

KfK 5152
März 1993

Risiko-Technik- Technisches Handeln (eine Bestandsaufnahme)

G. Banse
Abteilung für Angewandte Systemanalyse

Kernforschungszentrum Karlsruhe

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Abteilung für Angewandte Systemanalyse

KfK 5152

RISIKO - TECHNIK - TECHNISCHES HANDELN

(eine Bestandsaufnahme)

Gerhard Banse (Berlin)

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Als Manuskript gedruckt
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
Postfach 3640, 76021 Karlsruhe

ISSN 0303-4003

Risiko - Technik - technisches Handeln (eine Bestandsaufnahme)

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wird eine Systematisierung, differenzierte Darstellung und erste Wertung des in der Risiko-Forschung Erreichten aus technikphilosophischer Sicht vorgenommen. Die Analyse konzentriert sich auf fachübergreifende deutschsprachige Literatur. Ausgehend von einer zu konstatierenden Zunahme der öffentlichen und der wissenschaftlichen Beschäftigung mit Risiken der Technik werden dafür Gründe benannt, Diskussionslinien gezeigt und kontroverse Standpunkte sichtbar gemacht. Ursachen von Risiken im technischen und technikwissenschaftlichen Wissen werden verdeutlicht. Aus der in quantitativer wie qualitativer Hinsicht notwendigen Unterscheidung traditioneller technischer Risiken und neuer technischer Risiken, vor allem durch moderne (Groß-)Technologien repräsentiert, werden Überlegungen für ein mögliches Risikomanagement angestellt und Schlußfolgerungen für die Ingenieurausbildung verdeutlicht.

Risk - Technology - Technological Action (Status Report)

Abstract

The current study represents a systematic, differentiated and preliminary analysis of the achievements of risk research from the viewpoint of technology philosophy. The analysis concentrates on trans-disciplinary German language literature. It proceeds by recognizing increasing public and scientific concern about the risks of technology, provides an explanation for this, describes the lines of discussion and uncovers controversial points of view. Ideas for a possible management of risks are discussed and conclusions are drawn for the training of engineers based on the qualitatively and quantitatively required distinction between traditional and novel technological risks, in particular those linked with modern (large-scale) technology.

Vorbemerkung

Katastrophen sind selten - aber darin liegt nur wenig Grund zur Beruhigung.

(Ch. Perrow)

Risiken sind allgegenwärtig. Auch die Diskussion über sie. Vor allem über die Risiken im Zusammenhang mit der Technik, denn durch technisch instrumentiertes Handeln wurden und werden die Welt verändert, das Leben geprägt, menschliche Gestaltungsmöglichkeiten erweitert und die Zukunft präformiert. Chancen der Technik stehen dabei deren Gefahren, voraussehbaren Effekten technischen Handelns dessen nicht-intendierte Folgen gegenüber, die zumeist erst in Unfällen oder Katastrophen bewußt werden. Unbestimmtheit und Hypothesizität machen exaktes Kalkulieren zunehmend schwieriger. Handeln wie Nicht-Handeln sind risikobehaftet und selbstreferentiell. Unsicherheit, so scheint's, ist das einzige, dessen man sicher sein kann - und deshalb sind der "Laie" und der "Experte", der Politiker und der Wissenschaftler, der Jüngere und der Ältere, der Konservative und der Progressive "Auf der Suche nach der verlorenen Sicherheit" (so der Titel eines Büchleins, das mich anregte, der Risikothematik weiter nachzuspüren). Vor dem Hintergrund der Frage "Wie sicher ist sicher genug?" wird administriert und reglementiert, protestiert und demonstriert, ritualisiert und romantisiert, gesichert und versichert (in des Wortes doppelter Bedeutung), akzeptiert und nichtakzeptiert sowie debattiert und reflektiert. Letzteres dann in Amts- wie in Studierstuben, auf Konferenzen wie in Medien, wissenschaftlich wie alltäglich, theoretisch tiefschürfend wie oberflächlich bleibend, exakt argumentierend wie naiv darstellend, pauschal wertend wie um differenzierte Einsichten bemüht.

Die Gemeinsamkeit besteht dabei wohl darin, daß man erstens häufig einander nicht versteht (oder verstehen will?), denn zu vielfältig sind die Herangehens- und Darstellungsweisen, und daß zweitens vor dem Urteil bereits das Vorurteil steht, denn zu unterschiedlich sind Interessen, Erfahrungen und Erwartungen.

Dabei ist bereits viel Nachdenkenswertes, aber auch Bedenkliches geäußert worden, das zu berücksichtigen notwendig wäre. Eine Bilanz des erreichten Erkenntnisstandes als Voraussetzung für weiterführende Orientierungen und multidisziplinäre Ansätze ist deshalb vonnöten. Dies kann und will die vorliegende Arbeit nicht leisten. Wohl aber - bescheidener - eine Voraussetzung dafür schaffen, in-

dem eine Bestandsaufnahme versucht wird, eine Sammlung, Systematisierung, differenzierte Darstellung und erste vorsichtige Wertung des Erreichten. Dafür wurde der Analyserahmen auf deutschsprachige fachübergreifende Literatur zur Risikothematik beschränkt, wohl wissend, daß damit nur ein geringer Teil des Vorhandenen erfaßt wurde. Weiter einschränkend muß darauf verwiesen werden, daß die Erarbeitung durch die technikphilosophische "Brille" erfolgte, d. h. in dem Bemühen, Technik als soziales Konstrukt und technisches Handeln als soziales Handeln besser verstehen - und damit eventuell zukünftig besser gestalten - zu können.

Die vorliegende Studie versteht sich im umfassenden Sinn als Beitrag zur Risikokommunikation. Sie entstand im Ergebnis eines Forschungsaufenthaltes in der von Prof. H. Paschen geleiteten Abteilung für Angewandte Systemanalyse der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, der mir dankenswerter Weise durch eine **Förderung seitens der Fritz Thyssen Stiftung Köln** ermöglicht wurde. Für helfende Hinweise bin ich den Herren Gotthard Bechmann (Karlsruhe), Herbert Hörz (Berlin) und Alois Huning (Düsseldorf) zu Dank verpflichtet.

Gerhard Banse

Dezember 1992

Inhalt

	Seite
1. Vom Risiko der Gegenwart	1
2. Unsicherheit und Risiko in der Diskussion	4
3. Notwendige Verständigungen	27
4. Risiko und Technikentwicklung	44
5. Die "Risikoformel"	62
6. Mit Absicht ins Ungewisse?	70
7. Ursachen technischer Risiken	73
8. Risikominimierung als Anforderung an technisches Handeln	79
9. Konsequenzen für die Ingenieurausbildung	86
Anmerkungen	89

Diese Paradoxie (*Franz Böckle* spricht sinngemäß von einer "Aporie ... unter die uns der wissenschaftlich technische Fortschritt stellt" /4/), zu deren Ursachen sicherlich auch eine vorrangige Orientierung an der Logik der Kosteneffizienz gehört, wird durch den Einzelnen infolge unterschiedlicher Interessen, Bedürfnisse, Erwartungen, Hoffnungen, Befürchtungen, Erfahrungen usw. sehr wohl in differenzierter Weise als Ambivalenz (vor allem als Chancen **und** Gefahren, Vorzüge **und** Nachteile, Problemlösungsmöglichkeiten **und** Katastrophenpotentiale - z. B. als wachsender Lebensstandard, gestiegene Lebenserwartung und höhere Mobilität sowie als Ressourcenvergeudung, Umweltzerstörung und technische Bedrohung) erfahren und individuell gewertet. /5/ Derartige paradoxe Handlungsfolgen hängen auch in unterschiedlicher Weise mit korporativem und institutionellem Handeln unterschiedlicher Akteure, mit Entscheidungen unter Informationsmangel, mit nicht-intendierten Folgen u.ä. zusammen, stehen damit in engem Zusammenhang zum Risikohandeln. /6/

Das, was *Otto Veith* vor mehr als einem halben Jahrhundert in seinem Buch "Die Tragik des technischen Zeitalters" schrieb, gilt heute unverändert, auch wenn *Wolfgang Büchel* anmahnt, hierbei stärker zwischen Wirklichkeit und Möglichkeit zu unterscheiden: /7/ "Durch die Technik sind alle Dinge extremer geworden, und alle Extreme sind verstärkt - die negativen wie die positiven. Die Höhepunkte sind herrlicher geworden und die Abgründe fürchterlicher". /8/

Ein Ausweg aus dieser Situation, die mit *Hans Jonas* in einem massiven Ungleichgewicht von "technischem Wissen" - verstanden als Grundlage für Handlungen, die auf die Natur einwirken, sie verändern und entsprechend menschlichen Bedürfnissen gestalten - und "vorhersagendem Wissen" - u. a. auch hinsichtlich der Rückwirkungen dieser Eingriffe in die Natur auf Mensch und Gesellschaft! - besteht, /9/ wird vielfach in einer multifaktoriellen, an technischen und außertechnischen (neben ökonomischen vor allem sozialen, ökologischen und ethischen) Werten orientierten Technikfolgenabschätzung und Technologiebewertung gesehen. /10/

Hier ist nun die Metapher vom "Zauberstab" angebracht, vor allem, was die Erwartungen, die an dieses Konzept gebunden werden, betrifft. Angesichts einer wahren Flut von wissenschaftlichen Veranstaltungen, politischen Diskussionen, vielfältigen Publikationen und ersten Institutionalisierungen im Aus- und Inland, die der Technikbewertung fast den Status eines Modethemas geben, ist das nicht verwunderlich. /11/

Aber TA - wie das modische Kürzel heißt - wird im Kontext sozialorientierter Technikgestaltung als systematisches und ganzheitliches Vorgehen, als wissenschaftliche Antizipation und Bewertung möglicher Folgen sowie als politisch relevante Beratungs- und Entscheidungsinstitution immer nur so gut sein können wie die ihm zugrunde liegenden theoretischen Einsichten und praktischen Erfahrungen (auch hinsichtlich der Möglichkeiten bewußter Einflußnahme auf den Prozeß der Technikgenese). Um nicht den zweiten Schritt vor dem ersten zu tun, sind auch die Wissenschaften gefordert, hierzu fundierende Beiträge zu liefern.

Die nachfolgenden Überlegungen sollen in dieser Hinsicht ein Mosaiksteinchen liefern, wenn der Zusammenhang von Technikentwicklung, technischem Handeln und Risiko mehr aus (technik)philosophischer Sicht thematisiert wird. Sie bleiben dabei zwar dem Technischen verhaftet - weil viele Risiken der Gegenwart mit der technisch-technologischen Entwicklung verbunden sind-, verlassen jedoch eine enge, technikzentrierte Perspektive - weil die mit Technik verbundenen Risiken nicht (bzw. nicht allein und vor allem nicht in erster Linie) technisch beseitigt oder überwunden werden können. Sie verstehen sich auch nicht als Mittel, berechtigte Ängste und Befürchtungen in das Reich der Irrationalitäten oder Mythen jenseits der Wissenschaft zu verweisen (wobei sich das Leben ohnehin nicht allein auf wissenschaftlich-technische Rationalität reduzieren bzw. durch sie hinreichend beschreiben und erklären läßt), sondern um die wachsende Komplexität und Reichweite technisch-technologischer Entwicklung, ihre Wirkungs- und Verursachungszusammenhänge transparenter zu machen, um so zu differenzierenden und differenzierten Forschungs- und Bewertungsansätzen zu gelangen.

Das geschieht auch vor dem Hintergrund eines Gedankens, der eigentlich ein Resultat des Folgenden darstellt: Wissenschaft erhöht nicht nur (oder nicht mehr in erster Linie?) die Sicherheit von Technik, sondern sie führt auch zu vermehrter Unsicherheit durch die verschärfte Wahrnehmung latenter Risiken: "Die Wissenschaft ist dabei immer mehr in die Rolle dessen geraten, die - im Umweg über technische Möglichkeiten - nicht nur mit der möglichen Mitverursachung und Zuschreibung der Folgen konfrontiert ist, sondern sie konfrontiert uns auch mit der Wahrnehmung von immer mehr Risiken, die mit der Nutzung dieser Möglichkeiten verbunden sind. Anders ausgedrückt: im selben Maß, in dem Wissenschaft ihre früheren Positionen als Wahrheitsfindern und in den Augen der Öffentlichkeit unfehlbare Instanz von Gewißheit eingebüßt hat, wird sie dennoch zum quasi-monopolitischen Garanten im Aufspüren ihrer eigenen Ungewißheit." /12/

Wissenschaft trägt sowohl zur Generierung als auch zur Wahrnehmung und Bestimmung von Risiken bei - letztlich wohl auch zu deren Minderung oder Beseitigung. Daß dieser Sachverhalt, der durch die Verwissenschaftlichung gesellschaftlicher Problembearbeitung mit thematischer Expansion infolge der Risiken wissenschaftlich fundierter Technologien verbunden ist (und den *Ulrich Beck* als den Übergang von der "einfachen" zur "reflexiven" Verwissenschaftlichung gesellschaftlicher Problembearbeitung charakterisiert /13/), für die interessierten wissenschaftlichen Akteure zugleich bedeutsam ist, wird von *Uwe Schimank* hervorgehoben: "Teilweise sind es dieselben Disziplinen bzw. Subdisziplinen, die die jeweiligen Risiken produziert haben, an die auch deren wissenschaftliche Bearbeitung delegiert wird. ... Jedenfalls profitiert das System wissenschaftlicher Forschung auf diese Art und Weise in beträchtlichem Maße davon, daß die Umsetzung seiner Erkenntnisse in Technologien zur gesellschaftlichen Problembearbeitung unvermeidlicherweise Risiken produziert. Man kann sogar sagen: Hätten die Forscher die Möglichkeit, das Risikopotential ihrer Erkenntnisse zu verringern, wäre das unter diesem Gesichtspunkt aus ihrer Interessenlage heraus nicht rational." /14/ Daraus leitet er ab, daß verständlicherweise bei vielen Menschen das Vertrauen in die wissenschaftliche Forschung und ihre Selbstregulierungsmechanismen abnimmt - womit auf den Anfang dieses Beitrages rückverwiesen ist.

2. Unsicherheit und Risiko in der Diskussion

Technisches Wissen und technisches Handeln zielen auf funktionierende Technik, haltbare Bauwerke, geistvolle Vorrichtungen und effektive Verfahren. Funktionsfähigkeit, Zuverlässigkeit und Sicherheit waren und sind für technisches Handeln wichtige Zielvorstellungen.

Die Geschichte der Technik kennt aber genügend Beispiele versagender Technik, einstürzender Bauwerke, nichtfunktionierender Vorrichtungen und ineffektiver Verfahren, kurz, Versagens- und Störfälle, Pannen, Havarien und Katastrophen unterschiedlichster Dimension und Auswirkungen. /15/ In Verallgemeinerung dieser Seite der Technikentwicklung hat wohl 1949 der us-amerikanische Luftwaffeningenieur *Ed Murphy* als Grundgesetz der Technik- und Technologieentwicklung formuliert: "Wenn irgend etwas schiefgehen kann, dann geht es auch schief. Auch wenn etwas nicht schiefgehen kann, geht es meistens schief."

Da derartige technische Störfälle ab einer bestimmten Größenordnung häufig nicht nur mit ökonomischen Verlusten, sondern auch mit Schädigungen von Mensch und Umwelt verbunden waren (bzw. sind), zogen (bzw. ziehen) sie die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit, aber auch das Interesse des Staates und der Wissenschaften auf sich, geht es doch nicht nur um die Sicherheit und Zuverlässigkeit technisch-technologischer Systeme, sondern auch um die Einbindung technischer Artefakte und technischen Handelns in umfassendere Zusammenhänge, deren humane, ökologische und ökonomische, wohl auch ihre politische Dimension. Für die Risiko-Diskussion ist das insofern bedeutsam, als Risikokalküle sich nicht nur auf die Erfassung naturwissenschaftlich-technischer Problemsituationen reduzieren (dürfen), sondern auf deren Handhabung in politischen Entscheidungssituationen zielen (müssen).

Sicherheit und Beherrschbarkeit sowie Wissen über Schadenserwartungen und Folgewirkungen werden angestrebt, denn bei technisch bedingten Unfällen "wird vor allem der Verlust von Kontrolle über solche Zusammenhänge erfahren, deren Beherrschung man angenommen hatte." /16/ Bisher nicht bekannte Eigenschaften und Verhaltensweisen von Systemen und ihren Elementen, Randbedingungen für Funktionsfähigkeit und Betriebssicherheit sowie Inkompatibilitäten im Mensch-Maschine-System werden im Unfall schlagartig aktualisiert. Deshalb wird seit langem Ursachen und Wahrscheinlichkeiten von Havarien und Schadensfällen ebenso nachgegangen wie Möglichkeiten ihrer Verhinderung, denn verhindert bzw. gesichert werden kann nur das, was bekannt ist oder womit gerechnet wird (Stichworte sind z. B. Sicherheitswissenschaft, risk-assessment und Risiko-Management).

Umfangreiche Analysen veranlaßten jedoch den us-amerikanischen Organisationssoziologen *Charles Perrow* von den "normalen Katastrophen" und den "unvermeidbaren Risiken der Großtechnik", /17/ den deutschen Soziologen *Ulrich Beck* von der "Risikogesellschaft" zu sprechen. /18/ Allerdings hatten *Perrow* und *Beck* jeweils unterschiedliche Sachverhalte im Blick: ging es ersterem um die Risiken, die großtechnischen Systemen immanent und inhärent sind - sozusagen als technische Qualität -, thematisierte letzterer, daß in der technisierten und industrialisierten Gesellschaft die Produktion gesellschaftlichen Reichtums einhergeht mit der gleichzeitigen Produktion technischer, ökologischer, gesundheitlicher, sozialer und politischer Risiken - in diesem Sinne eine gesellschaftliche Qualität darstellend. /19/ Damit werden jedoch auch zugleich sowohl die Spannbreite verdeutlicht, innerhalb derer sich die gegenwärtige Risiko-Debatte bewegt, als auch der

Bereich gekennzeichnet, in dem die Risiko-Produktion erfolgt. Letzterer reicht von vermehrten riskanten Entscheidungen im Alltagshandeln bis zur zunehmenden Möglichkeit katastrophaler Schäden. Während ersteres eine Folge der sich immer stärker durchsetzenden funktionalen Differenzierung der Gesellschaft darstellt, resultiert letzteres aus der beschleunigten Technisierung der Gesellschaft. /20/

Vor diesem Hintergrund neuartiger Erfahrungen hat der Risiko-Begriff eine gesellschaftliche und gesellschaftstheoretische Karriere angetreten: Das Risiko-Thema wurde "unter der Metapher der 'Risikogesellschaft' sogar dazu auserkoren..., zur allgegenwärtigen Wesensbestimmung dieser unserer Gesellschaft zu werden." /21/ Mit zunehmender In- und Extensität wurde es zum Gegenstand vielfältiger, auch wissenschaftlicher Betrachtungen: "Die Komplementärthemen 'Risiko' und 'Sicherheit' beschäftigen gegenwärtig zuständige Wissenschaften mit rasch wachsender Intensität. Die Menge der Titel fachlicher wie außerfachlicher Literatur schwillt an und demonstriert die Aktualität der genannten Themen. Hochschulen widmen ihnen interdisziplinäre Vorlesungsreihen. Sogar zur Gelegenheit herausragender Universitätsjubiläen gilt es als passend, Symposien zu modernitätsspezifischen Unsicherheitserfahrungen auf den Veranstaltungskalender zu setzen. Großforschungseinrichtungen und ihre Arbeitsgemeinschaften beschäftigen sich mit einschlägigen Fragen schon aus Betroffenheitsgründen. Für Industrien und ihre Verbände einschließlich zugeordneter Berufsgenossenschaften gilt das ohnehin." /22/ Einen etwas anderen Akzent setzt *Wolfgang Bonß*: "Die Risikoforschung ist ein ebenso junges wie expandierendes Feld ... Die Rede vom Risiko hat längst Eingang in ganz andere Forschungszusammenhänge gefunden. So gibt es in der Medizin die 'Risikofaktorenmedizin', in der Psychologie wird über 'Risikoängste', 'Risikopersönlichkeiten' und 'Risikokinder' geforscht, Ökonomie und Betriebswirtschaftslehre wiederum beschäftigen sich mit 'Risiko und Risikopolitik', und die Juristen schließlich debattieren über 'Irrtum und Risiko' und die juristische Behandlung von 'Gefahr - Risiko - Restrisiko'." /23/

Konstatiert wird eine wachsende Aufmerksamkeit für Fragen von Risiko und (Un-)Sicherheit im wissenschaftlichen wie im öffentlichen Bereich. Damit korrespondiert eine fast inflationäre Verwendung des Wortes "Risiko" im gegenwärtigen Sprachgebrauch und Schrifttum, sowohl eigenständig als auch in Zusammensetzungen als Grund- oder Bestimmungswort. *Kurt A. Detzer* gibt eine Zusammenstellung, die von "Aktionsrisiko" bis "Zivilisationsrisiko", von "Risiko-Abschätzung" bis "Risiko-Zumutbarkeit" reicht. /24/

Als Indizien für das wissenschaftliche (und politische) Interesse sowie die zunehmende Ausdifferenzierung des fachübergreifend orientierten Forschungsfeldes seit den sechziger Jahren seien nur folgende Fakten genannt:

(1) im Science Citation Index war die Anzahl der Eintragungen von "Risk" zwischen 1966 und 1982 exponentiell gestiegen und die Anzahl der publizierten Artikel erhöhte sich ab 1970 um den Faktor 12; /25/

(2) seit Beginn der achtziger Jahre gibt in der BRD die Gesellschaft für Sicherheitswissenschaft e. V., Wuppertal, zwei Publikationsreihen heraus (Berichte über GfS-Sommer-Symposien sowie Sicherheitswissenschaftliche Monographien der GfS), erscheinen in den USA eigens der Risikoforschung vorbehaltene Fachzeitschriften (z. B. Risk Analysis, Risk Abstracts);

(3) jährlich wurden zur Erfassung des Risikobewußtseins der Bevölkerung der BRD mehrere Millionen DM aufgewendet; /26/

(4) an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich wurde 1991 ein Forschungs-"Poly"projekt "Risiko und Sicherheit technischer Systeme" in Angriff genommen. /27/

Als Erklärung für diese Situation bietet *Hans-Günter Vester* folgendes: "Die mathematische Katastrophentheorie, diverse Krisentheorien, soziologische und sozialpsychologische Theorien über Katastrophen und Risiken haben modische Hochkonjunktur." /28/ M. E. trifft diese vereinseitigende und pauschale Einschätzung nicht den Kern. Wenn es sich aber bei dem verstärkten Interesse an der Risiko-Thematik um kein zufälliges Ereignis und auch um keine Modeerscheinung handelt, ist zu fragen, worin dann der reale Hintergrund dafür besteht.

Im Risiko-Begriff kristallisieren sich - tatsächlich oder scheinbar sei dahingestellt - Grundprobleme und Grunderfahrungen vieler (oder aller?) Menschen in einer hochindustrialisierten und in vielen Bereichen von high-tech und Verwissenschaftlichung geprägten Gesellschaft, die man als "Leben unter Unsicherheit" und daraus resultierendem "Sicherheitsbedürfnis" charakterisieren kann: "Das Gefühl, durch Risiken - und insbesondere durch Risiken, die direkt oder indirekt von Wissenschaft und Technik ausgehen - bedroht zu sein, nimmt nicht ab, sondern zu. Noch so viele Fortschritte in Wissenschaft und Technik können, so scheint es, mit dem Wachstum des Bedürfnisses nach Sicherheit nicht Schritt halten." /29/ Auch aus diesem Grund (auf weitere wird noch eingegangen) ist es m. E. eine unzulässige Vereinfachung, im Bemühen um Risiko-Akzeptanz Risiken der

Vergangenheit und der Gegenwart gegeneinander "aufzurechnen", um zu zeigen, daß "die Summe aller Risiken im Vergleich etwa zum 19. Jahrhundert deutlich abgenommen hat". /30/ Abgesehen von den Schwierigkeiten, alle Risiken erfassen und eine Vergleichbarkeit auf der Basis einer einheitlichen Bezugsgröße herstellen zu können, entspricht es wohl eher den Tatsachen, wenn darauf verwiesen wird, daß sich "der relative Anteil naturgegebener Gefahren (wie etwa Infektionskrankheiten) verringert und der Anteil zivilisatorischer Risiken (durch Technik, Ernährung oder Freizeitaktivitäten) erhöht" hat. /31/

Zum einen handelt es sich bei den Ursachen für das wissenschaftliche Interesse an der Risiko-Problematik somit um das in der subjektiven, menschlichen Sphäre angesiedelte "Sicherheitsbedürfnis": "Die Frage nach den Gründen der sich auffällig intensivierenden wissenschaftlichen und sonstigen fachlichen Befassung mit Sicherheits- und Risikoproblemen drängt sich auf, und ihre Beantwortung scheint trivial zu sein: 'Sicherheit' wird thematisiert, weil in der Bevölkerung moderner Industriegesellschaften das Sicherheitsverlangen wächst." /32/

Im wachsenden Risikobewußtsein deutet sich an, "daß Wirklichkeit in zunehmendem Maße nach einem Schematismus von Sicherheit und Gefahr kognitiv strukturiert und wahrgenommen wird. Dieses verallgemeinerte Gefahrenbewußtsein erfaßt potentiell alles, was von Menschen entschieden und verantwortet wird, wendet sich aber insbesondere gegen die Konsequenzen technologischer Entwicklungen und die ungesteuerte Innovationsdynamik der Wissenschaft." /33/ Thematisiert sind damit sowohl der Anspruch auf Risikominimierung als auch vor allem die Einflußmöglichkeiten Betroffener (Benachteiligte wie Begünstigte) auf die Abschätzung von Risiken und die Festsetzung ihres "vertretbaren" Maßes (mithin des Eingehens von Risiken) in einem demokratischen Verfahren auf der Grundlage begründeter Szenarien für Zukünftiges (humane Expertisen).

Dabei geht es um eine Kosten-Nutzen/Schaden- bzw. Gewinn-Verlust-Rechnung im weitesten Sinne des Wortes (d. h. langfristiger materieller und immaterieller Nutzen bei Berücksichtigung von Humanität, Sittlichkeit und Schönheit), denn der erwartete oder angestrebte Nutzen muß die damit verbundenen Risiken rechtfertigen, das Risiko muß in einem angemessenen Verhältnis zu dem erwarteten oder angestrebten Nutzen stehen (wobei das Hauptproblem dann darin besteht, die unterschiedlichen Komponenten und Dimensionen, die sowohl in den Nutzen wie in den Schaden eingehen, gegeneinander "aufzurechnen" /34/). Darin sind sowohl die Bewertung des technisch zu realisierenden Ziels selbst, die Aufwendungen für die Risikominimierung als auch der Vergleich mit anderen Zielen und den

möglichen Wegen ihrer Realisierung eingeschlossen. Das Abwägen von Chancen und Risiken, von Nutzen und Kosten ist jedoch ohne die Wertung von Zielen und die Festlegung von Prioritäten schlechterdings unmöglich, womit individuelle und gesellschaftliche Wertvorstellungen und Werturteile in kulturellen Kontexten bedeutsam werden, vor allem solche außertechnischen Werte wie Wirtschaftlichkeit, Wohlstand, Gesundheit, Umweltqualität, Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität. /35/ Das muß jedoch bei Berücksichtigung der wirtschaftlichen Ordnung erfolgen, "denn eine Ethik, die nicht anschlufähig an die Ökonomie ist, ist zum Scheitern verurteilt." /36/

Letztlich geht es immer um die Frage, "wie man die aus der Technik erwachsenden Vorteile nutzen und mögliche Schäden daraus vermeiden kann." /37/ Das Ergebnis ist stets ein sozialer Kompromiß, denn erwarteter Nutzen und mögliche Nachteile oder Schäden, Risiken generell werden individuell (und damit auch subjektiv) rational und emotional unterschiedlich gewertet und gewichtet. (Damit kann nicht nur verbunden sein, daß mehrheitliche Entscheidungen über die Akzeptanz von Risiken für bestimmte Gruppen von Minderheiten den Zwang zur Risikoübernahme beinhalten, /38/ sondern diese Situation macht auch deutlich, daß die zugrundeliegenden Prozeduren und Regularien - Stichworte sind Mehrheitssprinzip kontra Betroffenenprinzip, Konsenspostulat oder Sperrminorität - sachbezogen weiter auszuformulieren sind.)

Zu berücksichtigen ist dabei, daß Ziel- und Wertvorstellungen keine feststehenden, ein für allemal zutreffenden Gegebenheiten, sondern situations- und zeitabhängig sind sowie sich im Spannungsfeld von individuellen Dispositionen (allgemeinen menschlichen Bedürfnissen, Sinnperspektiven und Lebenshaltungen, Lebenserfahrungen und Lebensvorstellungen) und allgemeinen gesellschaftlich-kulturellen Rahmenbedingungen bewegen.

Dabei spielen solche Sachverhalte wie die Akzeptabilität, Wahrnehmung, Bewertung, Akzeptanz und Inakzeptanz von Risiken sowie das Risikoverhalten mit all ihren psychologischen, kommunikations-theoretischen, soziologischen und politikwissenschaftlichen Weiterungen hinein, worauf hier nicht im einzelnen eingegangen werden kann. /39/

In diesem Zusammenhang vertritt *Hermann Lübbe* die These, daß in der modernen Zivilisation die Risikoakzeptanz dramatisch ab- und das Sicherheitsverlangen in dem selben Maße zunehme - **unabhängig** von der tatsächlichen Risiko- bzw. Sicherheitssituation. /40/ *Lübbe* verweist als Beleg für seine These auf fol-

gende Sachverhalte: "1. Die Bereitschaft zur Hinnahme von Lebensrisiken sinkt mit der Zunahme des Anteils derjenigen Lebensvoraussetzungen, die unsere eigenen Hervorbringungen sind. ... 2. Risikoerfahrungen intensivieren sich mit der Zunahme der naturalen und dann auch sozialen Eingriffstiefe unseres technisch instrumentierten kollektiven Handelns. Die Risikoerfahrungen intensivieren sich noch einmal mit der Zunahme unseres Wissens über diese Eingriffstiefe. 3. Unsicherheitserfahrungen nehmen zu mit der Größenordnung zivilisationsspezifischer Erfahrungsverluste. ... 4. Unsicherheitserfahrungen intensivieren sich mit objektiv rückläufiger Kalkulierbarkeit der Zukunft, die uns bevorsteht. ... 5. Unsicherheitserfahrungen intensivieren sich in demselben Maße, in welchem der Informationsraum expandiert über den Handlungsraum hinaus. ... 6. Unsicherheitserfahrungen intensivieren sich mit nachlassender sozialer Kontrolle, und nachlassende soziale Kontrolle ist für hochkomplexe moderne Gesellschaften spezifisch. 7. ... Das Sicherheitsverlangen wächst mit der Höhe des bereits erreichten technischen und sozialen Sicherheitsniveaus." /41/

Auch wenn *Lübbes* These stimmen sollte - was nicht so ohne weiteres nachgeprüft werden kann -, so darf die Analyse nicht auf dieser subjektiven Ebene beendet werden, sondern es sind die Ursachen der Risikosituation in der Gegenwart sichtbar zu machen. Zu fragen ist nach der Quelle für Gefahren und Risiken, nach möglicher neuer Quantität und Qualität, die infolge gesellschaftlich-relevanter Entscheidungen und deren Folgen anderen zugemutet werden - auch unter der Bedingung, daß diese möglicherweise mit ihrer subjektiven Risikobereitschaft nicht in Einklang stehen. Daraus leitet *Franz Böckle* als entscheidende ethische Frage die Frage nach der Zumutbarkeit für solche Risiken ab: "Es ist also nicht die empirische Frage nach faktisch vorhandener Risikobereitschaft und Akzeptanz, sondern die Frage, ob und wie ein begründeter Konsens über die Akzeptabilität unvermeidbarer Risiken gefunden werden kann. Unter Akzeptabilität verstehe ich demnach im Unterschied zu 'Akzeptanz' einen normativen Begriff. Er soll jenes Akzeptanzverhalten bezeichnen, das den Gesellschaftsmitgliedern unter bestimmten Bedingungen zugemutet werden darf. Nach diesen Bedingungen fragt der Ethiker. Anders gewendet geht es um die Frage der gesellschaftspolitischen Verantwortung bei der Entwicklung und Einführung moderner Technologien im Hinblick auf deren schwer einschätzbare Spätfolgen." /42/

Zu den objektiven Ursachen von Risiko und Unsicherheit vorzudringen ist auch deshalb erforderlich, weil die notwendigen Handlungsmaßstäbe und Handlungsalternativen erst dann entwickelt und genutzt werden können, wenn über mögli-

che Risiken ausreichend Kenntnisse vorhanden sind: "Ohne die Ursachen wissenschaftlich-technischer Risikoproduktion hinreichend systematisch diagnostiziert zu haben, diskutiert man bereits, welche möglichen Therapien Abhilfe schaffen könnten... Dabei ist die Frage, ob und wie sich wissenschaftlich-technische Innovationen so steuern lassen, daß gesellschaftliche Risiken möglichst minimiert werden, nicht zu beantworten, bevor man nicht geklärt hat, aufgrund welcher Bedingungen die technologische Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse auf gesellschaftliche Probleme offenbar systematisch und in wachsendem Maße Risiken hervorbringt." /43/

Damit geraten dann solche Sachverhalte ins Blickfeld wie

- Differenzierung des Risikos,
- der Zusammenhang von Entscheidung, Risiko und Verantwortung,
- Handeln und Entscheiden unter Risiko, Ungewißheit und Informationsmangel,
- Ursachen von Risiken und daraus resultierende (mögliche) Handlungsstrategien,
- Handlungslogiken beteiligter und betroffener gesellschaftlicher Akteure und deren Zusammenwirken in komplexen Akteurskonstellationen;
- Mechanismen der Risikowahrnehmung, -einschätzung und -akzeptanz,
- Rolle der Wissenschaften für das "Aufspüren" von Risiken,
- unterschiedliche Risiko-Maße und Möglichkeiten des Risiko-Vergleichs,
- Typen von Risiken und ihre Bewertung.

