der Theorie zu jedem Zeitpunkt eintreten, wenn auch mit jeweils extrem geringer Wahrscheinlichkeit. Wenn wir uns jedoch im Bereich der Wahrnehmung von seltenen Zufallsereignissen befinden, spielt die Wahrscheinlichkeit eine geringe Rolle: die Zufälligkeit des Ereignisses ist der eigentliche Risikofaktor. Beispiele für Risikoquellen, die in diese Kategorie fallen, sind große technische Anlagen, wie etwa Kernkraftwerke, Flüssiggaslager, chemische Produktionsstätten und andere menschlich geschaffene Gefahrenpotentiale, die im Ernstfall katastrophale Auswirkungen auf Mensch und Umwelt haben können.

Die Vorstellung, das Ereignis könne zu jedem beliebigen Zeitpunkt die betroffene Bevölkerung treffen, erzeugt das Gefühl von Bedrohtheit und Machtlosigkeit. Instinktiv können die meisten Menschen mental (ob real mag hier dahin gestellt bleiben) besser mit Gefahren fertig werden, wenn sie darauf vorbereitet und darauf eingestellt sind. Ebenso wie sich die meisten Menschen in der Nacht mehr fürchten als am Tage (obwohl das objektive Risiko, über Tag zu Schaden zu kommen, wesentlich höher ist als während der Nacht, man aber in der Nacht leichter von möglichen Gefahren überrascht werden kann), so fühlen sich die meisten mehr von potentiellen Gefahren bedroht, die sie unerwartet und unvorbereitet treffen, als von Gefahren, die entweder regelmäßig auftreten oder die genügend Zeit zwischen auslösendem Ereignis und möglicher Gefahrenabwehr erlauben. Somit ist das Ausmaß des Risikos in dem hier vorliegenden Verständnis eine Funktion von drei Faktoren: *der Zufälligkeit des Ereignisses, des erwarteten maximalen Schadensausmaßes und der Zeitspanne zur Schadensabwehr*. Die Seltenheit des Ereignisses, also der statistische Erwartungswert, ist dagegen unerheblich. Im Gegenteil: häufig auftretende Ereignisse signalisieren eher eine kontinuierliche Folge von Schadensfällen, auf die man sich im „trial and error“ Verfahren einstellen und vorbereiten kann.

Die Wahrnehmung des Risikos als drohende Katastrophe bestimmt häufig die Bewertung technischer Risiken, findet aber nur wenig Anwendung in der Bewertung naturgegebener Katastrophen. Erdbeben, Überflutungen oder Wirbelstürme folgen den gleichen Bestimmungsgrößen wie Großtechnologien, d.h. sie treten relativ selten nach dem Prinzip des Zufalls auf und erlau-

ben meist nur wenig Zeit zur Gefahrenabwehr, sie werden jedoch mit einem anderen, im folgenden beschriebenen Risikokonzept bewertet.

Risiko als Schicksalsschlag: Natürliche Katastrophen werden meist als unabwendbare Ereignisse angesehen, die zwar verheerende Auswirkungen nach sich ziehen, die aber als „Launen der Natur“ oder als „Ratschluss Gottes“ (in vielen Fällen auch als mythologische Strafe Gottes für kollektiv sündiges Verhalten) angesehen werden und damit dem menschlichen Zugriff entzogen sind¹⁹. Sie sind in der Terminologie Niklas Luhmanns Gefahren, denen man ausgesetzt ist. Die technischen Möglichkeiten, auch Naturkatastrophen zu beeinflussen und deren Auswirkungen zu mildern, haben sich noch nicht so weit in das Bewusstsein der meisten Menschen eingeprägt, dass natürliche Katastrophen eine gleiche Bewertung des damit verbundenen Risikos erhalten wie technische Unfälle.

Natürliche Belastungen und Risiken werden als vorgegebene, quasi unabdingbare Schicksalsschläge betrachtet, während technische Risiken als Konsequenzen von Entscheidungen und Handlungen angesehen werden. Diese Handlungen werden nach anderen Maßstäben bewertet und legitimiert. Schicksalsschläge können höchstens mythologisch oder religiös gerechtfertigt werden. Wenn niemand außer Gott zur Verantwortung gezogen werden kann, lässt sich auch durch menschliches Handeln keine Besserung der Situation herbeiführen. Als Alternativen verbleiben nur noch Flucht oder Verdrängung der gefährlichen Situation. Je seltener das Ereignis, desto eher wird die reale Gefahr verneint oder verdrängt; je häufiger das Ereignis, desto eher ist Rückzug aus der Gefahrenzone die Folge. Insofern ist es verständlich, wenn auch nicht unbedingt rational, wenn Menschen in Erdbeben- oder Überflutungsgebieten siedeln und häufig nach eingetretener Katastrophe in diese Gebiete zurückkehren. Im Gegensatz zur Situation der technischen Bedrohung ist die Zufälligkeit des Ereignisses nicht der Angst-auslösende Faktor (weil Zufall hier Schicksal und nicht unvorhersehbare Verstrickung von Fehlverhalten beinhaltet). Im Gegenteil, die relative Seltenheit des Ereignisses ist ein psychischer Verstärker für die Verneinung der Gefahr.

Durch die zunehmende Beeinflussung natürlicher Katastrophen durch menschliche Aktivitäten ist das Risikomuster des Schicksalsschlages vermehrt durch Merkmale der Risikowahrnehmung als durch Menschen geschaffene Bedrohung durchmischt worden. Dies drückt sich beispielsweise dadurch aus, dass nach Naturkatastrophen immer häufiger die Frage nach der Verantwortung gestellt wird und dabei auch die Unterlassung von möglichen vorbeugenden oder nachsorgenden Maßnahmen als Schuld angesehen wird.²⁰

Risiko als Herausforderung der eigenen Kräfte: Wenn H. Meßmer ohne Atemgerät die höchsten Berge der Welt bezwingt, obwohl das Risiko, dabei zu Schaden zu kommen, beachtlich ist, wenn Autofahrer wesentlich schneller fahren, als es die Polizei erlaubt, wenn Menschen sich mit Plastikflügeln in den Abgrund stürzen und das als Sport bezeichnen, dann erschließt sich eine weitere Bedeutung des Risikobegriffes. Bei diesen Freizeitaktivitäten wird nicht, wie vielfach behauptet, das Risiko in Kauf genommen, um einen angenehmen Nutzen zu haben

¹⁹ Watson, M., In *Dreams Begin Responsibilities: Moral Imagination and Peace*, in: V. Andrews, R. Bosnak, und K.W. Goodwin (Hrsg.), *Facing Apocalypse*, (Spring: Dallas 1987), S. 70-95

²⁰ vgl. Douglas M., *Purity and Danger: Concepts of Pollution of Taboo*. (Routledge and Kegan Paul, London 1966) sowie Wiedemann, P.M. , "Tabu, Sünde, Risiko: Veränderungen der gesellschaftlichen Wahrnehmung von Gefährdungen," in: Bayerische Rückversicherung (Hrsg.), *Risiko ist ein Konstrukt. Wahrnehmungen zur Risikowahrnehmung* (Knesebeck: München 1993), S. 43-67

(etwa Wind um die Ohren oder schöne Aussicht), sondern das Risiko ist der Nutzen: die Aktivitäten gewinnen ihren Reiz gerade dadurch, dass sie mit Risiken verbunden sind²¹.

In all diesen Fällen gehen Menschen Risiken ein, um ihre eigenen Kräfte herauszufordern und den Triumph eines gewonnenen Kampfes gegen Naturkräfte oder andere Risikofaktoren auszukosten. Sich über Natur oder Mitkonkurrenten hinwegzusetzen und durch eigenes Verhalten selbst geschaffene Gefahrenlagen zu meistern, ist der wesentliche Ansporn zum Mitmachen. Möglicherweise bietet unsere „Absicherungsgesellschaft“ zu wenig riskante Herausforderungen, so dass -häufig instinktiv verankerte- Bedürfnisse nach Abenteuer und Risiko unbefriedigt bleiben. So werden künstliche Situationen geschaffen, die ein kalkulierbares und durch persönlichen Einsatz beherrschbares Risiko schaffen, den man sich freiwillig aussetzt. Risiko als Herausforderung ist an eine Reihe von situationspezifischen Attributen gebunden:

- Freiwilligkeit,
- persönliche Kontrollierbarkeit und Beeinflussbarkeit des Risikos,
- zeitliche Begrenzung der Risikosituation,
- die Fähigkeit, sich auf die riskante Tätigkeit vorzubereiten und entsprechende Fertigkeiten einzuüben, und
- soziale Anerkennung, die mit der Beherrschung des Risikos verbunden ist.

Risiko als Herausforderung ist eine so dominante Handlungsmotivation, dass Gesellschaften symbolische Gefahrensituationen in Form von Sportaktivitäten, Gesellschaftsspielen, Spekulantentum, Geldgeschäften und politischen Spielregeln des Machterwerbs entwickelt haben, um das „Prickeln“ bei der Beherrschung von Gefahren zu kanalisieren und die möglichen negativen Konsequenzen durch symbolische Bestrafungen zu ersetzen. Mit der symbolischen Kanalisierung des Risikorausches geht auch eine symbolische Vorwegnahme realer Gefahren in Form von Computersimulationen und hypothetischer Risikoberechnungen einher²². Die herkömmliche Methode, durch Versuch und Irrtum technische Innovationen oder neue Einsatzgebiete für Technik zu überprüfen, ist in einer auf die Erhaltung des Individuums fixierten Gesellschaft moralisch nicht mehr zu rechtfertigen. Anstelle des --immer Schaden erzeugenden-- Irrtums tritt die symbolische Antizipation des Schadens: Abenteuerurlaub darf nur die Illusion der Gefahr vermitteln, aber wehe, wenn einer wirklich zu Schaden kommt; technische Systeme müssen so angelegt sein, dass sie auch bei Versagen niemanden schädigen können (das Lernen an realen Fehlern wird durch Computersimulation von hypothetischen Schadenabläufen ersetzt), und geplante soziale Veränderungen bedürfen einer wissenschaftlichen Folgenabschätzung, inklusive Kompensationsstrategien für potentielle Geschädigte, bevor eine Reform in Kraft treten kann.

Das zunehmende Erlebnis eines nur symbolischen Schadens schafft natürlich auch neue Erwartungshorizonte gegenüber technischen Systemen. Je mehr der Risikorausches von symbolischen Konsequenzen für einen selbst und mögliche Konkurrenten geprägt ist, desto eher erwartet man auch von den technischen Risikoquellen nur symbolische Konsequenzen. Der echte Schaden darf demnach niemals eintreten.

²¹ Machlis, E. und Rosa, E., Desired Risk: Broadening the Social Amplification of Risk Framework, *Risk Analysis*, 10 (1990), 161-168

²² Häfele, W.; Renn, O. und Erdmann, G., Risiko und Undeutlichkeiten, in: W. Häfele (Hrsg.), *Energiesysteme im Übergang unter den Bedingungen der Zukunft* (Poller: Jülich und Landsberg 1990), S. 31-48

Risiko als Glücksspiel: Das Risiko als Herausforderung, bei der die eigenen Fähigkeiten zur Risikobewältigung den Ausgang der Handlung mitbestimmen, ist nicht identisch mit dem Verständnis von Risiko in Lotterien oder Glücksspielen. Verlust oder Gewinn sind in der Regel hier unabhängig von den Fähigkeiten des Spielers. Spielen selbst kann natürlich auch einen Rausch erzeugen und zum Selbstzweck werden, aber es ist die erwartbare oder erhoffte Auszahlung, die Möglichkeit des großen Gewinns, die das berühmte „Prickeln“ erzeugt und nicht der Vorgang des Spielens (im Gegensatz zu Gesellschaftsspielen, in denen Belohnung und Bestrafung nur noch symbolischen Wert haben).

Psychologen haben sich seit langem intensiv mit Risikoverhalten bei Glücksspielen befasst. Zum einen lässt sich die Situation im Labor gut simulieren, zum anderen kann man leicht die Abweichungen vom statistischen Erwartungswert bestimmen²³. Gleich hier soll deutlich werden, dass der statistische Erwartungswert keinen Maßstab für rationales Spielverhalten abgibt. Der Einsatz sollte möglichst gering sein, während der Hauptgewinn ausgesprochen attraktiv sein sollte. Denn Spieler unterschätzen die Wahrscheinlichkeit seltener Ereignisse und sind eher bereit mitzuspielen, wenn der Wetteinsatz die Schmerzgrenze nicht überschreitet.

Die Tatsache, dass es jedes Mal einen Gewinner gibt, verführt zu der Vorstellung, man könne selbst der nächste sein. Häufig werden mit Glücksspielen versteckte Verteilungsideologien (etwa todsicheres Wettsystem, magische Glückszahlen oder ausgleichende Gerechtigkeit) verbunden. So glauben etwa 47 Prozent aller Amerikaner dass es besondere Glücksnummern gibt, die bestimmten Mitspielern eine bessere Gewinnchance vermitteln²⁴. Wird das Zufallsprinzip jedoch anerkannt, dann ist das wahrgenommene Konzept der stochastischen Verteilung von Auszahlungen dem technischen Risikokonzept am nächsten. Nur wird dieses Konzept bei der Wahrnehmung und Bewertung technischer Risiken nicht angewandt. Im Gegenteil: Wie eine Studie in Schweden nachweist, halten es die dort untersuchten Personen geradezu für unmoralisch, eine „Glücksspielmentalität“ auf technische Gefahrenquellen, bei denen Gesundheit und Leben auf dem Spiel stehen, anzuwenden²⁵.

3.3 Risiko als Frühindikator für Gefahren

In jüngster Zeit hat sich in der öffentlichen Diskussion ein neues Bedeutungsumfeld des Risikobegriffes aufgetan. Mit der zunehmenden Berichterstattung über Umweltverschmutzung und deren Langzeitwirkungen auf Gesundheit, Leben und Natur haben wissenschaftliche Risikoberechnungen die Funktion von Frühwarnindikatoren erhalten.

Nach diesem Risikoverständnis helfen wissenschaftliche Studien schleichende Gefahren frühzeitig zu entdecken und Kausalbeziehungen zwischen Aktivitäten oder Ereignissen und deren latente Wirkungen aufzudecken. Beispiele für dies Verwendung dieses Risikobegriffs findet man bei der kognitiven Bewältigung von geringen Strahlendosen, Lebensmittelzusätzen, chemischen Pflanzenschutzmitteln oder genetischen Manipulationen von Pflanzen und Tieren. Die Wahrnehmung dieser Risiken ist eng mit dem Bedürfnis verknüpft, für scheinbar unerklärliche Folgen (z.B. Robbensterben, Krebserkrankungen von Kindern, Waldsterben, etc.) Ursachen ausfindig zu machen. Im Gegensatz zum technisch-medizinischen Risikobegriff wird die Wahrscheinlichkeit eines solchen Ereignisses nicht als eine signifikante (d.h. nicht mehr durch Zufall

²³ Dawes, R.M., *Rational Choice in an Uncertain World* (Harcourt, Brace & Jovanovich: San Diego u.a. 1988), S. 92ff; siehe auch: Kahneman, D. and Tversky, A., Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk, *Econometrica*, 47 (1979), 263-290

²⁴ Miller, S., *Perception of Science and Technology in the United States*. Manuscript (Academy of Sciences: Washington, D.C. 1985), Table 8-13

²⁵ Sjöberg, J. und E. Winroth, *Risk, Moral Value of Actions, and Mood*, Unveröffentlichtes Manuskript der Universität von Göteborg. (Department of Psychology: Göteborg 1985)

erklärbar) Abweichung von der natürlich vorgegebenen Variation solcher Ereignisse interpretiert, sondern als Grad der Sicherheit, mit der ein singuläres Ereignis auf eine externe Ursache zurückgeführt werden kann²⁶.

Das Wissen um die Möglichkeit von Krebserkrankungen aufgrund ionisierender Strahlung legitimiert zumindest den Verdacht, dass jeder Krebs in der Nähe eines Kernkraftwerkes durch die emittierende Strahlung erklärt werden kann. Wer an Krebs erkrankt ist oder mit ansehen muss, wie ein Mitglied der Familie oder des eigenen Freundeskreises von dieser Krankheit getroffen ist, sucht nach einer Erklärung. Metaphysische Erklärungsmuster haben in unserer säkularisierten Welt an Geltung verloren. Gleichzeitig befriedigt das nach heutigem Wissensstand bestmögliche Erklärungsmuster einer zufälligen Verteilung von Krebserkrankungen das psychische Verlangen nach einer „sinnhaften“ Erklärung wenig. Wie trostlos ist es, das zufällige Opfer eines blinden Verteilungsmechanismus von Krankheit zu sein. Kennt man dagegen einen konkreten Grund, etwa Umweltbelastung, Rauchen, falsche Ernährung usw., dann macht das Auftreten der Krankheit zumindest Sinn. Lässt sich aus subjektiver Sicht darüber hinaus eigenes Verschulden (etwa Rauchen oder Alkoholmissbrauch) ausschließen und Fremdverschulden als Ursache der Krankheit heranziehen, dann mag die Krankheit sogar einen sozialen Zweck erfüllen, nämlich die künftigen potentiellen Opfer zu alarmieren und gegen die Ursache des Übels anzukämpfen.

Die häufig hochemotionale Auseinandersetzung um Risiken dieses Typus muss aus diesem psychischen Hintergrund heraus verstanden werden. Die Befähigung des Menschen zum Mitleiden verhilft ihm zu einer potentiellen Identifikation mit dem Opfer. Risikoanalysen, die eine bestimmte Wahrscheinlichkeit einer schleichenden Erkrankung aufgrund einer Emission nachweisen, bewirken eine Identifikation mit dem von dem Risiko betroffenen Opfer. Während der Risikoanalytiker stochastische Theorien zur Charakterisierung der relativen Gefährdung von Ereignissen benutzt, die keine kausalen Zusammenhänge zwischen singulären Auslösern und deren Effekten erlauben (und damit Distanz zum eigenen Wissensbereich schaffen), sieht der Laie in ihnen den Beweis für die schuldhafte Verstrickung gesellschaftlicher Akteure bei der Verursachung lebensbedrohender Krankheiten.

Wiederum ist der Begriff der Wahrscheinlichkeit hier Angelpunkt für die Diskrepanz zwischen intuitiver und technischer Auffassung von Risiko. Es ist schwer, jemanden plausibel machen, dass nach Berechnungen des US-Departments of Energy (Energieministerium der USA) die Zahl der durch Tschernobyl verursachten Krebsopfer in Europa rund 28.000 in den nächsten 50 Jahren betragen wird, das individuelle Risiko, an Krebs zu sterben, für jeden einzelnen jedoch lediglich um 0,002 % angestiegen ist²⁷. Für ein durchschnittliches Individuum in Deutschland entspricht dies einer Erhöhung der Wahrscheinlichkeit von heute rund 24,0 Prozent auf 24,002 Prozent. Wer versteckt sich hinter diesen 28.000 Fällen, wenn jeder potentiell Betroffene doch nur einem nur marginal angestiegenen Krebsrisiko ausgesetzt gewesen ist? Dass an diesem Beispiel (Produkt aus geringer Wahrscheinlichkeit und großer Bevölkerungszahl) auch die Grenzen der Interpretationsfähigkeit wissenschaftlich-technischer Risikoanalysen sichtbar werden, liegt auf der Hand.

²⁶ Die Ergebnisse einer empirischen Studie über die Unterschiede zwischen Laienbewertung und Expertenbewertung von toxikologischen Erkenntnissen und Vermutungen bestätigt die hier vertretene These, dass Laien Kausalbeziehungen dann für erhärtet ansehen, wenn zwischen singulären Ereignissen (etwa Exposition und Erkrankung) eine Verknüpfung gesehen wird. Signifikanz ist an kasuistisches Denken gebunden. Siehe: Kraus, N.; Malmfors, T. and Slovic, P., Intuitive Toxicology: Expert and Lay Judgments of Chemical Risks. *Risk Analysis*, 12 (1992), 215-232

²⁷ Hohenemser, C. und Renn, O., Shifting Public Perception of Nuclear Risk: Chernobyl's other Legacy, *Environment*, 30, Nr. 3 (April 1988), 5-11 und 40-45

4. Aufgaben der Risikopolitik

Die semantische Bestimmung des Risikobegriffs im Alltagsleben hat zu der wichtigen Erkenntnis geführt, dass der universelle Geltungsanspruch des technischen Risikobegriffes als Maß für die relative Wahrscheinlichkeit von negativen Ereignissen in der Alltagssprache nicht gilt. Begriffe in der Alltagssprache sind gewöhnlich mit mehrfachen Bedeutungen besetzt, die sich für den in der Alltagssprache Kundigen mühelos aus dem Kontext ableiten lassen. Gleichzeitig sind Begriffe der Alltagssprache weniger abstrakt, d.h. sie erfordern keinen universellen Geltungsanspruch über unterschiedliche Kontexte hinweg. Risiko beim Skifahren bedeutet etwas signifikant anderes als Risiko beim Betrieb eines Kernkraftwerkes.

Welchen Nutzen können Wissenschaft und Politik in dieser Situation von der Erforschung der Risikowahrnehmung ziehen? Was lässt sich normativ aus den Studien über die intuitive Risikowahrnehmung für risiko- und technologiepolitische Entscheidungen ableiten? Wenn aus der Kenntnis des Ist-Zustandes auch keine Sollaussagen abgeleitet werden können, so liegen doch einige Lehren für die Politik in den Analysen über Risikowahrnehmung nahe, zumindest wenn man die Ziele einer vorausschauenden Technologie- und Risikopolitik als normative Zielvorgaben akzeptiert²⁸.

- Naturwissenschaftliche Risikoanalysen sind hilfreiche und notwendige Instrumente einer vorausschauenden Technologie- und Risikopolitik. Nur mit ihrer Hilfe lassen sich relative Risiken miteinander vergleichen und Optionen mit dem geringsten Erwartungswert von Schaden auswählen. Sie können und dürfen jedoch nicht als alleinige Richtschnur für staatliches Handeln dienen. Ihre Universalität wird nämlich mit einer Abstraktion vom Kontext und einer Ausblendung der übrigen rational sinnvollen Wahrnehmungsmerkmale erkaufte. Ohne Einbeziehung von Kontext und situationsspezifischen Begleitumständen werden Entscheidungen dem Anspruch, in einer gegebenen Situation ein Zielbündel zweckrational und wertoptimierend zu erreichen, nicht gerecht.
- Kontext und Begleitumstände sind wesentliche Merkmale der Risikowahrnehmung. Diese Wahrnehmungsmuster sind keine beliebig individuell zusammengeschusterte Vorstellungen, sondern in der kulturellen Evolution entstandene und im Alltag bewährte Konzepte, die in vielen Fällen wie eine universelle Reaktion von Menschen auf die Wahrnehmung von Gefahren das eigene Verhalten steuern. Ihr universeller Charakter über alle Kulturen hinweg ermöglicht eine gemeinsame Orientierung gegenüber Risiken und schafft eine Basis für Kommunikation²⁹. Die Wirksamkeit dieser intuitiven Wahrnehmungsprozesse ist zwar abhängig von verinnerlichten Wertvorstellungen und äußeren Situationsumständen, sie bleiben aber bei aller kultureller Überformung stets präsent und messbar³⁰. Diese Erkenntnis ist keine akademische Spitzfindigkeit, sondern unmittelbar relevant für Kommunikation und Konfliktaustragung: Geht man davon aus, dass intuitive Mechanismen der Risikowahrnehmung und -bewertung quasi universelle Züge tragen, die durch sozio-kulturelle Einflüsse in ihrer Richtung, aber nicht in ihrer Existenz beeinflusst werden können, dann gibt es auch eine

²⁸ Streffer, C.; Bücker, J.; Cansier, A.; Cansier, D.; Gethmann, C.F.; Guderian, R.; Hanekamp, G.; Henschler, D.; Pösch, G.; Rehbinder, E.; Renn, O.; Slesina, M. und Wuttke, K., *Umwelstandards. Kombinierte Expositionen und ihre Auswirkungen auf den Menschen und seine Umwelt*. (Springer : Heidelberg und Berlin 2000), S. 309-346

²⁹ Brehmer, B., The Psychology of Risk. In: W.T. Singleton and J. Howden (Hrsg.), *Risk and Decisions* (Wiley: New York 1987), S. 25-39

³⁰ Rohrmann, B., Technological Risks: Perception, Evaluation, Communication. In: R.E. Mechlers und M.G. Stewart (Hrsg.): *Integrated Risk Assessment. Current Practice and New Directions* (Balkema: Rotterdam 1995), S. 7-12

fundamentale Kommunikationsbasis, auf die man bei aller Unterschiedlichkeit der Standpunkte zurückgreifen kann.