Diese Probleme sind offensichtlich nicht neu, denn Risiken hat es zu jeder Zeit im Verlaufe der Geschichte als Bestandteil des täglichen Lebens gegeben, als Gefährdung menschlichen Wohlergehens (auch in Form technologischer Bedrohungen) wie als Chance gesellschaftlicher Prosperität. "Der Mensch lebt seit seiner Entstehung mit Risiken, und zwar sowohl mit natürlichen als auch mit selbstverschuldeten. In ferner Vergangenheit jedoch war er nur sehr beschränkt in der Lage, diese Risiken zu kontrollieren. Da er die kausalen Zusammenhänge nicht durchschaute, konnte er kommendes Unheil weder vorhersehen noch sich vor dessen

Auswirkungen schützen. Die Folge davon war eine fatalistische Einstellung gegenüber Gefahren." /44/ Lösungen wurden entweder außerhalb des menschlichen Zugriffs gesucht (Schicksal, gottgewollt, Glück bzw. Pech), der individuellen "Initiative" oder dem unternehmerischen "Geschick" zugeordnet sowie - wenn es sich um offensichtliche Gefährdungen der Öffentlichkeit z. B. durch technisch bedingte Risiken handelte - durch staatliche Einrichtungen verordnet, z. B. Gewerbeaufsichtsämter und Gewerbebehörde. (Dabei darf man sich nicht an dem Ausdruck Polizei stoßen, denn der war bis über die Mitte des vergangenen Jahrhunderts hinaus eine Sammelbezeichnung für alle Zweige der inneren Verwaltung. /45/)

"Vorwegdenken' (Antizipation) möglicher Folgen von Ereignissen wie Naturkatastrophen oder von menschlichem Handeln wie Produktion und Distribution von Gütern blieb so lange irrelevant, wie diese Folgen nicht durch gezielte Maßnahmen beeinflußt oder verändert werden konnten. Naturkatastrophen, Unfälle, Hungersnöte und Seuchen galten jahrhundertlang als von Gott, Natur oder Schicksal ausgelöste Ereignisse, auf die der Mensch nicht vorausschauend agieren kann und für die er keine direkte Verantwortung trägt - es sei denn, er versteht sie als Strafe Gottes für sündiges Verhalten." /46/ Ähnlich argumentiert auch *Herbert Grymer*: "Von 'Risiko' können wir eigentlich erst sprechen, als im Zuge der Aufklärung der Mensch lernt, daß nicht mehr Gott seine Geschicke lenkt, nicht mehr Gottgewolltes er nur vollzieht, sondern er selbst seinen Weg auf eigenen Beschluß gehen kann." /47/

Diese Bindung von Risikoproduktion und -situation an menschliches Handeln im Zuge der Aufklärung öffnete den Weg für eine bewußte Einflußnahmen, für Eigeninitiative und Verantwortung. Aber nicht nur das! Vor dem Hintergrund des "Anspruchs der Vernunft", eines "mündigen", weil "aufgeklärten" Bürgers, dem Wissen Macht bedeutete, Macht vor allem über die Natur als vermeintlich unerschöpfliches Reservoir der Wertschöpfung, in die man deshalb mit wachsender Ex- und Intensität technisch instrumentiert eingriff, bildete sich eine Sichtweise auf Technik und technisches Handeln heraus, die zu einem einseitigen Verständnis von Risiko als etwas Un- oder Anormales, als Störfaktor führte. Diese bis heute wirkende Geisteshaltung ist vor allem mit den Ideen des Fortschritts, des Scientismus und des Determinismus verbunden.

Für das Fortschrittsdenken verläuft Entwicklung linear zum Höheren und Besseren. In diesem Prozeß stellen Gefahren und Risiken die Ausnahme, etwas Bedrohliches dar, die jedoch durch vermehrte intellektuelle Anstrengungen nicht nur in

ihren Ursachen erkannt werden können, sondern vor allem beseitigt werden müssen.

Damit ist eng die Idee des Scientismus verbunden, die darauf basiert, daß Wissenschaft kraft ihrer methodischen und theoretischen Möglichkeiten alle Probleme lösen und damit theoretische Gewißheit liefern und praktische Sicherheit bieten könne. Vorhersehbarkeit, Überwindbarkeit oder zumindest Kontrolle von Gefahren und Risiken wurden als selbstverständlich angesehen. Auf diese Weise wurde der Glaube an die göttliche Vorsehung durch den Glauben an die Wissenschaft und ihre vermeintlichen Gesetzmäßigkeiten, /48/ durch den Mythos von der Berechenbarkeit, Kalkulierbarkeit und Kontrollierbarkeit allen Geschehens /49/ abgelöst.

Das wiederum basiert auf der Idee des Determinismus, der Annahme, daß alle Erscheinungen und Zusammenhänge auf direkten, durch die Wissenschaft aufdeckbaren Ursache-Wirkungs-Beziehungen basieren und durch Gesetzaussagen beschrieben - und damit auch kontrolliert und beherrscht - werden können. Aus der genauen Kenntnis von Anfangs- und Randbedingungen lassen sich die Endzustände berechnen, aus der Kenntnis der Gegenwart die Zukunft prognostizieren. Zufällige Ereignisse und Ungewißheiten wurden auf Unkenntnis, mangelndes Wissen und Nichtberücksichtigung von bereits Erkanntem zurückgeführt.

Damit bildete sich zugleich ein Sicherheitsverständnis heraus, das die Abwesenheit von Gefahr und Risiko intendierte und auf nachhaltige Weise zum individuellen und institutionellen Motiv wurde, /50/ in seiner "Destruktivität" /51/ jedoch noch heute nachwirkend und den Risiko-Diskurs beeinflussend.

Diskussionen über ein umfassenderes Konzept von Risikoanalyse, -bewertung und -management gab es bis in die Mitte dieses Jahrhunderts kaum. Danach entwickelte sich (vor allem für den großtechnischen und Rüstungsbereich) über "Operations Research" und "Systems Analysis" eine eigenständige Forschung zur Risikoabschätzung (risk assessment) mit einem rein technisch-ökonomischen Ansatz (hypothetische Analyse von Ausfallraten, Modelle und Szenarien möglicher Unfälle) in Form einer Kosten-Nutzen-Bilanz. /52/ "Das enorme Gefährdungspotential neuer technischer Anlagen und das sich ausbreitende Unbehagen der Bevölkerung angesichts der nicht durchschaubaren Wirkungen selbst des 'ungestörten' Betriebes solcher Anlagen (Stichwort: Schadstoffemissionen) haben eine Hochkonjunktur des sogenannten 'Risk-Assessment' ausgelöst. Ganze Großforschungseinrichtungen sind gegründet worden, um 'das Risiko' zu ermitteln, das insbeson-

dere von kerntechnischen Anlagen ausgeht. ... Mit zum Teil extremem Aufwand wurden Risiko-Studien erarbeitet, die wegen ihrer scheinbaren Exaktheit zunächst sehr vertrauenswürdig wirkten." /53/

Das verstärkte öffentliche Interesse an der Risikothematik wird von *Ortwin Renn* vor allem auf folgende Sachverhalte zurückgeführt:

- "Mit der Zunahme des Wissens um kausale Wirkungsketten verfügt die Gesellschaft über Instrumente und Institutionen, um negative Ereignisse und ihre Folgen vorausszusehen (Antizipation) und entsprechende Gegenmaßnahmen zu entwerfen bzw. durchzuführen. Gleichzeitig wächst damit der moralische Anspruch, Risikovorsorge zu treffen, um negative Ereignisse auszuschliessen oder zu begrenzen".

- Zivilisatorische Risiken "sind auf die explizite gesellschaftliche oder individuelle Legitimation angewiesen, da sie nicht naturgegeben, sondern durch menschliches Handeln hervorgerufen sind".

- "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 nutzen... 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 Risiken".

- "Der individuelle Grenznutzen materiellen Wohlstandes ist im Zeichen wirtschaftlicher Prosperität und Konsumvielfalt gegenüber dem Grenznutzen von allgemeiner Gesundheit, sauberer Umwelt und psychischen Wohlbefindens gesunken... Um so schwieriger ist es deshalb Risiken zu rechtfertigen, deren Nutzen weitgehend ökonomischer Natur ist". /54/

Folgen waren kritische Wertungen der ersten Ansätze und ihrer Ergebnisse (z. B. hinsichtlich Interessen- und Wertgebundenheit), weitere wissenschaftliche Einsichten (vor allem sozialwissenschaftlicher Orientierung) und die Einflußnahme von gesellschaftlichen Kräften und Bürgerbewegungen (vor allem im Rahmen der Anti-Kernenergie-Debatte und des Umweltschutzes) vor dem Hintergrund der sich gleichzeitig mit hohem Tempo vollziehenden wissenschaftlichen und technisch-technologischen Entwicklung. "Die Ernüchterung kam schon mit den

spektakulären Reaktor-Störfällen in den USA, als schlagartig klar wurde, daß die sogenannten 'Risiko-Studien' auf verhältnismäßig schwachen Füßen standen. Schließlich waren sie nicht mehr als Wahrscheinlichkeitsaussagen über das Auftreten bestimmter Fehler im technischen System, und obwohl die Zuverlässigkeitstheorie bewundernswerte Resultate hervorgebracht hat, wissen wir wenig oder nichts über das Verhalten der Menschen, die Störfälle auslösen können, oder in solchen Störfällen aktiv werden müssen." /55/

In dem Maße, wie sich zeigte, daß die modernen Technologien und ihre Risiken komplexer und unüberschaubarer als anfangs angenommen, und daß massive Konflikte mit der Einführung dieser Technologien verbunden waren, wurde deutlich, daß Risikobewältigung und -beherrschung nicht allein oder vorrangig als sicherheitstechnische Aufgabe (und damit als ausschließliche Angelegenheit von Experten) oder als administratives Problem (und damit als vorrangiges Anliegen der Bürokratie) verstanden werden dürfen, sondern daß die frühzeitige Identifizierung der mit der technischen und technologischen Entwicklung verbundenen Risiken und ihre Eingrenzung, Begrenzung oder gar Vermeidung ein **komplexes gesellschaftliches Anliegen** in einer hochgradig menschengemachten - oder zumindest menschenbeeinflussten - Welt ist, geht es doch vorrangig um Prinzipien der öffentlichen Kontrolle und Mitbestimmung, der Multidimensionalität von Entscheidungskriterien und um Fairness, Prinzipien die keine noch so gute technische Risikoanalyse zu berücksichtigen vermag, /56/ was *Frank Fischer* veranlaßte, die Risikoabschätzung eine "technokratische Methode" zu nennen. /57/ Der gedankliche (diskursive) Hintergrund läßt sich in seiner Widersprüchlichkeit folgendermaßen charakterisieren: "Ein rationaler Umgang mit den Risiken technischer Systeme ... scheint im Prinzip denkbar einfach. Man müßte - ohne den grundsätzlichen Nutzen der Technologien aus den Augen zu verlieren - die Risiken in technischen Systemen analysieren und bewerten, dann festlegen, was akzeptierbar ist und schließlich durch Verzicht auf gewisse Aktivitäten und mittels Einsatz geeigneter Sicherheitsmaßnahmen die Risiken auf das festgelegte akzeptierbare Mass heruntersetzen. Die Praxis sieht völlig anders aus. Das Gefährdungspotential wächst, die Ansichten klaffen weit auseinander, die Ratlosigkeit steigt, Gespräche ersticken in gegenseitiger Unduldsamkeit, ein Konsens ist nicht zu finden." / 58/

Da Risiken auch als Zumutungen verstanden werden können /59/ bzw. vielfach als solche erlebt werden, lautet die prinzipielle Frage, wer mit welcher Legitimation und mit welcher Begründung über Risiken entscheidet, die potentiell alle betref-

fen. /60/ "Der Gang vor Gericht, der Protestmarsch, die Unterschriftensammlungen und Bürgerinitiativen haben risikopolitische Fragen zu einem auch politisch bedeutsamen Thema werden lassen." /61/ Allein schon deshalb bedarf es des gleichberechtigten und ernstgenommenen Diskurses zwischen Öffentlichkeit, Politik, Wirtschaft und Wissenschaft.

Dabei ist mindestens zwischen einem engeren und einem weiteren Diskurs zu unterscheiden. Mit Diskurs im engeren Sinne ist gemeint, daß dieser in erster Linie auf die Erforschung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge sowie die Diskussion daraus abzuleitender Handlungsstrategien im Sinne instrumentellen, technisch-technologischen und organisatorischen, teilweise politischen Wissens orientiert ist. Der Risikodiskurs im weiteren Sinne problematisiert darüber hinausgehend die den Prozeß der Technikentwicklung wie -nutzung konstituierenden Normen, Werte und Ziele sowie die sie generierenden, produzierenden und nutzenden Institutionen. /62/ Dabei ist folgender Gedanke von *Karin Stiehr* zu berücksichtigen: "Die zunehmende Identifikation von Risiken vollzieht sich als Prozeß, der nicht bei allen Gesellschaftsmitgliedern gleichzeitig auftritt, nicht in der gleichen Geschwindigkeit verläuft und im Hinblick auf die Bewertung von Risiken nicht zwangsläufig in die gleiche Richtung geht. Auf der Strittigkeit dessen, wie gegebene Tatbestände zu interpretieren sind, welchen Zielen Priorität einzuräumen ist und welche Maßnahmen sich für die Erreichung der Ziele eignen, beruht ein erheblicher Teil des Potentials für Risikokonflikte". /63/

Voraussetzung für disziplinäre wie multidisziplinäre Risikoforschung ist die Berücksichtigung folgender Sachverhalte:

Zunächst sind unterschiedliche Betrachtungs- und Argumentationsebenen auseinanderzuhalten. Sinnvoll sind m. E. zumindest eine philosophisch-ethische, eine politische, eine rechtliche, eine ökonomische, eine sozialwissenschaftliche, eine technisch-naturwissenschaftliche und eine (versicherungs-)mathematische Ebene (zwischen denen mannigfache Interdependenzen bestehen!), denn damit sind auch unterschiedliche Fragestellungen und Vorgehensweisen verbunden. *Ortwin Renn* hat seinen Vorschlag in einer "Systematik wissenschaftlicher Risiko-Konzepte" zusammengefaßt, wobei sich für ihn im stufenweisen Übergang von der mathematischen Bestimmung des Erwartungswerts zur Feststellung der subjektiven Wertefüllung als kultureller Risikobewertung eine Evolution des Risiko-Verständnisses zeigt, in der sukzessiv konzeptionelle Unzulänglichkeiten überwunden werden. /64/

Sodann ist zu berücksichtigen, in welchem Kontext und auf der Grundlage welcher Prämissen die jeweiligen, Risiken betreffende Aussagen getroffen wurden, da sich daraus Rückschlüsse hinsichtlich Gültigkeitsbereich, Aussagefähigkeit und Verallgemeinerbarkeit (eventuell auch Interessenbindung) ergeben.

Darüber hinaus sind Risiken mindestens in dreierlei Hinsicht zu differenzieren, zum ersten nach dem Geltungsbereich (individuelle, Gruppen- und Menschheitsrisiken sowie lokale, regionale und globale Risiken), zum zweiten nach dem Bereich, in dem sie auftreten (z. B. Erkenntnis-, technische, Handels- oder Berufsrisiken), zum dritten nach den Bereichen, in die hinein sie wirksam werden (z. B. Gesundheits-, ökologische, soziale, politische oder gesellschaftliche Risiken). Gerade von letzteren hängt vielfach die Aufmerksamkeit ab, die Risiken durch die "Öffentlichkeit" entgegengebracht wird. Dabei ist jedoch auf ein interessantes Phänomen aufmerksam zu machen, das nicht allein durch die "Irrationalität menschlichen Risiko-Verhaltens" /65/ erklärt werden kann und darf: "Eine Entkopplung zwischen der Einstellung gegenüber den Produkten und der Einstellung gegenüber dem Produktionsprozess hat stattgefunden. Die mit den Produkten verbundenen Annehmlichkeiten werden als selbstverständlich betrachtet, während die durch die Herstellung verursachten Risiken oft als unakzeptierbar eingestuft werden." /66/

Die technisch bedingten Risiken der Gegenwart einschließlich ihrer Wahrnehmung und Bewertung gewinnen auf diese Weise an Bedeutung, geht es doch auch - oder vor allem - um Ursachen für Schadensfälle, um "Schuldzuweisungen" und Gefahrenvorsorge (nicht nur oder in erster Linie im rechtlichen Sinne /67/), letztlich - und philosophisch - um die Stellung des Menschen in bzw. zu technischen Systemen, Entwicklungen oder Optionen: "Die Neuformulierung der Risikofrage als Frage nach unterschiedlichen Wegen wissenschaftlich-technischer Entwicklung provoziert letztlich auch die Formulierung neuer Leitvorstellungen für die Bearbeitung gesellschaftlicher und ökologischer Probleme und ihrer technischen, sozialen und politischen Realisierungen." /68/ Damit ist - wiederum philosophisch - die Forderung nach Orientierungswissen für heutiges und zukünftiges Handeln und Verhalten, nach antizipierenden Orientierungen erhoben. Dabei zeigt sich, daß kulturelle Prägungen sowie der Lebensstil und -standard eine bestimmende Rolle zu spielen scheinen, wenn es darum geht, welche Gefahren gesellschaftlich thematisiert und zu Risiken erklärt, welche Risiken dann ertragen, welche vermieden oder welche minimiert werden sollen. /69/

Allerdings: "Was die Philosophie beizutragen vermag, sind keine verlässlichen Orientierungen im Sinne 'ewiger Werte' oder eines unumstößlichen Kanons ethischer Prinzipien, sondern etwas Bescheideneres: die Identifikation und Analyse der zu lösenden Probleme, die Identifikation und Analyse möglicher Lösungen und die Erarbeitung eigener Lösungsvorschläge, die gegenüber ihren Konkurrenten gewisse Vorteile an Explizitheit und Transparenz haben mögen, keinesfalls aber einen Anspruch auf Letztgültigkeit erheben können." /70/ Indem (Technik-) Philosophie den schmalen Grat zwischen "utopischer Funktion" (*Max Bense*), "Funktionär der Humanität" (*Edmund Husserl*) und "Krisenmanager" (*Hermann Lübbe*) beschreitet, kann sie dazu beitragen, die sich vielfach zeigende Diskrepanz von lebensweltlichem Wissen und technisch-wissenschaftlicher Rationalität, von kritischer werdender Öffentlichkeit und sachverständigen Experten zu überwinden oder zumindest zu verkleinern. /71/

Diese Situation wird in vielfältiger und unterschiedlicher Weise reflektiert, sie zeigt sich nicht nur in den Bogen von seriös bis sensationsheischend spannenden Pressemeldungen /72/ und einer zunehmenden Zahl natur-, technik-, sozial- und geisteswissenschaftlich ausgerichteter Konferenzen, Symposien und Publikationen, /73/ sondern auch in ersten Standpunkten zu daraus resultierenden möglichen bzw. notwendigen Bildungskonsequenzen, /74/ forschungspolitischen Ansätzen und Programmen zur sozialorientierten Technikgestaltung. /75/

Die Forschungs- und (öffentliche) Diskussionslandschaft ist dabei durch unterschiedliche Ansätze, Sichtweisen und Herangehensweisen gekennzeichnet, die sich im Spannungsfeld von Detailerkennntnis und Gesamtschau bewegen, von einzelnen Risikobereichen (vor allem Kernenergetik, Gentechnik, Ökologie, Großchemie, Verkehr, Abfallwirtschaft, Informationstechnologien, Militärtechnik) bis zu generellen methodologischen Problemen reichen, disziplinär oder multidisziplinär angelegt sind sowie unterschiedliche Sichtweisen, Erfahrungshorizonte und Erwartungshaltungen verdeutlichen. (*Gotthard Bechmann* beispielsweise unterscheidet aus sozialwissenschaftlicher Perspektive und vor dem Hintergrund der Frage, welche technischen Risiken politisch zugemutet und durchgesetzt werden können, einen formal-normativen, einen psychologisch-kognitiven und einen kulturell-soziologischen Ansatz; /76/ *Wolf Häfele*, *Ortwin Renn* und *Georg Erdmann* wiederum klassifizieren in technische Fehleranalyse, psychologische Untersuchungen, ökonomische, anthropologische und politikwissenschaftliche Ansätze sowie soziologische und sozialphilosophische Risikoforschung. /77/) "Dies hat einerseits zu einer adäquateren und umfassenderen Sicht von Risiko in der Ge-

sellschaft beigetragen, andererseits aber das Risikokzept diffuser, fragmentierter und und unverbindlicher werden lassen." /78/

Wahrnehmungs- und handlungsleitend werden dabei auch - zumeist implizit bleibend - das Hintergrundwissen und die Wertvorstellungen, die die Problemsicht und -auswahl legitimieren (bei utilitaristisch orientierter Herangehensweise z. B. die subjektiven Wertpräferenzen und die "Sekundärprinzipien" zur Konkretisierung und Ausfüllung des Primärprinzips der maximalen kollektiven Glückserfüllung). "Der ausgeprägte Werte- und Ideenpluralismus führt dann freilich dazu, daß im Risikodiskurs sehr unterschiedliche Wissenszugänge und -bestände aktualisiert werden und es so vielfach zu Definitionskonflikten kommt, über deren Regelung unter den Diskursteilnehmern gegenwärtig noch wenig Klarheit besteht." /79/ Risikowahrnehmungen, -wertungen und -entscheidungen sind somit immer kontextgebunden (und deshalb wohl auch nur aus dem jeweiligen Kontext heraus zu verstehen.) Das kann im Extrem dazu führen, daß verschiedene Individuen-gruppen kaum noch über Risiken kommunizieren können, da ein hinreichend einheitliches Risikokzept nicht vorhanden ist.

Schwerpunkte der Debatte sind neben Problemen im Zusammenhang mit der Risikoerfassung und -bewertung (Indikatoren, Beurteilungsmaßstäbe, Akzeptanz) vor allem Fragen der Entscheidungsvorbereitung und -findung (Öffentlichkeit, Kommunikation, Information, Institutionalisierung) sowie spezifische Voraussetzungen und Zielstellungen der Risikoforschung (Begrifflichkeit, Methoden und Methodologie, Anspruch). All diese Überlegungen sind vor allem bedeutsam für die Erfassung der ökonomischen und sozialen Wirkung von Risiken und damit letztlich für den individuellen und den politischen Umgang mit ihnen. Dabei orientiert sich die Risikoforschung sowohl auf das Aufdecken objektiver Unbestimmtheiten in Technik und technischem Handeln, auf subjektive Aspekte der Risikoabschätzung und -bewertung sowie auf Fragen der Risikoakzeptanz einschließlich dieser zugrundeliegender Wertvorstellungen.

In dieser zunehmenden Diskussion werden jedoch einige generelle Sachverhalte sichtbar:

(a) Die Risikothematik bildet häufig nur den thematischen Aufhänger für technologische Kontroversen, ob man die betreffende Technologie überhaupt will bzw. benötigt; auf diese Weise nimmt die Risikodiskussion vielfach nicht nur die Form eines Rituals an, /80/ sondern sie wird zum Vehikel der Auseinandersetzung über "die Gestaltung unterschiedlicher Zukunftsentwürfe, die auf unterschiedlichen

Natur- und Wissenschaftsverständnissen beruhen." /81/ Die Debatten um die Risiken der Kernenergetik und der Gentechnologie sind in dieser Hinsicht wohl paradigmatisch. /82/

Dertige Zukunftsentwürfe könnten aber dann eine eminent praktische Funktion übernehmen, wenn sie auf dem Boden einer zeitkritischen Analyse ein Stück Zukunft antizipatorisch vorwegnehmen, wie es *Annemarie Pieper* fordert: "Unter diskursiv geklärten ethischen Rahmenbedingungen werden nach Maßgabe vorhandener Ressourcen Möglichkeiten einer veränderten gesellschaftlichen Praxis durchgespielt; es soll gleichsam probeweise ein ethisch wünschenswerter sozialer Zustand, der unter wirtschaftlichen Aspekten als realisierbar dargetan werden kann, mit dem bestehenden Zustand verglichen werden. ... Solche utopischen Entwürfe, die das unter moralischen Prämissen vernünftigerweise Machbare konkretisieren, sind für unsere praktische Urteilsbildung und Beschlußfassung eine unschätzbare Hilfe". /83/

(b) Für viele Menschen und in vielen Darstellungen ist "Risiko" oder "Unsicherheit" zum Signum der Gegenwart, zum Charakteristikum der Moderne geworden. (Deshalb jedoch - wie *Gotthard Bechmann* im Anschluß an *Ulrich Beck* - Risiko zur "Schlüsselkategorie" gegenwärtigen Gesellschaftsverständnisses zu erklären, scheint noch stark hypothetisch, zumal damit der Blick auf die Gegenwart und Zukunft einseitig und verengt wird. /84/) Typische Interpretationsmuster sind:

- die Verbindung des Risikos unmittelbar mit Gefahren moderner Technik- und Technologieentwicklungen, die die planetare Sicherheit bedrohen;

- Risiko birgt die Chance erweiterter Naturbeherrschung und schrumpft somit das Restrisiko, welches infolge des immensen Gewinns sozial ertragbar und verträglich ist;

- Risiko ist eine Herausforderung menschlicher Kreativität, Sicherheit als machbar und herstellbar nachzuweisen. /85/

(c) Vielfach geht es nur vordergründig um die Vermeidung von Risiken bzw. die Aufdeckung oder Beseitigung ihrer Ursachen; wesentlicher sind die soziale, räumliche und zeitliche Verteilung von Risiken und deren Folgen sowie die Verteilung der Kosten der Risikovermeidung. Darin wird auch sichtbar, daß die Definierung von Risiken immer durch eine Vielzahl gesellschaftlicher Interessen- und Nutzenskalküle beeinflusst ist. /86/ Das zeigt sich besonders deutlich bei der Festlegung des (sogenannten) Grenz-Risikos (ein Punkt auf der Skala eines angebli-

chen Risiko-Kontinuums) bzw. des Rest-Risikos (verstanden als Bereich der Risiko-Wirklichkeit). Hinsichtlich des Grenz-Risikos als gerade noch vertretbares Risiko schreibt *Gerhard Schön*: "Die Festlegung des Grenzzrisikos ist ein Ermessensentscheid über die Vertretbarkeit... Dabei soll die Aussage 'vertretbar' sowohl 'annehmbar' (bewertet aus der Sicht des vom Schaden Betroffenen) als auch 'zumutbar' (bewertet aus der Sicht Dritter) erfassen." /87/ Ähnlich äußert sich *Benno Savioli* zum Rest-Risiko (das man auch Risiko-"Rest" nennen könnte), ein Ausdruck, der für ihn ein "Begriffsungeheuer" darstellt: "Im allgemeinen wird der Begriff eingeführt nach Erörterung aller Risiken einer Entscheidung und der Maßnahmen, die eine Gefahrenabwehr gewährleisten sollen. Unterstellt man einmal, daß diese Risiken tatsächlich kalkulierbar seien, verringert sich das Risiko entsprechend der ergriffenen Schutzmaßnahmen, wird aber nicht Null... Da, wo der Sicherungsprozeß abgebrochen wird, wird somit das Risiko gewählt... Die Größe dieses Restes ist - das muß deutlich gesagt werden - das Ergebnis von Entscheidungen. Seine Kalkulierbarkeit ist Resultat einer Unterstellung." /88/

(d) Die "rein wissenschaftliche" (und damit häufig willkürliche?) Festlegung oder -setzung von "akzeptablen Risiken" bzw. Risikogrenzwerten erweist sich vielfach als nicht exakt begründbar, zumal damit auch eine Sicherheit angestrebt ist, die in Wirklichkeit nicht besteht und auf diese Weise häufig in Widerspruch zum öffentlichen Risikobewußtsein gerät. /89/ "Die Einsicht, daß Schadensschwellen im Sinne von Ungefährlichkeitsschwellen nicht festgelegt werden können, bedeutet allerdings nicht, daß Risikountersuchungen nicht gemacht werden sollten. Nur der Anspruch an das Ergebnis muß danach ein anderer sein. Schadensschwellen sind keine fixen, absoluten Größen, sondern vorläufige und vergleichende Kriterien." /90/ Auf der Basis der Einsicht, daß der gegenwärtige Erkenntnisstand ein historischer ist und Kenntnislücken aufweist, ist in einem (demokratisch vollzogenen) Abwägungsprozeß ein Grenzwert festzusetzen, der sich einerseits am Schädigungspotential, andererseits an den technischen Möglichkeiten zur Schadensminderung oder -begrenzung orientieren muß. /91/

(e) Es finden sich vielfach vereinfachende oder pauschalierende Denkmuster der Art "'technisches Versagen' versus 'menschliches Versagen'" (woraus dann teilweise einseitige sicherheitsstrategische Überlegungen abgeleitet werden). *Perrows* Ansatz unterscheidet sich von zahlreichen risikoanalytischen Untersuchungen dadurch, daß er nicht isoliert und pauschal "Fehlerquellen" (vor allem Materialmängel, Fehler des Betreiberunternehmens, des Bedieners/Nutzers oder des Konstrukteurs) betrachtet, sondern die Eigenschaften von technisch-

technologischen Systemen - die menschliches Zutun in unterschiedlicher Weise einschließen - in den Mittelpunkt der Betrachtung rückt. Auf diese Weise kommt er zu dem Ergebnis, daß die überwiegende Zahl der Hochrisiko-Systeme einige spezielle Eigenschaften aufweist, die Störfälle fast zwangsläufig zu etwas Unausweichlichem, "Normalem" in diesen Systemen macht. /92/

Allerdings wächst die Störanfälligkeit eines Systems nicht im mechanisch-deterministischen Sinne proportional zu seiner Größe (wie z. B. von *Bernd Guggenberger* angenommen wird /93/): in komplexen Systemen **muß** es infolge der ihnen eigenen Systemgesetze **nicht** automatisch und zwangsläufig zu einer Kumulation zufälliger oder nichtvorhersehbarer Einflüsse und damit zu einer wachsenden Nichtbeherrschbarkeit des Gesamtsystems kommen - wengleich die Wahrscheinlichkeit dafür vor allem bei starrer Kopplung infolge unübersehbarer Interdependenzen sehr hoch ist.

Darauf, daß eine sinnvolle Risikobewertung auf der Metaebene des Gesamtsystems Mensch-Maschine ansetzen müßte, verweist auch *Gerd Winter*. /94/ Das schließt durchaus ein, die einzelnen Komponenten isoliert zu betrachten, neben der technischen detaillierter als bisher auch die menschliche. /95/ Zu berücksichtigen ist dann jedoch die begrenzte Aussagefähigkeit für Prozesse der Risikominimierung oder -vermeidung, vor allem bei komplexen technischen Systemen mit ihren eigenen, den Menschen integrierenden Systemgesetzen.

(f) Vor dem Hintergrund der Schwierigkeiten des Nachweises von Ursache-Wirkungs-Ketten vom Verursacher zum Geschädigten macht *Peter Knoepfel* auf einen weiteren Sachverhalt aufmerksam: "Wo Gewissheiten über die Ursachen von für jedermann ersichtlichen Schäden fehlen, kommt es rasch einmal zu Verdächtigungen, zum Glaubenskrieg, zum Missbrauch von Wissenschaft und zum Zerfall gemeinsamer Werte. Kollektive Schuldzuweisungen sind in der Regel schneller zur Hand als die Bereitschaft zum kollektiven Umdenken." /96/

(g) In all diesen Diskussionen, Überlegungen, Standpunkten usw. werden als übergreifende Momente sichtbar:

- Risiko und Unsicherheit werden häufig sehr weit und einseitig gefaßt (bis hin zu jedem Versagen und jedem Störfall bzw. nur als Gefahren-Risiko - man vergleiche beispielsweise die im nächsten Abschnitt angeführten Risiko-"Definitionen").

- Risikodarstellungen bzw. -analysen betreffen unterschiedliche Ebenen, ohne diese genauer auseinanderzuhalten bzw. auszuweisen. *Hans Peter Peters* etwa ver-

weist für die Kernenergiekontroverse darauf, daß sich die vier Ebenen Risiken und Nutzen einer Einzelanlage, "direkte" Risiken und Nutzen der Kernenergie, Sozialverträglichkeit und gesellschaftliche Kontrollierbarkeit sowie Industrialismuskritik und ethische Fragen überlagern; /97/ *Wolfgang van den Daele* geht von fünf Ebenen der Risikodiskussion in der Gentechnik aus: konkrete Gefahr für Rechtsgüter (z. B. Leben), mangelnde Sozialverträglichkeit, politische und soziale Fehlentwicklung, Erosion von Wertvorstellungen sowie unvorhersehbarer sozialer und kultureller Wandel. /98/

- Es wird kaum zwischen (objektiver) Risikosituation und (subjektiver bzw. individueller) Risikowahrnehmung und -bewertung unterschieden..

- Es ist stärker zwischen individuell beeinflussbaren Risiken und solchen zu unterscheiden, die vom Einzelnen nicht beeinflusst werden können; dazu gehört auch eine weitergehende Differenzierung sog. natürlich bedingter und technogen bedingter ("zivilisatorischer") Risiken bzw. daraus resultierender Zwischenfälle oder Katastrophen, liegen doch zwischen diesen beiden Extremen zahlreiche Zwischenformen und Übergänge, die unmittelbar oder mittelbar auf die gemeinsame Ursache anthropogener Einflußnahme zurückführbar sind.

- Die Ursachen von Risiken auf unterschiedlichen Ebenen und damit auch Möglichkeiten zu deren Minimierung oder Beseitigung bleiben weitgehend unaufgeklärt oder werden nur sehr allgemein dargestellt.