- 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. Dass aber diese Faktoren in die politische Entscheidung eingehen sollen, lässt sich aus dem Studium der Risikowahrnehmung lernen. Dahinter steht also die Auffassung, dass die Dimensionen (Concerns) der intuitiven Risikowahrnehmung legitime Elemente einer rationalen Politik sein müssen, die Abschätzung der unterschiedlichen Risikoquellen auf jeder Dimension aber nach rational-wissenschaftlicher Vorgehensweise erfolgen muss.
- Risikowahrnehmung kann kein Ersatz für rationale Politik sein. Ebenso wenig wie technische Risikoanalysen zur alleinigen Grundlage von Entscheidungen gemacht werden dürfen, sollte man die faktische Bewertung von Risiken zum politischen Maßstab ihrer Akzeptabilität machen. Wenn man weiß, dass bestimmte Risiken, wie etwa das Passivrauchen zu schweren Erkrankungen führen können, dann ist politische Risikoreduzierung angebracht, auch wenn mangelndes Problembewusstsein in der Bevölkerung herrscht. 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 vorausschauenden Risiko- und Technologiepolitik sein. Die Kenntnis dieser Wahrnehmungsmuster kann jedoch zur Gestaltung und Ausführung von Informations- und Bildungsprogrammen nutzbringend angewandt werden. Das Unvermögen vieler Menschen, probabilistische Aussagen zu verstehen oder die Riskantheit langfristig vertrauter Risikoquellen zu erkennen, ist sicherlich eines der Problembereiche, an denen gezielte Bildungs- und Informationsprogramme anknüpfen können³¹. Damit ist eine gegenseitige Ergänzung von technischer Risikoanalyse und intuitiver Risikowahrnehmung gefordert.

Meines Erachtens ist es eine der zentralen Aufgaben der Politik, die wissenschaftlichen Expertisen über die möglichen Auswirkungen und die verbleibenden Unsicherheiten mit den Bewertungen und Gestaltungswünschen der von den Risiken betroffenen Bevölkerung zusammenzufügen und zu einer wissen- und wertorientierten Gesamtpolitik zu integrieren. Risikopolitik darf sich weder auf eine reine Wissensorientierung, noch auf eine reine Wertorientierung reduzieren lassen.

Die weitere Entwicklung einer vorausschauenden Risikopolitik wird mit davon abhängen, ob es gelingt, mehr über die Ursachen und Wirkungen der Risikowahrnehmung zu erfahren. Das Wissen um die intuitiven Prozesse bei der Wahrnehmung von Risiken kann den Entscheidungsträgern und Risikoregulatoren weiterhelfen, Konflikte über die Tolerierbarkeit von Risikoquellen besser vorausszusehen und antizipativ darauf einzugehen. Die Identifikation verallgemeinerungsfähiger Elemente in der intuitiven Wahrnehmung von Risiken verhilft der Gesellschaft zu einer besseren normativen Theorie der Selektion von Risikoquellen. Programme zur Konfliktaustragung und Risikokommunikation werden sicherlich auf öffentliche Ablehnung stoßen, solange der Lern- und Kommunikationsprozess nicht wechselseitig erfolgt. Öffentliche

³¹ Renn, O. und D. Levine, Trust and Credibility in Risk Communication, in: H. Jungermann, R. E. Kasperson, und P. M. Wiedemann (Hrsg.), *Risk Communication* (Forschungszentrum: Jülich 1988), S. 51ff

Wahrnehmung und Common Sense können Wissenschaft und Politik nicht ersetzen, aber durchaus Anstöße für den Entscheidungsprozess geben. Gleichzeitig dürfte die Bereitschaft der Öffentlichkeit steigen, rationale Konzepte der Entscheidungsfindung zu akzeptieren, wenn die Entscheider Kriterien und Belange der öffentlichen Wahrnehmung ernstnehmen.

Risikokulturen: Von der Schwierigkeit, sich über riskante Technik zu verständigen

Nach einer Vorlage von Klaus P. Japp bearbeitet von Timm Grams

Gibt es „die Technik der Gesellschaft“?

Den Soziologen interessiert an der Technik zunächst einmal, welche Rolle sie im Zuge der Gestaltung und Aufrechterhaltung einer Gesellschaft mit ihrem Wertesystem und ihrer sozialen Praxis übernimmt.

Dabei geht es ihm vor allem um soziale Verhaltensmuster und damit einhergehende Wertvorstellungen und Glaubenshaltungen, aus denen sich dann die kulturellen Institutionen einer Gruppe oder einer Gesellschaft ergeben. Die vier von der anthropologischen Kulturosoziologie präsentierten institutionalisierten Kulturen werden durch die Attribute *individualistisch*, *hierarchisch*, *fatalistisch* und *egalitaristisch* gekennzeichnet.

Hierarchische Institutionen findet man bei den Kirchen, in Industrieunternehmen und im Bereich von Politik und öffentlicher Verwaltung - in den Bürokratien großer Organisationen also. Dazu kontrastiert der Individualismus des Marktes, also das fortwährend auf private Profitmaximierung abgestellte Verhalten. Hierarchische und individualistische Kulturen sind typisch für das gesellschaftliche Zentrum, dort wo Macht und Einfluss konzentriert sind.

Fatalistische und egalistische Kulturen sind am gesellschaftlichen Rand angesiedelt, also abseits von Macht und Einfluss. Wer von Technikfolgen und vom Wandel des Arbeitsmarktes betroffen und nur schlecht organisationsfähig ist, wird fatalistische Verhaltensweisen zeigen.

Egalitarismus ist bei Protestbewegungen und Sekten zu finden, wie beispielsweise bei den Amish. Hier steht die Gleichheit der Mitglieder der Gruppe obenan, Machtkonzentration wird abgelehnt.

Damit Wertesystem und Verhaltensmuster im Sinne der Bildung und Aufrechterhaltung einer Gruppe und ihrer Institutionen funktionieren, müssen sie geeignet sein, die Gruppe zu stabilisieren. Das heißt: Die Werte und Verhaltensmuster sorgen für den Erhalt und die Abgrenzung der Gruppe, und die Gruppe sorgt für die Schließung des kausalen Rückkopplungskreises, indem sie für den Erhalt des Wertesystems sorgt (causal feedback loop).

Manchmal reicht es schon aus, dass die Gültigkeit und Einhaltung der Werte für alle profitabel ist. Das funktioniert, wenn der Abweichter für einen Verrat der Werte den Zusammenbruch des Systems in Kauf nehmen müsste, so dass er sich letztendlich selber schadet.

Institutionalisierte Wertesysteme und Verhaltensweisen können mit Sanktionsmechanismen ausgestattet sein und so indirekt für ihre Aufrechterhaltung sorgen. Und es gibt Wertesysteme, die den Rückkopplungskreis dadurch schließen, dass sie beispielsweise eine göttliche Autorität zur Durchsetzung des Wertekanons in Anspruch nehmen.

Wertesysteme werden *kommuniziert*, wie beispielsweise das der zehn Gebote: „Und als der Herr mit Mose zu Ende geredet hatte auf dem Berge Sinai, gab er ihm die beiden Tafeln des Gesetzes; die waren aus Stein und beschrieben von dem Finger Gottes“ (2. Mose, 31).

In den Worten des Soziologen reproduziert die Kommunikation des Wertesystems die Gesellschaft. Und Technik an sich ist wertfrei, sie vermittelt keinen höheren Sinn, und von daher schon kann sie nichts Wesentliches zu einem Wertesystem der Gesellschaft beitragen: Technik als nicht-sinnhafte Konstruktion kann - anders als etwa wirtschaftliche oder politische Kommunikation - Gesellschaft nicht reproduzieren. Nur die Kommunikation *über* Technik kann

das. Es gibt also keine Technik der Gesellschaft, sondern höchstens technische *Kommunikation* der Gesellschaft.

Es kommt also wesentlich darauf an, wie Technik wahrgenommen und kommuniziert wird. Und da sie von den möglichen Beobachtern unterschiedlich wahrgenommen werden kann, wird es zu unterschiedlichen *Technikeinstellungen* und *Technikkulturen* kommen. Und da sind wir bei der uns hier interessierenden Frage: Welche spezifischen Technikbewertungen ergeben sich aus den jeweiligen institutionellen Perspektiven.

Abgrenzung des Technikbegriffs: Simplifikation und Komplexität

Der Ingenieur weiß, was Technik ist: Nämlich genau das, was er macht. Das ist, wenn es um die Standortbestimmung von Technik in der Gesellschaft geht, keine hilfreiche Begriffsbestimmung. Auch die Unterscheidung „hier Natur da Technik“ hilft nicht weiter. Der vom Soziologen benötigte Technikbegriff muss allgemein und für die gesellschaftswissenschaftliche Argumentation geeignet sein.

Luhmann (1991) grenzt die Technik auf den Bereich der *simplifizierten Kausalbeziehungen* ein. Technik ist also ein in der Komplexität reduzierter und simplifizierter und von externen Einflüssen weitgehend isolierter Bereich mit festen, funktionierenden Kopplungen, so „dass (1) Abläufe kontrollierbar, (2) Ressourcen planbar und (3) Fehler (einschließlich Verschleiß) erkennbar und zurechenbar werden“.

Diese Sicht des Technikbereichs gewinnt Bedeutung dadurch, dass man dem Gegenstandsreich der Technik „die übrige Welt“ mit ihrer immensen Komplexität von gleichzeitig auch noch ablaufenden Kausalvorgängen gegenüberstellen kann.

Damit ist nicht abschließend geklärt, was Technik an und für sich *ist*, sondern wie sie im Kontext sozialer Auffassungsperspektiven funktioniert - wenn sie funktioniert. Uns interessiert, wie das in der Gesellschaft beobachtet wird.

Funktionieren und Nichtfunktionieren

Technik wird nach Luhmann bezüglich der Kausalbeziehungen und Kopplungen offenbar als das *Einfache* und von ihrer *komplexen* Umwelt Abgeschiedene aufgefasst. Und genau diese Zuordnung, nämlich was einfach und was komplex ist, hängt vom Beobachter und dessen Einstellung ab.

Dieselbe Technik (etwa ein Kernkraftwerk) kann als kausalsimplikative Entlastung von technisch anspruchsloseren, mühsameren und schmutzigeren Energieerzeugungsarten beobachtet werden (so wie es in der Welt der Experten üblich ist), oder eben als katastrophische Bedrohung durch unbeherrschbare Kausalkomplexität (so wie es in den sozialen Bewegungen vorherrscht). Es geschieht immer beides zugleich, die Schematisierung der Technik nach sicherem Funktionieren und die Schematisierung nach befürchtigtem Nichtfunktionieren durch Einsickern externer Kausalkomplexität.

Technik ist kausale Simplifikation, *wenn* sie als funktionierende Technik identifiziert wird, und sie ist kausal komplex, wenn sie als nicht-funktionierend identifiziert wird - obwohl andere sie funktionieren sehen. Es kommt darauf an, wie Funktionieren identifiziert, unterschieden und bezeichnet wird. Es gibt kein vom Bewusstsein losgelöstes Funktionieren. Jedenfalls nicht in der Gesellschaft.

Eingeschlossene und ausgeschlossene Kausalitäten

Hochtechnologien wie Kerntechnik lassen sich nicht mehr ohne weiteres als Bereich kausaler Simplifikation eingrenzen. Hier gibt es eine „Vielzahl und Verschiedenartigkeit von Ursachen und Nebenwirkungen, die in das eigentlich gewollte Geschehen eingeflochten sind. Dazu gehören nicht zuletzt ‚menschliche Faktoren‘ in ihrer bekannten Unzuverlässigkeit“ (Luhmann, 1991).

Außerdem werden Zusatztechnologien eingeführt, die bei einem Störfall funktionieren müssen - beispielsweise das Nachwärmeabfuhrgebläse eines Kernkraftwerks. Diese Sicherheitstechnologien erhöhen die Komplexität der Technik. Oder wie Luhman (1991) es ausdrückt: „Die Zusatztechnologie, diese Technologie der Sicherung technischer Abläufe, sollte zwar auch noch dem Modell funktionierender Simplifikation genügen, aber sie lässt sich nicht mehr ausreichend maschinell realisieren, sondern erfordert Technisierungen anderer Art und vor allem Regelsysteme, die menschliche Aufmerksamkeit und menschliches Reaktionsvermögen standardisieren. Die eigentliche Produktionstechnologie wird zur Maschine in der Maschine, zur Trivialmaschine in einer Maschine, die sich nur begrenzt trivialisieren lässt.“

Gerade das Hinzufügen von technischen Sicherheitskonstruktionen (im Sinn einer zweiten und dritten Kontrollstufe) bewirkt einen Übergang von der simplifizierten zur unsicheren komplexen Kausalität.

Anstelle der Unterscheidung nach kausaler Simplifikation versus kausaler Komplexität ist es angemessener, den Bereich Technik durch die Unterscheidung nach *eingeschlossenen* und *ausgeschlossenen* Kausalitäten abzugrenzen: Dadurch wird die Beobachterabhängigkeit augenfällig. Denn ein objektives und verallgemeinerbares Kriterium für das, was eingeschlossen ist und das, was ausgeschlossen ist, kann es weder in zeitlicher, noch in sachlicher, noch in sozialer Hinsicht geben.

Mit dieser Unterscheidung nach eingeschlossenen und ausgeschlossenen Kausalitäten werden mehr als eine Möglichkeit für Technikbeobachtung freigegeben. Diese Unterscheidung lässt Dissens zu, genauer gesagt: Zurechnungsdissens, was die Kriterien für Ein- und Ausschluss anbetrifft.

So kann man sich im Rahmen der Gefährdungshaftung für gefährliche Anlagen sehr gut vorstellen, dass es den Versicherern um den Ausschluss von ‚Entwicklungsrisiken‘ aus der versicherten Technik, den Betreibern um den Einschluss solcher Kausalitäten in die versicherte Technik geht und dass es keine Konsenschance für das Risikopotential der gemeinten Kausalitäten gibt. Dies wiederum kann Sicherheitsbehörden dazu veranlassen, die gesamte Anlage nur unter Vorbehalt zu genehmigen und Betroffenenorganisationen dazu, die gesamte Anlage ohne Vorbehalt abzulehnen.

Im Falle einer Ölpest vor Alaska werden die Schiffseigner auf menschliches Versagen zurechnen, also auf von ihrer Warte aus nicht eingeschlossene Kausalitäten. Die Betroffenen (und erst recht Greenpeace) werden möglicherweise auf die Trägheit von Supertankern bei notwendigen Kursänderungen zurechnen, also auf von ihrer Warte aus eingeschlossene Kausalitäten.

Risikokulturen: Vertrauen und Misstrauen

Die Grenze der Technik wird durch den Beobachter bestimmt. Er macht die Zurechnungen. Ausgangspunkt ist die Annahme, dass es mehrere Grenzen gibt - aber auch nicht beliebig viele.

Es gibt eine begrenzte Anzahl von Eigenwerten der Technikbeobachtung. Als Eigenwert wird dabei eine stabile Wertvorstellung bezeichnet, die sich innerhalb einer Gruppe oder einer Organisation einpendelt, und die sich durch Beobachtungen immer wieder bestätigen lässt. Diese

Wertvorstellungen sind Gleichgewichtszustände, die im oben bezeichneten Sinn gruppenstabilisierend und kulturbildend wirken.

Eigenwerte der Technikbeobachtung hängen eng mit Vertrauen und Misstrauen zusammen. Und diese gehen auf die Beobachtung von akzeptablem und inakzeptablem Funktionieren, beziehungsweise Nichtfunktionieren zurück. Und dieses Funktionieren bzw. Nichtfunktionieren hängt davon ab, was alles der Technik zugerechnet wird, wo also die Grenze zur Technik hingelegt wird.

Je nach Beobachter wird das *Funktionieren* der Technik als akzeptabel (Kernkraftwerksbetreiber) oder als inakzeptabel kommuniziert (Kernkraftwerksgegner). Und nach allem sollte deutlich sein, dass es diese Differenz ist, die die Zurechnungsregeln für die Grenze zwischen eingeschlossenen und ausgeschlossenen Kausalitäten erzeugt. Man könnte also auch sagen, dass es die Grenze dieser Kausalitäten ist - was gilt als einschließbar und was nicht -, die soziale Akzeptanz von Technik reguliert.

Eigenwerte konstituieren sich selbst im Rahmen von sich stabilisierenden zyklisch geschlossene Kausalfolgen. Hier ist ein Beispiel für eine solche zyklische Kausalfolge: *Misstrauen* in die Technik lässt einen nach möglichst vielen Ursachen für deren Nichtfunktionieren suchen. Folglich werden auch menschliche Faktoren dem technischen System zugeordnet. Das ist schon deswegen nicht abwegig, weil technische Systeme durch schlechtes Design Bedienfehler durchaus provozieren können. Und in der Folge wird man - durch diese umfassende Zurechnung - auch vermehrt Beispiele von Nichtfunktionieren der Technik finden. Das wiederum verstärkt das Misstrauen in die Technik. So wird der Kreis geschlossen. Er stabilisiert sich selbst.

Umgekehrt ist das Nicht-Funktionieren akzeptabel, wenn sich Fehler den Personen - und nicht der Technik - zurechnen lassen, beispielsweise dem betrunkenen Kapitän der Exxon Valdez. So lässt sich die Technik selbst als funktionierend darstellen. Das *Vertrauen* in die Technik bleibt ungetrübt. Lernen wird vermieden.

Die folgende Zeitungsmeldung vom 14.2.1995 über Unfälle in der Zivilluftfahrt ist ebenfalls Ausdruck dieser Haltung: „Als Unsicherheitsfaktor Nummer eins erwies sich auch 1994 wieder der Mensch: Nicht weniger als 31 der 47 Unfälle sind auf menschliches Versagen zurückzuführen und immerhin 16 auf das Wetter“. Dass die Steuerung der betroffenen Maschinen geändert wurde, wird in der Meldung nur am Rande erwähnt. Die Tatsache lässt aber darauf schließen, dass auch die Maschine als Unfallursache in Betracht kommt.

Eigenwerte der Technikbeobachtung

Die bisher getroffenen Unterscheidungen lassen es zu, Technik- und Risikokulturen innerhalb der Gesellschaft anhand ihrer spezifischen *Eigenwerte* zu charakterisieren. Es werden vier solcher Kulturen identifiziert. Sie sind im folgenden Schema benannt.

Die Eigenwerte werden durch zwei Komponenten bestimmt:

1. *Eindeutige versus mehrdeutige Funktionserwartungen*: Man ist sich sicher oder man ist sich nicht sicher (Rayner/Cantor, 1987).
2. *Risiko versus Gefahr*: Man entscheidet selber oder man ist nur betroffen (Luhmann, 1991).

Es ergeben sich vier Technikkulturen oder Beschreibungen von Technik. Diese entsprechen ziemlich genau den kollektiven Technikeinstellungen der vier institutionalisierten Kulturen (Selbstbeschreibungen) der Gesellschaft, die von der anthropologischen Kultursoziologie präsentiert werden (Thompson/Ellis/Wildavsky 1990).

Vertrauen in Technik oder: Eigenwerte der Technikbeobachtung

| | <i>Technisch-ökologische Funktionserwartungen</i> | |
|---------------------------|---|------------------------------------|
| | <i>eindeutig</i> | <i>mehrdeutig</i> |
| <i>Risikoperzeption</i> | 1 Vertrauen (Marktindividualismus) | 2 different (Hierarchie) |
| <i>Gefahrenperzeption</i> | 3 indifferent (Fatalismus) | 4 Misstrauen (Egalitarismus) |

In Kasten 1 sind die technisch-ökologischen Funktionserwartungen uneingeschränkt optimistisch. Darüber hinaus werden technische Innovationen eher aus der Risikoperspektive, also mit Blick auf eigene Entscheidungen wahrgenommen. Diese Bedingungen erleichtern Technikvertrauen, wie es für marktindividualistische Beschreibungen typisch ist. Typischerweise kommt es hier zu *überzogenem* Vertrauen aus der Sicht anderer Beobachter (March 1994: 35ff.).

Im diagonal gegenüberliegenden Kasten 4 sind die Bedingungen gerade umgekehrt angeordnet. Mehrdeutige Funktionserwartungen und Gefahrenwahrnehmung fördern das Technikmisstrauen egalitaristischer Selbstbeschreibungen von sozialen Bewegungen. Hier kommt es zu überzogenem *Misstrauen* aus der Sicht anderer Beobachter (Luhmann 1986).

Im Kasten 2 sind die Funktionserwartungen ebenfalls mehrdeutig, aber eher in dem Sinn, dass Expertenkonsens Vertrauen in Technik ermöglicht. Wenn dieser Konsens fehlt, wird es mit dem Vertrauen schon schwieriger. Die dominierende Risikoperzeption und deren Chancenorientierung fördert dabei Vertrauen in Experten, auch wenn diese nur zu partikularem Konsens gelangen. Dieser Fall einer differenten Technikeinstellung dürfte für Anhänger von Kontrollhierarchien typisch sein, die wegen besonderer Sicherheitsbedürfnisse zu Technikvertrauen unter Vorbehalt tendieren.

Kasten 3) schließlich bringt nur Indifferenz hervor: Eindeutige Funktionserwartungen - egal ob positiv oder negativ - führen in jedem Falle nur zu Nachteilen, so dass eine indifferente Einstellung wahrscheinlich wird. Schlecht organisationsfähige Technikfolgenbetroffene, die mit Dequalifikationswellen, ökologisch bedingten Gesundheitsbelastungen und Störfällen fertig werden müssen, beziehungsweise gerade nicht fertig werden, fallen in diese Rubrik.

Technikpräferenzen werden durch kulturelle Kontexte (Beschreibungen) erzeugt und nicht durch mysteriöses Walten einer 'Technik der Gesellschaft'.

Organisationen, soweit sie als *risk-seeking devices* für innovative Technologien interpretiert werden, handeln und entscheiden im marktindividualistischen Beschreibungskontext. Dass professionelle Technikentwickler eher konservativen Präferenzen gemäß dem Stand von Technik und Wissenschaft folgen, entspricht ziemlich genau den Anforderungen hierarchischer Beschreibungen von funktionierender Technik und Expertentum. Wenn man diese auf Organisationen und institutionelle Leitbilder eingeschränkte Perspektive auf Gesellschaft hochzieht, kommen noch egalitaristische und fatalistische Beschreibungen hinzu.

Literaturverzeichnis

- Japp, K.P., 1992: Mehr Sicherheit durch Technik?, in: Bechmann, G./Rammert, W., (Hrg.), Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 6: Großtechnische Systeme und Risiko, Ffm./New York: Campus
- Japp, K.P., 1993: Die Form des Protests in den neuen sozialen Bewegungen, in: Baecker, D., (Hrg.), Probleme der Form, Ffm.: Suhrkamp
- Japp, K.P., 1996: Soziologische Risikotheorie. Funktionale Differenzierung, Politisierung und Reflexion, Weinheim/München: Juventa
- Japp, K.P., 1996a: Die Ausdifferenzierung regulativer Risikopolitik, in: Hiller, P./Krücken, G., (Hrg.), Risiko und Regulierung, Ffm. 1996: Suhrkamp
- Japp, K.P./Krohn, W., 1996: Soziale Systeme und ihre ökologischen Selbstbeschreibungen, in: Zeitschr. f. Soziologie, H.1: im Druck
- Luhmann, N., 1986: Ökologische Kommunikation, Opladen: Westdt. Verlag
- Luhmann, N., 1991: Soziologie des Risikos, Berlin/New York: de Gruyter
- March, J.G., 1994: A Primer On Decision Making, New York et al.: Free Press
- Rammert, W., 1989: Technisierung und Medien in Sozialsystemen, in: Weingart, P., (Hrg.), Technik als sozialer Prozess, Ffm.: Suhrkamp
- Rammert, W., 1993: Technik aus soziologischer Perspektive, Opladen: Westdeutscher Verlag
- Rayner, St./Cantor, R., 1987: How Fair Is Safe Enough? The Cultural Approach to Societal Technology Choice, in: Risk Analysis, Vol. 7, No. 1: 3-9
- Thompson, M./Ellis, R./Wildavsky, A., 1990: Cultural Theory, Boulder et. al.: Westview Press

Genormtes Risiko - ein Essay

Timm Grams

Wer die gängige Praxis der gesellschaftlichen Risikokontrolle beschreibt, muss die passenden Begriffe haben. Umgekehrt sagen die Begriffe viel über die aktuelle politische Praxis aus. Es wird gezeigt, welche Denkstile heute eine Rolle spielen und was daraus für die Begriffsbildung und für die aktuelle Praxis folgt. Im Bereich der Sicherheitstechnik sind es die Denkstile der „Risikobegrenzung“ und der „Risikooptimierung“. Durch Reduktion der Entstehung von Denkstilen auf grundlegende Entwicklungsmechanismen wird gezeigt, warum sich - auch historisch begründbar - letzterer durchgesetzt hat und beispielsweise in der Gesetzgebung der Europäischen Gemeinschaft unter dem Stichwort „neues Konzept“ (new approach) eine zentrale Rolle spielt. Gleichwohl tauchen in den Werken der Standardisierung und Normung damit unverträgliche und das Konzept verwässernde Begriffe auf. Dieses Essay zielt auf Bereinigung des Vokabulars und auf Klarheit der Begriffsbildung und letztlich des Denkens ab, denn: die Verringerung der Gelegenheiten für Missverständnisse verringert Risiken.

Von der Schwierigkeit, sich auf Begriffe zu einigen

Wir leben in einer *Risikogesellschaft*, sagt der Soziologe Ulrich Beck. Die Gefahrenabwehr und Risikominderung - beispielsweise im Zusammenhang mit großtechnischen Anlagen oder hinsichtlich der Nahrungskette - gehören zu den wesentlichen Aufgaben der Gesellschaft. Der Begriff des Risikos spielt folglich in Richtlinien, Normen und Gesetzen eine zentrale Rolle. Aber was genau verstehen wir heute unter dem Begriff des *Risikos* und den damit zusammenhängenden Begriffen *Gefahr* und *Sicherheit*?