Zwei Sachverhalte sollen noch etwas genauer verdeutlicht werden, erstens die Problematik individueller Risikowahrnehmung und zweitens das "sicherheits-technische Paradigma".

In der Literatur wird wiederholt darauf verwiesen, daß zwischen der individuellen Risikowahrnehmung bzw. -bewertung und dem technisch bedingten (objektiven) Risiko häufig eine große Kluft besteht: "Wenn man eine Liste von technik- oder umweltbedingten Risiken danach erstellt, wie viele Menschen jährlich ums Leben kommen, und wenn man dann eine Liste der Risiken danach erstellt, wie sehr sie die Öffentlichkeit beunruhigen - dann wird man feststellen, daß die beiden Listen sehr verschieden sind." /99/

Helmut Jungermann nennt folgende Ursachen dafür: das Katastrophenpotential, d. h. das Risiko wird höher eingeschätzt, wenn eine Technik ein hohes Potential zur Verursachung von Unfällen mit vielen Todesfällen hat, als wenn die Todesfälle einzeln eintreten; Freiwilligkeit, d. h. freiwillig übernommene Risiken werden

weit weniger kritisch gesehen und weit eher akzeptiert als unfreiwillig übernommene Risiken; Kontrollierbarkeit, d. h. ein tatsächlich oder vermutlich kontrollierbares Risiko erscheint geringer als ein unkontrollierbares Risiko; Betroffenheit, d. h. eine Technik, durch deren Versagen man direkt betroffen ist, wird als riskanter bewertet als eine Technik, deren negative Folgen andere treffen; Verursachung, d. h. natürliche Risiken werden eher akzeptiert als technische, von Menschen verursachte Risiken; Gerechtigkeit bzw. Ungerechtigkeit, mit der Vor- und Nachteile einer Technik verteilt sind; Bekanntheit bzw. Unbekanntheit einer Technik; Furchtbarkeit bzw. Unauffälligkeit der Folgen von Schadensfällen; sinnliche Wahrnehmbarkeit bzw. Nicht-Wahrnehmbarkeit von Gefahren; Akutheit bzw. Chronizität von Schäden. /100/ "Wir sollten uns hüten, dieses Verhalten leichthin als irrational zu bezeichnen. Die Evolutionsgeschichte läßt vielmehr vermuten, daß die höhere Einschätzung von unbekanntem und unbeeinflussbarem Risiko so 'vernünftig' war, daß sie sogar gefühlsmäßig als Angst verankert wurde". /101/

Die Differenz zwischen objektiver Risikosituation und subjektiver Risikowahrnehmung ist vor allem insofern von Bedeutung, da sie in Entscheidungen über "vertretbare" Risiken oder die Akzeptanz bzw. Nichtakzeptanz von Risiken einfließen. Das kann man nun zwar bedauern oder gar kritisieren, /102/ bleibt jedoch im Sinne des "Thomas-Theorems" ein Stück zu berücksichtigender Realität der "Risikogesellschaft": "Wenn die Menschen Situationen als real definieren, so sind auch ihre Folgen real." /103/

Technische Sicherheitskonzeptionen betreffen auch die Gestaltung der Beziehungen von Mensch und Technik in Mensch-Maschine-Systemen mit dem Ziel der Erhöhung der Sicherheit. In vielen derartigen Überlegungen wird fast paradigmatisch davon ausgegangen, daß der Mensch die (entscheidende) "Störgröße", der "Unsicherheitsfaktor" (Nummer Eins), die Fehlerquelle "par excellence" in technischen Systemen ist, den es funktionell weitgehend auszuschließen gilt. /104/ In diesem Sinne äußert *Carl Graf Hoyos*: "Für eine lange Zeit und z. T. bis heute noch erschien der Mensch als ein unzuverlässiges Glied in der Kette der Güterproduktion oder im Erbringen von Dienstleistungen, die man am besten und möglichst vollständig ersetzt." /105/ Infolge dessen wurde "menschliches Versagen" zur herausragenden und wohl auch am meisten gebrauchten Metapher bei der Darstellung von Unfallursachen.

Natürlich sind technische Systeme gegenüber menschlichem Handeln und Verhalten nicht autonom, denn sie werden vom Menschen nicht nur antizipiert und

produziert, sondern auch genutzt, repariert und in neue Zweck-Mittel-Beziehungen eingeordnet, und Fehler im Handlungsvollzug sind offenbar typisch für menschliches Verhalten. Risiken der Technik stehen aber im unmittelbaren Zusammenhang sowohl mit dem menschlichen Verhalten zu und in technischen Systemen, als auch gleichermaßen mit dem Funktionieren dieser Systeme und ihrer Elemente. Sicherlich gibt es dabei auch menschliches Versagen, aber: "Menschliches Versagen ist bei allen Unfällen immer die bequemste Erklärung derjenigen, die auf risikoreiche Systeme einfach nicht verzichten wollen." /106/ Hinzu kommt, daß sich für jedes Verhalten Gründe benennen lassen, die dem Handelnden selbst oder seiner Umgebung zuzurechnen sind. Damit ist eine einfache Ursachenzuschreibung "menschliches Versagen" ein viel zu grobes Raster, /107/ und wird daraus die Schlußfolgerung gezogen, eine Technikbeherrschung ohne den "Störfaktor" Mensch, eine menschenlose Technik anzustreben, dann ist damit nicht nur eine un-menschliche Technik anvisiert, sondern es bleibt zu bezweifeln, ob es möglich ist, Technik allein selbstreferentiell zu organisieren. /108/ Übersehen wird dabei wohl auch die Existenz von technikimmanenten Fehlerquellen "oder gar fehlersuggestierende Technologien und Arbeitsanforderungen sowie interaktionsimmanente und transaktionale Fehlerquellen." /109/

Eine Kritik an einseitigen "technikorientierten" bzw. "technozentrierten" Konzepten, die im Menschen lediglich ein Funktionselement des Mensch-Maschine-Systems sehen - denen jedoch keine ebenso vereinseitigenden anthropozentrierten Ansätze, die die Technikentwicklung den menschlichen Möglichkeiten "anpassen" wollen, gegenübergestellt werden dürfen - ist auf der Grundlage folgender Sachverhalte gerechtfertigt: "1. Die Führung komplexer technologischer Anlagen ist nur durch eine Partnerschaft von Mensch und Anlage, über eine leistungsfähige Schnittstelle realisiert, möglich; der hohe Anteil nicht vorhersehbarer, überraschender Informationen in Störfällen, schließlich aber vor allem ethisch-moralische Aspekte erfordern die bislang beispiellose Assoziations- und Entscheidungsfähigkeit des Menschen. 2. Eine vordergründige Orientierung auf technische Sicherheitslösungen degradiert die Forschung zum Arbeitsgegenstand, insbesondere im Hinblick auf die dringend erforderliche Integration höherer kognitiver Funktionen in das technische entscheidungsunterstützende Teilsystem." /110/ Menschen sind planmäßig und spontan, routiniert und kreativ handelnde Wesen; sie sind neugierig und gehen Risiken ein. Zudem haben sie den Vorteil, auch in komplexen und unübersichtlichen Situationen sowie unter Informationsmangel handlungsfähig zu sein bzw. zu bleiben. Ihr Verhalten in Mensch-Maschine-Systemen ist jedoch nicht immer eindeutig prognostizierbar. Zugleich

sind bei der Gestaltung derartiger Systeme auch technikinterne Risikoursachen wie unerwartete Effekte, mangelnde Qualität, Verschleiß u. ä. zu berücksichtigen. Deshalb läßt sich als Strategie für die Aufgabenverteilung zwischen Mensch und Maschine folgende Leitlinie formulieren: "Fördere und unterstütze durch den Einsatz maschineller Prozeduren die Stärken, die Menschen bei der Bewältigung komplexer Arbeitsaufgaben haben, und nimm ihnen nichts weg, was sie besser tun können und sollen als Maschinen!" /111/ M. E. sind allein auf diese Weise Funktionsfähigkeit, Leistungsvermögen, Verantwortungsbewußtsein und Entscheidungsfreiheit von bzw. in Mensch-Technik-Systemen zu garantieren.

In Konkretisierung dieses Gedankens hat *Uwe Völckers* "Leitlinien bei der Automatisierung von Funktionen zur Flugverkehrskontrolle" entwickelt: "Automatisiere nicht: - Aufgaben, die der Lotse gerne tut oder für die er besonders befähigt ist, - komplexe oder nicht vollständig verstandene Aufgaben, - in einer Weise, die das Situationsbewußtsein beeinträchtigt, - in einer Weise, die dem Lotsen bei Störungen ein unlösbares Problem aufgibt. Automatisiere: - um die Arbeitsumgebung des Lotsen zu bereichern, - um das Situationsbewußtsein zu verbessern, - um die Fähigkeiten des Lotsen zu ergänzen bzw. zu vervollkommen. Beteilige den Lotsen von Beginn an der Auswahl und der Gestaltung, den zu automatisierenden Aufgaben." /112/

Insgesamt bedeutet eine derartige, weder technizistische noch abstrakt-humanistische Sicht auf die Zuverlässigkeit des Menschen in Mensch-Maschine-Systemen "nicht nur eine Rehabilitierung des Menschen selbst, d. h. die Würdigung und Inanspruchnahme seiner schöpferischen Potenzen, sondern erschließt auch ein bedeutendes Potential für die Optimierung technischer Systeme." /113/

Da die Risiken, die mit einer Technik verbunden sind, deren Konzipierung und Gestaltung von veränderten Leitbildern ausgeht - z. B. im Sinne einer Human- und Sozialorientierung -, tatsächlich von niemanden vorhergesehen werden können, sollte man derartige Ansätze damit auch nicht diffamieren, wie es z. B. *Klaus Peter Japp* macht: "Vielfach wird das Problem einfach herumgedreht: Warum Technologien herstellen, die 'das menschliche Maß' übersteigen. Aber damit ist man dann bloß schon wieder in der Selbstreferenz des Risikos. Denn wer könnte schon sagen, welche gesellschaftlichen Risiken eine 'Technik nach menschlichem Maß' hervorbrächte? Wohl deshalb wird diese Problemfassung vornehmlich von Ethikern betreut." /114/ Eines weiß man aber sicher, nämlich welche Risiken eine

Technikentwicklung mit sich gebracht hat, die sich an anderen Leitvorstellungen orientiert.

3. Notwendige Verständigungen

Was ist nun Risiko? Darüber wurde bereits viel diskutiert, debattiert und nachgedacht, auch geschrieben, gesetzlich fixiert usw., wobei viele Bereiche erfaßt worden sind (z. B. Handel, Medizin, Wissenschaft, Technik, Beruf). Dennoch sind die Wissenschaften weit entfernt davon, einen "einheitlichen, von allen an der Risikoforschung beteiligten Disziplinen anerkannten eindeutigen Risikobegriff" /115/ zur Grundlage oder zum Ausgangspunkt weiterer Überlegungen machen zu können.

Von der "ubiquitären Verwendung" /116/ kann man sich auch überzeugen, wenn man allein einen Blick in die genannten Bücher zur Risikoforschung wirft. Das ist nun nicht besonders verwunderlich, da eine Vielzahl wissenschaftlicher Disziplinen gegenwärtig von unterschiedlichen Ausgangspunkten, mit differierenden Sichtweisen, methodologischen Instrumentarien und Zielvorstellungen sowie sicherlich auch mit spezifischen Interessen an der Risikoforschung beteiligt ist. /117/ Ausgehend z. B. von sicherheitstechnischen Überlegungen, der psychologischen, soziologischen oder ökonomischen Handlungs- und Entscheidungstheorie, der Verantwortungsproblematik in ethischer oder rechtlicher Perspektive, Forschungen zur Technikakzeptanz oder Ansätzen zur Steuerung der Dynamik technologischer Entwicklung stehen "scharfe" Begriffsbildungen "unscharfen" gegenüber, neben stärker sachurteilsorientierten finden sich stärker normativ ausgerichtete.

Wolfgang Krüger geht noch einen Schritt weiter, wenn er darauf verweist, daß es einen einheitlichen Risikobegriff "nicht geben kann, und daß die Verwendung dieses Begriffs mehr Ordnung vortäuscht, als in der Sache vorhanden ist: die Versuchung ist groß, hinter einem einheitlichen Begriff auch eine einheitliche Dimension zu vermuten. Statt des einheitlichen Risikos gibt es allenfalls verschiedene Risiken". /118/

Allen (oder fast allen) Bestimmungen von Risiko ist indes gemeinsam, daß sie einen Zusammenhang zwischen (zukünftigem) menschlichen Entscheidungshandeln, Ungewißheit hinsichtlich eintretender Folgen, Gefahren und möglichen Schäden infolge nicht-intendierter Wirkungen sowie Verantwortung für Hand-

lungsergebnisse herzustellen suchen bzw. sich in diesem Kontext bewegen. Vielfach verwendete Begriffe sind dabei Wagnis und Informationsmangel, Sicherheit bzw. Unsicherheit, Unbedenklichkeit, Nutzen, Gewinn und Verlust.

Je nach bevorzugter Hervorhebung interessierender Merkmale werden Risiken zumeist im Zusammenhang mit (bestimm- oder unbestimmbarer) Ungewißheit, mit Verlust- (z. B. im betriebswirtschaftlichen Bereich) oder "Verletzungs-"Gefahr (z. B. im kulturellen oder ethischen Sinne) sowie mit Gefahren der Fehlentscheidung (z. B. im Planungsgeschehen) interpretiert. Einige willkürlich herausgegriffene Beispiele sollen Einheit und Unterschied verdeutlichen:

(1) Risiken sind "keineswegs ein zu vernachlässigender Rest, sondern eine ... inhärente Größe, deren Charakteristika aus prinzipiellen Gründen weder vollständig erforscht noch vorhergesagt werden können." /119/

(2) Risiko bezeichnet "eine spezifische Technik des Umgangs mit Unsicherheit ..., die wir als notwendige Nebenfolgen zielgerichteten Handelns in Kauf nehmen." /120/

(3) "Risiko ist eine bestimmte Form der Praxis des Umgangs mit Gefahren und zwar jene, die über Handlungstechniken, Methoden und Institutionen versucht, Gefahr abgrenzbar, berechenbar oder auch zurechenbar zu machen." /121/

(4) "Risiko ist eine Art Maß für Gefahr." /122/

(5) Der Risikograd ist "gleich dem Produkt aus numerisch gewichteter Eintrittswahrscheinlichkeit und numerisch gewichtetem Schadensumfang ... Der hier verwendete Risikobegriff soll im folgenden 'rationaler Risikobegriff' heißen." /123/

Blicke in die Geschichte des Risiko-Begriffs und der Risikobeurteilung können etwas weiterhelfen. (Auf die Geschichte der Sicherheitstechnik als dritter historischer Quelle heutigen Verständnisses wird später eingegangen.)

Die Wortgeschichte - obwohl nicht völlig geklärt - reicht wohl bis in das Persische zurück, wo "rozi(k)" soviel wie "Tagessold, tägl. Brot, Schicksal" bedeutet, aus dem sich "rizq" = "Lebensunterhalt, der von Gott und Schicksal abhängt" herleitet. Hieraus ergaben sich sowohl das Spanische "ar-risco" (Wagnis, Gefahr) und (ar-)riscar (in Gefahr kommen) als auch im Italienischen "risco", "rischio" und "risico" (Gefahr, Wagnis) sowie "risicare" bzw. "rischiare" (wagen, Gefahr laufen), ersteres gleichbedeutend mit französisch "risque", letzteres mit "risquer".

In deutschen kaufmännischen Quellen erscheinen zu Beginn des 16. Jh. als Entlehnung aus dem Italienischen "Rysigo" und "Risigo", aus denen sich dann unser heutiges "Risiko" herausbildete. /124/

Christoph Ernst Steinbachs "Vollständiges Deutsches Wörterbuch" aus dem Jahre 1734 enthält noch kein Stichwort "Risiko", *Zedlers* "Grosses vollständiges Universal-Lexicon Aller Wissenschaften und Künste" von 1742 verweist in Spalte 1739 des "Ein und Dreyßigsten Bandes" unter "Risico" auf "Risco", wo sich dann folgende Eintragung findet: "Risco, Risico, lat. periculum, fortuna, heissen die Kaufleute die Gefahr, so ihnen aus dem Handel möchte zuwachsen, wenn sie das Wechsel-Recht überschreiten; ingleichen die Wagung, daher sagen sie, ich will den See-Risico, oder die Seegefahr wagen, oder dafür stehen; daher kommt Risquieren, Risigieren, vor dem Risico stehen ... ist soviel als wagen, und geschieht gar vielfältig bey den Kaufleuten, welche über See und Land handeln, und dabey vielen Gefährlichkeiten unterworfen sind, sonderlich in Kriegs- und Winterszeiten, in Sturm und Ungewitter, für Seeräubern und dergleichen." /125/

Das *Grimmsche* "Deutsche Wörterbuch" enthält kein Stichwort "Risiko", zu "Riskieren" heißt es aber: "verb. aus franz. risquer, ital. rischiare, seit dem 18. Jahrhundert in die Sprache des gemeinen Lebens übernommen, mehrfach ausgebildet. 1. Gefahr laufen: dann riskierte der Mohr noch mehr von Klippen und Sturm, als von unserm gegenseitigen Widerstande...; er riskiert sein ganzes Vermögen zu verlieren... 2. wagen, aufs Spiel setzen; ich mag es nicht riskieren...; seine Ehre, seinen guten Ruf riskieren; im Scherz auch einen (Tanz oder Trunk) riskieren". /126/

Um die Jahrhundertwende und lange danach dominieren in Lexika Risikodarstellungen, die vorrangig auf Handels- und geschäftliche Risiken Bezug nehmen, wie folgendes Stichwort zeigt: "Risiko (ital.) Gefahr, Wagnis, besonders in volkswirtschaftlichem Sinne die Gefahr des Mißlingens einer mit der Absicht auf Gewinn ins Werk gesetzten Thätigkeit oder Unternehmung. Im allgemeinen gilt in der Volkswirtschaftslehre der Satz, daß niemand ein R. auf sich nimmt, wenn ihm nicht bei glücklichem Ausgang eine besondere Vergütung in Aussicht steht. ...gefährliche Unternehmungen werden vernünftigerweise nur begonnen, wenn sie im Falle des Gelingens hohen Gewinn erwarten lassen u.s.w." /127/

Deutlich werden in all diesen Aussagen, Beschreibungen und Bestimmungen zwei unterschiedliche, aber eng miteinander verbundene Bedeutungen, zum einen "Risiko" als in Prozessen außerhalb des Subjekts liegende Erscheinung, jedoch erst

durch dessen Aktivitäten oder Handlungen wirksam werdend, zum anderen "Risiko" im Sinne von Eingehen eines Wagnisses, von Wagemut als Merkmal des Verhaltens von Menschen. Beide Male sind Konsequenzen thematisiert, Konsequenzen zum einen als Attribut eines durch menschliche Tätigkeit in Gang gesetzten Prozesses oder ausgelösten Ereignisses oder zum anderen als Resultat einer Handlungsoption. /128/ Beide Sichtweisen begegnen uns noch heute.

Interessant sind zwei weitere Sachverhalte: erstens der enge Zusammenhang, der zwischen Risiko, Gefahr und (ökonomischen) Nachteilen bzw. Verlusten hergestellt, Risiko somit fast ausschließlich als Gefahren-Risiko gefaßt wird - eine Auffassung, die bis heute nachwirkt; zweitens der Hinweis auf frühe Quellen aus dem kaufmännischen Bereich, denn die ersten umfassenderen Risikobetrachtungen oder -abschätzungen gab es neben denen im Umfeld der Wucherlehre /129/ im Zusammenhang mit den Schiffsreisen von Kaufleuten im 14. und 15. Jahrhundert. /130/

Darauf verweist auch die Etymologie, denn das Wort "risiko" hängt sowohl mit dem griechischen "rhiza" = Wurzel, Klippe, als auch mit dem lateinischen "risicare" = Klippen umschiffen zusammen und wurde zu jener Zeit auch in diesem Sinne verwendet, bezeichnete somit die Gefahren, die Händler und Schiffe bedrohten. Risiko stellte damals einen in Geld ausgedrückten (bzw. ausdrückbaren) Wert für die Gefährdung (vor allem den Verlust) von Gütern dar, waren doch die Chancen und die Gefahren gerade des Fernhandels bedeutend. Risiko wurde dabei als echte Unsicherheit hinsichtlich des negativ oder positiv zu bewertenden Ausgangs einer Handlung gefaßt. Das korrespondiert mit "Angst" ("anxt") und "Abenteuer" ("adventura"), den älteren deutschen Wörtern für "Risiko" auch im wirtschaftlichen Bereich, die für "Unbestimmtheit", "Unsicherheit", "Zufall" und "Gefahr", aber auch für "Vorteil" standen. "Adventurieren" bedeutete auch "reisen", womit die Unwägbarkeiten derartiger Unternehmungen in einer unsicheren Zeit sprachlich miterfaßt wurden, ebenso wie in "Adventurie"handel, d. h. einem Handel, bei dem die Absatzmöglichkeiten vorher nicht oder nicht genau bekannt sind. /131/

Für diese kaufmännischen Aktivitäten gab es subjektive Erwartungen, die auf bisherigen Erfahrungen über mögliche Schäden und ihre Eintrittswahrscheinlichkeiten basierten, und die Möglichkeit des geteilten Risikos, zunächst in kleinen Solidargemeinschaften (um "sich im Verlustfall oder gegenüber den Folgen unvorhergesehener Ereignisse gegenseitig zu stützen, indem die Folgen verteilt oder aufgefangen wurden" /132/), später durch Inanspruchnahme einer Versicherung. Bereits in der Antike schlossen römische Kaufleute für ihre Handelsge-

schäfte - ohne den Begriff des Risikos zu benutzen - eine Art Risikoversicherung ab. Seeversicherungsgesellschaften gab es in Spanien schon im 14. Jahrhundert. Im 17. Jh. kam es zum Zusammenschluß privater Seeversicherungs- und Schifffahrtsunternehmen im 'Lloyd'. "Um erfolgreich zu sein, benötigten die Versicherungen eine gute quantitative Abschätzung des Werts des auf lange Zeit erwarteten Frachtverlusts; eine solche Abschätzung war empirisch auf der Grundlage der Aufzeichnungen über vergangene Verluste möglich. Ohne eine solche Risikobewertung konnten die Versicherungen keine Prämien festsetzen, die hoch genug waren, um einen Profit zu garantieren, und niedrig genug, um wettbewerbsfähig zu sein. Das geschätzte Risiko bestimmte also die Versicherungsprämien, und die Richtigkeit der Schätzung konnte an dem Profit der Versicherungsagentur gemessen werden." /133/ Aktivitäten von Versicherten und Versicherern ging immer ein Entscheidungsprozeß voraus, in dem Kosten und Nutzen unter dem Blickwinkel der Gewinnmaximierung abgewogen wurden. /134/ Auf diese Weise wurden nicht die Gefahren beseitigt, sondern man traf Vorsorge, "daß bei Eintritt des Schadensereignisses der Schaden selbst begrenztbar und ertragbar blieb." /135/

Somit können mindestens folgende Sachverhalte für das unterstellte Risikoverständnis herausgehoben werden: Risiken ergaben sich im Zusammenhang mit Entscheidungen als mögliche Schäden, die in Geld (als vergleichbarer Dimension des kaufmännischen Risikos) ausgedrückt wurden; für die Abschätzung derartiger Risiken war es erforderlich, die statistische Wahrscheinlichkeit eines Schadensereignisses (z. B. als Folge von Schiffsuntergängen oder Piraterie) mit dem möglichen Schadensumfang (z. B. als vollständiger oder nur teilweiser Verlust) in Zusammenhang zu bringen (im Ergebnis dessen entstand die "Risikoformel", die noch heute in weiten Bereichen des Versicherungswesen Anwendung findet und auf die noch zurückgekommen wird); sowohl Eintrittswahrscheinlichkeit als auch Schadensumfang waren von vorstellbarer Größenordnung; die Vergleichbarkeit von Schadensfällen ermöglichte im Verlaufe der Zeit die Erfassung statistischer Regelmäßigkeiten; Ursachen für Gefahren und Risiken waren zumeist leicht wahrnehm- und nachvollziehbar.

Bei allen Unterschieden, die noch zu kennzeichnen sein werden, ist zwischen den Anfängen der Risikoabschätzung im kaufmännischen Bereich und der heutigen "Risikogesellschaft" eines gleich geblieben, immer ging bzw. geht es unter den Bedingungen von Unsicherheit und auf der Grundlage von Abwägungen um Entscheidungen für oder gegen eine Handlung, um die Beziehungen von Absicht und Ergebnis eines Tuns oder eines in Gang gesetzten Prozesses: Risiko kann (in er-

ster Näherung) gefaßt werden als die Chance zum Gelingen eines Vorhabens (positiver Verlauf: das angestrebte Ereignis tritt ein, das Handlungsziel wird erreicht) oder seines Mißlingen (negativer Verlauf: das angestrebte Ergebnis tritt nicht, nur bedingt, teilweise oder verspätet ein, das Handlungsziel wird verfehlt), d. h. Risiko ist an geistige oder praktische Tätigkeiten von Menschen (z. B. Entscheidungen für oder gegen die Nutzung eines technischen Systems oder Produkts) bzw. deren Resultate (z. B. in Form technisch-technologischer Lösungen) gebunden, bezieht sich auf die "gewollten", vor allem aber die "ungewollten", auf die "vorhersehbaren", vor allem aber die "nicht vorhersehbaren" Folgen von Handlungen, /136/ wobei selbstverständlich die "positiven" Effekte angestrebt sind, schließt ein, daß eine Handlung in Übereinstimmung mit den gehegten Absichten abgeschlossen wird oder nicht; die Unbestimmtheit der Zielerreichung wird dabei bewußt in Kauf genommen. Risikowissen ist dann Wissen für den Umgang mit eben dieser Ungewißheit. /137/ Konstitutiv für Risikosituationen ist somit (neben den möglichen Konsequenzen) der Wagnischarakter einer Handlung oder echter Unterlassung; Entscheidungen für oder gegen ein Risiko sind stets Entscheidungen unter Ungewißheit, einer für den überwiegenden Teil menschlicher Entscheidungen charakteristischen Bedingungsstruktur. /138/ (Damit ist auf ein **erstes** fundamentales Prinzip der Gegenwart verwiesen, das im Risiko-Diskurs Berücksichtigung finden muß.)

Technikentwicklung ist nun das Ergebnis menschlichen Wünschens und Wollens sowie zielgerichteten Entscheidens und Handelns: Technik wird von Menschen auf der Grundlage von technischem Wissen (als Einheit von theoretischen Einsichten und praktischen Erfahrungen) und technischem Können hervorgebracht und genutzt. Dieser Prozeß ergibt sich als Resultante vielfältiger Interdependenzen von Wirtschaft, Politik, Gesellschaft und (bereits vorhandener) Technik, folgt aus dem Wirken individueller, kollektiver und institutioneller Akteure mit unterschiedlichen (sehr wahrscheinlich differierenden) Handlungsorientierungen, Konzepten und Einflußmechanismen. Dabei werden Risiken um eines angestrebten oder erwarteten Ergebnisses willen nicht nur bewußt (oder auch unbewußt) in Kauf genommen, sondern Risikohandeln strukturiert und generiert Wirklichkeit, Risikoakteure erzeugen Realitäten. /139/ (Dabei sollte beachtet werden, daß sich die Konsequenzen heutiger Entscheidungen vielfach erst in der Zukunft voll entfalten, Konsequenzen, die zum Zeitpunkt der Entscheidung nicht oder noch nicht vollständig überschaubar sind.)

In diesem Sinne ist Risiko eigentlich sowohl Erfolgs- als auch Mißerfolgs- bzw. Gefahrenrisiko. /140/ Im ersten Fall hat das Handeln positiv bewertete, im letzteren Fall negativ bewertete Folgen, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eintreten. Es hat sich aber - zumeist mit Blick auf technisch-technologische und ökologische Bereiche - eingebürgert, den ersten Fall als "Chance" zu bezeichnen und nur Erwartungswerte mit negativ bewerteten Folgen "Risiko" zu benennen. /141/ Die Chance gehört aber konstitutiv seit Beginn an mit zum Risiko, vor allem, wenn man berücksichtigt, daß Risikoabschätzungen zuerst in der bzw. für die Handelstätigkeit durchgeführt wurden - der Erfolg ist wahrscheinlich, der Verlust jedoch nicht auszuschließen. "Risiko" wurde lange Zeit mit "unternehmerischem Risiko" gleichgesetzt, bei dem man Nutzen (ökonomischer Gewinn) und möglichen Schaden (ökonomischer Verlust) in Geldwerten auszudrücken und somit als Recheninheit auch austauschbar zu machen bemüht war: /142/ "Im Risiko geht man bewußt die Gefahr ein, daß man etwas Existierendes zur Disposition stellt, verliert, beschädigt, aber man nimmt dafür eine Chance wahr, in der etwas zu gewinnen versprochen ist". /143/ Deshalb ist es im Management-Bereich nach wie vor üblich, über das Risiko erfolgreicher Unternehmungen, also über positiv bewertete Erwartungswerte zu reflektieren, /144/ denn "das Wahrnehmen von Chancen, die Öffnung eines Möglichkeitsraums, der von dem einzelnen wie von multinationalen Konzernen, von ganzen Staaten und von der Menschheit selbst in einen Wirklichkeitsraum transformiert werden kann, bleibt nach wie vor Teil der zivilisatorischen Entwicklungslogik." /145/ (Risiken - vor allem im ökonomischen Bereich - können somit nicht schlechthin mit Verlustgefahr gleichgesetzt werden. Wird es jedoch auch in diesem Bereich als "negativer Teil des ökonomischen Erwartungswertes eines technischen Systems" berechnet, /146/ so ist damit wiederum nur die eine Seite des Risikos erfaßt.)

Die Unterscheidung von Erfolgs- und Gefahrenrisiko war von *Herbert Hörz* eingeführt worden, um sowohl Risiken im technischen Bereich als auch im Erkenntnisprozeß und im Innovationsgeschehen Rechnung tragen sowie die Produktivität des Irrtums hervorheben zu können. (Für Risikohandeln ist der Unterschied zwischen irrtümlichem und fehlerhaftem Handeln zu berücksichtigen, da damit unterschiedliche Ursachen zum Ausdruck gebracht werden: "Irrtum verweist auf unvollkommene Handlungsvoraussetzungen, auf fehlerhaftes Wissen etwa, während der Fehler trotz vorhandenem Wissen und Können im Zuge der Handlungsausführung auftritt". /147/)

Eine ähnliche Differenzierung bezogen auf das Risikoverhalten findet sich bereits in der Habilitationsschrift *Dieter von Klebelsbergs*. /148/ *Klebelsberg* leitet aus der Unterscheidung zwischen Gefahrenrisiko und kognitivem (Erfolgs-)Risiko Unterschiede für Entscheidungssituationen bzw. in Entscheidungsprozessen ab. Unter Risikoverhalten im Sinne des Gefahrenrisikos wird "eine persönlichkeitspezifische Form der Verhaltenssteuerung in Situationen des Zielanstrebens unter gefährlichen Bedingungen" verstanden, /149/ d. h. unter Bedingungen, die möglicherweise nicht nur zu einem Mißerfolg, einem Nicht-Erreichen des Ziels führen, sondern darüber hinaus noch die Möglichkeit einer physischen Beeinträchtigung des Handelnden einschließen. Dabei werden die Verhaltenstendenzen zur Zielerreichung ("Leistungstendenz") und zur Vermeidung von physischen Beeinträchtigungen ("Sicherheitstendenz") gegenläufig wirksam. Je ausgeprägter nun die Risikobedingungen im Fall des Gefahrenrisikos sind, desto weniger ist die Gesamtsituation als alternative Wahlsituation, als Entweder-Oder strukturiert; vielmehr ist das gleichzeitige Wirksamwerden entgegengesetzter Verhaltenstendenzen, das Sowohl-Als-auch maßgeblich: "Zielerreichen-Wollen und Beeinträchtigungs-Verhindern-Wollen sind deshalb untrennbar aneinander gebunden, weil in dieser Situation das Handlungsziel nur unter Gefahr erreicht werden kann, während Ausscheidung der Gefahr auch das Zielerreichen unmöglich machen würde." /150/ Jede Verhaltensvariante im technischen Bereich, die vertretbar sein soll (und damit wohl auch akzeptabel sein kann), muß dem Prinzip der Verhältnismäßigkeit von Leistungstendenz und Sicherheitstendenz entsprechen. (Womit die ethische Problematik der Güterabwägung angedeutet ist, auf die weiter unten eingegangen wird.) Bei Erfolgsrisiken besteht das Risiko "im Erreichen oder Nichterreichen eines Erfolgs, der vom Grad der eigenen Leistung im weiteren Sinne" abhängt. /151/ Sie weisen (im Gegensatz zu Gefahrenrisiken) eine interne alternative Struktur auf, in der der Erfolg und der Mißerfolg die gegensätzlichen Pole bilden. Als angemessene Verhaltensstrategie, um den Mißerfolg auszuschließen, resultiert daraus das konsequente Streben nach dem Erfolg, wofür die entsprechenden Bedingungen zu schaffen sind. /152/

M. E. hängt die weitgehende Bindung von Risiko an negative Erwartungswerte mit der tradierten - und wohl vorrangig von *Niklas Luhmann* in die sozialwissenschaftliche Debatte eingebrachten - Verbindung von Risiko und (allgemeiner) Gefahr bzw. (ökonomischer) Verlustgefahr zusammen. Dabei ist es notwendig, zwischen Gefahr und Risiko zu differenzieren. *Luhmann* geht dazu folgendermaßen vor: "Bei Gefahren wie bei Risiken handelt es sich um etwaige künftige Schäden, deren Eintritt gegenwärtig unsicher und mehr oder weniger unwahrscheinlich

ist. Bei Gefahren wird der Schadenseintritt der Umwelt zugerechnet, bei Risiken wird er als Folge des eigenen Handelns oder Unterlassens gesehen. Der Unterschied läuft also auf eine Frage der Zurechnung hinaus. Die Risikoübernahme beruht mithin auf einer Vergegenwärtigung von Gefahr." /153/ *Niklas Luhmann* betrachtet Risiko somit keineswegs als Maß einer Gefahr, wie es seiner Meinung nach außerhalb der soziologischen Literatur üblich sei, sondern unterscheidet Risiko und Gefahr über den Prozeß der Zurechnung streng voneinander. /154/ Bedeutet dies beispielsweise, daß für einen in der Nähe einer Sprengstofffabrik - jedoch dort bereits vor deren Bau - Wohnenden, ansonsten aber völlig Unbeteiligten, dieses (sozio-)technische System kein Risiko, sondern eine Gefahr, im Gegensatz dazu für jemanden, der nach dem Bau in deren Nähe zog, um dort etwa einen geruhsamen Lebensabend zu verbringen, diese Fabrik ein Risiko darstellt?

Anders dagegen *Ulrich Beck*, der Risiko und Gefahr dadurch unterscheidet, daß Risiken mit kontrollierbaren, Gefahren dagegen mit nicht kontrollierbaren Folgen verbunden sind, wobei "kontrollierbar" bedeutet, daß ein institutionalisiertes Regelsystem zum Management der Folgen vorhanden ist. /155/ Im Folgenden wird von der Unterscheidung ausgegangen, die *Herbert Grymer* aus soziologischer Perspektive vornimmt, denn diese Auffassung ist für die Risikoproblematik im Bereich von Technik und technischem Handeln sinnvoll: "Eine Gefahr ist eine Potentialität; Gefahr geht von etwas aus, eine Gefährdung bedroht etwas konkret Bestimmtes, Personen, Güter, Rechtsgüter etc. Risiko dagegen enthält immer etwas Berechenbares. Und dieses Berechenbare - Chance gegen Gefahr - ist immer schon etwas Soziales, Gesellschaftliches, wie ja auch schon der Akt des Berechnens nicht ein nur individueller ist. Denn dieses Berechenbare stützt sich auf Erfahrungen, auf bereits existierendes Wissen, auf bereits bestehende Arrangements, Muster, Institutionen oder Regelungen." /156/

Dieses häufige In-Beziehung-Setzen von Risiko und Gefahr im Zusammenhang mit der Technikentwicklung (sicherlich auch vor dem Hintergrund damit verbundener möglicher Schädigungen) ist nicht folgenlos für den technikwissenschaftlichen Risiko-Diskurs, denn in ihm wird - wohl auch, um emotionale Einbindungen zu umgehen; vielleicht auch, um objektiver zu erscheinen - vielfach der komplementäre Begriff Sicherheit, weitaus öfter noch der Begriff Zuverlässigkeit verwendet. In überblicksartigen Darstellungen zum technischen und Ingenieurwissen wird das besonders deutlich: "Meyers Lexikon der Technik und der exakten Naturwissenschaften" aus dem Jahre 1970 enthält keine eigenständigen Stichworte "Risiko", "Sicherheit" und "Zuverlässigkeit" - lediglich zwölf Eintra-

gungen, die "Sicherheit" als Bestimmungswort enthalten; /157/ das "Lueger Lexikon der Technik" in 17 Bänden enthält kein Stichwort "Risiko", im Band 12 ("Lexikon der Fahrzeugtechnik") Bemerkungen zur Sicherheit von Verkehrsfahrzeugen sowie in den Bänden 12, 14 ("Lexikon der Feinwerktechnik") und 15 ("Lexikon der Fabrikorganisation und Fördertechnik") Stichworte zur Zuverlässigkeit, wobei der Eintrag im Band 15 der allgemeinste und umfassendste ist. /158/

Hinzu kommt weiterhin, daß die Übernahme des Risikobegriffs in den technischen Bereich wahrscheinlich im Zusammenhang mit dem Aufkommen der Maschinenversicherung (für *Wolfgang Krüger* eine "besonders unglückliche Begriffsentlehnung ... aus der Kaufmannssprache", um das Gefährdungsphänomen in den Begriff zu bekommen /159/) "notwendigerweise zu einiger Verwirrung führen (mußte). Zwar ähneln sich die Phänomene wirtschaftlich und technisch induzierter Unsicherheit in der Weise, daß für beide statistische Erscheinungen eine Rolle spielen. Die einheitliche Dimension aber, die in wirtschaftlichen Betrachtungsweisen vorhanden ist, findet sich im Bereich der technisch induzierten Risiken nicht wieder." /160/

Ist oben die erste Annäherung an eine begriffliche Fassung von Risiko vorgenommen worden, dann kann jetzt mit Blick auf Technik und technisches Handeln eine zweite Annäherung erfolgen, indem unterschiedliche Risiko-"Arten" sichtbar gemacht werden:

- (a) Risiko im Sinne objektiver Unbestimmtheit, d. h. als "Nicht-wissen-können" bzw. "Nicht-genau-wissen-können";
- (b) Risiko als subjektiv verschuldete Unbestimmtheit, d. h. als "Nicht-genau-wissen" (womit sowohl die Problematik des Fehlverhaltens als auch Fragen des gerechtfertigten Risikos verbunden sind);
- (c) Risiko als aus Unkenntnis angenommene oder scheinbare Unbestimmtheit;
- (d) Risiko als bewertete, akzeptierte oder nicht akzeptierte Unbestimmtheit;
- (e) hypothetisches Wissen als Risiko, d. h. als "Noch-nicht-wissen".

Diese Idealtypen werden in der Risikodiskussion kaum exakt auseinandergehalten (auch nicht in der vorliegenden Studie!). Sie lassen sich wohl auch nur analytisch so exakt trennen, in der Darstellung kommt es immer zu "Vermischungen" oder "Verwischungen". Diese Unterscheidung kann aber für den Risiko-Diskurs

heuristisch hilfreich sein, zumal sie unterschiedliche Handlungsorientierungen aus bzw. in den Bereichen Wissenschaft (z. B. bei (a), (c) und (e)), Bildung (z. B. bei (b)) und Politik (z. B. bei (d)) erfordern.

Jedes Risiko (besser eigentlich: jede Risikosituation) enthält objektive und subjektive Momente. "Objektives Risiko" bezeichnet den Sachverhalt, daß das Risiko als Chance zum Ge- oder Mißlingen, als objektive Unbestimmtheit unabhängig davon existiert, ob sich der Handelnde, der Nutzer oder der möglicherweise Betroffene dessen bewußt ist oder nicht. (Risiken sind nicht immer nur bewußt eingegangenen Risiken! Natürlich läßt sich im Nachhinein, retrospektiv, fast immer eine Zurechnung vornehmen, aber prospektiv ist das ohne Schwierigkeiten seltener möglich.) Ein Beispiel: Die Wahrscheinlichkeit, daß die "Titanic" in der Nacht vom 14. zum 15. April 1912 ihre Fahrt durch den Atlantik mit hoher Geschwindigkeit und bei Treibeisgefahr unbeschadet überstand bzw. - als Kehrseite dieser Sichtweise - mit einem Eisberg zusammenstieß, lag in beiden Fällen zwischen Null und Eins, es gab somit eine objektive Risikosituation, unabhängig von deren Erfassung oder Einschätzung durch die Schiffsführung. Genauso objektiv ist die Risikosituation eines großtechnischen Systems mit komplexen Wechselwirkungen und starren Kopplungsmechanismen zu charakterisieren, kommt es doch in ihnen - nach *Perron* - unvermeidbar zu Systemunfällen, die auch durch noch so ausgeklügelte Sicherheitsvorkehrungen nicht zu verhindern sind.

Die subjektive Seite zeigt sich vor allem in der Wahrnehmung, Beschreibung und Bewertung des bzw. im Verhalten zum Risiko - mithin auch in der Abschätzung der "Höhe" oder "Größe" des Risikos. /161/ Im Falle der "Titanic" wurde die objektive Situation - aus welchen Gründen auch immer - falsch eingeschätzt, das bestehende Risiko unterschätzt, so daß es - im Zusammentreffen mit mangelhafter Ausrüstung und weiteren menschlichen Fehlleistungen - zu einer der größten Katastrophen der zivilen Seefahrt kam. /162/

Ortwin Renn verweist auf folgende Vorstellungsmuster, die vor allem im Alltagsleben den Bedeutungsumfang von Risiko prägen und damit für die Risikowahrnehmung - bezogen auf technische Risiken allerdings in unterschiedlicher Weise - bedeutsam sind: Risiko als Damoklesschwert, als Schicksalsschlag, als Herausforderung der eigenen Kräfte, als Glücksspiel sowie als Frühindikator für Gefahren. /163/

Risikoanalysen sind ein multifaktorielles Problem: sie zielen zunächst auf das separate und isolierte Erkennen und Erfassen von Risikoquellen (die auf vielfälti-

gen Ursache-Wirkungs-Beziehungen beruhen), sodann auf die (richtige) Charakterisierung und die Abschätzung der relevanten Größen (z. B. Grad der Ungewißheit, möglicher Nutzen oder Schaden, örtliche und zeitliche Reichweite, Eintrittswahrscheinlichkeit und -zeitpunkt) und schließlich auf deren Zusammenführung bzw. Verknüpfung zu einem Gesamtbild als Grundlage für das "Management" des Risikos (Feststellen von Akzeptabilität und Akzeptanz, Genehmigungsverfahren, Minimierungsmöglichkeiten, Sicherheitsvorkehrungen u. ä.). Dabei werden durch den "Bearbeiter" zwar die Randbedingungen der Vorgehensweise gesetzt, völlige Beliebigkeit ist aber nicht möglich: "Die Wahl von Konventionen bei der Risikoerfassung ist kein Willkürakt, bei dem Forscher je nach politischer Überzeugung oder persönlichen Vorlieben den ihnen gegebenen Ermessensspielraum nutzen. Das heißt allerdings nicht, daß einzelne Wissenschaftler oder Entscheidungsträger nicht aus politischen oder persönlichen Motiven heraus eine Konvention bevorzugen, die ein wünschenswertes Ergebnis garantiert. Ein solches Vorgehen läßt sich aber unter Zuhilfenahme rationaler Kriterien nachweisen und überprüfen, und zwar ohne Bezugnahme auf die eigenen Präferenzen. Kriterien zur Beurteilung von Konventionen sind: Problemadäquanz, Zweckmäßigkeit, Plausibilität und Erfahrung. Diese Kriterien bedingen zwar subjektive Urteile, welche aber aus dem Kontext der Untersuchung schlüssig ableitbar sind." /164/ Derartige "Konventionen" beziehen sich bei der Risikoerfassung und -abschätzung u. a. auf die Methodenwahl, die Einschätzung der Zuverlässigkeit der Ergebnisse, die Bandbreite der berücksichtigten Ereignisse, die Modellannahmen, die Wahl der Referenzgröße und die Verknüpfung von Wahrscheinlichkeiten und Schadensausmaßen. /165/

Die Unterscheidung von (objektiver) Risikosituation und auf (subjektiver) Risikoerkenntnis, -beschreibung und -bewertung basierendem Verhalten wird m. E. dann nicht beachtet, wenn darauf verwiesen wird, daß es ein "objektives" Risiko nicht gebe, sondern daß die Risiko"wirklichkeit" konstruiert, daß Risiken soziale und/oder kulturelle Konstrukte seien (womit wohl nicht nur gemeint ist, daß Risiken an die Existenz des Menschen und sein Handeln bzw. Nichthandeln gebunden seien - denn das ist vorausgesetzt). So schreibt z. B. *Christoph Lau*: "Was als Risiko begriffen wird und was nicht, welche Aspekte des Risikos wahrgenommen und untersucht werden und vor allem wie die möglichen Gefahren zu werten sind, läßt sich ... nicht ohne Rückgriff auf gesellschaftliche Wahrnehmungsmuster und Werte beantworten." /166/ Dagegen läßt sich nichts einwenden, aber trotzdem muß es auch im Verständnis von *Lau* ein vom Subjekt unabhängiges Risiko geben, denn

nur davon kann man - worauf er selbst verweist - "Aspekte" wahrnehmen und untersuchen.

Wenn in der Literatur gegen eine Trennung von objektivem und subjektivem Risiko mit dem Hinweis polemisiert wird, daß damit der Zusammenhang von Risiko und Entscheidungshandeln verkannt werde, und weil eine Trennung zwischen "Fakten" und "Wertungen" nicht voraussetzungslos möglich sei, /167/ dann wird häufig auch von einem anderen Risikoverständnis ausgegangen. Um es nochmals zu betonen: die Formulierung "objektives Risiko" verweist auf die Existenz einer faktischen Unbestimmtheit, die als Chance zum Ge- oder Mißlingen einer Handlung mit möglichen ("wahrscheinlichen") nichtvorhergesehenen Folgen verbunden sein kann. Damit werden sowohl der ontologische Status des Risikos als auch seine Ursachen betont, aber weder etwas über seine "Größe" oder seine Konsequenzen noch über seine Wahrscheinlichkeit ausgesagt. Hinzu kommt folgendes: "Da es heute in der technisch-wissenschaftlichen Zivilisation zu den Selbstverständlichkeiten gehört, daß ... Risiken rechtlich, medizinisch oder technologisch nicht existieren, solange sie nicht wissenschaftlich anerkannt sind," /168/ verdeutlicht die vorgenommene Unterscheidung auch, daß Risiken wohl schon vor ihrer Erkenntnis existieren. (Damit kann auch der Regel "Was nicht eindeutig als schädlich nachgewiesen ist, kann als vorerst unschädlich gelten und bleibt erlaubt" der Boden entzogen werden. /169/) Zu berücksichtigen ist dabei jedoch auch noch, daß "Subjekt" und "subjektiv" unterschiedlich verwendet werden bzw. präzisiert werden müssen, z. B. Subjekt als Einzelindividuum, Gruppe oder Menschheit, als erkennendes, antizipierendes, wertendes, akzeptierendes bzw. nicht akzeptierendes oder handelndes Subjekt, als bewußt (in Kenntnis der Unbestimmtheit) oder unbewußt (in Unkenntnis der Unbestimmtheit) riskant handelnd sowie im Sinne von Beteiligtem oder Betroffenen.

Unterstellt man jedoch, daß Risiken immer bereits bestimmt, abgeschätzt und bewertet sind (wie es m. E. von den oben genannten Autoren getan wird), dann hat eine Gegenüberstellung oder Trennung von "objektivem" ("natürlichem") und "subjektivem" (wahrgenommenem) Risiko keinen Sinn, weil in den Prozeß der Bestimmung (verstanden als Wahrnehmung, Beschreibung und Bewertung), der zu Aussagen über Risiken führt, die genannten subjektiven Komponenten einfließen, vor allem hinsichtlich dessen, was als schädigendes Ereignis bzw. als Schadensausfall gelten soll, ob und wie diese Schadensgrößen zu quantifizieren sind, wie die möglichen Schäden mit dem möglichen Nutzen einer Entscheidungsoption abzuwägen sind, auf welcher Erfahrungsbasis bzw. mit welchen Methoden der

Eintritt von Schäden qualitativ und quantitativ abzuschätzen ist, welches Maß an "Sicherheit" bei der Risikobewertung heranzuziehen ist sowie ob über die Interessen und praktischen Erfordernisse der Entscheidungsträger hinaus weitere Risiken bzw. Entscheidungsfolgen in die Abschätzung eingehen sollen. /170/

Vor diesem Hintergrund erweist sich die so vielbeschworene Objektivität der mit naturwissenschaftlichem Instrumentarium ermittelten Risiko-Werte (z. B. Ausfallwahrscheinlichkeiten, Belastbarkeit, Grenzkrisiken, Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge) dann tatsächlich stärker kontextabhängig als angenommen. Das trifft insbesondere zu bei seltenen Ereignissen, nur unvollständig zur Verfügung stehenden Detailkenntnissen, Schätzungen auf der Basis von Modellannahmen, prognostischen Abschätzungen, Festlegung "optimaler" Lösungen, mangelnden Vergleichsmöglichkeiten, fehlenden Erfahrungen u.ä. Da darauf selbst von naturwissenschaftlich orientierten Risikoforschern vielfach hingewiesen wurde und wird, /171/ sollte nicht mehr davon ausgegangen werden, daß der "ingenieurwissenschaftliche Risikobegriff frei von subjektiven und normativen Elementen" sei. /172/ (Die Gegenposition formuliert - bewußt auch etwas überspitzt - A. Mazur mit Blick auf die risk-assessment-Methodologie: "Der Schwerpunkt liegt auf hypothetischen Ergebnissen, die auf willkürlichen Annahmen basieren, da keine geeigneten empirischen Daten der realen Welt zur Verfügung standen. Die Ergebnisse sind durch die Annahmen des Analytikers beeinflusst, und diese Annahmen spiegeln unweigerlich die vom Analytiker selbst bevorzugten Ergebnisse wider." /173/)

Ob die aus einer philosophischen Sicht vorgenommene Differenzierung für Fragen der politischen oder sozialwissenschaftlichen Auseinandersetzung z. B. über "akzeptable Risiken", "zumutbare Belastungen" oder "vertretbare Grenzwerte" notwendig ist, liegt auf einer ganz anderen Ebene.

Interessant ist, daß der Sprachgebrauch von der "Konstruktion der Risikowirklichkeit" zumindest mit Blick auf technisch bedingte Risiken noch einen weiteren Akzent setzt, der bislang kaum Beachtung fand, nämlich, da Technik von Menschen antizipiert und produziert wird, werden so auch Risikosituationen (z. B. über technische Strukturierungen, Bedienungsvorschriften oder Handlungsmöglichkeiten) im wahrsten Sinne "konstruiert". Darauf hat unlängst *Gerd Winter* verwiesen: "Dennoch macht es heuristisch einen Sinn, Fehler des technischen Systems als vergegenständlichter geistiger und körperlicher Arbeit und Fehler der hinzutretenden Arbeit zu unterscheiden, und zwar bezogen auf jede einzelne der Stufen von der fertigen Anlage zurück bis zur Anlage in Reparatur, in Herstel-

lung und in Planung. Menschliches Fehlverhalten auf einer früheren Stufe erscheint auf der späteren Stufe als technischer Fehler." /174/ Das kann insbesondere beim Entwurf von Software und deren nachfolgender Nutzung in informationstechnischen Systemen der Kontrolle und Überwachung (z. B. bei der industriellen Prozeßsteuerung, aber auch im militärischen Bereich bei der automatischen Zielerkennung und -bekämpfung) mit prekären Folgen verbunden sein. /175/

Die philosophisch orientierte Unterscheidung objektiver und subjektiver Komponenten des Risikos erfolgt auch mit dem Ziel, fatalistische ("Risiken sind prinzipiell nicht zu beseitigen.") und voluntaristisch-subjektivistische ("Risiken sind bei Vorliegen aller relevanten Informationen stets beherrschbar.") Sichtweisen des Problems als nicht der Realität - vor allem dem Wirken von Zufällen und der Möglichkeit erkenntnisgeleiteter menschlicher Tätigkeit - entsprechend verdeutlichen zu können.

Sie ist jedoch nicht zu verwechseln mit dem für viele Natur- und Technikwissenschaftler selbstverständlichen, von Sozialwissenschaftlern mehrfach reflektierten, m. E. in dieser Form jedoch nicht aufrecht zu haltenden Sprachgebrauch der Unterscheidung zwischen objektivem Risiko, das von Experten auf der Basis quantitativer Angaben, wissenschaftlicher Einsichten und begründeter Annahmen ermittelt werde, und dem subjektiven Risiko, das sich aus der Einschätzung qualitativer Risikofaktoren durch Laien ergebe. /176/ Ganz in diesem Sinne schreibt z. B. *Andreas F. Fritzsche*: "Eine Größe (Wahrscheinlichkeit, Risiko, usw.) soll als objektiv bezeichnet werden, wenn sie zur Hauptsache aus einer sachlichen, also nach logisch-wissenschaftlichen Methoden vorgenommenen Erfassung eines Tatbestands hervorgegangen ist. Eine objektive Größe ist empirisch nachprüfbar und kann so gegebenenfalls falsifiziert werden. Sie ist daher im wesentlichen unabhängig davon, wer sie bestimmt hat; die Bestimmungsmethode überläßt dem Subjekt (im Idealfall) keinerlei Ermessensspielraum. Im Gegensatz dazu soll etwas als subjektiv gelten, das eine Beurteilung durch das Subjekt beinhaltet. Eine solche Beurteilung widerspiegelt die Kenntnisse, Gefühle und Ansichten der betreffenden Person und wird somit von Person zu Person verschieden sein. Es gibt hier keinen allein 'richtigen' Wert." /177/ Wenn eine Unterscheidung von der Methodik der Datengewinnung her vorgenommen wird, dann kann in dieser Hinsicht sinnvollerweise nur von einem graduellen, keineswegs jedoch von einem prinzipiellen Unterschied zwischen "objektivem" und "subjektivem" Risiko in dem Sinne ausgegangen werden, wie er von *W. D. Rowe* u. a. für die Wahrscheinlichkeitsbestimmung gekennzeichnet wird: "Die Eintrittswahrscheinlich-

keit einer Folge kann durch direkte Messung in wiederholten Versuchen mit einem verursachenden Ereignis bestimmt werden. Wenn die Zahl der Versuche groß ist, kann die Wahrscheinlichkeitsschätzung als objektiv betrachtet werden, da sie eine empirische Schätzung darstellt. Wenn Wahrscheinlichkeitsschätzungen jedoch auf der Grundlage von nur einem oder weniger Versuche oder gar von Vermutungen vorgenommen werden, sind sie subjektiv. ... Zwischen diesen beiden Extremen gibt es eine weitere, hier 'synthetische Wahrscheinlichkeit' genannte Schätzung; in diesem Fall wird die Wahrscheinlichkeit einer Folge nicht direkt gemessen, sondern von den objektiven Wahrscheinlichkeiten sich ähnlich verhaltender Wirkungssysteme extrapoliert. ... Eine ähnliche Bandbreite ergibt sich bei der Berechnung des Folgewerts." /178/ Daraus leitet er ab, daß es nur dann berechtigt sei, von "objektivem" Risiko zu sprechen, wenn die Wahrscheinlichkeit in wiederholten Versuchen gemessen und die Folgen als die eines direkt beobachtbaren und meßbaren Ereignisses beschrieben werden. In allen anderen Fällen ist ein modellhaftes bzw. ein subjektives Risiko anzunehmen. Damit schrumpft die Unterscheidung von objektivem und subjektivem Risiko "auf die Differenz zweier subjektiver Abschätzungen zusammen, nämlich die von Experten und Laien." /179/ Die genannte, indirekt auch von *Rowe* kritisierte Gegenüberstellung erfolgt möglicherweise auch mit dem Ziel vergessen zu machen, daß Risiko- und Sicherheitskonzeptionen neben Sachbezügen auch normative Elemente (vor allem über die Interpretation, Gewichtung, Bewertung und Beurteilung) enthalten. "Diese Beschwörung der Sachlichkeit soll den Eindruck vermitteln, die Beurteilung der Akzeptabilität von Risiken könne auf die Sachurteile reduziert werden und normative Elemente ließen sich ausschalten. Nichtfachleuten wird somit alle Kompetenz abgesprochen." /180/ Abgesehen davon, daß im Einzelfall auch immer bestimmt werden muß, wer warum und wofür "Experte" ist /181/ (auf die generelle Problematik der Glaubwürdigkeit und Aussagekraft wissenschaftlicher Aussagen - womit auch zusammenhängt, daß in der Öffentlichkeit die "Validität von wissenschaftlichen Expertisen, die als Basismaterial für politische Entscheidungsprozesse im Technologiebereich dienen, immer stärker in Frage gestellt" wird /182/ - wurde bereits verwiesen), bringen auch "Laien" mit ihrer Sicht- und Herangehensweise, mit ihrem möglicherweise anderen Risikokonzept Vorteile in die Risikobewertung und -abschätzung ein: sie tragen dem Prinzip der Erkenntnis von Schärfe durch Unschärfe in komplexen Zusammenhängen besser Rechnung; sie erkennen bzw. erahnen, da sie fachlich nicht gebunden sind, besser Schwachstellen sowie Konflikt- und Risikopotentiale; sie betrachten eher ganzheitlich vernetzt und beurteilen unbefangener. /183/ In diesem Sinne ist *Adalbert Evers* und *Helga Nowotny* zuzustimmen, wenn sie betonen: "Ein wesentlicher

Schritt vorwärts in der Risiko-Diskussion geschieht folglich erst dort, wo die Urteile und Reaktionen der Öffentlichkeit nicht auf psychologisch verzerrte Vorformen von Experten-Rationalität reduziert werden, sondern als Repräsentanten eines anderen Wissens Anerkennung finden." /184/

Eine ähnliche Unterscheidung wie die von Experten- und Laienwissen findet sich auch bei *Ulrich Beck*, der aber - noch weitergehend - zwei Wissenschaftsarten ausmacht, die sich in der "Gefahrenzivilisation" voneinander abzuspalten beginnen, die "Daten-" oder "Laborwissenschaft" und die "Erfahrungswissenschaft": "Die alte, in Hochblüte stehende Laborwissenschaft, die mathematisiert und technisch, aber erfahrungslos die Welt umgestaltend durchdringt und erschließt - inzwischen bis in den Mittelpunkt des genetischen Codes hinein -, und eben diese öffentliche Erfahrungsdiskursivität, die Ziele und Wege, Folgen und Gefahren kontrovers in den Blick hebt." Beide haben ihre eigenen Herangehensweisen, Methoden und Mängel: "Die Daten- und Laborwissenschaft kann niemals die Unsicherheit von Wahrscheinlichkeiten aufheben, die nichts ausschließen, und sie ist blind gegen die Folgen, die ihre Erfolge begleiten und bedrohen. Die öffentliche Gefahrenverhandlung dagegen ist alltagsbezogen, erfahrungsgesättigt, aber auch medienabhängig, manipulierbar, hysterisch und in jedem Fall laborlos, also auch forschungs- und argumentationsabhängig". Die Erfahrungswissenschaft ist für Beck eine Frage- und keine Antwortwissenschaft: "Aber sie kann auch Ziele und Normen im Fegefeuer der Gegenmeinung einem Öffentlichkeitstest aussetzen und auf diese Weise eben Zweifel aufrühren, lebendig werden lassen, die in der gefahren- und folgenblinden Normalwissenschaft chronisch ausgeklammert bleiben." /185/

Mit einer derartigen Gegenüberstellung, für die man "im Prinzip" sicherlich auch Belege finden kann, wird man den innerwissenschaftlichen Bemühungen, disziplinäre Grenzen zu überschreiten und fachübergreifende Ansätze mit Blick auf Sicherheit und Zuverlässigkeit technischer Systeme zu generieren /186/ oder Vorstellungen für eine sozial- und humanorientierte Technik- und Technologieentwicklung umzusetzen, /187/ keineswegs gerecht. Überdies werden die komplizierten Beziehungen zwischen Ökonomie, Politik und Wissenschaft sowie dem Ziel von Forschung ausgeblendet, wenn man von der Laborwissenschaft (nicht den Laborwissenschaftlern!) mehr erwartet als das verantwortungsbewußte Abwägen aller mit der Forschung (oder Unterlassung) verbundenen Folgen, Wirkungen Risiken. /188/

Als "Rest" bleibt indes das Nichtvorherseh- oder -sagbare, für das dann auch niemand verantwortlich ist bzw. gemacht werden kann, denn "Verantwortung kann ja nur angemahnt werden, wenn man wissen kann, was die wirklichen Folgen sein werden. Verantwortung setzt Kenntnis, zumindest Erkennbarkeit der Folgen des Handelns voraus". /189/ Damit ist - als **zweites** Merkmal für Diskussionen über ein Risikomanagement in der Gegenwart - die Grenze des Konzepts der Folgeverantwortung angedeutet, egal, ob sie individuell oder institutionell ausgerichtet ist.

Wichtiger als alle Schuldzurechnungen und Verantwortungsabgrenzungen ist darauf zu verweisen, daß die Diskussion über erstrebenswerte Ziele und zu realisierende Werte zwischen "Experten" und "Laien", zwischen Natur-, Technik- und Geisteswissenschaftlern, zwischen Akteuren, Betroffenen und Nutznießern der Wissenschafts- und Technikentwicklung als gleichberechtigte Teilnehmer forciert wird, um so Gestaltungschancen nutzen zu können. In die Konstruktion möglicher Szenarien fließen auch darauf basierende Entwürfe ein, die mitbestimmen, was geschieht. /190/ Allerdings gilt dabei für alle Beteiligten: "Niemand ist so blind wie der, der nicht sehen will." /191/

Hinzu kommt ein weiteres, denn es ist auch erforderlich "die stoffliche Seite der Gefahrenproduktion frei(zu)legen. Dabei würde sich zeigen, daß die von Beck für zentral erachtete Überspezialisierung der Wissenschaften allenfalls ein Teilproblem ist. Die Ursachen wissenschaftlicher Gefahrenproduktion sind breiter gefächert. Schon der naturwissenschaftliche Forschungsprozeß umfaßt eine Vielzahl struktureller Erkenntnisblockaden. ... Becks Risiko- und Gefahrenbegriff ist zu eng ausgelegt, um diese stofflich-technische Dimension und die in ihr enthaltene Erkenntnisproblematik zu durchdringen." /192/

4. Risiko und Technikentwicklung

In Technik und technischem Handeln verweist das Risiko vor allem als Betriebs-, als Versagens- oder als Mißbrauchsrisiko darauf, daß der Nichterfolg eines technischen Ablaufs (z. B. durch den Ausfall eines Systemelements) oder einer geplanten Handlung (z. B. infolge von Fehleinschätzungen oder mangelnden Wissens) häufig mit direkt voraussehbaren (wenn auch zumeist nicht genau abschätzbaren) kurz-, mittel- und/oder langfristig erfolgenden Schädigungen von Technik, Mensch und Natur unterschiedlichster Größenordnungen verbunden ist, steht al-

so in einem unmittelbaren Bezug zur Sicherheit als Wert technischen Handelns. /193/ "Das Betriebsrisiko betrifft Schäden, die bei störungsfreiem Betrieb und bestimmungsmäßiger Verwendung des technischen Systems entstehen können. Das Versagensrisiko bezieht sich auf Schäden, die bei einem Störfall eintreten können. Das Mißbrauchsrisiko betrifft Schäden, die aus einer nicht bestimmungsgemäßen Verwendung des technischen Systems erwachsen können." /194/

Diese Differenzierung des Risikos ähnelt der von *Herbert Hörz* vorgenommenen Unterscheidung von gesetzmäßigem Risiko (Unbestimmtheiten infolge unterschiedlicher Realisierungswahrscheinlichkeit gesetzmäßiger Möglichkeiten im Systemverhalten bzw. in den System-Element-Beziehungen), Verhaltensrisiko (Unbestimmtheiten hinsichtlich des Verhaltens in Wahlsituationen mit ungewissem Ausgang) und Zufalls- bzw. Begleitrisiko (Unbestimmtheiten infolge des möglichen zufälligen Zusammentreffens ungünstiger Umstände). /195/ Sie verweist auf unterschiedliche Quellen und damit auch auf unterschiedliche Handlungsstrategien für ihre Begrenzung und Minimierung: "Entspringen die Betriebs- und Versagensrisiken vor allem objektiven Quellen und sind dem technischen Prozeß immanent, so sind die Mißbrauchsrisiken vor allem subjektiv bedingt. Sie haben ihre Wurzeln in bestimmten subjektiven Interessenlagen bzw. Interessen-, Bewertungs- und Entscheidungskonstellationen." /196/

An dieser Stelle sind einige Begriffsbestimmungen angebracht. "Sicherheit" wird im Folgenden verstanden als "Abwesenheit von Gefahr für Leib und Leben ... bezieht sich allein auf die körperliche Unversehrtheit und das Überleben derjenigen Menschen, die von der Entwicklung und Nutzung der technischen Systeme in Mitleidenschaft gezogen werden könnten", /197/ unterscheidet sich damit bewußt von der im technischen Regelwerk üblichen Fassung als "eine Sachlage, bei der das Risiko nicht größer als das Grenzkrisiko ist", /198/ weil m. E. der Bezug auf das (sogenannte) Grenzkrisiko ("das größte noch vertretbare Risiko eines bestimmten technischen Vorgangs oder Zustands" /199/) nicht nur unpraktikabel, sondern vor allem deshalb problematisch ist, weil es damit sowohl auf dem unbestimmten "Stand der Technik" als auch auf willkürlichen Grenzziehungen basiert. (Welche merkwürdigen Konsequenzen das haben kann, wird u. a. darin deutlich, daß zentrale Belastungsgrenzwerte in unterschiedlichen Staaten erheblich voneinander abweichen. *Rainer Wolf* verweist z. B. darauf, daß diese Grenzwerte für Schwefeldioxid um mehr als 300% differieren. /200/) Das zeigt sich noch deutlicher in der Bestimmung des (nicht ganz komplementären) Begriffs "Gefahr" als "eine Sachlage, bei der das Risiko größer als das Grenzkrisiko ist". /201/

Unter "Zuverlässigkeit" wird der "Teil der Qualität im Hinblick auf das Verhalten der Einheit während oder nach vorgegebenen Zeitspannen bei vorgegebenen Anwendungsbedingungen" verstanden, wobei die Qualität die "Beschaffenheit einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte oder vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen" umfaßt. /202/

Es sei nochmals betont, daß die mit Risiken verbundenen Folgen **möglich** sind, daß ihr Eintreten ungewiß ist, d. h., sie haben eine Eintrittswahrscheinlichkeit, die zwischen Null (die Folgen treten unmöglich ein) und Eins (die Folgen treten sicher ein) liegt. Je wahrscheinlicher der Eintritt des gewollten oder abzuwendenden Ereignisses ist, desto mehr nähert sich das Wahrscheinlichkeitsmaß dem Wert Eins und umgekehrt, je unwahrscheinlicher das Ereignis ist, desto mehr nähert sich das Maß der Wahrscheinlichkeit dem Wert Null (wobei der Wert Null aus im Wesen des Menschen und im Wesen des Technischen liegenden Gründen nicht erreicht werden kann: es gibt weder risikofreies technisches Handeln noch risikofreie technische Systeme oder Prozesse, d. h., es gibt kein "Null-Risiko").