Begriffsgebäude sind zerbrechliche Gebilde. In standardisierter Form sind sie Ergebnisse von Absprachen und Debatten, die sich meist über Jahrzehnte hingezogen haben. („Ein Begriff ist wie eine Kuh. Wenn man sie zu lange ansieht, schaut sie weg.“)

Die Ergebnisse der Richtlinien- und Normungsarbeit haben typische Schwächen: Sie sind stellenweise in sich widersprüchlich; Wesentliches steht neben Unwesentlichem; die verschiedenen Erfahrungshintergründe der Beteiligten sind als Brüche spürbar; mancher wenig durchdachte Kompromiss hat seine Spuren hinterlassen.

Aber einen Vorteil haben diese Standardisierungsbemühungen dann doch: Mancher hat aus der Diskussion für sich etwas mitgenommen, einen besseren Bezugsrahmen entwickelt. Sein Standpunkt bleibt zwar subjektiv, aber er fühlt sich mit seinem weiterentwickelten Standpunkt sicherer. Er hat sich vielleicht sogar eine Meinung gebildet darüber, welche Begriffe und Denkstile fundamental sind und welche man dem Vergessen anheim geben sollte.

Wenn er auch noch den Drang verspürt, seine Erkenntnisse weiterzugeben, in der Hoffnung, dass der Leser für seine Arbeit daraus Anregungen gewinnt, dann entsteht ein Essay wie dieses hier. Die Erfahrungen aus über zwei Jahrzehnten Mitarbeit in Arbeitskreisen der Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik bilden den Hintergrund.

Das Essay entstand auch unter dem Eindruck der Documenta11: Ecke Bonks Präsentation des Deutschen Wörterbuchs der Gebrüder Grimm lässt die inneren Widersprüche von Normungsvorhaben aufblitzen: Die Sprache hat sich in der über 120 Jahre andauernden Arbeit am Wörterbuch selbst verändert; die mit dem Wörterbuch forcierte Kleinschreibung hat sich - bisher jedenfalls - nicht durchgesetzt. Und die Installation von Fareed Armaly macht - vielleicht ungewollt - deutlich, dass die Interpretation einer Struktur (das digitale Drahtmodell eines Steins

interpretiert als Beziehungsgeflecht der palästinensischen Gebiete) ziemlich willkürlich ist, und dass die einmal akzeptierte Interpretation Beharrungsvermögen entwickelt.

Elementare Risikobewältigung

Der Begriff des *Risikos* ist eng verbunden mit der Vorstellung von einem freien Willen und der Möglichkeit, zwischen mehreren Alternativen entscheiden zu können. Risiko steht für ein modernes Konzept.

Was hätte ein Mensch der Antike auch mit „Risiko“ ausdrücken können? Für ihn stand sein Schicksal in der Macht der Götter. Bestenfalls verlangte er danach, die exakte Lebensbahn zu erfahren. Und dafür gab's ja die Orakel. In der Mathematik ging es den Griechen um die Bestimmung exakter Relationen und nicht um Wahrscheinlichkeiten. Die Vergegenwärtigung der Zukunft durch Naturgesetze und Wahrscheinlichkeitsrechnung war kein Thema für sie.

Die Götter günstig stimmen zu wollen, muss damals als ziemlich aussichtsloses Unterfangen erschienen sein. Die Helden der Ilias gleichen Marionetten und nicht etwa selbstbewussten Wesen. Für sie gibt es keine Willensfreiheit und damit auch keinen Antrieb, die Chancen und Gefahren der Zukunft ins Kalkül zu ziehen und zu überlegen, was als nächstes zu tun ist. Odysseus ist ein Held ohne Bewusstsein (Julian Jaynes).

Auch die heute verbreiteten Religionen sind kein Nährboden für Risikobewusstsein: Gott lenkt. Das Gebet stimmt ihn - vielleicht auch noch über Maria als Vermittlerin - gnädig. Und Schutzengel gibt es auch. Noch Mitte der achtziger Jahre hat ein Erzbischof die Kernenergie einschränkungslos begrüßt. Von Risiken war da kaum die Rede. Auch wer an Horoskope glaubt, hat mit Risiken nichts im Sinn. All diese Leute wiegen sich in *gefährlicher Sicherheit*, wie Felix von Cube es nennt.

Der Glaube an die Vorbestimmung und an die Macht der Beschwörung, das *magische Denken* also, hilft nicht, Risiken zu meistern. Sie werden gar nicht als solche wahrgenommen.

Dennoch sind wir den Risiken des Lebens auch ohne Risikobewusstsein nicht schutzlos ausgeliefert. Angeborene oder früh erlernte Mechanismen leiten uns, das Richtige, das weniger Gefährliche zu tun. Eine grundsätzliche Fähigkeit ist die Unterscheidung in Gut und Böse, in Vorteilhaftes und Schädliches. Wir tragen die *Neigung zur Klassifizierung* und zur Kategorienbildung in uns. So schützt uns die Natur vor Risiken.

Die Neigung, scharf zu trennen und dabei auch zu übertreiben, ist biologisch verankert. Ein Beispiel aus der optische Wahrnehmung ist die rautenförmige Variante der Craik-O'Brien-Täuschung (Bild 1).

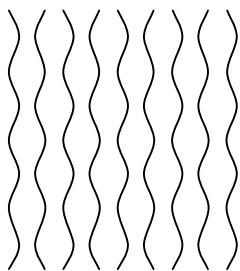


Bild 2 Lattenzaun

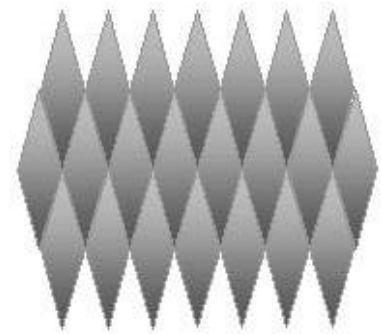


Bild 1 Die rautenförmige Variante der Craik-O'Brien-Täuschung

Tatsächlich sind alle 22 Rauten des Bildes identisch gefärbt und schattiert. Dass wir etwas anderes wahrnehmen, liegt an der *Kontrastbetonung*. Der Effekt lässt sich mit der neuronalen Verschaltung von Sinneszellen erklären.

Das Bilden von Kategorien ist kein Prozess mit eindeutigem Ergebnis. Es gibt nicht die ideale Klassifikation. Auch für die Willkürlichkeit der Klassenbildung gibt es in der optischen Wahrnehmung Belege, beispielsweise die sogenannten Kippbilder. Die geschwungenen Linien in Bild 2 werden als Lattenzaun wahrgenommen. Die Zeichnung wird nach Figur und Grund getrennt. Lässt man den Blick über das Bild schweifen,

wird man einmal konvex zulaufende und ein andermal konkav zulaufende Latten erkennen. Figur und Grund tauschen die Rollen. Das Klassifizieren ist zwingend, aber nicht eindeutig!

Die Anthropologin Mary Douglas (1986) beschreibt, wie sich Denkstile in Gesellschaften durchsetzen. Sie hält das Bilden von Kategorien auch in Gesellschaften für den elementaren Prozess.

Eine Theorie der Welt muss mit dem Trennen anfangen, nicht mit dem Messen und Abwägen, sagt sie. Für das Kind sei dieses Klassifizieren die einzige Methode, das Andere und das Selbst auseinander zu halten. Es stelle sich Fragen, die denen der militärischen Aufklärung gleichen. „Ist diese Milchquelle eine Brust oder sind es mehrere? Wie lassen sich Verbündete von den Feinden unterscheiden? Ist dies eine gute Brust oder eine böse? Ist sie für mich oder gegen mich?“ Die frühesten sozialen Interaktionen legen nach ihrer Auffassung die Basis für eine Polarisierung der Welt in Klassen.

Der elementare Klassifizierungsprozess ist nötig für den Aufbau eines stimmigen Weltbildes. Das Überleben hängt davon ab.

Klassifizierungen und Denkstile - allgemein: Muster des Zusammenlebens - sind Ergebnisse sozialer Prozesse. Wie sie entstehen und wie sie durch die Institutionen aufrecht erhalten werden, erklärt Mary Douglas mit kausalen Rückkopplungskreisen. Und sie braucht im Zuge dieser Erklärungen keine tieferliegenden Mechanismen heranzuziehen. Dass alle Beteiligten bei einem einmal gewählten Klassifikationsschema bleiben, kann schon allein daran liegen, dass jeder meint, durch Infragestellung des Systems einen gesetzlosen Zustand heraufzubeschwören. Und der könnte dann jedem schaden - auch einem selbst.

Klassifizierungen sind zufällig aber beharrlich

Klassenbildung ist zwar ein zwingend ablaufender Vorgang, aber er ist im Ergebnis nicht vorherbestimmt. Hat sich ein bestimmtes Klassifikationssystem erst einmal durchgesetzt, entwickelt es Beständigkeit. Jeder scheut den Bruch, weil die dann drohende Anomie schlimmer erscheint als das Inkaufnehmen der Nachteile des Systems. Man hält sich an den Satz: „Change is bad“.

Die Klassifizierungsmethode ist ihrem Wesen nach konservativ. Sie setzt Stabilität voraus, so dass einmal gewonnene Erfahrung sicher genutzt werden kann. Klassen brauchen Etikette, und Etikette bleiben kleben.

In vorindustrieller Zeit richtet sich die Klassifizierung von Produkten vornehmlich nach der Landkarte. Ein Erzeugnis wird nach dem Herkunftsort benannt: Blue Jeans heißen in England „Denims“, nach dem Ort, wo früher der Stoff hergestellt wurde („de Nîmes“). Wir sprechen von Brüsseler Spitze, von Meißner Porzellan und kennen die Wolle von Jersey, den Wein aus Bordeaux. In diesem System der Klassifizierung nach Ortslage spielten früher die Zünfte eine stabilisierende Rolle.

Aber es gibt Alternativen. Die amerikanische Wein-Industrie ist durch die europäische Tradition nicht belastet. Der Industrialisierungsprozess hat für den kalifornischen Wein ein eigenes Klassifizierungssystem hervorgebracht. Anders als in Europa wird der kalifornische Wein vor allem nach der Traubenart etikettiert.

Mit zunehmender Ausweitung der Handelsbeziehungen treten auch anderswo an die Stelle von Herkunftsbezeichnungen Markennamen und Bezeichnungen der angewandten Herstellungsverfahren oder der verwendeten Grundstoffe.

Für das Risikomanagement und die Sicherheitstechnik bilden Klassifizierungssysteme die Basis. In Richtlinien, Normen und in firmenspezifischen Unterlagen sind Klassifizierungsschemata

festgelegt, beispielsweise das System der *Anforderungsklassen*. Im Rahmen eines organisierten sozialen Prozesses wird bestimmt, welchem Risikobereich beispielsweise eine neu zu entwickelnde Schutzeinrichtung zuzuordnen ist. Aus dieser Klassenzuordnung ergeben sich dann die zu ergreifenden technischen und organisatorischen Maßnahmen (DIN V 19 250, DIN V 19 251).

Wenn ein Unfall passiert ist, wird man im Nachhinein immer wieder darauf stoßen, dass im Zuge der Klassifizierung etwas schief gelaufen ist. Gut dokumentiert sind das Challenger-Unglück und der missglückte Jungfernflug der Ariane 5. Im Fall Challenger war es ein Paar Dichtungsringe, das als wirksame Redundanz eingestuft war. Diese Einstufung wurde wohl irgendwann zurückgenommen, sie blieb aber in den Köpfen der beteiligten Ingenieure und Manager nach wie vor wirksam. Das führte neben anderem zu der verhängnisvollen Startfreigabe.

Das fehlerauslösende Software-Modul der Ariane 5 war Bestandteil eines Gerätes, das aus zwei hard- und softwaremäßig identischen Subsystemen besteht. Das Redundanzkonzept sollte die Erkennung von Fehlern ermöglichen. Das funktioniert bei Hardware sehr gut. Aber gegen Softwarefehler ist diese Strategie wirkungslos. Das in der Sicherheitskultur des Unternehmens übliche Zusammenfassen von Hardware-Fehlern und Software-Fehlern zu einer Fehlerklasse ist eine der Ursachen, die zum Unglück beigetragen haben (Grams, 2001).

Risikobewusstsein ist eine moderne Errungenschaft

Die Daseinsbewältigung durch Klassenbildung ist elementar und unverzichtbar. Aber sie ist dem Wesen nach statisch und fortschrittschwendend. Wer auf dieser Stufe stehen bleibt, dessen Verhalten ist auf Beharren angelegt, also konservativ. Mit einem schnellen Wandel der gesellschaftlichen Bedingungen und der Umwelt kommt er nicht gut zurecht.

In der Renaissance entsteht - mit dem aufblühenden Handel - der Wunsch, die Zukunft zu kontrollieren. Etwa um 1661 taucht der Risikobegriff auf und wird zur Orientierungshilfe in der turbulenten Welt. Gleichzeitig erhält der Wahrscheinlichkeitsbegriff sein mathematisches Fundament.

In einer wegweisenden Veröffentlichung des von Blaise Pascal unterstützten Port-Royal-Klosters von 1662 findet sich der Satz: Die Angst vor einem Schaden sollte nicht nur proportional zur Größe des Schadens, sondern auch zur Wahrscheinlichkeit des Ereignisses sein (Bernstein, 1996). Damit ist der moderne Risikobegriff in der Welt: *Risiko* quantifiziert die Angst vor einem möglichen Schaden und es wird definiert als *Schadenserwartungswert*.

Handlungsalternativen lassen sich nun gegeneinander abwägen. Das einzige, was man noch braucht, sind verlässliche Statistiken über die in Rechnung zu stellenden Ereignisse und über die dabei anfallenden Schäden. Der Rest ist Kalkül.

Lloyd's Coffee House in London wird ab 1687 zum Handelsplatz einer neuen Ware, nämlich *Versicherungen gegen Risiken* - in diesem Fall gegen die Risiken der Seefahrt. Dort laufen zu dieser Zeit auch die Nachrichten aus aller Welt zusammen und werden in „Lloyd's List“ erfasst. Dazu gehören insbesondere auch Berichte über Seeunfälle und Schiffsuntergänge.

Ganz im Sinne der aufblühenden Wissenschaft dient der neue Risikobegriff der Vergegenwärtigung der Zukunft. Er ist eine Hervorbringung der Moderne.

Das Beibehalten des Bewährten ist nicht länger einziges Erfolgsrezept. Jetzt tritt die Möglichkeit einer rationalen *Entscheidung bei Risiko* hinzu. Wir können Entscheidungsalternativen gegeneinander abwägen und diejenige wählen, mit der das geringste Risiko verbunden ist. Mit der Einführung des Risikobegriffs entsteht ein neuer Denkstil. Man kann ihn als *Risikooptimierung* bezeichnen.

Die Klassifizierung wird durch die Risikobewertung nicht ersetzt oder verdrängt. Das Klassifizieren und das Zuteilen von Etiketten und Namen bilden die Basis. So wird erst einmal geklärt, wovon die Rede ist. Das Klassifizieren läuft als sozialer Prozess ab: Die Gesprächsteilnehmer einigen sich sozusagen auf Alphabet und Grundwortschatz. Danach geht es an das Bewerten und Abwägen.

Beide Sichtweisen - das Klassifizieren und das Bewerten - gehören zum heutige Risikomanagement. Es sind zwei grundlegende Arten, die Welt zu ordnen (Tabelle 1). Ihnen entspringt - in hilfreicher Vereinfachung und mit Kontrastbetonung gesagt - das konservative und das progressive Verhalten. Beide brauchen das jeweils andere als Korrektiv.

Tabelle 1 Gegenüberstellung der Sichtweisen auf das Risiko

| <i>Klassifizierung</i> | <i>Risikobewertung</i> |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| Statisch | Dynamisch |
| Konservativ | Progressiv |
| Deterministisch | Stochastisch |
| Ergebnis eines sozialen Prozesses | Analyseergebnis |
| Ermessensabhängig | Objektiv |
| Erfahrungsspeicher | Vergegenwärtigung der Zukunft |
| Qualitativ | Quantitativ |

Subjektive Risikobewertung ist rational

In seiner ursprünglichen Fassung war der Risikobegriff nur auf objektiv erfassbare Schäden anwendbar. Und das ist gewiss nicht ausreichend. Wer sich allein auf das objektive Risiko als Maß beschränkt, wird sich in logische Widersprüche verwickeln.

Persönliche Präferenzen werden durch den mathematischen Erwartungswert eines objektiven Nutzens oder Schadens nicht ausreichend erfasst. Dazu ein Beispiel: Ein Spielkasino bietet jedem Besucher die einmalige Chance, für einen Einsatz von 1000 € an einem Spiel teilzunehmen. Die Regeln des Spiels sind einfach: Hat der Spieler seinen Einsatz entrichtet, wird ein Würfel geworfen. Zeigt dieser eine Sechs, erhält der betreffende Spieler seinen Einsatz zurück und 6000 € oben drauf. Andernfalls hat er den Einsatz verloren.

Jedem Besucher sind rasch die Gewinnaussichten klar: Mit der Wahrscheinlichkeit von 1/6 sind 6000 € zu gewinnen und mit der Wahrscheinlichkeit 5/6 sind 1000 € verloren. Könnte man dieses Spiel beliebig oft wiederholen, ergäbe sich ein mittlerer Gewinn von etwa 167 € je Spiel. Für den Besucher ist das ein gutes, für das Spielkasino ein schlechtes Geschäft. Trotzdem nimmt kaum einer der Besucher das Angebot an. Das scheint paradox zu sein.

Ist es aber nicht, wie Daniel Bernoulli gezeigt hat: Er hat so um 1783 die subjektive Nutzenfunktion u eingeführt, also eine Funktion, die den subjektiven Nutzen in Abhängigkeit vom objektiven Nutzen erfasst: subjektiver Nutzen = $u(\text{objektiver Nutzen})$. Die im obigen Beispiel deutlich werdende Risikoaversion entspricht einer konkaven Nutzenfunktion.

Für Schäden lässt sich dementsprechend eine Schadensfunktion definieren. Auch sie ist meistens konkav: Eine objektive Verdopplung eines Schadens wird subjektiv nicht als Verdopplung empfunden, sondern geringer bewertet. Auch hierzu ein Beispiel: Der Überholvorgang wird gewagt, obwohl damit das hohe Risiko eines schweren Unfalls verbunden ist. Der Verzicht auf das Überholen bedeutet demgegenüber einen geringfügigen Zeitverlust.

In den beiden Beispielen kommt das allgemeine psychologische Prinzip der „Überbewertung der Gewissheit“ zum Ausdruck (Kahneman, Tversky, 1979). Volkstümlich ausgedrückt heißt es: „Der Spatz in der Hand ist mir lieber als die Taube auf dem Dach.“

Genaugenommen ist heutige Technikbewertung *nur rational* durchführbar, wenn man sie auf der Basis des *subjektiven Risiko* durchführt: Anstelle des Erwartungswertes der objektiven Schäden dient der Erwartungswert der subjektiven Schäden als Präferenzmaßstab.

Risikotoleranz wird wesentlich durch die persönliche Lage bestimmt: Nur weil für den Durchschnittsbürger 1000 € schon einen beträchtlichen Betrag darstellen, kommt für ihn das Spiel im

Kasino nicht in Frage. Für einen Millionär sieht die Sache wieder anders aus. Risiken und Chancen des Spiels liegen für ihn im linearen Bereich der subjektiven Bewertungsfunktion.

Der Fahrer schätzt das Risiko beim Überholen durchaus anders ein als sein Beifahrer. Hersteller und Betreiber eines Kernkraftwerks werden mit den Bürgerinitiativen nicht über die Risikobewertung einig. Je nach Standpunkt ist die subjektive Schadensfunktion konkav oder konvex. Dementsprechend ist die Risikowahrnehmung durch *Risikofreude* oder *Risikoaversion* geprägt. Untersuchungen haben ergeben, dass die Risikowahrnehmung wesentlich durch

- die Bekanntheit einer Gefahr,
- die Freiwilligkeit im Eingehen eines Risikos und
- die Beeinflussbarkeit des Risikos

bestimmt wird.

Wer die subjektive Komponente in der Risikobewertung vernachlässigt, handelt irrational. Insgesamt ist festzustellen: Risiko ist interdisziplinär. Die verschiedenen Fachgebiete haben wesentliches beizutragen. Die Ingenieurwissenschaften können noch viel von den Erkenntnissen der Psychologen und Soziologen profitieren (Grams, 2001).

Keine Antwort auf die Frage „Wie sicher ist sicher genug?“

Zu den Aufgaben des Staates gehört der Schutz der Öffentlichkeit vor Gefahren. Er setzt den rechtlichen Rahmen und legt die Schutzziele fest. Eine allgemeine Regelung betrifft die Schadenersatzpflicht. Sie ist im § 823, Abs. 1 BGB festgelegt.

Welche Möglichkeiten hat er darüber hinaus? Im Zuge des Aufbaus der Kernenergiewirtschaft wurde ein Ansatz diskutiert, den Chauncey Starr in seinem einflussreichen Aufsatz von 1969 vertreten hat. Er fragt, welchen Preis unsere Gesellschaft bereit sei, für die Sicherheit zu bezahlen. Dazu stellt er die Risiken, die freiwillig von den Menschen übernommen werden, denjenigen gegenüber, die ihnen aufgezwungen werden.

Das Konzept von Starr zieht als Maßzahl das objektive Risiko heran. Die subjektive Komponente wird dadurch berücksichtigt, dass die akzeptierten Risiken je nach Standpunkt variieren. Er stellt fest, dass wir uns ungern das antun lassen, was wir ohne zu Zögern uns selbst zumuten. Diese Variation des akzeptierten Risikos wird für Starr durch den Faktor 1000 abgedeckt.

Er kommt daraufhin zum Schluss, dass die Gesellschaft sehr wohl eine Antwort auf die Frage „Wie sicher ist sicher genug?“ finden kann.

Nach diesem Konzept kann sich die Gesellschaft für eine bestimmte Technik auf einen Wert für das *Grenzrisiko* - das ist das größte gerade noch akzeptable Risiko - verständigen. Damit wird entscheidbar, ob eine Anlage sicher ist oder nicht: Ergibt die Risikoanalyse, dass das Grenzrisiko nicht überschritten wird, ist *Sicherheit* gegeben, andernfalls *Gefahr*.

Selbstverständlich setzt eine Risikoanalyse eine Klassifizierung von Schäden und Ereignissen voraus. Aber über den Begriff des Grenzrisikos wird eine Klassifizierung - die Unterscheidung nach Sicherheit und Gefahr - auf höherer Ebene angestrebt. Wir haben es also mit einer Folge von Betrachtungsweisen zu tun: Klassifizierung → Quantifizierung → Klassifizierung. Es ist sofort einsehbar, dass mit der zweiten Klassifizierungsstufe die Optimierung wieder aus dem Blickfeld gerät. So fängt man sich auf hoher Ebene die Unbeweglichkeit der Klassifizierung wieder ein.

Wir wollen den Denkstil, der hinter Starrs Konzept steht, als *Risikobegrenzung* bezeichnen. Er tritt an die Stelle des Denkstils der Risikooptimierung.

Starrs Konzept hat sich nicht durchgesetzt. Es scheiterte bereits am Versuch, das akzeptable Risiko einer Technik in einem gesellschaftlichen Meinungsbildungsprozess allgemeinverbindlich festzulegen. Einen gesellschaftlichen Konsens über das Grenzkrisiko gibt es für keine der Großtechniken.

Für die Unmöglichkeit einer allgemeinverbindlichen Antwort auf die Frage „Wie sicher ist sicher genug?“ gibt es vor allem zwei Gründe:

1. Die Subjektivität der Risikobewertung wird durch Starrs Risikogrenze nicht adäquat berücksichtigt. Das Konzept von Starr, das auch heute noch von Ingenieuren vertreten wird, bleibt weit hinter dem zurück, was Daniel Bernoulli vor über zweihundert Jahren dazu gesagt hat. Und seither ist dem einiges hinzugefügt worden (von Neumann/Morgenstern, 1944; Kahneman/Tversky, 1979).
2. Unterschiede in der Risikobewertung werden durch Gruppenbildung und das Entstehen von sich voneinander abgrenzenden *Sicherheitskulturen* noch verstärkt. Für die eine Gruppe ist das Risiko tragbar, solange nicht das Gegenteil bewiesen ist, und für die andere kann es nie genug Sicherheit geben (Douglas/Wildavsky, 1982).

Es ist gut, wenn man angesichts der Konflikte und ihrer Ursachen ruhig bleibt und mit Konrad Adenauer feststellt: „Man muss die Menschen nehmen wie sie sind, andere gibt's nicht.“

Risikooptimierung - ein praktikabler Ansatz

Dem Konflikt der Risikokulturen muss der Staat Rechnung tragen. Und das tut er nicht durch die Vorgabe eines Grenzkrisikos. Sondern er legt Rahmenbedingungen fest, so dass die beteiligten Institutionen dazu gebracht werden, die Risiken zu minimieren. Der Denkstil der Risikobegrenzung (nach Starr) wird zugunsten des Denkstils der Moderne, dem der Risikooptimierung aufgegeben.

Gibt es einen Grundkonsens, eine Technik überhaupt zu machen, heißt es nun nicht: der Hersteller oder Betreiber darf bis zu diesem oder jenem Risiko gehen. Stattdessen wird die Festlegung des tatsächlichen Risikos dynamisiert, indem man die Entscheidungen den wissenschaftlichen, normgebenden und rechtlichen Institutionen zur fortwährenden Aktualisierung übergibt. Die zu erbringende Sicherheit wird abhängig gemacht vom technisch Machbaren oder gar vom wissenschaftlich erwiesenen Möglichen.