Gerade derartige Störfall- oder Schadensmöglichkeiten, deren Eintrittswahrscheinlichkeiten zwar sehr klein, "fast Null", aber eben nicht "Null" sind, bei denen zugleich jedoch die potentiellen Schäden und Folgen so groß sind, daß die Risiken derartiger Ereignisse nicht vernachlässigt werden können, besitzen als "Null-Unendlichkeits-Dilemma" in der gegenwärtigen Diskussion eine besondere Brisanz. Das hängt vor allem damit zusammen, daß erstens Ereignisse mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit entweder kaum in das öffentliche Bewußtsein dringen, da vielfach - zwar psychologisch erklärbar, aber trotzdem fälschlich - "fast Null" mit "Null", "wenig wahrscheinlich" mit "unwahrscheinlich" gleichgesetzt wird, /203/ oder aber "fehlgedeutet werden und Reaktionen auslösen, die der Problemstellung nicht adäquat sind." /204/ Zweitens ist die Ermittlung der Wahrscheinlichkeit seltener Ereignisse methodisch sehr schwierig, /205/ da z. B. eine direkte Beobachtung der Häufigkeit sehr seltener Ereignisse mit gravierenden Folgen (etwa ein Reaktorunfall mit Kernschmelze) kaum möglich noch erwünscht ist. Es existieren aber auch für die Eintrittswahrscheinlichkeit von Ereignissen Grenzwerte, "die nicht unterschritten werden können, ohne daß Wahrscheinlichkeitsangaben und damit der Risikobegriff selbst ihren praktischen Sinn verlieren." /206/ Wahrscheinlichkeitsschätzungen von nichtwiederholbaren Ereignissen - z. B. im Rahmen des "Null-Unendlichkeits-Dilemmas" - können somit zu meist nicht objektiv begründet werden. "Wenn solche Einschätzungen überhaupt irgendeine Bedeutung haben, so können sie nur als Maßstab für subjektive Glau-

bensbekenntnisse fungieren." /207/ Deshalb fordert *Eberhard Tittes* für seriöse Risikoanalysen und -abschätzungen, daß deutlich zwischen Erfahrungs- und prognostizierten Daten unterschieden wird. Er hält es überdies nicht für redlich, "wenn z. B. in vergleichenden Darstellungen beide Arten von Angaben gleichrangig nebeneinandergestellt werden." /208/

Probabilistischen Zusammenhänge zwischen Handlung und Handlungsergebnis sind im technischen Handeln eher die Regel als die Ausnahme. Hinzu kommt - quasi auf einer "höheren" Ebene -, daß für die Technikentwicklung generell ein Geflecht von Interdependenzen unterschiedlichster Art und Stärke sowie eine Handlungsresultante, die zumeist nicht voraussehbar ist und wahrscheinlich keiner der Akteure gewollt oder so gewollt hat, zu berücksichtigen sind (womit auch auf Ursachen der eingangs erwähnten paradoxen Effekte verwiesen ist). Damit ist angedeutet, daß bei Risikoanalysen oder -abschätzungen die unterschiedlichen Ebenen der Technik als sozio-technischer Erscheinung (z. B. die Mikro-, Meso- und Makroebene, wenn man *Günter Ropohl* folgt /209/) zu berücksichtigen sind.

Im Zusammenhang mit der Sicherheit und Zuverlässigkeit technischer Systeme entwickelte sich im Bereich des technischen Wissens relativ rasch am Ausgang des 19. Jhs. eine Risiko- und Sicherheitsforschung - vor allem vor dem Hintergrund gravierender Havarien und technischer Katastrophen. Sie hatte (und hat) zur Aufgabe, "Risikoquellen zu identifizieren, das aus ihnen abgeleitete Risiko zu quantifizieren und Maßnahmen zu seiner Minderung zu entwickeln und zu verwirklichen." /210/ Es gab aber bereits im Mittelalter für zahlreiche (auch technische) Gegenstände Qualitätsvorschriften und -kontrollen in Zunftvorschriften; bekannt ist auch, daß z. B. Bauordnungen in mittelalterlichen Städten Bestimmungen über Baumaterialien, Dachstuhlfestigkeit nach Erfahrungsgrößen usw. mit dem Ziel der Verhütung von Brandgefahren, Einstürzen usw. enthielten. /211/ "Vorläufer" waren z. B. auch die englische und deutsche Fabrikgesetzgebung, die vor allem berufliche Gesundheitsbelastungen (Arbeitszeit, Mindestalter für Beschäftigte, Arbeitssicherheit, Umweltbelastung) zu reduzieren beabsichtigten. Auf ihrer Basis bildeten sich dann u. a. Gewerbeordnungen, Gewerbeaufsicht und Fabrik-Inspektoren heraus. /212/

"Die Schlagwetterexplosionen im Bergbau und die großen Eisenbahnunglücke konfrontierten die Öffentlichkeit des 19. Jh. erstmalig mit dem Phänomen des technischen Massenunfalls." /213/ Verwiesen sei lediglich auf die erste Eisenbahnkatastrophe Europas 1842 auf der Strecke von Paris nach Versailles und den Einsturz der Tay-Eisenbahnbrücke bei Dundee 1879 während eines Orkans. Die

eigentliche "Schule" der Sicherheitstechnik im 19. Jahrhundert waren jedoch Bau und Betrieb von Dampfkesseln bzw. deren häufige und folgenschwere Explosionen, aus deren Auswertung Schlußfolgerungen für Konstruktion, Produktion und Betrieb dieser technischen Systeme gezogen wurden.

Nach Frankreich erfolgt in Preußen 1831 eine Dampfkesselgesetzgebung, die, dem französischen Vorbild folgend, im Kern das gesamte Instrumentarium einer sicherheitstechnischen Spezialgesetzgebung umfaßte: "Vorprüfung der Zeichnungen und Berechnungen durch eine Behörde, Abnahme und laufende Überwachung durch technisch vorgebildete Revisoren, technische Einzelvorschriften über Berechnung, Konstruktion, Ausführung und Sicherheitseinrichtungen, Vorbehalt nachträglicher Sicherheitsanforderungen." /214/ Zu den Dampfkesseln kamen alsbald Hochöfen, Chemie-Fabriken, Energieerzeugungsanlagen, Fahrzeuge und Aufzüge hinzu. Technische Überwachungsvereine, Materialprüfanstalten, verbindliche Normen und Standards waren die Folge. /215/ (Der erste deutsche Dampfkesselüberwachungsverein wurde 1866 in Mannheim gegründet.) Insgesamt zielten diese Aktivitäten sowohl darauf, "durch die Bestimmung von Eigenschaften und des menschlichen Handelns die von den Gegenständen ausgehenden Gefahren und ihre Realisierung in Schäden zu verhindern", /216/ als auch ein Regelsystem im Umgang mit industriell erzeugten Unsicherheiten und Risiken zu etablieren. /217/

Ob dieser Gesamtprozeß, der zu staatlichen Rahmenvorschriften führte, die auf den "Stand der Technik" orientierten, deren Ausfüllung und Ausführung jedoch technischen Fachausschüssen übertragen wurde, als "Geschichte der Emanzipation der Technik von staatlicher Bevormundung" /218/ zu werten oder als Beginn einer Situation anzusehen ist, in der Technikkontrolle "zu allererst die Domäne der Ingenieurwissenschaften selbst (ist) und ... sodann durch andere Naturwissenschaften wahrgenommen" wird, so daß mehrheitlich "Bedenken gegen die Risiken einer Technologie ... auf der Grundlage des naturwissenschaftlich-technischen Paradigmas selbst" formuliert werden müssen, /219/ soll hier nicht entschieden werden.

Probabilistische Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanalysen sowie quantitative Risikoabschätzungen sind weitere Stichworte der Sicherheitstechnik und der Risikoforschung. /220/ Voraussetzung dafür waren neben Kenntnissen über die Sicherheit und Zuverlässigkeit technischer Systeme und technologischer Verfahren (empirische Daten und theoretische Einsichten) geeignete mathematische Mittel für deren adäquate Erfassung und Beschreibung (vor allem in Form der Statistik

und der Wahrscheinlichkeitstheorie /221/). Wissen, das aus wiederholbaren bzw. sich wiederholenden Ereignissen oder Situationen gewonnen wurde bzw. wird, und probabilistische Modellbildungen, die dem Zufallsgeschehen und den statistischen Regularitäten in der Wirklichkeit Rechnung tragen, sind notwendige Grundlagen für die Abschätzung von Wahrscheinlichkeiten und damit auch von Risiken. (Bekanntestes Beispiel dafür sind die Sterbetafeln für die Lebensversicherung, die ihren Ursprung im England des 17. Jahrhundert haben und seither als solide Basis dienen, um finanzielle Gewinn- und Verlustchancen kalkulieren zu können).

Risikoforschung hat so ihren technischen Ausgangspunkt in Fragen der Beherrschbarkeit, Sicherheit und Zuverlässigkeit technischer Systeme und technologischer Verfahren sowie den Ursachen und Folgen technischer Versagensfälle genommen. Sie war anfangs hauptsächlich auf Kosten-Nutzen-Rechnungen eines Unfall-Geschehens sowie auf Probleme der Risikoakzeptanz beschränkt. Im technischen Bereich wurde Zuverlässigkeits- und Qualitätssicherung als weithin plan- und prüfbar angesehen, Verfahren zur Objektivierung und Systematisierung der Fehler- und Schwachstellenfindung und -eliminierung wurden entwickelt. Das Ziel lautete, bei der Qualitäts- und Zuverlässigkeitssicherung das "Restrisiko" (was immer darunter verstanden wurde und wird) mit vertretbarem finanziellen und zeitlichen Aufwand auf ein "akzeptables" Niveau zu reduzieren. "Normativ beruht die technische Risikoanalyse auf dem Grundsatz der Kosteneffizienz: So wie aus der Vielzahl von Optionen die Variante ausgewählt werden soll, die ein gegebenes Ziel mit den geringsten Kostensatz erreichen hilft, so soll die Risikoanalyse die technische Variante identifizieren, die einen gegebenen Bedarf mit dem geringsten Aufwand an erwartbarem Schaden decken hilft... Das kalkulierte Risiko, ausgedrückt in Erwartungswerten für Schaden pro Zeiteinheit, ist das Produkt der Risikoanalyse. Kennt man die Erwartungswerte für unterschiedliche Systeme oder Systemkomponenten, dann können Risiko-Manager Strategien der Risikominimierung durchsetzen." /222/

Damit sind zumindest zwei problematische (bzw. zu problematisierende) Sachverhalte verbunden. Zum einen ist es das Verhältnis zwischen dem (subjektiven) Anspruch an und dem (objektiven) Geltungsbereich von technischen Risikoanalysen, zum anderen bleibt immer wieder neu die Frage zu beantworten "Wie sicher ist sicher genug?"

Zum ersten Sachverhalt. Technische Risikoanalysen werden vorrangig für technische Prozesse oder Anlagen durchgeführt, die infolge der Technologie oder von

Zwischen- bzw. Endprodukten (z. B. radioaktiv oder hochtoxisch) eine erhebliche Gefährdung ihrer Umgebung hervorrufen, materielle, gesundheitliche oder generative Schädigungen bewirken können. Derartige Analysen sind auf die möglichst umfassende ("objektive") Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens ausgerichtet. Untersucht wird der Verlauf von Störfallereignissen. Dafür sind folgende Aufgaben zu lösen: "Für jedes Teil des Systems ist anzugeben, welche Störungen und welche Versagensfälle denkbar sind und welche Zustandsänderungen des Systems sich daraus ergeben könnten, wobei die Zustandsänderungen auch noch abhängig sein können von Störungen und Versagensfällen an anderen Teilen des Systems, die entweder unabhängig oder abhängig vom auslösenden Ereignis gleichzeitig oder unwesentlich später auftreten könnten ... Für jede Zustandsänderung des Systems sind die Auswirkungen quantitativ für jede einzelne in Betracht kommende Art der Auswirkung zu ermitteln ... Für jede Art der Auswirkungen ist anzugeben, mit welcher mittleren Häufigkeit oder Wahrscheinlichkeit sie auftreten könnten." /223/ Für Risikoanalysen steht ein umfangreiches methodisches Instrumentarium zur Verfügung, vor allem in Form der Ereignisablaufanalyse und der Fehlerbaumanalyse. /224/

Mittels der Ereignisablaufanalyse (auch Störfallablauf-, Schwachstellen-, Ausfall- oder Ereignisbaumanalyse genannt) wird induktiv für jedes mögliche auslösende Ereignis ermittelt, welche Wirkung es nach sich zieht und welche Reaktionen im Prozeßablauf durch diese Wirkung ausgelöst werden. Im Normalfall wird dabei unterstellt, daß ein Systemelement entweder funktioniert oder ausfällt. In qualitativer Hinsicht ist das Ergebnis ein sich baumartig verzweigendes Netzwerk mit einer Vielzahl von möglichen Endzuständen als Auswirkungen von Störfällen. In quantitativer Hinsicht wird angestrebt, die einzelnen Schadensauswirkungsmöglichkeiten mit den Wahrscheinlichkeiten des Auf- bzw. Eintretens und diese zu einer Prognose über die Wahrscheinlichkeit des Gesamtausfalls zu verknüpfen. Durch die Fehlerbaumanalyse (auch Gefährdungsbaumanalyse genannt) wird deduktiv von einem Systemausfall auf alle Vorgänge und Verknüpfungen, vor allem die Ausfälle von Systemelementen geschlossen, es werden die möglichen Ursachen bestimmt, die das Endergebnis bewirkt haben können, d. h., die notwendig sind, um ein Systemversagen herbeizuführen. Bei der Fehlerbaumanalyse wird somit in entgegengesetzter Weise wie bei der Ereignisablaufanalyse vorgegangen. Sie erfordert jedoch genaue Kenntnisse der untersuchten technischen Anlage und der einzelnen Fehlermechanismen.

Die günstigste Voraussetzung für realistische Werte ist, daß sie sich z. B. auf Ausfälle einer größeren Zahl gleichartiger Elemente oder Komponenten unter vergleichbaren Umgebungsbedingungen über einen längeren Zeitraum beziehen (Homogenitätsbedingung). Das ist nun aber nicht immer der Fall. In dieser Situation wird häufig auf Vergleiche (es wird aus dem Verhalten ähnlicher Elemente oder Systeme bzw. aus der Beobachtung komplementärer Ereignisse extrapoliert), Schätzungen oder die Ergebnisse von Simulationen ausgewichen. Da in derartigen Fällen sowohl die Datengrundlage (z. B. bei mengen- oder zeitabhängigen Vorgängen) als auch die Erfassung von Ereignisabläufen (z. B. bei komplexen, vieldimensionalen Prozessen) nur unvollständig sind, Auswirkungen kaum (oder garnicht) getestet werden können und Kausalzusammenhänge zwischen Risikoquellen und möglichen Schäden (z. B. bei Überlagerungen, abhängigen oder common-mode-Ausfällen sowie unübersichtlichen Interaktionen) schwerlich aufweisbar (oder auch auszuschließen!) sind, besitzen derartige Ergebnisse eine hohe Unsicherheit. *Adolf Birkhäuser* verweist z. B. darauf, daß die geschätzte Häufigkeit um so weiter vom wahren Wert entfernt sein kann, je weniger Erfahrungen (gewonnen vor allem aus normalem und Stör- bzw. Unfallverhalten sowie gezielten Experimenten) vorliegen, und daß Aussagen über das mögliche Schadensausmaß, wie sie für eine Risikoermittlung erforderlich sind, aus der Beobachtung schadensfreier Betriebszeiten nicht gewonnen werden können. /225/ Für Modellsätze sind z. B. deren bewußte "Unvollständigkeit", die Nichtberücksichtigung gegenseitiger (weil unbekannter) Abhängigkeiten oder die unumgänglichen Vereinfachungen zu berücksichtigen. /226/ Hinzu kommt, daß statistische Abschätzungen - vor allem seltenerer Ereignisse - dann ihren Wert verlieren (können), wenn ein einziges schwerwiegendes Ereignis die bisherigen Berechnungen oder Berechnungsgrundlagen ad absurdum führt. /227/ (Insgesamt ist mit dieser Problematik die Frage verbunden, ob die für das Erkennen komplexer Systeme erforderlichen adäquaten Beschreibungsmittel bereits verfügbar bzw. ob die verfügbaren - z. B. in Form der mathematischen Systemtheorie - ausreichend sind.)

Da es unter diesen Bedingungen unmöglich (oder zumindest problematisch) ist, aus den vorhandenen Erfahrungen heraus auf zukünftiges Verhalten zu extrapolieren, haben außerhalb einer Grenze, die durch den jeweiligen Erfahrungsbe- reich gezogen wird, alle Wahrscheinlichkeitsangaben einen rein hypothetischen Charakter: "Es ist irreführend, wenn man den wohldefinierten Risikobegriff des empirisch abgesicherten Bereiches ohne weiteres in den nicht abgesicherten Bereich ausdehnt. Stattdessen sollte die Risikodefinition neu überdacht werden, so daß der qualitative Unterschied zwischen dem empirisch abgesicherten und dem

subjektiv prognostizierten Bereich unmißverständlich zum Ausdruck gebracht wird." /228/ In diesem Sinne benennt *Wolf Häfele*, von Nukleartechnologien ausgehend, diese neue Risikoqualität (die vor allem in der Unsicherheit der Prognostizierung und der Verifizierung allein im Katastrophenfall besteht) "hypothetische Risiken". /229/ Diese Hypothetizität stellt m. E. das **dritte** für die Risikodiskussion bedeutsame Merkmal dar.

Zum zweiten Sachverhalt. Die Festlegung von Sicherheitsniveaus (und damit von Versagenswahrscheinlichkeiten) erfordert "eine Kombination von besinnlichem und rechnerischem Denken, erfordert die Integration technischer, wirtschaftlicher, soziologischer und ökologischer Kenntnisse aus übergeordneter Sicht." /230/ Ein derartiger multidisziplinärer Ansatz für die Gestaltung komplexer Ursache-Wirkungs-Bedingungs-Strukturen (sozio-)technischer Systeme ist wohl erst mit der Sicherheitswissenschaft im Entstehen begriffen. /231/ Die Beantwortung der Frage "Wie sicher ist sicher genug?" ist stets auf der Grundlage einer "Kombination sicherheitstechnischer und ökonomischer Kriterien, aus der Abwägung von Risiko und Nutzen zu ermitteln. Verkürzt formuliert gilt: Die normative Festlegung der Risikogrenze beruht auf einem Kompromiß zwischen sicherheitstechnischen und wirtschaftlichen Notwendigkeiten, wobei die Sicherheit im Zweifel Vorrang genießt." /232/ In der Diskussion sind gegenwärtig nicht allein das Verfahren, d. h. der politische Entscheidungsprozeß, in dem diese "normative Festlegung" erfolgt, sondern auch die "Vergleichbarkeit von Unvergleichbarem" und die Fixierung von "Risiko-Akzeptanz-Niveaus". Ersteres verweist vor dem Hintergrund der Notwendigkeit der intersubjektiven Abschätzung, des Vergleichs der Zielerreichung durch unterschiedliche technische Mittel darauf, daß trotz identischer Bezugsgrößen unterschiedliche Folgen möglich sind, die keinerlei reale Vergleichsbasis besitzen, z. B. ökonomische Ausfälle, Prestigeeinbußen und Verlust von Menschenleben. "Wer etwas anderes behauptet, muß in der Lage sein, auf eine für jedermann nachvollziehbare Weise etwa den Verlust von Gliedmaßen eines Menschen mit einer Beule in einem Auto in ein intersubjektiv nachvollziehbares und reproduzierbares Verhältnis zu bringen." /233/ Natürlich kann auch hier ein Vergleich auf reiner Kostenbasis erfolgen (wie es z. B. in der Versicherungsmathematik üblich ist). Das führt in der Konsequenz jedoch zu Ergebnissen, die *Adalbert Evers* und *Helga Nowotny* folgendermaßen bewerten: "Derartige von betriebstechnischen und zweckrationalen Erwägungen geprägte Modelle in eine gesellschaftliche Auseinandersetzung einzuführen zeugt nicht nur von einem imperialen Anspruch, sondern auch von einer verlorengegangenen Sensibilität für eine soziale Rationalität, die an mehr und andere Werte gebunden ist, als sich in

Geldgrößen umrechnen lassen." /234/ Hierin deuten sich wohl auch die problematischen Auswirkungen des traditionellen Utilitarismus, des "Gewinnstreben um jeden Preis", /235/ an, den *Dieter Birnbacher* im Vergleich zur Ökonomie folgendermaßen charakterisiert: "'Ökonomisch' am Utilitarismus ist vor allem seine Tendenz, Werte und Güter höchst unterschiedlicher Art als kommensurabel zu betrachten und Abwägungen zwischen ihnen zum Gegenstand quantitativer Analysen zu machen: Die Rationalität der utilitaristischen Ethik ist die Rationalität des Kalküls. Wie für den Ökonomen der Preis ist für den Utilitaristen der 'Nutzen' die Einheit, die Unterschiedliches vergleichbar und verrechenbar macht. ... Entscheidend ist, daß zumindest in der Theorie alle positiven und negativen Nutzengrößen gegeneinander 'verrechnet' werden". /236/

Die Fixierung von "Risiko-Akzeptanz-Niveaus" bezieht sich auf Überlegungen, durch Bezug auf unumgängliche oder bereits akzeptierte Risiken (z. B. Sterberate des Menschen in einem bestimmten Alter durch natürliche Todesursachen; Bezug auf nicht vermeidbare Naturkatastrophen; Todesrate im Straßenverkehr) Grenzwerte auch für andere Bereiche zu konstruieren oder zu bewerten, um so mangelnder Akzeptanz für bestimmte Technologien begegnen zu können. "Risikogrenzwerte sollten ein 'Grundmaß' haben. Zum Ausgangspunkt kann z. B. für technisch bedingte Todesrisiken das natürliche Todesrisiko dienen. Mit ihm lassen sich Grenzkriterien für Lebensbereiche, Technikbereiche, Individualrisiken, Bevölkerungsrisiken usw. aufstellen." /237/ Diese Herangehensweise führt unter Berücksichtigung der natürlichen Sterberate für die Standortwahl technischer Anlagen zu der Forderung, daß "die Wahrscheinlichkeit, während eines Jahres durch Einwirkungen der Technik ums Leben zu kommen, für den einzelnen Bürger an jedem Ort in der Umgebung der Anlage kleiner als $2 \cdot 10^{-4}$ sein" muß. /238/

Ganz in diesem Sinne argumentiert auch *Carl Friedrich Gethmann*: "Hat jemand durch die Wahl einer Lebensform den Grad eines Risikos akzeptiert, so darf dieser auch für eine zur Debatte stehende Handlung unterstellt werden." Dieses Akzeptabilitätskriterium, daß "keineswegs trivial, sondern durchaus leistungsfähig" sei, wird durch folgendes Beispiel erläutert: "Wer akzeptiert, daß technische Installationen mit etwa 9000 Unfalltoten in der Bundesrepublik Deutschland pro Jahr etabliert werden, nämlich der individuelle Straßenverkehr, der muß auch akzeptieren, daß dieses Risiko für andere technische Installationen hingenommen wird." /239/ Obwohl dieses Vorgehensweise verlockend erscheint, übersieht sie nicht nur, "daß die Art der Risikoaussage und die Wahl der Bezugsgrößen - beide abhängig vom Zweck der Analyse - auch den Zahlenwert der Risikoangaben be-

stimmen", /240/ und daß die Risikoabschätzung (und noch mehr der Risikovergleich) mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist, sondern sie läßt vor allem die subjektive Seite, das komplexe Phänomen Technikakzeptanz unberücksichtigt, nämlich wie Risiken empfunden und unter welchen Voraussetzungen sie toleriert bzw. nicht toleriert werden.

Das "Prinzip der pragmatischen Konsistenz", die Erwartung einer kontinuierlichen Verlässlichkeit des Handelns, kann für derartige Risiko- bzw. Risikoakzeptabilitätsvergleiche nicht oder zumindest nur sehr eingeschränkt unterstellt werden, /241/ sind doch die jeweils unterschiedlichen Voraussetzungen und Erfahrungen des bzw. der Betroffenen, das Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein realisierbarer Alternativen sowie die individuelle Wahl der Lebensform zu berücksichtigen: "Je nach Kontext und Risikosituation werden Risiken in der Gesellschaft unterschiedlich beurteilt. Diese Beurteilung ist weder irrational noch durch Zufälligkeiten bedingt. Die psychologische Risikoforschung hat vielmehr gezeigt, dass systematische Beurteilungskriterien existieren, die Risiken relativ zu ihren Kontextbedingungen einstufen und nicht relativ zu ihrem abstrakten Schadenspotential." /242/ Deshalb ist auch folgender Gedanke von *Albert Kuhlmann* problematisch, wenn er auch symptomatisch für rein technikorientierte Akzeptanz-Überlegungen ist: "Aus der Erfahrung stellen wir fest, daß unsere Gesellschaft offenbar bereit ist, eine Gefährdung auch größerer Personengruppen durch eine technische Anlage oder Technologie zu akzeptieren, solange die Zahl der Betroffenen nicht höher liegt als bei Naturkatastrophen unserer Breiten. ... Wir geben diesen Schwellenwert mit etwa 100 Personen an." /243/

Die Aufmerksamkeit, die gegenwärtig den technisch bedingten Risiken entgegengebracht wird, hängt wohl in erster Linie mit der Neuartigkeit moderner Technik- und Technologieentwicklung in Form großtechnischer Systeme und der damit verbundenen neuartigen Qualität und Quantität von Gefahren- oder Schadenspotentiale zusammen, die in solchen Katastrophen wie denen von Bhopal, Seveso, Harrisburg, Basel und Tschernobyl, aber auch in Staudammbrüchen, Flugzeugabstürzen und vielen Beinahe-Unfällen schlagartig sichtbar wurden und werden. Sicher war die bisherige Technik- und Technologieentwicklung immer mit Unsicherheiten und möglichen Gefährdungen behaftet, war die Nutzung technischer Artefakte oder technologischer Verfahren stets mit einem Erfolgs- oder Mißerfolgsrisiko verbunden - qualitativ neu und quantitativ umfangreicher sind aber (neben dem bereits benannten höheren Sicherheitsverlangen) die Risikopotentiale zahlreicher (groß)technischer Entwicklungen, die das technische Han-

deln mit Blick auf Lebensansprüche gegenwärtiger und zukünftiger Generationen zu überprüfen zwingen. Es ist durchaus angebracht, diese gegenüber den "traditionellen Risiken" als "neue technische Risiken" zu kennzeichnen, /244/ so wie es auch angebracht ist, großtechnische Systeme von "alter" oder "traditioneller" Technik zu unterscheiden. /245/

Für Risikobetrachtungen sind mindestens zwei Unterschiede zwischen traditioneller und Großtechnik besonders bedeutsam, die mit den kognitiven Grundlagen bzw. mit der gesellschaftlichen Einbindung zusammenhängen. Im Prozeß der Herausbildung und Etablierung der Großtechnologien hat sich die kognitive Basis der Technikgenese gewandelt: "An die Stelle der traditionellen 'Ingenieurkunst' der sukzessiven Anpassung technischer Systeme an situative Erfordernisse (z. B. höhere Sicherheitsnormen aufgrund von Unglücksfällen) tritt die wissenschaftlich ausgearbeitete Langfristplanung und die probabilistische Risikoanalyse. Praktische Erfahrung wird durch hypothetisches Wissen ersetzt, empirisches Wissen durch Wahrscheinlichkeitskalküle verdrängt". /246/ Infolgedessen können (und dürfen!) Schadenspotentiale und Schadenswahrscheinlichkeiten nicht mehr nach dem für die traditionelle Technik weithin üblichen "trial-and-error"-Verfahren ermittelt und reduziert werden; /247/ Tests lassen sich nicht in ausreichender Zahl durchführen und Experimente oder Beobachtungen können nicht beliebig wiederholt werden. *Bernd Guggenberger* betont die produktive Rolle des Irrtums auch im Umgang mit der Technik. (Das korrespondiert mit der Auffassung von *Theo Wehner* und *Helmut Reuter*, die in Fehlern die Chance zur Kompetenzerweiterung und zur Weiterqualifizierung sehen. /248/) *Guggenberger* sieht durch die Großtechnologien, die er infolge ihrer neuartigen Qualität als "Irrtumsverbotstechnologien" bezeichnet, gerade diese lebens- und überlebensnotwendige Irrtumsqualität gefährdet. /249/ Damit sind sicherlich auch veränderte Einstellungen zur gegenwärtigen Technik und ihren (Groß-)Gefahren verbunden.

Der zweite Unterschied zwischen traditioneller und Großtechnik besteht darin, daß letztere nur zum geringen Teil aus technischen Artefakten im engeren Sinne bestehen. Sie "bilden vielmehr ein System von Beziehungen, Interaktionen und Strategien kollektiver Akteure, deren Handlungsweisen und Entscheidungsstrukturen durch divergierende Orientierungskomplexe bestimmt werden". /250/ Damit wird auch eine neuartige Verflechtung von Wirtschaft, Wissenschaft und Staat mit all ihren multivalenten Folgen erforderlich (z. B. bei rechtlichen Regelungen, bei der Entscheidungsvorbereitung und -durchführung, bei Regulierungsaufgaben sowie bei der Gefahrenvorsorge).

Bei seiner Analyse des Risikopotentials von Technologien teilt *Charles Perrow* diese in drei Gruppen ein:

1. die unvermeidbaren Risiken übersteigen jeden sinnvollen Nutzen (z. B. Kernkraftwerke und Kernwaffen); diese Technologien sind aufzugeben.
2. Systeme mit hohem Risikopotential, auf die aber nicht verzichtet werden kann (z. B. Gentechnik und Frachtschiffahrt); diese Technologien sind sicherer zu machen.
3. Technologien mit sich selbst korrigierenden Systemen, die der Beherrschung des Risikos dienen (z. B. chemische Anlagen, Wärmekraftwerke, Flugwesen).
/251/

Obwohl diese Einteilung nicht sehr schlüssig und unwidersprochen ist, /252/ deutet sie doch zumindest die Bereiche an, die ein hohes öffentliches Konfliktpotential bilden.

Als eine wesentliche Ursache der neuartigen, durch eine umfängliche Diskussion über Sicherheit und Zuverlässigkeit technischer Systeme sowie deren individuelle oder gesellschaftliche Akzeptanz charakterisierten Situation wird von *Rolf Kreibich* Folgendes hervorgehoben: "Die im Sinne ökonomischer und militärischer Macht so erfolgreiche evolutionäre Methode hat nun allerdings eine Reihe höchst kritischer Eigenschaften. Am kritischsten ist wohl, daß wir durch sie Prozesse in Gang setzen, deren Folgen wir nur unzureichend überblicken und dementsprechend auch nur unzureichend beherrschen können. Das spielte ganz offensichtlich solange eine untergeordnete Rolle, wie die Nutzenserwartungen die Zerstörungspotentiale zu übertreffen schienen. Erst mit der Entwicklung globaler Vernichtungspotentiale traten die schon früher bekannten und durch Wissenschaft und Technik ausgelösten irreversiblen Folgen für Menschen und Natur deutlicher ins Bewußtsein der Öffentlichkeit. Erst dadurch wurden auch für die Politik die Warnsignale für einen behutsamen Umgang mit der Explosivkraft 'Wissenschaft und Technologie' gesetzt." /253/ Das erfolgte wohl erst in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts, verbunden mit der raschen Verbreitung großtechnischer Systeme, bis dahin bildeten die drei Begriffe "Risiko", "Chance" und "Fortschritt" ein "unproblematisches Ganzes, dessen magische Kraft für den ökonomischen Fortschritt allseits anerkannt war." /254/

Die neuartige Qualität und Dimension wird vielgestaltig dargestellt. /255/ Sie zeigt sich vor allem

(a) in der Globalisierung von Risiken (es existieren Risiken, die territorial, regional oder national nicht begrenzbar sind und damit jeden treffen können, egal, ob an der Risikoproduktion beteiligt oder nicht);

(b) in der Komplexität von Risiken (es existieren Risiken, die nicht auf einzelne Bereiche zu beschränken sind, sondern - über zunehmende Interdependenzen - viele Bereiche betreffen);

(c) im Ausmaß von Risiken (es existieren Risiken, die enorme materielle, finanzielle und personelle Schädigungen, sogar die Vernichtung des gesamten Lebens auf diesem Planeten bewirken können);

(d) in der Nichtwahrnehmbarkeit von Risiken (es existieren Risiken, die vom Menschen nicht mit seinen "natürlichen" Sinnesorganen, sondern nur durch technische Hilfsmittel wahrgenommen werden können);

(e) im Zeitfaktor von Risiken (es existieren Risiken, die in ihren Langzeitwirkungen nicht oder kaum bestimmbar sind);

(f) in der Irreversibilität von Risiken (es existieren Risiken, denen die "Rückholbarkeit" fehlt).

(Berücksichtigt werden muß bei dieser Charakteristik der "neuen technischen Risiken", daß diese Merkmale komplex auftreten, denn einzelne dieser Bestimmungen lassen sich isoliert auch bei den traditionellen Risiken der Technik nachweisen!)

Insbesondere die zwei letzten Sachverhalte verweisen eindringlich darauf, bei der Abschätzung von Risiken und Folgen der Technikentwicklung die Auswirkungen auf künftige Generationen (*Walther Zimmerli* spricht in diesem Zusammenhang von "intergenerationeller Verantwortung" /256/) weitgehend mit zu berücksichtigen.

Die neuartige Qualität der Risiken großtechnischer Systeme markiert für *Ulrich Beck* - aber nicht nur für ihn - eine Zäsur, denn diese sind (im Unterschied zu - wie er es nennt - frühindustriellen Risiken) "(1) weder örtlich noch zeitlich noch sozial eingrenzbar, (2) nicht zurechenbar nach den geltenden Regeln von Kausalität, Schuld, Haftung und (3) nicht kompensierbar, nicht versicherungsfähig." /257/ (In

den Überlegungen von *Ulrich Beck* hat, dabei an *Francois Ewald* anknüpfend, der öffentliche und private Versicherungsvertrag im umfassenden Sinne als Prinzip der Moderne, Folgen auch technischer Entwicklung einzudämmen bzw. "gerecht" zu verteilen, eine konstituierende Bedeutung. /258/)

Die Risiken im Zeitalter der Großtechnologien zeigen im Gegensatz zu den traditionellen technischen Risiken, die zumeist gesellschaftlich handhabbare Gefährdungen darstellten und für die auch mehr oder weniger konsequent geregelt war, was im Schadensfall erfolgen muß, /259/ daß für die umfassende Abschätzung und Bewertung technisch bedingter Risiken naturwissenschaftlich-technische Ansätze allein nicht ausreichen, sondern daß umfassendere ökonomische, sozialwissenschaftliche und psychologische Fragestellungen und Implikationen berücksichtigt werden müssen, ja, daß die Problematik bis in den Bereich der Philosophie, speziell der Ethik reicht, und daß diese neue Qualität und Quantität des Risikos auch veränderte Herangehensweisen und neue Antworten erfordert.

Diese Ausweitung der Problematik übersieht *Albert Kuhlmann*, wenn er formuliert: "In der Gesellschaft ist der Risiko-Begriff weitgehend emotional besetzt, in Wirtschaft und Technik dagegen rational. Es ist bisher den Naturwissenschaftlern nicht gelungen, der Gesellschaft ihren Risikobegriff einsichtig zu machen. Deutlich zeigt sich dies z. B. darin, daß die Bemühungen, die Eintrittswahrscheinlichkeit von schweren Kernreaktorunfällen zu senken, um das Betriebs-Risiko solcher Anlagen zu verringern, nicht honoriert worden sind." /260/ Der gesellschaftliche Umgang mit den Risiken großtechnischer Systeme läßt sich eben nicht in einer - wenn auch noch so umfassenden oder diffizilen - Kosten-Nutzen-Rechnung erfassen. Das war und ist vielleicht im Bereich der "traditionellen" technischen Risiken möglich. Für großtechnische Systeme aber ist eine Abwägung der Chancen und der Gefahren, der positiv und der negativ zu bewertenden Folgen ohne eine Wertung von Zielen und die Festlegung von Prioritäten nicht möglich - und damit ist der Rahmen des Naturwissenschaftlich-technischen überschritten.

Hinzu kommt, daß das eigentlich "Riskante" der Gegenwart darin besteht, daß sich die Gesellschaft über ihre eigene Zukunft, die darin wesentlichen und tragenden Optionen und Werte unklar, uneins und unsicher ist. /261/ Ähnlich argumentiert auch *Klaus Heilmann*, jedoch macht er es sich mit seiner Auffassung zu einfach, das Problem bestünde "lediglich darin, daß wir uns zunehmend über die Frage uneins sind, welche Risiken akzeptabel und welche es nicht sind." /262/ Schnelle und einfache Lösungen werden hierfür nicht möglich sein. Allerdings ist dabei

auch vorausgesetzt, daß es ein Leben ohne Risiken nicht gibt und auch nicht geben kann; Risikosituationen können aus dem menschlichen Leben nicht ausgeschaltet werden, auch nicht im Umgang mit Technik. Ob man dabei allerdings so weit gehen muß wie *Thomas Blanke*, sei einstweilen dahingestellt: "Risikosteigerung ist der Preis, der für Bestandserhaltung auf immer komplexerem Niveau bezahlt werden muß." /263/

Die Debatte um "akzeptable" Risiken jedenfalls entzündete sich in erster Linie wohl nicht daran, daß Technikentwicklung wie -nutzung mit Risiken verbunden sind, sondern vor allem daran, welche Risikodimension damit verbunden ist und wie die Entscheidungen darüber gefällt wurden bzw. werden, d. h., wie gesellschaftlich mit Risiken umgegangen wird. *Ortwin Renn* verweist darauf, daß die Wahrnehmung von Fairness in politischen Entscheidungsprozessen (und nicht nur das Entscheidungsergebnis) maßgeblich mitbestimmt, wie stark soziale Gruppen bestimmte Risiken als Wertverletzung oder -erfüllung erleben. /264/ (Es wäre sinn- und reizvoll zugleich, die Diskurse um Kernenergie, Gentechnik, Künstliche Intelligenz und - bisher sozialwissenschaftlich kaum berücksichtigt, geschweige denn aufgearbeitet - die militärische Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnisse in ihrem "für" und "wider", in ihren Argumentationen "pro" und "contra" vergleichend zu betrachten sowie der realen Entwicklung gegenüberzustellen, um auf diese Weise zum gesellschaftlichen Lernprozeß beitragen zu können.)

Da unsere Zivilisation und Kultur weitgehend durch die Instrumentalisierung von Wissenschaft und Technik geprägt sind, auf diesen aufbauen, und Technik somit ein Teil unserer Lebensgrundlage ist, wird auch zukünftig davon auszugehen sein, daß aus weiterer Technikentwicklung ein nicht unbeträchtlicher Nutzen erwartet bzw. gezogen wird (das gilt vor allem mit Blick auf die Lösung der globalen Probleme der Menschheit, soll aber keine technizistische Lösungsvariante implizieren). Gerade deshalb ist die Kontrolle technisch bedingter (Groß-)Risiken eine gesellschaftspolitische Aufgabe ersten Ranges, die auf einem demokratischen Zielfindungs- und Entscheidungsprozeß basieren muß.

Zu berücksichtigen ist in diesem Zusammenhang jedoch, daß auch Nichthandeln (z. B. der Verzicht auf technische Lösungen) Risiken erzeugt: Aber "das mit jeder Handlung verbundene Risiko wird immer von einem komplementären Risiko begleitet, vom Risiko des Nichtstuns. Diese Zweideutigkeit steckt im Wesen des Risikos. Wir müssen auch unser Risiko wählen." /265/ Dieses Risiko der Unterlassung eines technischen Tuns ist in eine Gesamtbilanz bei der Entscheidungsvorbereitung einzubeziehen. Wird das nicht konsequent berücksichtigt, so kann das

dazu führen, daß "das Kind mit dem Bade ausgeschüttet wird", daß die Chancen, die in einer technologischen Innovation liegen, mit dem Hinweis auf ihre inhärenten Gefahren vertan werden, ohne über die Gefahren zu reflektieren, die mit dem Vertun der Chancen verbunden sind. Technikentwicklung hängt dadurch immer stärker von den Fragen ab, was zu tun **und** was zu unterlassen ist. Dabei bergen die jeweiligen Optionen oder Entscheidungen wiederum Risiken (oder Möglichkeiten für Risiken) in sich, womit sie selbstreferentiell werden, da die Entscheidungsalternative zwischen Risiko und Nicht-Risiko verschwindet: "Das Unterlassen einer ungewißheitsbelasteten Entscheidung ... führt dann nur in eine komplementäre Ungewißheit - jene nämlich, welche Vorteile/Chancen dem ökonomischen/politischen und wissenschaftlichen Funktionssystem durch den Verzicht ... entgehen. Der entscheidungsbezogene Umgang mit Ungewißheit ist demzufolge irreduzibel". /266/ Diese unauflösliche, nichteliminierbare Selbstreferenz erweist sich als **viertes** Merkmal der Gegenwart, ohne dessen Berücksichtigung kein sinnvolles Risikomanagement erfolgen kann.

Da es für diese Entscheidungsprozesse neben ganz allgemeinen und damit kaum operablen Kriterien (z. B. Umwelt-, Human-, Sozial-, Verfassungs- und intergenerative Verträglichkeit) oder Vorstellungen (z. B. Verbindung von kulturell und individuell sinnvoller Tätigkeit; Gestaltung von Arbeitsbedingungen, die der Gesundheit, dem Leistungsvermögen, dem Wohlbefinden und der Lebensfreude förderlich sind; Erhaltung der natürlichen Grundlagen gesellschaftlicher Existenz; Entwicklung einer persönlichkeitsfördernden Kommunikation; Befriedigung materieller und kultureller Bedürfnisse; umfassende Förderung bzw. Entfaltung der Individualität; weitere Hilfe für Geschädigte /267/) kaum "verbindliche" Leitbilder gibt (und infolge unterschiedlicher Akteure, Veränderungen gesellschaftlicher wie individueller Wertvorstellungen sowie wissenschaftlich-technischer und ökonomischer Rahmenbedingungen wohl auch nicht geben kann) - von entscheidungsunterstützenden oder forschungsorganisierenden Regularien ganz zu schweigen -, werden sie nicht nur zum Ergebnis komplizierter Aushandlungsprozesse, sondern darüber hinaus auch zum sozialen Experiment, basieren sie doch zusätzlich auf dem Planungsparadox, das sich "aus der Nicht-Planbarkeit von Zukunft sowie der Unmöglichkeit der vollständigen Simulation der Effekte eigenen Handelns und der dadurch ausgelösten Rückwirkungen ergibt." /268/

In diesem Zusammenhang ist folgender Aussage von *Wolfgang van den Daele* zuzustimmen: "Die Berufung auf bloße denkbare Gefahren und hypothetische Risiken ist ... nach wie vor aktuell und legitim. Aber auch sie ist nicht beliebig. Sie

versagt spätestens dann, wenn sie nichts ist als die Warnung, daß bei der Einführung einer neuen Technik irgend etwas Unvorhergesehenes passieren kann. In diesem Sinne ist alles, was man tut (oder unterläßt), hypothetisch gefährlich." /269/ Die sich auf diese Weise herausbildende "Experimentalgesellschaft" ist dadurch gekennzeichnet, daß sie "weder absolute Sicherheit erwarten, noch Stagnation riskieren kann, sondern in die Entscheidungen involviert ist, die mit der Aushandlung der Bedingungen von Experimenten in und mit ihr verbunden sind". /270/

Für den Prozeß der Technikgenese bedeutet das, gesellschaftliche Handlungsspielräume zu öffnen, Alternativreichtum zu erzeugen und Alternativen zu bedenken, frühzeitig die Chancen neuer Technologien zu bewerten, "unterlegene" Varianten weiter zu verfolgen, gegenüber denkbaren Risiken vorsichtig zu sein und Mißbrauchsmöglichkeiten und Gefahren weitgehend auszuschließen. Vielleicht war es die Illusion von (reinem) risk-assessment (und ist es noch gelegentlich von Technikfolgen-Abschätzung), eine unbekannte Zukunft berechenbar und damit beherrschbar zu machen: "Durch die Risikokalkulation werden zwei Dinge gleichzeitig versucht: den Vorteil zu nutzen, den die Zukunft anbietet, und den Schaden zu begrenzen, der womöglich durch diese Handlung entsteht." /271/

Die Illusion bestand wohl auch darin, aus der Sicht der Risikoforschung Antworten auf Fragen geben (oder vorwegnehmen) zu wollen, die nur das Ergebnis öffentlicher politischer Diskurse sein können, nämlich: mit welcher Technik und welchen Risiken die Menschen leben wollen - und mit welchen unter keinen Umständen. Geht es dabei um die Begrenzung des Machbaren, so bedeutet das auch, in vertretbaren Lösungen ein (auszuhandelndes) Optimum zwischen der Tendenz der (mit dem Technikeinsatz angestrebten) Zielerreichung und der Tendenz der Vermeidung von (mit dem Technikeinsatz untrennbar verbundenen) Gefahren für den Menschen und seine (natürlichen wie gesellschaftlichen) Existenz- und Entwicklungsbedingungen anzustreben.

Dabei gibt es auf der einen Seite sicher Gefährdungen, die infolge ihrer Begrenztheit, Geringfügigkeit, Beherrschbarkeit und allgemeinen Akzeptanz außerhalb der Diskussion bleiben (wobei auch hierfür gilt, daß sich Wertvorstellungen und Akzeptanz ändern können), andererseits solche, die prinzipiell nicht akzeptiert werden können, "weil die mögliche Gefährdung in keinem vernünftigen Verhältnis zur Zielerreichung steht und somit ein Kompromiß nicht gefunden werden kann ... Risiken mit einem derartigen Gefahrenpotential sind prinzipiell inakzeptabel, mit keinem vernünftigen Ziel zu rechtfertigen und sicher auszuschließen."

/272/ Reinart Bellmann nennt drei Fälle, auf die das Genannte zuträfe: wenn "1. die Menschheit oder große Teile von ihr in ihrem physischen Bestand gefährdet würden ... 2. die soziale und/oder geistig-kulturelle Lebensqualität der Menschheit oder großer Teile von ihr gravierend beeinträchtigt würden ... 3. die menschliche Persönlichkeit massenhaft in ihrer Würde, Integrität und Souveränität entscheidend bedroht und deformiert würde." /273/

Zwischen diesen beiden Polen liegt das Feld der technisch bedingten Risiken (die in Form quantifizierter Ergebnisse, meistens jedoch nur als qualitative Aussagen, komparative Abschätzungen oder subjektive Einschätzungen vorliegen), die zumeist in einem breiten Nutzungsspektrum durch ein widersprüchliches Verhältnis von humanen und Gefährdungspotentialen geprägt sind und die der kritischen Aufmerksamkeit und Bewertung bedürfen. Dem wurde (und wird!) durch die "Risikozahl", die mittels der "Risikoformel" ermittelt wird, /274/ zu entsprechen versucht.

5. Die "Risikoformel"

In vielen Publikationen wird Risiko mathematisiert über den Erwartungswert R als Produkt einer quantitativen Angabe, die die möglichen Folgen betrifft (Schadensumfang bzw. Schadenshöhe S), und einer quantitativen Angabe über die Wahrscheinlichkeit, mit der diese Folgen eintreten (Eintrittshäufigkeit H), dargestellt:

$$R = H \times S.$$

Damit wurde und wird versucht, mögliche Folgen samt ihrer Wahrscheinlichkeit zu quantifizieren, um so Risiken vergleichbar zu machen. Das Risiko, besser: der Erwartungswert negativ bewerteter Folgen, soll als Entscheidungsgrundlage dafür dienen, welche technischen Handlungen zu verantworten seien und welche nicht.

Dieser quantifizierende Ansatz hat in einigen Bereichen seine Brauchbarkeit nachgewiesen und kann dort sicherlich von Nutzen sein. Das betrifft vor allem das Versicherungswesen, aus dem er auch stammt. Dort sind z. B. Erwartungswerte von Ereignissen eine wichtige Berechnungsgrundlage, weil es immer um eine große Zahl von Fällen geht und zudem ausreichendes statistisches Material vorliegt: "Überall da, wo das risikobegründende Ereignis sehr häufig auftritt, gut beobach-

tet werden kann, und das Schadensereignis eindeutig einer bestimmten Risikoquelle zugeordnet werden kann, gibt es keine großen Probleme, aus dem relativen Verhältnis von Zahl der Schadenereignisse und Zahl der risikobegründenden Ereignisse Wahrscheinlichkeiten zu ermitteln und bei der Berechnung des Risikos zu verwenden." /275/ Die "Risikoformel" kann erfolgreich auch in jenen technischen Bereichen Anwendung finden, wo es z. B. um Risikoanalysen im Zusammenhang mit Lebensdauer- und Zuverlässigkeitsberechnungen von Bauteilen, um die Bestimmung von Ausfallraten oder Versagenswahrscheinlichkeiten von Systemelementen, also um Aussagen über große Gesamtheiten geht. Als Ähnlichkeitsparameter können damit beispielsweise Vergleiche vorgenommen und Entscheidungen zwischen Alternativen oder hinsichtlich Prioritätensetzungen vorbereitet werden.

In Situationen oder Konstellationen aber, wo es gerade um den Einzelfall (z. B. bei hohem Schadenspotential oder Gefährdungen für Gesundheit und Leben von Menschen) geht, dort, wo der "Erfahrungshorizont" nicht mehr ausreicht, oder dort, wo unterschiedliche Wertvorstellungen oder konkurrierende Wertehierarchien vorhanden bzw. zu berücksichtigen sind oder aufeinandertreffen, versagt dieses mathematisierte ("nutzsummenutilitaristische" /276/) Kalkül als Grundlage für Entscheidungsprozesse. "Ein dem Versicherungstechnischen nachgebildeter Risikobegriff muß soziologisch immer hinken, da er ja nur die nachträgliche finanzielle (d. h. in Geld bewertete) Kompensation von bereits eingetretenem Schaden beschreibt. D. h., er schließt immer schon einen vorgängigen Konsens über die Bewertbarkeit in Geld ein und den Charakter der Nachträglichkeit, nicht etwa den der präventiven Kosten (von Vermeidung)." /277/

Dieses auch auf große Teile der Technik zutreffende Dilemma müssen die "Väter" (und "Mütter"?) der DIN-Norm VDE 31000 T2 "Allgemeine Leitsätze für das sicherheitsgerechte Gestalten technischer Erzeugnisse; Begriffe der Sicherheitstechnik; Grundbegriffe" gespürt haben: Nicht nur, daß es mit Bezug auf technische Disziplinen sehr langer Diskussionen bedurfte, um sich - Sicherheit, Qualität, Gefahr, Schaden und Risiko gegeneinander abgrenzend - auf eine einheitliche Sprachregelung festlegen zu können. Darüber hinaus bleibt diese DIN-Norm aus dem Jahre 1987 hinsichtlich des Zusammenhangs von Schadensumfang und Eintrittshäufigkeit auch sehr unbestimmt, wenn es in ihr heißt "Das Risiko, das mit einem bestimmten technischen Vorgang oder Zustand verbunden ist, wird zusammenfassend durch eine Wahrscheinlichkeitsaussage beschrieben, die die zu erwartende Häufigkeit des Eintritts eines zum Schaden führenden Ereignisses und

das bei Ereigniseintritt zu erwartende Schadensausmaß berücksichtigt." Zur Erläuterung heißt es dann: "Das Risiko (R) wird im allgemeinen nicht quantitativ erfaßt; nur selten läßt es sich als Kombination (x) der beiden Größen Häufigkeit (H) des Eintritts und Schadensausmaß (S) quantifizieren: $R = H \times S$ ". /278/

Trotzdem finden sich immer wieder Überlegungen, die die "traditionelle Risikoformel" zur Grundlage von Risikoabschätzungen nehmen. Allerdings finden sich zunehmend Darstellungen, die dieses mathematisierte Kalkül kritisieren, entweder erstens im Sinne einer generellen Ablehnung oder zweitens mit Blick auf Präzisierung.

Zur generellen Kritik. Verdeutlicht wird dabei in allen Fällen, daß die "Risikoformel" nicht der technischen Risikowirklichkeit angemessen ist, daß sie in Fällen, auf die die oben genannten Bedingungen nicht zutreffen, versagen muß

(a) aus formalen (mathematischen) und methodologischen sowie

(b) aus inhaltlichen Gründen.

Zu den mathematischen und methodologischen Gründen wurde schon einiges ausgeführt. /279/ Generell ist anzumerken, daß diese nicht nur, wie *Dieter Birnbacher* meint, für die Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeit - "insbesondere dann, wenn mangels objektiver Daten auf subjektive Wahrscheinlichkeiten zurückgegriffen werden muß oder bestimmte Risikokomponenten im Ungewißheitsbereich liegen" /280/ - zutreffen, sondern auch auf die Schadensfolgen.

Hinsichtlich der Bestimmung der Eintrittswahrscheinlichkeit ist zu berücksichtigen, daß

erstens wahrscheinlichkeitstheoretische Kalküle über den Einzelfall, z. B. den Eintritt des Ereignisses, überhaupt nichts aussagen - aber gerade das wäre für die hier interessierenden Sachverhalte von Bedeutung. Die Wahrscheinlichkeitsangabe "1x in 10000 Jahren" umfaßt, daß dieses Ereignis heute, morgen, in einer Woche, in einem Monat, in einem Jahr, auch erst in 9999 Jahren oder überhaupt nicht eintreten kann. Psychologisch interessant an einem derartigen unbestimmten Zeitpunkt des Ereigniseintritts ist, daß er zwar nicht ausgeschlossen, wohl aber in die "Zukunft" verschoben (und damit auch verdrängt) wird. /281/

Zweitens können Wahrscheinlichkeiten nur dann als objektive Größen angesehen werden, wenn sie sich - wie bereits betont - auf vielmal wiederholbare Ereignisse

und damit auf meßbare Häufigkeiten beziehen; das ist aber unter den Bedingungen zunehmend hypothetischen Wissens und unzureichender Erfahrungen kaum der Fall.

Drittens kommt den Herleitungen oder Schätzungen von Wahrscheinlichkeiten für Ereignisse, die nicht der unter zweitens genannten Voraussetzung entsprechen, ein hoher Grad an Unsicherheit zu. Da die Vorhersage der Eintrittswahrscheinlichkeit negativ zu bewertender Folgen bei neuen Technologien kaum möglich ist, muß sie sich ebenfalls auf (subjektive) Abschätzungen und vorab erstellte Risiko-Studien stützen. (Allerdings sollte auch die komplexe Nutzung bewährter Technologien stets erneut daraufhin überprüft werden, welches Risiko mit ihnen verbunden ist.)

Bedeutsam ist dabei viertens ein psychologisch interessanter Sachverhalt, den *Anatol Rapoport* wie folgt beschreibt: "Die Versuchung, alle möglichen Werte numerisch auszudrücken, ist ungeheuer stark ... der Reiz der Ziffern liegt in der Möglichkeit, mit quantitativen Einschätzungen einen Konsens zu erlangen. Es ist immer möglich übereinzustimmen, welche von zwei Zahlen die größere ist." Und, diese Herangehensweise kritisierend, schreibt er weiter: "Zweifellos ist die Quantifizierung in manchen Angelegenheiten unentbehrlich. Sie wird aber zur Falle, wenn sie rein formal angewandt wird. ... Die Quantifizierung wird zum Zerrbild, wenn man 'Nutzen' und Unheilsereignisse verbindet, die nie einen Präzedenzfall hatten." /282/

Fünftens ist zu berücksichtigen, daß bei der Nutzung mathematisierter Kalküle nur solche Sachverhalte berücksichtigt werden, die einer mathematischen Behandlung zugänglich, d. h. quantifiziert oder zumindest quantifizierbar sind: "Gefahren in einem weiteren Sinne (etwa soziale und politische Konsequenzen, Überwachungs- und Kontrollmaßnahmen, aber auch Widerstände, durch die sich die angenommenen 'Umweltbedingungen' des Entscheidungsfalls verändern) gehen in diese Modelle ebensowenig ein wie solche gefährdeten Ressourcen, die man nicht in ein ökonomisches Tauschgeschäft zu überführen bereit ist (ästhetische, moralische, gesundheitliche Werte)." /283/

Analoge methodische und methodologische Probleme wie bei der Bestimmung der Eintrittswahrscheinlichkeit betreffen auch die Ermittlung des möglichen Schadenumfangs (unabhängig von den Bewertungsproblemen), /284/ vor allem, wenn Sekundär- und Tertiärfolgen zu berücksichtigen sind.

Auf ein generelles, mit dem mathematisierten Ansatz zusammenhängendes (zugleich aber auch bedeutendes inhaltliches) Problem ist letztlich noch zu verweisen: "Die Definition des Risikobegriffs enthält keine Anweisungen zur Beschränkung der Wertebereiche von Ereignisrate und potentieller Schadenshöhe. ... Es muß deshalb untersucht werden, ob es für die beiden Variablen ... sinnvolle Begrenzungen gibt." /285/ *Eberhard Tittes* sieht eine Grenze dann gegeben, wenn das Risiko die Stabilität des Systems gefährdet /286/ (wobei damit offensichtlich nicht nur das technische, sondern auch das soziale System gemeint ist), ein Ansatz, der von heuristischem Wert besonders für Großrisiken und die damit verbundene, auch beträchtliche finanzielle Mittel bindende risikopolitische Problembewältigung (Verhinderung eines Schadens, bei Eintritt eines Schadens die Minimierung des Umfangs, Kompensation der Folgen /287/) sein könnte.

Für die Bewertung der Schadensdimension ist vor allem (b) bedeutsam, denn die "Risikoformel" impliziert hinsichtlich der Schadensfolgen zahlreiche normative Prämissen, die mit dem Rechenansatz oder -ergebnis verdeckt werden. Einige seien genannt: /288/

1. die Auswahl der berücksichtigten bzw. zu berücksichtigenden Schadensdimension (vielfach bleiben subjektive Betroffenheiten, Ängste, Vertrauensverluste u.ä. außerhalb der Betrachtung): "Anspruch auf Adäquatheit kann eine Risikobewertung nur dann erheben, wenn alle relevanten Schadensdimensionen berücksichtigt, d. h. auch die 'weichen' Werte, die sich nicht in derselben unproblematischen Weise quantifizieren oder in Geldwerten ausdrücken lassen wie Vermögensschäden oder Einkommensverluste." /289/ Damit ist zugleich auf zweierlei verwiesen. Erstens darf der Bewerter nicht allein seine Rationalitätsstandards unterstellen. *Meinolf Dierkes* verweist jedoch darauf, daß beispielsweise mit der Angabe von Wahrscheinlichkeiten für den Eintritt eines bestimmten Risikofalls häufig die Hoffnung verbunden wird, "die einem bestimmten Rationalitätstyp verpflichteten Entscheidungskriterien könnten auch von den Politikadressaten als verpflichtende oder zumindest akzeptable Grundlagen ihrer Risikowahrnehmung angenommen werden." /290/ Andere haben ihre eigenen Rationalitäts- und Bewertungsmuster (zumal es die Rationalität nicht gibt /291/). Zweitens sind die Grenzen der Objektivität und der herkömmlich häufig lediglich als Wahlhandlungsrationalität (die "auf die Sachgerechtigkeit und Sachangemessenheit der Handlung zielt" /292/) gefaßten Rationalität zu berücksichtigen - oder andersherum ausgedrückt: Bewertungen basieren häufig nicht allein auf rationalen Überlegungen und Ein-

sichten, sondern sind auch emotional geprägt und erscheinen einem Außenstehenden gelegentlich sogar "irrational".

2. die Verrechnung bzw. Kopplung unterschiedlicher Schadensdimensionen, wenn mehrere zu berücksichtigen sind (z. B. hinsichtlich additiver oder synergistischer Effekte - wie z. B. die Debatte in der bzw. um die Gentechnologie verdeutlicht /293/), womit zugleich Probleme der Kommensurabilität verschiedener Schadensdimensionen untereinander und der Bestimmung von "Todesfalläquivalenten" thematisiert sind.

3. die Form der mathematischen Verknüpfung von Schäden und Wahrscheinlichkeiten unterschiedlicher Höhe, z. B. infolge unterschiedlicher Bewertung bzw. Gewichtung von Folgen und Eintrittshäufigkeiten bei gleichem Erwartungswert, denn es ist (z. B. allein hinsichtlich Folgekosten) nicht das gleiche, ob einmal jährlich eine Katastrophe mit 5000 Todesopfern stattfindet oder im gleichen Zeitraum 5000 Unfälle mit jeweils einem Toten auftreten; /294/ hinzu kommt, daß mit Blick auf Risikoakzeptanz bei größeren Schäden und höherer ethischer Relevanz die Eintrittswahrscheinlichkeit immer weniger bedeutsam wird (im Sinne steigender ethischer Relevanz werden z. B. folgende Sachverhalte genannt: Gerechtigkeit, Mitsprache, keinen Schaden zufügen, Minimierung von Leiden, Förderung der Wohlfahrt, Ehrfurcht vor dem in langer Zeit Gewachsenem, Ehrfurcht vor dem Leben /295/);

4. die Risikoverteilung auf unterschiedliche Betroffenenengruppen (z. B. Kinder oder Erwachsene; Beteiligte oder Unbeteiligte; "Nutznieser" und Betroffene; Personen mit Einfluß- bzw. Entscheidungsmöglichkeiten oder Personen ohne solche; Personen, die dem Technikeinsatz zustimmten oder ihn akzeptierten, und Personen, die dem Technikeinsatz nicht zustimmten oder ihn nicht akzeptierten).

5. die Berücksichtigung zukünftig erwarteter bzw. möglicher Schädigungen bzw. der Auswirkungen heutiger riskanter Handlungen für zukünftige Generationen ("Diskontierung" zukünftiger Schäden).

6. die Ursachen von Schadensfällen (z. B. Leichtsin, Fahrlässigkeit oder Vorsatz; technisches Neuland oder Routinehandlung).

7. die zahlen- oder ziffermäßige Darstellung der Ergebnisse sowie die Wahl der Bezugs- oder Vergleichgröße. "Risikomaße beziehen sich auf bestimmte Populationen, Perioden der Aktivität, Produktionseinheiten, geographische Bereiche und viele andere Bezugsgrößen. ... Ein Risiko wird häufig als die erwartete Zahl

von Toten pro Einheit einer Größe und pro Jahr der Exposition ausgedrückt. Ob man die Toten pro Mill. Menschen, pro Mill. Menschen im Umkreis von x km einer Anlage oder pro Tonne einer produzierten Chemikalie angibt, kann zu unterschiedlichen Aussagen über die Höhe des Risikos führen. Auch Transformationen von Skalen können verschiedene Eindrücke vermitteln: Es macht einen Unterschied, ob Stoffkonzentrationen in Tonnen, Kilogramm, Gramm, Milli-, Mikro-, Nano- oder Pikogramm angegeben werden. So kann auch ein Konzentrationsverhältnis je nach gewählter Einheit dargestellt werden: Beispielsweise kann man sagen, das Konzentrationsverhältnis beträgt '1 Nanogramm pro Kilogramm', '0,000 000 001 g/kg', '10⁻⁹ g/kg' oder '1 ppt (part per trillion)', d. h. 1 Teil von 1 Billion Teilen ('trillion' ist die amerikanische Bezeichnung für Billion)."/296/

Damit ergeben sich vor allem zwei Fragen, die auf der Grundlage ethischer Prämissen nur von bzw. mit den Betroffenen beantwortet werden können: "1. Welche Risikostrategie soll der Entscheidung zugrundegelegt werden? Und 2. Soll die Entscheidung für oder gegen die Entwicklung, Einführung oder Beibehaltung einer Technik überhaupt von Risikobeurteilungen abhängen?" /297/

Risiken im technischen Handeln und die Verantwortung dafür sind somit in vielen Bereichen nicht so einfach wie in der Versicherungsmathematik operationalisierbar, denn etwas verantworten zu können heißt ja auch, es rechtfertigen zu können, und dafür sind zweifelhafte Rechenergebnisse kaum geeignet. Deshalb werden gute Gründe gegen die "Risikoformel" und ihre unkritische Übernahme in den Bereich der Technik, vor allem bezogen auf die "neuen technischen Risiken", vorgebracht. (Auch der von *Herbert Hörz* gebrachte Vorschlag, das Risiko R eines mittels einer Handlung zu erreichenden Ziels als die Differenz zwischen der Gewißheit des Eintretens des gewollten Ergebnisses und der Wahrscheinlichkeit p, mit der das mögliche Ereignis eintritt, zu fassen - woraus sich $R = 1 - p$ ergibt -, löst diese Schwierigkeiten auch nicht, sondern verweist lediglich darauf, daß zwischen Risiko"höhe" und Eintrittswahrscheinlichkeit eine umgekehrte Proportionalität besteht. /298/)

Trotz aller Einwände bleibt die Tatsache, daß Risiko immer im Zusammenhang mit dem wahrscheinlichen Schadensausmaß und der Wahrscheinlichkeit des Ereigniseintritts steht, d. h. (mathematisch ausgedrückt) eine Funktion des Schadensausmaßes und der Eintrittswahrscheinlichkeit ist. Um sowohl diesem Sachverhalt Rechnung tragen zu können, zugleich aber vor allem der Komplexität von Risikobewertung und -wahrnehmung besser gerecht werden und damit einige der prinzipiellen Einwände aufgreifen zu können, gibt es mehrere Vorschläge zur

Veränderung, Ergänzung oder Präzisierung des traditionellen versicherungsmathematischen Kalküls, wobei zumeist keine exakte Quantifizierung angestrebt ist, sondern nur der Problemhorizont genauer gefaßt werden soll. Welche Vorschläge sind das?