Beispielsweise macht das Gerätesicherheitsgesetz das Inverkehrbringen technischer Arbeitsmittel von der Einhaltung der *allgemein anerkannten Regeln der Technik* abhängig. Und es sind hauptsächlich die technischen Normen und Richtlinien, die diese Regeln der allgemeinen Öffentlichkeit zugänglich machen.

Strengere Vorschriften enthält das Bundes-Immissionsschutz-Gesetz. Die darunter fallenden Anlagen sind *genehmigungspflichtig*, wobei für die Beurteilung der *Stand der Technik* zu Grunde gelegt wird. Dieser bezieht sich auf die Front der technischen Entwicklung und die kann strittig sein.

Das Atomgesetz legt die Messlatte der Anforderungen noch höher. Hier wird der *Stand von Wissenschaft und Technik* verbindlich gemacht. Gegen Schäden ist die Vorsorge zu treffen, die nach den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen für erforderlich gehalten wird. Lässt sich das Erforderliche technisch noch nicht verwirklichen, wird die Genehmigung versagt.

In Normen und Standards taucht das Prinzip der Risikooptimierung ebenfalls auf. Dort firmiert es unter klangvollen Namen wie ALARA (As Low As Reasonably Achievable) oder ALARP (As Low As Reasonably Practicable). Dahinter steckt die Forderung, jedes neue Risiko so weit zu reduzieren, wie der damit verbunden Aufwand noch als vernünftig erscheint.

Der Übergang von der Risikobegrenzung zur Risikooptimierung hat eine weitreichende praktische Konsequenz: Nach wie vor sind Risikoanalysen erforderlich. Sie sind für den *Vergleich technischer Lösungen* nötig, um herauszufinden, welche Lösung die mit dem geringeren Risiko ist.

Risikovergleiche lassen sich mit hoher Aussagekraft durchführen, jedenfalls viel eher als Risikoanalysen mit dem Ziel der Bestimmung von absoluten - für sich selbst stehenden - Risikowerten. Die Ungenauigkeit des Datenmaterials schlägt auf die *Differenzen von Risikowerten* der miteinander zu vergleichenden Anlagen im Allgemeinen viel weniger durch als auf die reinen Risikowerte der jeweils für sich allein betrachteten Anlagen. Bei der Differenzbildung hebt sich ein Großteil der Fehler wieder auf. Das ist genau der Trick, der in der stochastischen Simulation unter dem Stichwort „gemeinsame Zufallszahlen“ bekannt ist und dort der *Varianzreduktion* dient.

Hier ist noch eine Bemerkung zu machen bezüglich des „Grundkonsenses, eine riskante Technik überhaupt zu machen“. Dem Markttreiben und den technischen Entscheidungsprozessen geht ein politisch-administrativer Entscheidungsprozess voraus. Er legt fest, ob und unter welchen rechtlichen Rahmenbedingungen eine Technik überhaupt gemacht und wie die Risikooptimierung in Kraft gesetzt werden kann.

Im Rahmen dieses Entscheidungsprozesses - und keinesfalls ihm vorgelagert - sind natürlich auch Grenzkrisen zu diskutieren, und zwar im Sinne von *tolerierbaren Risiken*. Dabei bezieht sich „tolerierbar“ auf die Bereitschaft der Gesamtgesellschaft, diese Risiken in Kauf zu nehmen, um sich dadurch die damit verbundenen Vorteile für die soziale Wohlfahrt zu sichern. (Demgegenüber besagt „akzeptiertes Risiko“ wohl mehr, nämlich dass sich kein Mensch mit Verstand der Inkaufnahme dieses Risikos widersetzen kann.)

Die Regierung Großbritanniens hat die Administration der Arbeitssicherheit in der Health & Safety Executive (HSE) konzentriert. Diese Organisation hat die Leitlinien, denen sie bei ihren Entscheidungen unter Risiko folgt, einer öffentlichen Diskussion zugänglich gemacht (HSE, 2001).

Der in den Leitlinien abgesteckte Rahmen der *tolerierbaren Risiken* ist nicht starr, und er beschränkt sich auch nicht auf die Berücksichtigung nur einer einzigen Kennzahl für das Risiko. Risikokennzahlen, wie beispielsweise das individuelle jährliche Todesfallrisiko in Bild 3, dienen zwar der ersten Orientierung, aber eine Entscheidung unter Risiko hängt letztlich vom politischen Prozess, von den konkreten Verhandlungen mit den Betroffenen, und von der Praktikabilität der möglichen Lösungen ab. Und im Laufe dieses Prozesses werden Präferenzen und Wertvorstellungen auf sehr unterschiedliche Art und Weise kommuniziert.

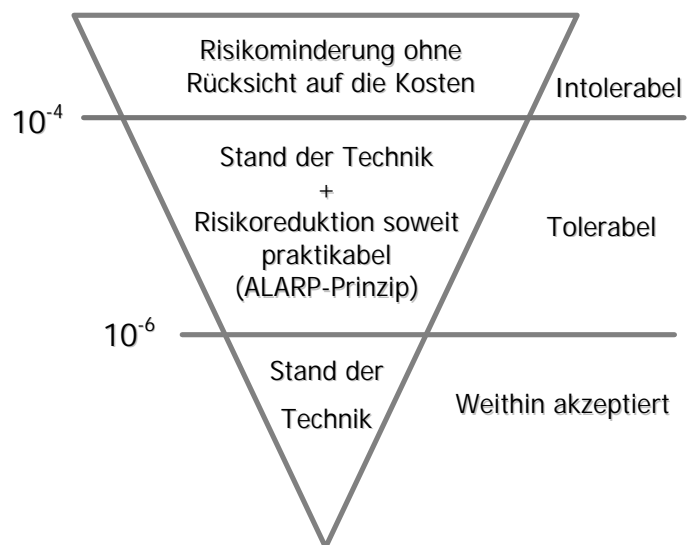


Bild 3 Orientierungsrahmen der tolerierbaren Risiken. Zahlenangaben: individuelles jährliches Todesfallrisiko. Quelle: HSE

Ein lehrreicher Disput im „Vorfeld der Normung“

Das Vorfeld der Normung ist der Ort, wo sich die Kämpfe abspielen. Einen lehrreichen und beispielhaften Disput von vor etwa zehn Jahren will ich einmal aus dem Gedächtnis nachstellen. In ihm treffen die beiden eben beschriebenen Denkstile Risikobegrenzung und Risikooptimierung aufeinander.

Die Situation: Eine Richtlinie über sicherheitstechnische Begriffe steht kurz vor der Vollendung. Der zu verabschiedende Entwurf liegt vor¹. Da gerade eine Norm über Begriffe der Sicherheitstechnik² erschienen ist, kommen unerwartet ganz grundlegende Einwände. Hier ist der fiktive Dialog zwischen dem Kritiker (K) und dem Verteidiger (V) des Entwurfs. Der Kritiker stellt fest, dass der Sicherheitsbegriff des Richtlinienentwurfs nicht mit dem Sicherheitsbegriff der Norm übereinstimmt.

K: Im vorliegenden Entwurf der Richtlinie ist vom „sicherheitsbezogenen Fehler“ die Rede. Es fehlt der Hinweis darauf, inwieweit ein *Ermessensentscheid* einzubeziehen ist.

V: Was verstehen Sie unter einem Ermessensentscheid?

K: Es geht um das maximal *vertretbare Risiko* oder *Grenzrisiko*. Wenn - wie hier - von einem sicherheitsbezogenen Fehler die Rede ist, muss geklärt sein, inwieweit das Grenzrisiko überschritten wird. Und die Festlegung des Grenzrisikos geschieht in einem Ermessensentscheid.

V: Ein sicherheitsbezogener Fehler ist definiert als „Nichterfüllung der Sicherheitsspezifikation“. Da spielen allein sicherheitstechnische Festlegungen eine Rolle. Von vertretbarem Risiko ist nicht die Rede. Nehmen wir als Beispiel eine Steuerungselektronik. In den sicherheitstechnischen Festlegungen für dieses Produkt steht, dass im Fehlerfall die Steuerung ausgangsseitig spannungslos sein soll. Der spannungslose Zustand wird als *sicher* klassifiziert. Das ist eine Festsetzung. Auf dieser Ebene ist ein Ermessensentscheid nicht beteiligt.

K: Das sollte aber so sein. Der „sicherheitsbezogene Fehler“ beinhaltet den Sicherheitsbegriff. Und *Sicherheit* ist definiert als Sachlage, bei der das Risiko nicht größer als das *Grenzrisiko* ist. Auf das Grenzrisiko ist Bezug zu nehmen.

V: Woher soll der Hersteller der Steuerung wissen, wie groß das Grenzrisiko für sein Gerät ist?

K: Die Vertretbarkeitsaussage zum Grenzrisiko wird für die Gesamtanlage gemacht. Das ist der von mir angesprochene Ermessensentscheid.

V: Der Hersteller weiß nicht, in welchen Anlagen seine Steuerung eingesetzt wird. Er kennt weder das Grenzrisiko der Anlagen, noch weiß er, welche Risikobeiträge die von ihm produzierten Komponenten leisten. Dem Hersteller hilft die Bezugnahme auf ein Grenzrisiko nicht weiter. Für ihn ist die Klassifizierung der Ausfallzustände eine Festsetzung, in die Erfahrungen der Vergangenheit eingehen und die sich auf dem Markt zu bewähren hat.

K: Klassifikation des Herstellers hin oder her. Es ist nicht vertretbar, in einer Richtlinie in dieser Form von den deutschen Normen und von internationalen Übereinkommen abzuweichen und den Sicherheitsbegriff anders zu verwenden als dort.

V: Aber keine Norm wird verhindern können, dass der Hersteller in seinen Unterlagen den von ihm als sicher klassifizierten und mittels Systementscheid so bestimmten Zustand auch tatsächlich als „sicher“ bezeichnet, selbst wenn ihm eine Vertretbarkeitsaussage in dem von Ihnen angesprochenen Sinn gar nicht möglich ist.

¹ Die Richtlinie ist im Oktober 2000 als VDI/VDE 3542, Blatt 4, erschienen.

² DIN VDE 31000/2 vom Dezember 1987

K: Die Komponente geht aber in das Risiko der Gesamtanlage ein.

V: Ja, aber die Risikoanalyse ist Sache des Anlagenbauers. Er muss unter Anderem dafür sorgen, dass unter Ausnutzung der eingebauten und nachgewiesenen Sicherheitsmerkmale der Steuerung die Gesamtanlage auch tatsächlich *sicher* im Sinne des Grenzkrisikos ist.

Offensichtlich missversteht man sich gründlich. Und die Ursache des Aneinandervorbeiredens ist, dass zwei verschiedene Bedeutungen des Begriffs „Sicherheit“ im Spiel sind. Der Streit geht in der Wurzel um die Frage: Darf man einen einmal definierten Begriff nur in einer einzigen Bedeutung verwenden oder sind Bedeutungsvarianten zulässig? Und wenn ja: welche?

Schauen wir uns die wichtigsten Bedeutungsvarianten des Begriffs Sicherheit an.

Sicherheit₁: Ein Produkt gilt als sicher, wenn es die Sicherheitsspezifikation erfüllt, wenn es also beispielsweise im Fehlerfall einen *als sicher spezifizierten Zustand* annimmt. Der Begriff Sicherheit₁ hat grundsätzlich qualitativen Charakter und er entwickelt seine Bedeutung im Rahmen eines Klassifikationssystems.

Sicherheit₂: Die Sicherheit wird wie die Zuverlässigkeit mittels Kenngrößen - also grundsätzlich quantitativ - beschrieben, nur dass hier nicht die funktionale Korrektheit sondern die *sicherheitsbezogene Korrektheit* durch Wahrscheinlichkeitsaussagen bewertet wird. Beispiel für eine Aussage zur Sicherheit₂: Die mittlere Zeit bis zu einer Verletzung der Sicherheitsspezifikation beträgt 10⁶ Jahre.

Sicherheit₃: Der Sicherheitsbegriff basiert auf einer Risikoanalyse der Gesamtanlage. Es gehen also sämtliche Komponenten, die Umwelt und die Betriebsbedingungen sowie die möglichen Schäden in die Analyse ein. Für dieses Risiko wird dann bestimmt, ob es unterhalb eines gewissen, durch Gesellschaft bestimmten, Grenzkrisikos liegt oder nicht. Im ersten Fall ist die Anlage sicher, im zweiten nicht.

Wir haben es im Fall der Sicherheit₃ - auch wenn die Norm das Gegenteil beteuert - mit einer auf quantitativer Grundlage beruhenden qualitativen Aussage zu tun. Sicherheit₃ ist nicht praktikabel. Bereits zum Grenzkrisiko wird man keine Aussage bekommen, und damit ist Sicherheit₃ nicht bestimmbar. Man weiß einfach nicht, ob Sicherheit₃ vorliegt oder nicht.

Der Begriff Sicherheit₃ ist der Versuch, Chauncey Starrs Konzept der Risikobegrenzung über die Zeit zu retten. Dabei wird der ursprüngliche Ansatz auch noch verwässert bis zur Bedeutungslosigkeit³. Die dritte Bedeutungsvariante wird wohl verschwinden - hoffentlich so rechtzeitig, dass sie nicht noch mehr Verwirrung stiften kann.

Demgegenüber sind die beiden anderen Bedeutungsvarianten sehr vital: In der ersten Bedeutungsvariante stellt „Sicherheit“ eine prägnante und anschauliche Abgrenzung im Zuge der Klassifizierung dar. Diese Möglichkeit der Etikettierung wird sich der Ingenieur nicht nehmen lassen. Das Klassifizieren ist nun einmal ein Grundmechanismus. Er arbeitet mit anschaulichen Begriffen und Analogien.

³ Man führe sich nur einmal die Widersprüche vor Augen, die im Text der Norm stehen. Die schon nicht sehr präzise und wenig weitreichende Aussage „Risiko ... wird als Wahrscheinlichkeitsaussage beschrieben“ wird in der Anmerkung schon wieder völlig vernichtet: „Das Risiko (R) wird im allgemeinen nicht quantitativ erfasst“. Anders als die Norm unterstellt, wird Risiko heute als ein wesentlich quantitatives Konzept gesehen. Die wegweisende Arbeit von John von Neumann und Oskar Morgenstern (1944) zeigt Bedingungen der Quantifizierung von Entscheidungspräferenzen auf. Beobachtungen wie das Paradoxon von Condorcet rücken zwar Grenzen des Konzepts ins Blickfeld. Doch hilft es uns nicht weiter, wenn wir „das Kind mit dem Bade ausschütten“. Ein präziser Begriff mit bekannten Gültigkeitsgrenzen ist allemal besser als ein universeller und dafür inhaltsleerer.

(Zum Paradoxon von Condorcet: <http://www.fh-fulda.de/~grams/DecisionsUnderRisk/Risk.html>)

Und in der zweiten Bedeutungsvariante wird „Sicherheit“ auf die nächst höhere Begriffsebene gehoben: Technische Lösungen werden hinsichtlich ihrer Sicherheit quantifizierbar. Sicherheit in diesem Sinne ist erfassbar durch Kenngrößen, die in das Risiko einer Gesamtanlage eingehen. Sicherheit wird so zu einem Begriff im Rahmen des Denkstils Risikooptimierung.

Das neue Konzept der Europäischen Gemeinschaft

Das von der Europäischen Gemeinschaft 1985 festgelegte *neue Konzept* dient der technischen Harmonisierung auf Gemeinschaftsebene und hat zum Ziel, Beschränkungen des freien Warenverkehrs zu vermeiden. Gegenüber dem früher verfolgten Ansatz, hoch technische Rechtsvorschriften für einzelne Produktkategorien zu beschließen, beschränkt sich das neue Konzept auf die Festlegung und Durchsetzung der *allgemeinen wesentlichen Anforderungen*.

Das *neue Konzept* folgt dem Denkstil der Risikooptimierung.

Die Mitgliedstaaten haben zu gewährleisten, dass nur Produkte in den Verkehr gebracht werden, die bei bestimmungsgemäßer Benutzung keine Gefahr für die Gesundheit von Personen oder bestimmte öffentliche Interessen darstellen. Umgekehrt dürfen die Staaten nicht durch strengere Maßnahmen den freien Warenverkehr behindern. Stehen nationale Rechtsvorschriften im Widerspruch zu Richtlinien des neuen Konzepts, sind diese aufzuheben.

Die allgemeinen wesentlichen Anforderungen betreffen also die Sicherheit der Produkte. Die Anforderungen werden für die einzelnen Produktklassen in den Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft festgelegt. Die Richtlinien verzichten auf detaillierte Herstellungsbeschreibungen.

Für die Einhaltung der anwendbaren und nach dem neuen Konzept verfassten Richtlinien ist der Hersteller zunächst einmal selbst verantwortlich. Er ist es auch, der

- Risikoanalysen durchführt und dokumentiert,
- eine Konformitätserklärung ausstellt und den Aufsichtsbehörden auf Anforderung zur Verfügung stellt und
- die Konformität mit den anwendbaren EG-Richtlinien mittels CE-Kennzeichnung bescheinigt, falls dies in den Richtlinien vorgesehen ist (EG-Konformitäts-Selbstkennzeichnung durch den Hersteller).

In den Richtlinien kann festgehalten sein, dass er sich für die Konformitätsbewertung einer *benannten Stelle* bedienen muss, die er aus den bei der EG notifizierten Stellen frei wählen kann.

Für die Kompetenz der benannten Stellen ist der jeweilige Mitgliedstaat gegenüber der EG verantwortlich. Der Staat kann bei der Bewertung einer um Benennung nachsuchenden Stelle auf ein Akkreditierungsverfahren zurückgreifen. Der Staat benennt und notifiziert die Stelle gegenüber der Europäischen Kommission (Bild 4). Die Kommission veröffentlicht eine Liste der notifizierten Stellen. In Deutschland fungieren typischerweise die Technischen Überwachungsvereine und weitere Prüf- und Zertifizierungsorganisationen als benannte Stellen.

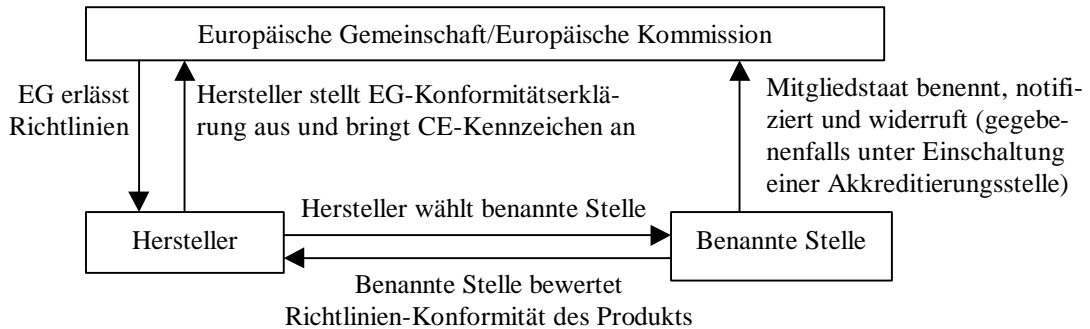


Bild 4 Neues Konzept der EG: Beteiligte Stellen und deren Aktivitäten

Die Richtlinien sind nur so viel wert, so weit die Kontrolle reicht. Das neue Konzept arbeitet mit den folgenden Kontrollmechanismen. Sie sind im Einklang mit dem Denkstil der Risikooptimierung.

- Über allem steht die *Produkthaftung*. Sie ist in der EG-Richtlinie über die Haftung für fehlerhafte Produkte festgelegt (85/374/EWG). Als fehlerhaft wird ein Produkt angesehen, wenn es nicht die Sicherheit bietet, die man zu erwarten berechtigt ist. Die Richtlinie beruht auf dem Grundsatz der verschuldensunabhängigen Haftung. Der Geschädigte braucht dem Hersteller also keine Fahrlässigkeit nachzuweisen. Zur Abwehr des Haftungsanspruchs muss der Hersteller nachweisen, dass ein vorhandener und ihm zuordenbarer Fehler nach dem *Stand der Wissenschaft und Technik* zu dem Zeitpunkt, als das Produkt in den Verkehr gebracht wurde, nicht erkannt werden konnte.
- *Marktaufsicht* durch nationale Aufsichtsbehörden: Jeder Mitgliedstaat ist verpflichtet, zu kontrollieren, ob die in Verkehr gebrachten Produkte zum Zeitpunkt des Inverkehrbringens oder Inbetriebnahme mit den anwendbaren Richtlinien übereinstimmen.
- Für marktbeschränkende nationale Maßnahmen ist ein *Schutzklauselverfahren* vorgesehen. Es ist dies ein Instrument zur Information aller nationalen Aufsichtsbehörden über gefährliche Produkte. Die Europäischen Kommission ist zu benachrichtigen, so dass diese darüber befinden kann, ob die nationalen Maßnahmen gerechtfertigt sind.

Um zu verdeutlichen, wie sich der Denkstil der Risikooptimierung in den EG-Richtlinien des neuen Konzepts manifestiert, werden einige Festlegungen der Maschinen-Richtlinie (98/37/EG) wiedergegeben.

Artikel 3 besagt, dass Maschinen und Sicherheitseinrichtungen die wesentlichen Gesundheits- und Sicherheitsanforderungen erfüllen müssen.

Die wesentlichen Anforderungen legen unter anderem fest, dass der Hersteller Risiken *vermeiden* oder *so weit wie möglich verringern* muss. Falls das nicht möglich ist, muss er die notwendigen Schutzmaßnahmen ergreifen und den Benutzer über die schließlich noch vorhandenen Risiken informieren. Für die Beurteilung, ob eine Sicherheitsmaßnahme möglich ist, wird der *Stand der Technik* (State of the Art) herangezogen.

Ergonomische Prinzipien müssen berücksichtigt werden, um Ermüdung und Stress für den Bediener *auf ein Minimum zu reduzieren*.

Insgesamt gilt: Das neue Konzept versucht nirgends ein Grenzzisiko ein für allemal zu definieren. Das Risiko wird sozusagen dynamisiert. Das wissenschaftlich und technisch Mögliche bildet den Maßstab. Die Richtlinien des neuen Konzepts legen die wesentlichen organisatorischen

Strukturen fest, mit denen diese fortwährende Risikooptimierung kontrolliert und gesteuert wird.

Literaturhinweise

- Bernstein, P. L.: *Against the Gods. The remarkable story of risk.* Wiley, New York 1996
- Douglas, M.: *How Institutions Think.* Syracuse University Press, Syracuse, New York 1986
- Douglas, M.; Wildavsky, A.: *Risk and Culture.* University of California Press, Berkeley, Los Angeles 1982
- Grams, T.: *Grundlagen des Qualitäts- und Risikomanagements. Zuverlässigkeit, Sicherheit, Bedienbarkeit.* Vieweg Praxiswissen, Braunschweig, Wiesbaden 2001
- Kahneman, D.; Tversky, A.: *Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk.* *Econometrica*, 47 (March, 1979) 2, 263-291
- Neumann, J. v.; Morgenstern, O.: *Theory of Games and Economic Behavior.* Princeton University Press, Chichester 1944
- Starr, C.: *Social Benefit versus Technological Risk. What is our Society willing to pay for safety?* *Science* 165 (September 1969) 19, S. 1232-1238. Deutsche Übersetzung in Gotthard Bechmann (Hrsg.): *Risiko und Gesellschaft. Grundlagen und Ergebnisse der interdisziplinären Risikoforschung.* Westdeutscher Verlag, Opladen 1993, S. 3-24

Normen und Richtlinien

- DIN V 19 250 (Mai 1994): *Leittechnik. Grundlegende Sicherheitsbetrachtungen für MSR-Schutzeinrichtungen.*
- DIN V 19 251, Februar 1995: *Leittechnik MSR-Schutzeinrichtungen. Anforderungen und Maßnahmen zur gesicherten Funktion.*
- DIN VDE 31000/2, Dezember 1987: *Allgemeine Leitsätze für das sicherheitsgerechte Gestalten technischer Erzeugnisse. Begriffe der Sicherheitstechnik. Grundbegriffe.* (Vorläufer: DIN 31004 vom November 1984)
- Europäische Gemeinschaft: *Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Maschinen (98/37/EG)*
- Europäische Kommission: *Leitfaden für die Umsetzung der nach dem neuen Konzept und dem Gesamtkonzept verfaßten Richtlinien.* Europäische Gemeinschaft, 2000
- HSE (2001): *Reducing risks, protecting people. HSE's decision-making process* (HSE WebSite www.hse.gov.uk)
- VDI/VDE-Richtlinie 3542. Blatt 4 (Oktober 2000): *Sicherheitstechnische Begriffe für Automatisierungssysteme. Zuverlässigkeit und Sicherheit komplexer Systeme (Begriffe)*

Anschriften

Autoren und Vortragende

Prof. Dr. Adolf Birkhofer
Technische Universität München
Lehrstuhl für Reaktordynamik und Reaktorsicherheit
Walther-Meissner-Str. 2
85748 Garching

Prof. Dr. Klaus P. Japp
Universität Bielefeld
Fakultät für Soziologie
Postfach 10 01 31
33501 Bielefeld

Prof. Dr. Ortwin Renn
Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg
Leiter des Bereichs "Technik, Gesellschaft, Umweltökonomie"
Industriestraße 5
70565 Stuttgart

Tagungsleitung

Prof. Dr. Timm Grams
Prof. Dr. Klaus Fricke-Neudert
Prof. Dr. Ulrich Rausch
Fachhochschule Fulda
Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik
Marquardstraße 35
36039 Fulda