1. Ähnlich wie in der DIN-Norm VDE 31000 T2 wird die Verknüpfung von Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit "unbestimmt" gelassen, die Multiplikation jedoch abgelehnt. /299/

2. *Albert Kuhlmann* empfiehlt, um bei sehr großem Schadensausmaß diesem eine Gewichtsverstärkung in der Risikoformel zu geben, "die Risikodefinition um einen vom Schadensumfang abhängigen Gewichtungsfaktor zu erweitern. Damit würde im Bereich großer Schadensumfänge das Risiko als Folge des Verstärkungsfaktors schneller als linear mit dem Schadensausmaß ansteigen." /300/

3. Vor allem um die Differenz zwischen Risikoabschätzung und individuellem Risikoempfinden, das häufig bis zur Risikoaversion reicht, überbrücken zu können (oder zumindest einen Versuch dazu zu unternehmen), gibt es u. a. Vorschläge von *Hans Christoph Binswanger* und von *Albert Kuhlmann*, einen Faktor einzufügen, der die Risikoaversion erfaßt, "weil die Risikoaversion ein psychologischer - gleichzeitig aber auch, wie die statistische Untermauerung zeigt, durchaus rational begründbarer - Tatbestand ist". /301/ Dabei wird davon ausgegangen, daß die Risikoaversion mit dem möglichen Schadensausmaß wächst, selbst wenn ihm ein entsprechend hoher Gewinn gegenübersteht. *Binswanger* nennt das so erweiterte statistische Risiko ein "psychologisches Risiko", das mit dem Schadensausmaß gegenüber dem statistischen Risiko überproportional zunimmt. /302/ Ähnlich schreibt *Kuhlmann*: "Das objektiv auszumachende Risiko, gemäß der herkömmlichen Definition, wird mit einem 'Aversionsfaktor' multipliziert, der die Angstverstärkung berücksichtigt, welche die Betroffenen empfinden. Dieser Aversionsfaktor wäre für die unterschiedlichen Technologien empirisch festzulegen." /303/

4. Um Kollektivrisiken gegenüber Individualrisiken ein höheres Gewicht verleihen zu können empfiehlt *Albert Kuhlmann*, neben ein Zulässigkeitskriterium für das Risiko von Einzelpersonen ein zusätzliches Zulässigkeitskriterium für das integrale Bevölkerungsrisiko einzuführen: "Große Schadensausmaße erhalten damit in ganz natürlicher Weise ein höheres Gewicht." /304/

5. Da mit steigenden Schadensmöglichkeiten die Vorsorgeaufwendungen überproportional steigen (es "ist ein enormer Unterschied, ob 10.000mal ein einziger Ver-

unglückter geborgen und gepflegt werden muß oder ob auf einmal 10.000 Verunglückte betreut werden müssen" /305/), fordert *Hans Christoph Binswanger*, zum Erwartungswert der Schadenssumme die Vorsorgekosten für den Notfall- und Katastrophenschutz hinzuzurechnen, womit sich das "vorsorgeorientierte Risiko" ergebe. /306/

6. *Franz Xaver Kaufmann* schlägt vor, in einem integralen Faktor alle Bewertungsgesichtspunkte zusammenzufassen, die bei einem schädigenden Ereignis oder Prozeß die Schadenshöhe beeinflussen. /307/

7. Schließlich wird der Vorschlag unterbreitet, das Risiko eines technischen Systems "als Funktion der möglichen Schadensausmaße in Abhängigkeit von der Zeit und ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit" darzustellen, wobei als zeitabhängige Schadensausmaße reparable Schäden (z. B. Beinbruch, der heilt), Langzeit-Schäden, Schäden, die erst nach einer Latenzzeit auftreten, sowie soziale Schäden erwähnt werden. /308/

Bei aller Vielgestaltigkeit der Überlegungen, die "Risikoformel" zu präzisieren, um so der Risikowirklichkeit besser Rechnung tragen zu können, die vielfach (bewußt) nur heuristischer Art sind, ist zu bezweifeln, daß es einen einheitlichen Ansatz gibt, der allen Verzweigungen der Risiko-Problematik, allen wissenschaftlichen und politischen Bemühungen gleichzeitig und gleichermaßen Rechnung trägt.

6. Mit Absicht ins Ungewisse?

Jede technisch-technologische Neuerung ist ein praktischer Vorstoß in (teilweise oder gänzlich) Unbekanntes und damit auch Unerkanntes. Natürlich liegt vor dem "praktischen Vorstoß" in das Unbekannte zumeist ein "theoretischer Vorstoß" als Ergebnis der Wissenschaftsentwicklung. Einschränkend muß aber darauf aufmerksam gemacht werden, daß erstens mit dem Zuwachs des Wissens auch das Wissen über den Bereich des Unerkannten, des "Nicht-" bzw. "Noch-Nicht-Gewußten" wächst.

Um das Nicht-Wissen zu strukturieren, unterscheidet *Walther Zimmerli* drei Typen: "1. Zum einen wäre jenes Nichtwissen zu bedenken, das kategorial auf der Unmöglichkeit eines erststufigen Wissens beruht... Wissen des Nichtwissens hieße in diesem Fall zu wissen, daß wir nicht wissen können. ... 2. Hiervon ließe sich

der Typ des zweitstufigen Wissens unterscheiden, der darauf beruht, daß man bestimmte Folgen noch nicht kennt. ... 3. Noch anders verhält es sich mit einer Art des Nichtwissens, die darin besteht, daß das Wissen bereits vorhanden, aber noch nicht auf den vorliegenden Fall oder Fälle vergleichbarer Art angewendet worden ist." /309/

Zweitens ist zu berücksichtigen, daß Machbarkeit nicht mit umfassender Erklärbarkeit, praktische Durchführbarkeit nicht mit Beherrschbarkeit verwechselt werden darf. /310/

Die sich auf diese Weise zeigende "Lücke zwischen Theorie und Praxis" /311/ verweist erstens auf eine Differenz zwischen der anwendungsorientierten Aufbereitung und Nutzung vorhandener theoretischer Erkenntnisse und zweitens darauf, daß eine Vielzahl theoretisch ungelöster praktischer Probleme bei der Entwicklung wie Nutzung von technischen Systemen existiert. Das ist sowohl in einer "Ziel-Lücke" (es besteht eine Differenz zwischen den von den theoretischen Erkenntnissen her erfüllbaren und den seitens Technik und technischem Handeln notwendig zu fordernden bzw. erforderlichen Zielen) als auch in einer "Modell-Lücke" (die theoretischen Erkenntnisse sind nicht ausreichend genug an den Modellvoraussetzungen orientiert) begründet. /312/

Sie sind eine Ursache für die allseits bekannte und hinreichend belegte Tatsache, daß jedes (theoretische wie praktische) Vordringen in Unbekanntes immer mit Unwägbarkeiten hinsichtlich der erwarteten bzw. angestrebten Zielstellung, jeder Vorstoß menschlichen Handelns in theoretisches wie praktisches Neuland mit einem Risiko hinsichtlich des Gelingens oder Mißlingens verbunden ist, denn nicht alle Auswirkungen oder Konsequenzen sind infolge objektiv vorhandener oder subjektiv bedingter Informationsdefizite vorstellbar oder vorhersehbar, hinsichtlich des Verlaufs und des Ergebnisses ist kurz-, mittel- oder langfristig immer Nicht-Prognostizierbares und Nicht-Prognostiziertes möglich (und wahrscheinlich). Man beschreitet so Wege, für die es kaum verallgemeinerungsfähige Erfahrungen, auf denen es aber gewiß Unvorhergesehenes und Unvorhersehbares gibt. "Regelmäßig entdeckt man unheilvolle Abhängigkeiten, die bis zum Eintritt einer Katastrophe unbekannt waren." /313/ Daraus ergibt sich die Forderung, das eingegangene bzw. einzugehende Risiko immer wieder neu zu prüfen, auf der Basis auch alternativer Szenarien sachkundig Gefahrenmomente und Erfolgchancen abzuwägen sowie sorgfältig jeden Schritt ins Unbekannte und Unerkannte zu planen. Durch theoretische Einsichten, praktische Erfahrungen (einschließlich derer aus Stör- und Unfällen) und geeignete Experimente lassen sich nichtgewoll-

te Neben- und Gegenwirkungen vielfach als solche erkennen, störende Zufallseinflüsse weitgehend aufdecken und das technische System entsprechend sichern.

Das schließt aber ein, die Grenze des Wissens in steter Wechselwirkung von Theorie und Praxis, von Ziel und Resultat und unter sorgfältiger Prüfung der Ergebnisse schrittweise zu überschreiten. Damit wird auch eine komplexe, gleitend-vorausschauende (antizipierende) und begleitende Technikbewertung erforderlich. /314/ Eine solche umfassende Technik- und Technologie-Bewertung (die auf Technikfolgenforschung und -abschätzung basiert) "tastet" sich in die Zukunft, in den Bereich des Nicht-Wissens, in wissenschaftlicher Hinsicht, wenn die angestrebte Aufgabe vom Ansatz her noch nicht lösbar ist, in technischer Hinsicht, wenn das Ziel mit dem verfügbaren technisch-technologischen Entwicklungsstand nicht umsetzbar ist, in ökonomischer Hinsicht, wenn der Mittelaufwand trotz wissenschaftlich-technischer Machbarkeit deren Verfügbarkeit übersteigt, in ökologischer, sozialer und politischer Hinsicht, wenn die soziotechnischen Auswirkungen auf Natur, Individuum und Gesellschaft noch nicht genügend geklärt sind.

Es gilt somit, die komplexe und in sich widersprüchliche Frage zu beantworten, ob das, was wissenschaftlich möglich und technisch-technologisch realisierbar ist, auch gesellschaftlich wünschenswert und durchsetzbar, ökonomisch machbar sowie human (ergonomisch, ökologisch, sozial, ethisch, intergenerativ...) vertretbar ist, wobei sowohl kurzzeitige Effekte als auch Langzeitwirkungen zu berücksichtigen sind. Dadurch werden immer wieder neu mögliche Wege, deren Chancen, Folgen und Verträglichkeit bewertet, das Spannungsfeld zwischen Gegenwart und wünschenswerter Zukunft überbrückt, Zwischenschritte verdeutlicht, im Widerspruch zwischen Detailerkennntnis und Gesamtschau vermittelt usw. Die Notwendigkeit für derartige, auch alternative Überlegungen und Konzeptionen, die Gestaltungsprinzipien entwickeln bzw. auf solchen basieren, vermittelt derer Chancen und Optionen erweitert werden, resultiert vor allem aus der Tatsache, daß unser gegenwärtiges Handeln die Zukunft beeinflusst. "Gesellschaftliches Handeln in der Gegenwart schafft die Voraussetzung für zukünftige Lebensbedingungen, wobei es nicht mehr die Zukunft, sondern eine Auswahl von Zukünften gibt." /315/

Dabei ist das gegenwärtige (auch technische) Handeln in hohem Maße von - teilweise stark differierenden - Vorstellungen darüber bestimmt, wie die Welt (das Land, die Region) ist, wie sie sein könnte und wie sie sein sollte. Diese Vorstellungen hängen auch ab von den Fragen, die gestellt, von den Zweifeln, die geäußert, von den Problemen, die gesehen werden. In diesem Sinne ist *Werner Langenheder*

zuzustimmen: "Der Fortgang der Wissenschaft wird nicht so sehr bestimmt durch die gefundenen Antworten, sondern in viel stärkerem Maße durch die Fragen, die gestellt werden. Das gilt für die Grundlagenforschung, und es gilt noch stärker für die angewandte Forschung, insbesondere für die Entwicklung und den Einsatz von Technik. Werturteilsfreiheit und Objektivität (im Sinne intersubjektiv überprüfbarer Ergebnisse) mögen bei den Antworten auf eine gegebene Fragestellung (unter der Voraussetzung einer allgemein akzeptierten theoretischen Basis und der Verwendung anerkannter und leistungsfähiger Meßinstrumente) noch einigermaßen zufriedenstellend erreichbar sein, bei der Auswahl der Fragestellungen dagegen erweist sich der Anspruch der Werturteilsfreiheit als nicht einlösbar - und Technikentwicklung ist in erster Linie eine Sache der Fragestellung." /316/

7. Ursachen technischer Risiken

Angesichts dieser Situation gewinnen verstärkte Analysen möglicher Ursachen für Stör- und Schadensfälle und darauf basierender Schlußfolgerungen für Sicherheitskonzepte und Risikominimierungs-Strategien an Bedeutung. Das ist Gegenstand von Risikoanalysen, die von der Risikoidentifizierung und der Risikoabschätzung bis zur Risikovermeidung bzw. -verringerung reichen. /317/

Im Prozeß der Technikgenese treten Risiken mindestens vierfach auf: im Prozeß der geistigen Antizipation neuer Technik, im Innovationsprozeß, im (betrieblichen) Funktionssystem der Technik und schließlich im Ausbreitungsprozeß neuer Technik mit seinen komplexen ökonomischen, sozialen und politischen Wirkungen. /318/ Wichtig dafür ist auch eine Analyse des technischen und des technikwissenschaftlichen Wissens, verweist es doch auf eine größere Differenziertheit für Risikoursachen, als sich in den eingangs genannten vereinfachenden Darstellungen verbergen. "Unwissenheit bedeutet zunächst 'Risikobindheit'. Mit der Aufklärung über Risikopotentiale schwindet die alltagsweltliche Unterstellung der Sicherheit. Unglücksfälle und Schicksalsschläge sind mit zunehmendem Wissen auf Risikofaktoren zurückzuführen." /319/ Jedoch ist dabei zu berücksichtigen, daß Erkenntniszuwachs offenläßt, "ob sich die Risiken verschärft haben oder unser Blick für sie". /320/

Zunächst ist die Ebene der technischen Funktion mit ihren prozeßimmanenten Risiken von der des technischen Handelns mit ihren Risiken im Entstehungs- und

Verwendungszusammenhang zu unterscheiden, sodann sind ihre Vernetzungen und Rückkopplungen zu berücksichtigen.

Auf der Ebene der technischen Funktion geht es - dem Anliegen von Technik entsprechend - um den technisch genutzten Naturprozeß. Dabei sind nicht alle möglichen Wirkungen und Folgen prognostizierbar. Das ergibt sich vor allem aus folgenden Sachverhalten:

(a) Durch die Kombination von Naturprozessen in und durch technisch-technologische Systeme ist eine unüberschaubare Vielfalt von Kombinationsmöglichkeiten und Wechselwirkungen vorhanden, wobei

- stochastische (Zufalls-)Ereignisse eintreten (können), /321/

- der Grad der Komplexität bedeutsam ist (je komplexer ein System ist, desto zahlreicher können sich z. B. seine Elemente gegenseitig beeinflussen oder die für seinen Zustand gefährlichen Schwankungen über den "Normal"bereich hinaus sein),

- sich die Art der Kopplung der Systemelemente auswirkt (starr oder lose),

- die Art der Anordnung der Systemelemente von Einfluß ist (eng, d. h. mit hoher gegenseitiger Beeinflussungswahrscheinlichkeit, oder weit, d. h. mit geringen Beeinflussungsmöglichkeiten), /322/

- sich Einzelprozesse unkontrolliert vernetzen können.

(b) Nebeneffekte und Begleitumstände (z. B. infolge von Interaktionen, Nichtlinearitäten, Synergismen und Selbstorganisationsprozessen) können wirksam werden bzw. in einer unüberschaubaren Weise wirken und auf diese Weise nichtantizipierte Bedingungen und Umstände herbeiführen.

(c) Gepufferte und redundante Systeme haben die Eigenschaft, Schäden vielfach solange zu neutralisieren bzw. zu kompensieren, bis sie irreversibel werden.

(d) Die Technik ist zumeist komplizierter, als sie mit den vorhandenen Denkmustern, Leitbildern und (mathematisierten) Beschreibungen zu erfassen versucht wird. /323/ Oft werden deterministische und statische Systeme sowie kontinuierliche Veränderungen anstelle stochastischer und dynamischer Systeme sowie diskontinuierlicher Veränderungen unterstellt.

(e) Das Wissen über Naturprozesse und das Verhalten technischer Systeme ist aus erkenntnistheoretischen, aus zeitlichen und aus ökonomischen Gründen (und damit untrennbar verbundenen Problemen bei der Datenerfassung und deren theoretischer Auswertung, der Reduktion zu berücksichtigender Parameter und Einflußfaktoren sowie der Berücksichtigung des Streufeldes von Charakteristika und Kenngrößen) begrenzt, womit vor allem

- eine prinzipielle Unsicherheit des Wissens und theoretischer Ableitungen (z. B. hinsichtlich der Gültigkeitsgrenzen, der Vollständigkeit der relevanten Daten oder nichtlinearer Änderungen),

- Ungewißheiten über die Korrektheit des für gültig gehaltenen Wissens und der richtigen Erfassung der betrachteten Wirkungszusammenhänge (z. B. infolge mangelnder Bestätigungs- oder Falsifizierbarkeit durch Experimente oder Erfahrungen der industriellen Praxis),

- mangelnde Verallgemeinerungsfähigkeit infolge fehlender Vergleich- oder Überprüfbarkeit,

- eine Unentscheidbarkeit konkurrierender Ansätze, Lösungsverfahren und Vorgehensweisen,

- Probleme der Verfügbarkeit und der Praktikabilität des Wissens sowie

- eine Unbestimmtheit hinsichtlich der Vertrauenswürdigkeit von Daten und "Experten"

verbunden sind bzw. sein können und deshalb häufig mit Ad-hoc-Einzelwissen agiert wird.

Die Qualität des technischen Wissens beeinflußt auf diese Weise entscheidend die Qualität des technischen Handelns und seines Ergebnisses (z. B. über Modellbildungen, theoretische Grundlagen, Leitbilder, Testmöglichkeiten, Lösungen im Grenzbereich des Wissens).

Daraus ergibt sich, daß infolge objektiver Unbestimmtheiten immer nichtvorhergesehene, mit dem gegenwärtigen Wissens- und Nichtwissensstand nicht vorauszubedenkende Ereignisse oder Verhaltensweisen technischer Objekte auf- bzw. eintreten können. In diesem Sinne schreibt *Walther Zimmerli*, bezogen auf die Technikbewertung: "Die Einsicht, daß, wieviel Wissen über Technikfolgen man auch immer akkumulieren mag, immer ein Rest nicht gewußter Technikfolgen

übrigbleiben wird, beruht nicht zuletzt darauf, daß man Abschied nahm von der Vorstellung, das technische System sei ein sich seinerseits nach internen Dynamikregeln entwickelndes, gegenüber anderen Systemen abgeschottetes System." /324/

Da auch der Grad dieser Unbestimmtheit nicht genau abschätzbar ist, wird bereits beim technischen Entwurf mit einem (zumeist empirisch durch technisches Handeln ermittelten) "Sicherheitszuschlag" gearbeitet. Er ist notwendig, um, wie es z. B. im "Technischen Wortschatz" aus dem ersten Drittel dieses Jahrhunderts mit Bezug auf Bauwerke heißt, das technische System "gegen ganz unvorhergesehene Belastungen sowie gegen die Einflüsse der Ungenauigkeiten der für eine statische Berechnung nötigen vereinfachenden Annahmen" sicher zu machen. /325/ Analoges gilt auch für die Sicherheitsfaktoren oder Sicherheitsbeiwerte der Werkstofffestigkeit bzw. des Werkstoffverhaltens sowie für die "Sicherheitsaufschläge" bei Grenzwertbildungen für die Belastung mit "riskanten" Substanzen, die oft das 100fache der Testwerte betragen. /326/

Auf der Ebene des technischen Handelns geht es um die Mensch-Technik-Beziehungen vom Entwurf neuer Technik über ihre funktionsgerechte Herstellung bis zur sachgemäßen Bedienung und Handhabung. Hierbei geht es vor allem um die Fähigkeiten und Fertigkeiten des Menschen als Produzent (von der geistigen Antizipation bis zur technologischen Realisierung) und als Konsument bzw. Nutzer technisch-technologischer Systeme (womit die subjektive Komponente der Beherrschung bzw. Beherrschbarkeit von Technik angesprochen ist, denn in Mensch-Technik-Systemen sind Mensch und Technik nicht beliebig gegeneinander austausch- oder ersetzbar, derartige Systeme optimieren sich nur schrittweise, in Gefahrensituationen kann es zu Fehlreaktionen infolge Informationsmangel kommen usw.).

Die damit verbundenen vielfältigen personen- und systembezogenen Risikosituationen - die von subjektiven Wahrnehmungs- und manuellen Handhabungsfehlern über das Nichtbeachten von Vorschriften und Regelungen sowie die Neigung von Individuen, auf stereotype Deutungsmuster, bekannte Lösungen und eingeübte Vorgehensweisen zurückzugreifen, bis zu verschiedenen individuellen und sozialen Blockierungen (z. B. in Form von mangelnder Selbstkontrolle, physischer oder psychischer Überbeanspruchung, Prestige-, ökonomischen Verwertungs- u. a. Interessen, Delegation von Entscheidungen an Außenstehende oder Inkompetente, externer Forschungs-, Entwicklungs- und Anwendungssteuerung) reichen,

/327/ seien lediglich an der technischen Entwicklungsarbeit - einer typischen Form der Ingenieur Tätigkeit - verdeutlicht. /328/

Im Prozeß der technischen Entwicklungstätigkeit (der Antizipation technischer Systeme oder technologischer Verfahren) treten Risiken mindestens bei der Zielsetzung, bei der Entwurfstätigkeit und bei der Realisierung des Entwurfs auf. Der Zielsetzungsprozeß ist ein iterativer, dynamischer Prozeß, bei dem zumeist unter Informationsmangel entschieden werden muß. Neuere Informationen oder sich wandelnde Randbedingungen erfordern zudem eine flexible Zielsetzung, so daß jede Zielbestimmung immer eine vorläufige Bestimmung ist. Das wiederum bedingt eine Intransparenz des Bearbeitungsprozesses in dem Maße, wie Neuheitsgrad der Innovation (Abstand zum Bestehenden!), Komplexität und Arbeitsteilung zunehmen. Erhöhte Intransparenz kann jedoch gleichbedeutend mit steigendem Risiko sein.

Bei der Entwurfstätigkeit ergeben sich Risiken aus dem methodischen Vorgehen. Da ein erheblicher Teil bei der Lösung technischer Aufgaben und Probleme nicht auf "exaktem" Vorgehen basiert, sondern auf ingenieurmäßiger Erfahrung (Technik hat immer auch etwas mit Kunst - von Können - zu tun; das griechische *techné*, von dem sich das Wort "Technik" herleitet, bedeutet soviel wie "sich auf etwas verstehen"!), ergibt sich ein nicht genau bestimmbarer Bereich für die Entscheidungsfreiheit des Bearbeiters, z. B. bei Auswahl- und Optimierungsproblemen. Da Ingenieurwissen vielfach unscharfes Wissen ist (bekannt ist z. B. nur, daß es so geht, nicht jedoch, warum; vielfach fehlt Wissen darüber, warum welche Schritte so vollzogen, warum welche Regeln so eingehalten werden müssen) und Aufgabenlösungen häufig als Routineprozesse durchgeführt werden (diese sind oft effektiver als methodenbewußte Tätigkeiten!), ergeben sich weitere objektive wie subjektive Unbestimmtheiten, die sich im technisch-technologischen Resultat niederschlagen.

Hinzu kommt, daß technische Entwicklungsarbeit zumeist unter ökonomischem und politischem (Zeit-)Druck erfolgt, somit die Vielfalt der Einflußmöglichkeiten, Interdependenzen, Rückkopplungen, Alternativen usw. kaum berücksichtigt werden kann, wenngleich die moderne Rechentechnik und das methodische Instrumentarium der mathematischen Modellierung und der technischen Simulation in dieser Hinsicht beachtliche Möglichkeiten eröffnen.

Auf und zwischen den beiden benannten Ebenen existiert ein vielfältiges, kompliziertes Netz von Wechselwirkungen (z. B. Verknüpfung von Strukturen und Pro-

zessen, von Ursachen, Wirkungen und Folgen, von Eingriffsmöglichkeiten und Zwanglaufmechanismen, von verstärkenden und von puffernden Rückkopplungen), in deren Komplexität (vor allem über zunehmende Interdependenzen, Funktionsdifferenzierung und sehr mittelbare Zusammenhänge) sich gewollte und bezweckte Wirkungen in ihr Gegenteil verkehren oder völlig unerwartete Effekte und Folgen auftreten können. Das ist auch deshalb bedeutsam, weil Versagens-, Schadens- oder Unglücksfälle häufig nicht auf eine einzelne Ursache, sondern zu meist auf eine Verknüpfung mehrerer unterschiedlicher, abhängiger oder unabhängiger Faktoren zurückzuführen sind. Neben die Unsicherheit infolge subjektiv begründeten Nichtwissens tritt vor allem bei komplexen großtechnischen Systemen und deren Wechselwirkung mit der Umgebung eine objektiv vorhandene "Undeutlichkeit". /329/ (Diese zunehmende Komplexität ist das **fünfte** Merkmal, das für Risikodiskurs und Überlegungen zum Risikomanagement Berücksichtigung finden sollte.)

Somit liegt stets eine Unbestimmtheit vor, die ihre letzten Ursachen im Nichtvorhandensein direkter Ursache-Wirkungs-Beziehungen, in Veränderungs- und Entwicklungsprozessen auf subtechnischen Strukturniveaus (z. B. im Werkstoffverhalten), in der Unsicherheit unseres Wissens sowie in der Offenheit der Zukunft, ihrer Nichtvoraussagbarkeit hat.

Auf einen damit im Zusammenhang stehenden interessanten Sachverhalt in Mensch-Maschine-Systemen macht *Rupprecht Düll* aufmerksam: "Die Fehleranfälligkeit sowohl im technischen wie im menschlichen Bereich erfordert zur Absicherung einen immer höheren Kontrollaufwand, der allerdings den Wirkungsgrad und damit die Wirtschaftlichkeit technischer Anlagen herabsetzt. Es ist daher anzunehmen, daß bei der Weiterentwicklung technischer Systeme eine Grenze der Komplexität erreicht wird, an der die Kontrolle den Menschen mit seinen Triebanlagen überfordert. Die nach den Überlegungen von Prigogine/Stenger ... zur Stabilität komplexer Systeme notwendige hohe Kommunikationsgeschwindigkeit bildet eine weitere Grenze für menschlichen Einsatz." /330/ Allerdings sollte zwischen aktuell sichtbaren, d. h. möglicherweise zukünftig überwindbaren (z. B. durch neue oder billigere technische Lösungen), und prinzipiellen Grenzen, die mit den organismischen Gesetzmäßigkeiten der Informationsaufnahme, -leitung und -verarbeitung zusammenhängen, unterschieden werden.

Erst über derartige differenzierende Überlegungen kann die - intuitiv längst erkannte -, Ingenieuren und Technikern wohlbekannt und durch die Alltagserfahrung vielfach belegte - Aussage begründet werden, daß es weder risikofreie tech-

nische Systeme oder technologische Prozesse noch ein risikofreies technisches Handeln gibt oder geben kann, d. h. im Bereich der Technik und ihrer Entwicklung existiert kein "Null"-Risiko. Da es zudem nicht nur eine Illusion ist anzunehmen, daß sich alle die die Unbestimmtheit bzw. das Risiko bedingenden Faktoren, Bedingungen, Ursachen, Mechanismen, Wechselwirkungen usw. sowie alle möglichen negativ zu bewertenden Folgen und Wirkungen im Voraus bedenken ließen, Risiko sich somit lediglich auf Informationsmangel reduzieren würde, sondern daß es generelle Ungewißheiten, Unsicherheiten und Unbestimmtheiten gibt, läßt sich das technische Risiko zumeist auch nie exakt bestimmen. Auch deshalb ist die oben angeführte und kritisierte mathematisierte Risiko-Erfassung nur sehr eingeschränkt zu verwenden: "Im Grenzbereich zwischen Faktizität und Hypothezität verliert ein auf quantitative Angaben beschränkter Risikobegriff zunehmend an Bedeutung." /331/

Solche weitergehenden Einsichten verweisen aber zugleich darauf, daß ohne wissenschaftliche Vorleistungen, die das Risiko auf den Ebenen technische Funktion und technisches Handeln aufdecken bzw. - bei aller Problembehaftetheit - abschätzen und das komplizierte Bedingungsgefüge wissenschaftlicher, technischer, ökologischer, ökonomischer, politischer, sozialer, psychischer, ethischer u.a. Zusammenhänge analysieren, Entscheidungen für oder gegen eine bestimmte technisch-technologische Lösung oder ein geplantes technisches Handeln unbegründet, einseitig oder möglicherweise gefährlich sind. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Einstellungen zur Technikentwicklung (bei Akteuren und Betroffenen höchst unterschiedlich) nicht nur von rationalen Einsichten, von Verstand und Vernunft, sondern in gleichem Maße auch von Gefühlen und Erwartungen, von Hoffnungen und Ängsten sowie von ethischen und ästhetischen Wertungen geprägt sind.

8. Risikominimierung als Anforderung an technisches Handeln

Wenn Technik und technisches Handeln so immer Unbestimmtheiten und Risiken und damit negativ bewertete ungewisse Folgen mit einer vielfach nicht genau bestimmbaren Eintrittswahrscheinlichkeit in sich bergen, lassen sich für verantwortliches Handeln mindestens folgende drei Strategien ableiten:

(a) die Risikovermeidung

(b) die Realisierung absoluter Sicherheit

(c) die Risikominimierung.

Damit versucht man dem Umstand Rechnung zu tragen, daß sich bei wahrscheinlichen - also ungewissen - Folgen praktische Entscheidungen zumeist kaum rational zwingend fällen lassen (Entscheidungen sind immer die Einheit von Wissen und Gewissen!) und so vielfach nicht verbindlich begründet werden kann, was verantwortbar ist und was nicht. (Auf Ansätze einer Institutionenethik und noch weitergehende Überlegungen, Verantwortung zu Entindividualisieren bzw. die Kontroverse darüber kann hier nicht weiter eingegangen werden. /332/)

Die Forderung nach umfassender oder genereller Risikovermeidung (Strategie (a)) läßt sich in den ethischen Überlegungen von *Immanuel Kant* bis *Hans Jonas* als Aufforderung zur Unterlassung nachweisen. "Handle so, daß die Maxime deines Willens jederzeit zugleich als Prinzip einer allgemeinen Gesetzgebung gelten könne", heißt es bei *Kant*. /333/ *Hans Jonas* formuliert als Imperativ, "der auf den neuen Typus menschlichen Handelns paßt und an den neuen Typ von Handlungs-Subjekt gerichtet ist ... 'Handle so, daß die Wirkungen deiner Handlung verträglich sind mit der Permanenz echten menschlichen Lebens auf Erden'; oder negativ ausgedrückt: 'Handle so, daß die Wirkungen deiner Handlung nicht zerstörerisch sind für die zukünftige Möglichkeit deines Lebens'. /334/ (Dieser Gedanke wurde von *Günter Ropohl* umformuliert in: "Unterlasse alles, was einen unannehmbaren Schaden für die Menschheit zur Folge haben könnte, auch wenn die zu erwartende Eintrittswahrscheinlichkeit noch so gering ist!" /335/) Noch rigorosere formuliert *Walther Zimmerli* unter ausdrücklicher Berufung auf *Kant* seine "defensive", "Rest-" oder "Unterlassungsethik": "Unterlasse alles, von dem du aufgrund deiner Folgenabschätzung nicht sicher sein kannst, ob du die erwarteten Folgen wollen kannst oder nicht! ... Unterlasse alles, von dem du aufgrund deiner Folgenabschätzung annehmen kannst, daß es zu einer Intensivierung des quantitativen Wachstums führen wird! ... Unterlasse alles, was dem Prinzip der intergenerationalen Verantwortung nicht entspricht! ... Unterlasse alles, was dem Prinzip der Hegerverantwortung der Natur gegenüber nicht entspricht!" /336/

Nun sind derartige Aufforderungen zur Unterlassung risikobehafteter Handlungen bei Berücksichtigung des Zeithorizonts sicher ehrenwert, aber: Nichthandeln, d. h. Unterlassung einer Handlung, ist auch eine Form des Handelns und deshalb ebenso mit Risiken behaftet. Daraus ergibt sich dann zwangsläufig die Frage "Sind Unterlassungsfolgen generell annehmbarer als Folgen tatsächlichen Han-

delns?" Die Beantwortung dieser Frage zielt notwendig auf die Forderung, die technisch relevanten Wertzusammenhänge in ihrer Komplexität, Hierarchie und gegenseitigen Abhängigkeit zu analysieren bzw. zu berücksichtigen und alle (absehbaren) Folgen in eine Risikoanalyse einzubeziehen. M. E. kann die Strategie (a) kein allgemeingültiges Postulat sein, wenngleich es für bestimmte Bereiche oder Zeiträume durchaus sinn- und bedeutungsvoll sein kann (wobei gerechtigkeithalber hinzugefügt werden muß, daß derartige Vorschläge zumeist vor dem Hintergrund konkreter oder mit Blick auf bestimmte Technologien, in Sonderheit die Gentechnologie, entwickelt wurden und keinen allumfassenden Anspruch erhoben). Zusätzlich muß sich diese Strategie, auch wenn sie nur für Teilbereiche wirksam werden soll (z. B. in Form eines Forschungsmoratoriums), die Frage nach ihrer Realisierungschance (die ja auch immer eine Frage der Kontrolle ist!), gefallen lassen.

Die Realisierung absoluter Sicherheit, eines "Null-Risikos" (Strategie (b)) entspricht zwar einem Bedürfnis vieler Menschen ("Das Streben nach Sicherheit ist ohne Zweifel in der Natur des Menschen angelegt." /337/), ist jedoch unmöglich, denn es gibt - wie bereits dargestellt - weder risikofreie Technik noch risikofreies technisches Handeln. Absolute Sicherheit ist somit eine Illusion, die als Handlungsorientierung völlig untauglich ist.

Bleibt als einzig sinnvolle Strategie die Strategie der Risikominimierung, die auch in weiten Bereichen technischen Handelns, auf begründeten Vorstellungen basierend, in Form von Vorsorge, Verhütung, Frühwarnung u. a. Anwendung findet. Sie zielt darauf, das Gefahrenrisiko mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln ursachen- und wirkungsorientiert zu minimieren (dabei jedoch mit zunehmender "Perfektionierung" selbstreferentiell neue Risiken produzierend /338/). Dahinter steht die Einsicht, daß die Beherrschung des Zufalls und damit auch die Reduzierung des darauf basierenden Risikos in gewissen - historisch sich auch ändernden - Grenzen möglich ist (wobei das Problem damit auf die Bestimmung dieser Grenzen verlagert ist). Das schließt dann aber auch ein, in den Fällen, in denen das Gefahrenrisiko als zu hoch eingeschätzt wird und nicht verringert werden kann, auf die technisch-technologische Lösung zu verzichten. "Unter Voraussetzung des Ziels, grundsätzlich die irreversiblen Veränderungen so gering zu halten wie möglich, ist deshalb von der Gesellschaft gegenüber allen in der Forschung involvierten Subsystemen die strikte Verfolgung einer risikominimierenden Strategie zu verlangen." /339/ Bezogen auf Technik und technisches Handeln sind darin wohl auch Entwicklung wie Nutzung technischer Systeme eingeschlossen.

Risikominimierung als objektiver Zwang ergibt sich nicht allein aus innertechnischen, ökonomischen oder juristischen Gründen, sondern hängt - vor allem in den letzten Jahren - mit einer sinkenden Risikoakzeptanz in großen Teilen der Bevölkerung zusammen, wobei sich diese keineswegs auf die gesamte Technik, sondern vielfach (dabei häufig noch gruppenspezifisch) vorrangig auf die sogenannten Hochrisiko-Technologien wie Kernenergetik, Gentechnologie, Militärtechnik, Großchemie u.ä. bezieht. /340/ Risikoakzeptanz ist (bei aller Vorsicht, mit der dieser Begriff zu verwenden ist, und bei aller Unschärfe und Vieldeutigkeit, die er in sich birgt) das Ergebnis eines Wertungs- und Entscheidungsprozesses, bei dem die erwarteten Implikationen und ihre Wahrscheinlichkeiten individuell gewichtet und mit anderen Faktoren (vor allem individuelle, institutionelle und gesellschaftlich-kulturelle) zu einem Gesamturteil über das Risiko verschmelzen. Es kommt zu einer Güterabwägung zwischen subjektiv gewichtetem Nutzen und den Gefahren bzw. negativen Implikationen der risikobehafteten technisch-technologischen Lösung. Dieser Güterabwägung geht die Risikowahrnehmung voraus, womit der Prozeß der subjektiven Aufnahme und Speicherung von (positiven wie negativen) Wirkungen, Folgen und Konsequenzen sowie die Wahrscheinlichkeit ihres Eintreffens durch Individuen, Gruppen und/oder Institutionen thematisiert ist, ein Prozeß, in dem Bildung, Information und Kommunikation eine bedeutsame Aufgabe zufällt, /341/ denn zur "Risikogesellschaft" gehören sowohl das Nicht-Wissen über Risiken wie die kulturvolle Auseinandersetzung über das vertretbare Risiko-Ausmaß. Dabei geht es vielfach nur vordergründig um Chancen und Gefahren. Andere relevante Konfliktebenen sind die Korrektheit von Daten und Fakten, die angemessene Interpretation von Daten und Fakten, Ziele, Werte und Interessenlagen, angemessene Betrachtungsweisen, Vertrauen und Glaubwürdigkeit von Akteuren sowie Interessenverflechtungen und mangelnde Kontrolle. /342/

Verantwortungsbewußte Risikominimierung in Technik und technischem Handeln ist entsprechend den zwei Ebenen des Auftretens objektiver Unbestimmtheiten möglich, wobei - wie bereits verdeutlicht - die Qualität des Wissens über die konkrete technische Lösung die Qualität des Ergebnisses (vor allem hinsichtlich der Minimierung von Unbestimmtheiten und Unwägbarkeiten) beeinflusst. Zu berücksichtigen ist dabei auch die Vielfalt der Risikoursachen in der Mensch-Maschine-Kooperation, die m. E. auch eine Vielfalt von Minimierungs- und Vermeidungsstrategien erforderlich macht - jedoch nur innerhalb der Grenzen, die durch die genannten Merkmale Unsicherheit hinsichtlich Handlungsfolgen, Hy-

pothezität von Risikoaussagen, Selbstreferenz und Komplexität bei prinzipiell begrenzter Folgenverantwortung gezogen werden.

Reduzierung der Unbestimmtheit sowohl hinsichtlich der Eintrittswahrscheinlichkeit (ursachenorientiert) als auch des zu erwartenden Schadensausmaßes (wirkungsorientiert) ist präventiv möglich über technisch-organisatorische Maßnahmen, durch die Anwendung wissenschaftlicher Methoden sowie durch die Ausprägung entsprechender Persönlichkeitseigenschaften auf der Grundlage umfassender Kenntnisse, Einsichten und Wertvorstellungen (z. B. Verantwortungs- und Risikobewußtsein, Gewissenhaftigkeit, Konzentrationsfähigkeit, technologische Disziplin, Flexibilität /343/). Allerdings sind - da Fehler eine handlungsimmanente Qualität darstellen - nicht allein "Fehlervermeidungsstrategien zu entwickeln und zu vermitteln", sondern es müssen Methoden entwickelt werden, "die ein Reflektieren und Dialogisieren über eingetretene Fehler zum Gegenstand haben". /344/

Zu den technisch-organisatorischen Maßnahmen gehören vor allem die Erhöhung der Sicherheit und Zuverlässigkeit technischer Systeme und Verfahren; die Schaffung von Systemstrukturen, die ein "Aufschaukeln" von Störfällen erschweren oder verhindern bzw. in denen Fehler keine katastrophalen Folgen nach sich ziehen (z. B. Entkopplung oder Vermeidung enger Kopplungen, "fehlerfreundliche", "-robuste" oder "-tolerante" Systeme /345/); technische Diagnostik und Echtzeit-Zustandserfassungen; vorbeugende Instandhaltung; Anwendung "intelligenter" Technik. Dazu gehören u. a. solche Sicherheitsprinzipien wie hintereinandergeschaltete Barrieren zur Zurückhaltung gefährlicher Stoffe, Redundanz von Sicherheits- und Notsystemen, räumliche Trennung von Sicherheits- und Notsystemen, fail-safe-Technologien (die bei Störfällen zur sicheren Seite hin arbeiten), Diversität (z. B. mehrere unterschiedliche Methoden für Messungen und Überwachung). /346/ In den Bereich der zu nutzenden wissenschaftlichen Methoden gehören das sicherheitsgerechte Konstruieren, /347/ die Zuverlässigkeitstheorie, /348/ die Qualitätssicherung /349/ und die Wahrscheinlichkeitsrechnung bei der Funktionsgestaltung; die Psychologie, die Arbeitswissenschaften und die Ergonomie bei der Systemgestaltung; die Technikbewertung, die Strategienbildung u.ä. bei der Systemplanung. Zu nutzen sind organisationstechnische und -soziologische Einsichten ebenso wie sicherheitstheoretische Erkenntnisse, auszuwerten sind auch anormale, abweichende Verhaltensweisen technischer Systeme und Beinahe-Unfälle in ihrer Indikatorfunktion.

Davor steht jedoch die öffentliche Diskussion darüber, wie sicher sicher genug sein soll. "Die Frage lautet: Wieviel Sicherheit wollen die Menschen eigentlich? Auf wie viele Annehmlichkeiten des täglichen Lebens verzichten sie im Interesse von Sicherheit? und schließlich, wieviel sind sie für Sicherheit zu zahlen bereit?" /350/ Diese vielschichtigen Probleme bei gleichzeitigem Verlust des gesellschaftlichen Konsens in zentralen Bereichen der Technikentwicklung verweisen einerseits auf ethische Probleme der Güterabwägung, drängen andererseits auf neue, innovative Formen der politischen bzw. gesellschaftlichen Entscheidungsfindung. /351/ Drittens ist darin die Problematik der Steuerung technisch-technologischer Entwicklungen mit dem Ziel konsequenter Risikominimierung eingeschlossen, die - idealtypisch - nur im Spannungsfeld von Markt, Administration, Verhandlung und Selbstregulierung erfolgen kann. /352/

Damit ist deutlich gemacht, daß es im Hinblick auf die neuen technischen Risiken kein "eindimensionales" Risikomanagement z. B. im Sinne von (umfassender) Vernunft, Folgenverantwortung, Technikbewertung, Demokratisierung von Entscheidungsprozessen oder vermehrter wissenschaftlicher Anstrengung geben kann, allerdings auch kein Gegeneinanderstellen dieser Denkeinsätze im Sinne eines Entweder-Oder, da jeweils spezifische Sachverhalte oder Komponenten der Risikoproblematik Gegenstand der Aufmerksamkeit sind, andere ausgeblendet oder unberücksichtigt bleiben (müssen). Erforderlich ist eine sinnvolle Kopplung all dieser Bemühungen - wobei auch dann noch ein Stück "hypothetische Gesellschaft", /353/ ein Leben unter **Unsicherheit als Normalität** verbleibt.

Güterabwägung, so wird aus juristischer Sicht beschrieben, "ist eine Methode der Konfliktlösung. Bei Kollisionen zwischen Rechtsgütern wird dem höherrangigen Rechtsgut(wert) der Vorrang gegenüber dem niederrangigen gegeben." Zugleich wird aber festgestellt, daß die Güterabwägung "nichts darüber aus(sagt), nach welchen Maßstäben festgestellt werden soll, welches Gut das höherwertige ist." /354/

Um dabei Willkürlichkeiten weitgehend auszuschließen, bemüht sich die Ethik um begründete Vorgehensweisen. Als generelles Abwägungsprinzip bei Handlungen in echten Entscheidungssituationen könnte gelten: "Wenn ein ... Ziel nicht ohne Nebenfolgen zu erreichen ist, so darf das als mögliche Nebenfolge eintretende Übel niemals größer sein als das Übel, das eintreten würde, wenn die Handlung unterbliebe." /355/ Damit ist kein eingegrenzt verstandener oder ausgelegter, allein auf einem ökonomisch verengten Nutzen-Kriterium basierender Utilitarismus gemeint, /356/ denn die ethische Dimension verlangt vorgängige Ant-

worten auf die Fragen nach dem Maßstab, den Kriterien und der Begründung für die Wahl der "angemessenen" Handlungsalternative unter Beachtung von "Verhältnismäßigkeit", "schonendem Ausgleich" und "Harmonisierung" differierender Wertzuordnungen. Hinzu kommt die Berücksichtigung solcher Postulate wie der von *Hans Jonas* geforderte "Vorrang der schlechten vor der guten Prognose", /357/ oder die Forderung des Gesprächskreises "Kirche - Wirtschaft in der Schweiz": "Vorzug einer Entscheidung mit reversiblen Folgen gegenüber einer Entscheidung mit irreversiblen Auswirkungen". /358/

Damit sind dann aber die Probleme der Risikoabschätzung oder -bewertung noch nicht gelöst. Es bleibt nach wie vor ein Feld für Auseinandersetzungen z. B. hinsichtlich zu berücksichtigender Zusammenhänge, Zeithorizonte, Wertvorstellungen usw. Dabei könnten die traditionellen ethischen "Abwägungsstrategien" Laxismus, Probabilismus, Probabiliorismus und Rigorismus bzw. Tutorismus /359/ (die in der modernen - formalisierten - Entscheidungstheorie kaum explizit Berücksichtigung finden /360/) für komplizierte Güterabwägungsprozesse sowie für unterschiedliche Entscheidungsdimensionen und -situationen sinnvoll genutzt werden, da sie - indem sie eine Wichtung von Gründen fordern - das Verhalten in Wahlsituationen transparenter und nachvollziehbarer machen (können).

Die möglichen neuen politischen Entscheidungsprozeduren werden als "instrumentelles", "elitistisches" und "partizipatives" Modell diskutiert, die insgesamt darauf abzielen, den Wissensstand im Bereich der Abschätzung und Behandlung von technischen Risiken zu verbreitern, in die öffentliche Diskussion einzubringen und bei ihrer Einschätzung über technisch-technologische Kriterien hinaus weitere Bewertungsfaktoren einzubeziehen. /361/

Von diesen drei Vorschlägen ist wohl nur der umfassende politische Diskurs zwischen Akteuren ("Machern", Entscheidungsträgern und Nutzern) und Betroffenen als Chance und als Methode des Erkennens neuer Wege der Problemlösung bzw. -bewältigung, der Wahl zwischen grundsätzlichen Alternativen und der Konsensbildung über realisierbare Ziele und gangbare Wege vor allem bei großtechnischen Projekten mit Blick auf demokratische Entscheidungsfindung, Risikominimierung und Sozialorientierung der Technik- und Technologieentwicklung angemessen, wobei die Verteilung sozialer "Ressourcen" wie Macht, Einflußmöglichkeiten, Zugang zu relevanten Informationen, Prestige, Glaubwürdigkeit u. ä. von Bedeutung sind: "Nur jenes Gute, das Gegenstand eines durch herrschaftsfreien Diskurs zustande gekommenen Konsenses ist, kann Anspruch auf Verbindlichkeit erheben und die Grenzen abstecken, innerhalb deren Nutzenerwägungen und

wirtschaftliches Handeln legitim sind. Es bedarf also immer wieder von neuem der argumentativen Verständigung über Ziele, die als gute Ziele gelten dürfen. Daher sind die Diskursregeln jene praktischen Verfahrensbedingungen, die erfüllt sein müssen, damit ein begründeter Konsens über das zustande kommt, was vernünftigerweise als erstrebenswerter wirtschaftlicher Nutzen gelten kann." /362/

Dabei darf aber nicht außer Acht gelassen werden, daß in diesem Prozeß Defizite und Probleme auftreten (können), die ihre Ursachen in erkenntnistheoretisch-methodologischen Schwierigkeiten, in individuellen Wahrnehmungs- und Beurteilungsmechanismen, in sozialen Kommunikations- und Entwicklungsprozessen sowie in politischen Handlungs- und Entscheidungsmustern haben, und die als Grundsatz-, Verantwortungs-, Werte-, Prognose-, Pluralismus-, Diskurs- und Realisierungs-Dilemma bezeichnet werden können. /363/ Als integrales Problem erweist sich dabei aber die "Mangelware" Zeit: "Zeit ist aber erforderlich, um in Ruhe über gesellschaftliche Auswirkungen solcher Forschung und Entwicklung nachdenken zu können. Dies gilt namentlich für potentiell negative Folgeerscheinungen." /364/

9. Konsequenzen für die Ingenieurausbildung

Als Fazit ergibt sich, daß sich verantwortungsbewußte, weil verantwortbare und verantwortete Lösungen im Bereich der Technik unter der Bedingung fortdauernder Risikoproduktion als Lebens- und Überlebensstrategie erweisen, indem sie im Sinne einer "Pflicht zur Bewahrung des Lebens" - die m. E. eine "Pflicht zur Bewahrung der Natur" als unabdingbare Existenz- und Entwicklungsgrundlage des Lebens einschließt - auf die technisch-technologischen Bereiche, die rechtlichen, ökonomischen sowie politischen Steuerungs- und Kontrollbedingungen **und** die individuellen wie institutionellen Gestaltungsmöglichkeiten orientieren, die dieses Ziel zu erreichen gestatten.

Das erfordert zugleich eine neue Dimension von Problembewußtsein, eine höhere fachliche Kompetenz sowie die demokratische Mitwirkung und Mitgestaltung aller Betroffenen, denn sie betrifft - und **trifft** - letztendlich das Risiko. Mit subjektiven Akzentsetzungen und Wichtungen, mit unterschiedlichen Wertvorstellungen und Bewertungen ist in einer pluralistischen Gesellschaft zu rechnen, was für den Prozeß der "Güterabwägung", die Kompromißbildung und die Konsensfindung be-

deutungsvoll ist. Das erfordert von der Wissenschaft, insbesondere von der Philosophie "Sensibilisierung - für Gefahren und Risiken -, Bewahrung - Erinnerung an Werte - und Orientierung - auf Chancen der Zukunftsbewältigung -: diese haben als Ziel letztlich die Finalisierung von Technik, Wissenschaft und Wirtschaft im Blick auf umfassende Humanität". /365/

In den Prozeß einer risikogeminderten bzw. -mindernden Technikgenese und sozialorientierten Technikgestaltung sind die Ingenieure und Technikwissenschaftler als bedeutende Gruppe der "Macher" und "Gestalter" eingeschlossen, weshalb bereits in der Ausbildung notwendige Orientierungsmuster und fachübergreifende Kompetenzen herauszubilden sind und wie es seit längerem vom VDI durch die Etablierung bzw. Verstärkung des Nichttechnischen Begleitstudiums gefordert wird. /366/ Als Beitrag zum kognitiven Fundament für ein dem technischen und dem gesellschaftlichen Wandel angemessenes Denken, Handeln und Verhalten sollte über nichttechnische Studienanteile (die Wissenschafts- und Technikphilosophie sowie -geschichte einschließen müssen) folgende dreifache Zielstellung anvisiert werden:

1. Ein Verständnis von Technik ist auszuprägen, daß nicht nur die gegenwärtigen Sachsysteme, sondern auch die gesellschaftlichen Ursachen, Erscheinungsformen, Begleitumstände, Wirkungen und Folgen ihrer Entstehung und Verwendung berücksichtigt, insbesondere auch die unterschiedlichen Interessenlagen und Betroffenheiten aller Beteiligten sowie daraus entstehender möglicher und tatsächlicher Konstellationen von Zielkonflikten.
2. Ein gesellschaftlich verantwortliches technisches Handeln anzuregen, das im Rahmen des technisch Realisierbaren nicht allein auf das ökonomisch Machbare, sondern darüber hinaus auf das sozial Wünschenswerte und Akzeptable sowie ökologisch Verträgliche und ethisch Vertretbare ausgerichtet ist.
3. Ein Problembewußtsein für die Gestaltung und Gestaltbarkeit von Technik zu befördern, das die Wirkungen und Folgen, die positiven Effekte und Gefahren, die Chancen und Risiken zukünftiger Technik und gangbarer Alternativen sowie Möglichkeiten der Steuerung der Technikentwicklung und einer am Gemeinwohl orientierten Einflußnahme auf Konfliktkonstellationen bedenkt.

Das schließt ein, auch auf mögliche, das unmittelbar Technische überschreitende Problemstellungen (und damit verbundene Interessenkonflikte u.ä.) zu verweisen. /367/

Der Aussage von *Alois Huning* aus dem Jahre 1974 "Wer heute Technik verstehen will, darf nicht nur Technik verstehen!" /368/ hat *Günter Ropohl* mit Blick auf die Ingenieurausbildung, damit das ganze Spektrum des Erforderlichen umspannend, hinzugefügt: "Und man muß Technik erst einmal verstehen, bevor man sie gut gestalten kann." /369/

Anmerkungen

- /1/ E. Oldemeyer: Wertkonflikte um die Technikakzeptanz. In: Technikbewertung. Philosophische und psychologische Perspektiven. Hrsg. v. W. Bungard u. H. Lenk. Frankfurt a. M. 1988. S. 33
- /2/ Vgl.: P. R. Hofstätter: Das Stereotyp der Technik. In: Technik im technischen Zeitalter. Stellungnahmen zur geschichtlichen Situation. Hrsg. v. H. Freyer, J. Chr. Papalekas u. G. Weippert. Düsseldorf 1965. S. 190 ff.
- /3/ K.-F. Müller-Reißmann: Technologiefolgenabschätzung oder eine andere Technik? Voraussicht oder Vorsicht als Kennzeichen einer neuen Ethik technischen Handelns. In: Technik und Gesellschaft. Jahrbuch 4. Hrsg. v. G. Bechmann u. W. Rammert. Frankfurt a. M./New York 1987. S. 201
- /4/ F. Böckle: Zur ethischen Bewertung von Risiken. In: Leben ohne Risiko? Hrsg. v. G. Hohlneicher u. E. Raschke. Köln 1989. S. 195
- /5/ Entsprechend differenziert ist auch der Grundtenor der Publikationen, die dieser Thematik gewidmet sind. Da die Spannweite derartiger Auffassungen inzwischen allgemein bekannt ist, wird hier auf deren Darstellung verzichtet. Verwiesen sei lediglich auf: J. Huber: Technikbilder. Weltanschauliche Weichenstellungen der Technologie- und Umweltpolitik. Opladen 1989
- /6/ Zum sozialwissenschaftlichen Status derartiger Paradoxien vgl.: M. Hennen: Soziale Motivation und paradoxe Handlungsfolgen. Opladen 1990
- /7/ Vgl.: W. Büchel: Philosophie des Risikos. In: Handbuch der Sicherheitstechnik. Bd. 2. Hrsg. v. O. H. Peters u. A. Meyna. München/Wien 1986. S. 126
- /8/ O. Veit: Die Tragik des technischen Zeitalters. Berlin 1935. S. 140
- /9/ H. Jonas: Das Prinzip Verantwortung. Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation. Frankfurt a. M. 1984 (5. Aufl.). S. 28
- /10/ Vgl.: VDI-Richtlinie 3780 "Technikbewertung - Begriffe und Grundlagen", März 1991
- /11/ Verwiesen sei dazu lediglich auf: Technik und Parlament - Technikfolgenabschätzung. Konzepte, Erfahrungen, Chancen. Hrsg. v. M. Dierkes, Th. Petermann u. V. von Thienen. Berlin 1986; Technikfolgenabschätzung als Technikforschung und Politikberatung. Hrsg. v. Th. Petermann. Frankfurt a. M./New York 1992
- /12/ H. Nowotny: Über den Umgang mit Risiko - Gedanken für einen Dialog zwischen Sozialwissenschaften und Ingenieurwissenschaften. In: zit - publik. Veröffentlichungen des Zentrums für Interdisziplinäre Technikforschung an der Technischen Hochschule Darmstadt. Nr. 1/1990, S. 28; vgl. ähnlich auch: R. Wolf: Der Stand der Technik. Geschichte, Strukturelemente und Funktion der Verrechtlichung technischer Risiken am Beispiel des Immissionsschutzes. Opladen 1987. S. 377
- /13/ Vgl.: U. Beck: Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne. Frankfurt a. M. 1986. S. 254 ff.
- /14/ U. Schimank: Dynamiken wissenschaftlich-technischer Innovation und Risikoproduktion. In: Riskante Entscheidungen und Katastrophenpotentiale. Hrsg. v. J. Halfmann u. K. P. Japp. Opladen 1990. S. 84
- /15/ Vgl. z. B. die vielfältigen Beispiele in: P. Lagadec: Das große Risiko. Technische Katastrophen und gesellschaftliche Verantwortung. Nördlingen 1987; Ch. Perrow: Normale Katastrophen. Die unvermeidbaren Risiken der Großtechnik. Frankfurt a. M./New York 1989; für die Jahre 1970 bis 1980 siehe die Übersichten in: S. Chakraborty: Wie quantifizierbar sind die Katastrophenrisiken? In: Risikountersuchungen als Entscheidungsinstrument. Hrsg. v. G. Yadigaroglu u. S. Chakraborty. Köln 1985. S. 186 f.

- /16/ H.-G. Vester: Die wiederkehrende Vergänglichkeit von Katastrophen. In: Universitas. Heft 7/1988, S. 746
- /17/ Vgl.: Ch. Perrow: Normale Katastrophen. Die unvermeidbaren Risiken der Großtechnik. A. a. O.
- /18/ Vgl.: U. Beck: Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne. A. a. O. Siehe auch die Beiträge von U. Beck, P. Koslowski und K. M. Meyer-Abich in: Aus Politik und Zeitgeschehen. Beilage zur Wochenzeitung Das Parlament. Nr. B 36/89 v. 1.9.1989, in denen Probleme der "Risikogesellschaft" aus unterschiedlicher Sichtweise angegangen werden. Auf die umfangreiche Debatte, die sich an die Veröffentlichung der "Risikogesellschaft" anschloß, wird hier nicht eingegangen; siehe dazu: U. Beck: Politik in der Risikogesellschaft. Mit Beiträgen v. O. Lafontaine, J. Fischer, E. Eppler u. a. Frankfurt a. M. 1991
- /19/ Ähnliche Überlegungen, jedoch von anderer Ausgangsposition und mit anderer Zielrichtung finden sich bei: A. Evers, H. Nowotny: Über den Umgang mit Unsicherheit. Die Entdeckung der Gestaltbarkeit von Gesellschaft. Frankfurt a. M. 1987. Zum Vergleich beider Ansätze siehe: P. Wagner: Sind Risiko und Unsicherheit neu oder kehren sie wieder? In: Leviathan. Zeitschrift für Sozialwissenschaft. Heft 2/1988, S. 288 ff.
- /20/ Vgl.: G. Bechmann: Großtechnische Systeme, Risiko und gesellschaftliche Unsicherheit. In: Riskante Entscheidungen und Katastrophenpotentiale. A. a. O. S. 123
- /21/ H. Nowotny: Über den Umgang mit Risiko - Gedanken für den Dialog zwischen Sozialwissenschaften und Ingenieurwissenschaften. A. a. O. S. 26
- /22/ H. Lübke: Risiko und Lebensbewältigung. In: Risiko in der Industriegesellschaft. Analyse, Vorsorge und Akzeptanz. Hrsg. v. G. Hosemann. Erlangen 1989. S. 15
- /23/ W. Bonß: Unsicherheit und Gesellschaft - Argumente für eine soziologische Risikoforschung. In: Soziale Welt. Heft 2/1991, S. 258
- /24/ Vgl.: Kurt A. Detzer: Unsere Verantwortung für eine umweltverträgliche Technikgestaltung. Von abstrakten Leitsätzen zu konkreten Leitbildern. München, September 1992. S. 32 (als Manuskript gedruckt)
- /25/ Vgl.: H. Nowotny: Über den Umgang mit Risiko - Gedanken für den Dialog zwischen Sozialwissenschaften und Ingenieurwissenschaften. A. a. O. S. 25
- /26/ Vgl.: H. Legewie: Risikobewußtsein nach Tschernobyl. Eine empirisch-phänomenologische Untersuchung. In: Sinn und Erfahrung. Phänomenologische Methoden in den Humanwissenschaften. Hrsg. v. M. Herzog u. C. F. Graumann. Heidelberg 1991. S. 227
- /27/ Vgl.: Polyprojekt "Risiko und Sicherheit technischer Systeme". In: Risiko und Sicherheit technischer Systeme. Auf der Suche nach neuen Ansätzen. Hrsg. v. J. Schneider. Basel/Boston/Berlin 1991. S. 271 ff.
- /28/ H.-G. Vester: Die wiederkehrende Vergänglichkeit von Katastrophen. A. a. O. S. 745 (H. d. V.)
- /29/ D. Birnbacher: Ethische Dimensionen bei der Bewertung technischer Risiken. In: Technikverantwortung. Güterabwägung - Risikobewertung - Verhaltenskodizes. Hrsg. v. H. Lenk u. M. Maring. Frankfurt a. M./New York 1991. S. 136; vgl. auch: W. Bonß: Unsicherheit und Gesellschaft - Argumente für eine soziologische Risikoforschung. A. a. O. S. 258 ff.
- /30/ H. W. Levi: Grenzen und Grenzwerte - Betrachtungen zum Umgang mit Risiken. In: Atomwirtschaft. Heft Februar 1991, S. 68 f.; ähnlich auch: J. Hüfner: Wie sicher ist sicher genug? Zur Definition, Abschätzung und Bewertung von Risiken. In: Leben in der Risikogesellschaft. Der Umgang mit modernen Zivilisationsrisiken. Hrsg. v. M. Schmidt. Karlsruhe 1989. S. 33

- /31/ O. Renn: Risikowahrnehmung und Risikobewertung: Soziale Perzeption und gesellschaftliche Konflikte. In: Ganzheitliche Risikobetrachtungen. Technische, ethische und soziale Aspekte. Hrsg. v. S. Chakraborty u. G. Yadigaroglu. Köln 1991. S. 06-3
- /32/ H. Lübke: Risiko und Lebensbewältigung. A. a. O.
- /33/ Chr. Lau: Risikodiskurse: Gesellschaftliche Auseinandersetzungen um die Definition von Risiken. In: Soziale Welt. Nr. 3/1989, S. 418
- /34/ Vgl.: A. F. Fritzsche: Wie sicher leben wir? Risikobeurteilung und -bewältigung in unserer Gesellschaft. Köln 1986. S. 467 f.; siehe auch: O. Renn: Technikfolgen und Sozialverträglichkeit. Ein Vorschlag zur Quantifizierung von mehrdimensionalen Risiken. In: Zeitschrift für Energiewirtschaft. Heft 3/1982. S. 174 ff.
- /35/ Vgl.: VDI-Richtlinie 3780 "Technikbewertung - Begriffe und Grundlagen". Abschnitt 3
- /36/ B. Biervert, J. Wieland: Gegenstandsbereich und Rationalitätsform der Ökonomie und der Ökonomik. In: Sozialphilosophische Grundlagen ökonomischen Handelns. Hrsg. v. B. Biervert, K. Held u. J. Wieland. Frankfurt a. M. 1990. S. 25
- /37/ G. Hosemann: Einführung. In: Risiko - Schnittstelle zwischen Recht und Technik. Hrsg. v. G. Hosemann. Berlin/Offenbach 1982. S. 5
- /38/ Vgl. auch: G. Ropohl: Risikoverantwortung im technischen Handeln. In: Auf der Suche nach der verlorenen Sicherheit. Hrsg. v. E. P. Fischer. München/Zürich 1991. S. 105
- /39/ Vgl. dazu die Zusammenfassung sozialwissenschaftlicher Überlegungen zu Risikobegriff, Risikoakzeptanz, Risikoverhalten und Risikomanagement bei: J. Conrad: Risikoforschung und Ritual. Fragen nach den Kriterien der Akzeptabilität technischer Risiken. In: Technik und sozialer Wandel. Verhandlungen des 23. Deutschen Soziologentages in Hamburg 1986. Hrsg. v. B. Lutz. Frankfurt a. M./New York 1987. S. 456 f.
- /40/ Vgl.: H. Lübke: Die schwarze Wand der Zukunft. In: Auf der Suche nach der verlorenen Sicherheit. A. a. O. S. 18; vgl. auch: H. Lübke: Akzeptanzprobleme. Unsicherheitserfahrung in der modernen Gesellschaft. In: Leben ohne Risiko? A. a. O. S. 211 ff.; H. Lübke: Das Risiko - unser ständiger Begleiter. In: Der Ingenieur in der Verantwortung. Deutscher Ingenieurtag Berlin 1991. Hrsg. v. VDI. Düsseldorf 1991. S. 36 ff.
- /41/ H. Lübke: Die schwarze Wand der Zukunft. A. a. O. S. 19 f.
- /42/ F. Böckle: Zur ethischen Bewertung von Risiken. A. a. O. S. 195 f.
- /43/ U. Schimank: Dynamiken wissenschaftlich-technischer Innovation und Risikoproduktion. A. a. O. S. 63
- /44/ S. Chakraborty, G. Yadigaroglu: Vorwort und Zusammenfassung der Herausgeber. In: Ganzheitliche Risikobetrachtungen. Technische, ethische und soziale Aspekte. A. a. O. S. 01-1
- /45/ Vgl.: G. S. Sonnenberg: Historisches zur Sicherheitstechnik. In: Handbuch der Sicherheitstechnik. Bd. 1. Hrsg. v. O. H. Peters u. A. Meyna. München/Wien 1985. S. 6
- /46/ W. Häfele, O. Renn, G. Erdmann: Risiko, Unsicherheit und Undeutlichkeit. In: Energiesysteme im Übergang - unter den Bedingungen der Zukunft. Ergebnisse einer Studie des Forschungszentrums Jülich GmbH. Hrsg. v. W. Häfele. Landsberg a. d. Lech 1990. S. 375
- /47/ H. Grymer: Anmerkungen zum Begriff des Risikos in den Gesellschaftswissenschaften. In: Risiko - subjektiv und objektiv. Hrsg. v. P. C. Compes. Wuppertal 1989. S. 137
- /48/ Vgl.: A. Evers, H. Nowotny: Über den Umgang mit Unsicherheit. Die Entdeckung der Gestaltbarkeit von Gesellschaft. A. a. O. S. 36
- /49/ Vgl.: Th. Wehner, H. Reuter: Wie verhalten sich Unfallbegriff, Sicherheitsgedanke und Fehlerbewertung zueinander? Bremen/Münster 1988. S. 2 (Manuskript)

- /50/ Vgl.: Ebenda. Siehe auch: A. Evers, H. Nowotny: Über den Umgang mit Unsicherheit. Die Entdeckung der Gestaltbarkeit von Gesellschaft. A. a. O. S. 37 f.
- /51/ Vgl.: J. Strasser: Sicherheit als destruktives Ideal. In: Psychologie heute. Heft Mai 1986. S. 28 ff.
- /52/ Vgl.: A. Mazur: Gesellschaftliche und wissenschaftliche Ursachen der historischen Entwicklung der Risikoforschung. In: Gesellschaft, Technik und Risikopolitik. Hrsg. v. J. Conrad. Berlin/Heidelberg/... 1983. S. 142 ff. sowie die sich darauf beziehenden Diskussionsbeiträge von G. Irwin (Ebenda. S. 146 ff.) und H. J. Otway (Ebenda. S. 148 f.)
- /53/ W. Krüger: Risiken als Gegenstand der Sicherheitswissenschaft. In: Technische Risiken der Industriegesellschaft. Erfassung - Bewertung - Kontrolle. Hrsg. v. P. C. Compes. Wuppertal 1986. S. 301
- /54/ O. Renn: Risikowahrnehmung und Risikobewertung: Soziale Perzeption und gesellschaftliche Konflikte. A. a. O. S. 06-9
- /55/ W. Krüger: Risiken als Gegenstand der Sicherheitswissenschaft. A. a. O. S. 302; vgl. auch: G. Frederichs, G. Bechmann, F. Gloede: Großtechnologien in der gesellschaftlichen Kontroverse. Ergebnisse einer Bevölkerungsbefragung zu Energiepolitik, Kernenergie und Kohle. KfK-Bericht 3342. Karlsruhe 1983
- /56/ Vgl.: D. J. Fiorino: Technical and Democratic Values in Risk Analysis. In: Risk Analysis. Heft 3/1989, S. 297
- /57/ Vgl.: F. Fischer: Jenseits eines technokratischen Diskurses: Risikoabschätzung in einer demokratischen Gesellschaft. In: Forschung aktuell. Nr. 36-38/1991 (Sonderheft: Technik & Gesellschaft), S. 25
- /58/ Umschreibung des Themas. In: Risiko und Sicherheit technischer Systeme. Auf der Suche nach neuen Ansätzen. A. a. O. S. 11
- /59/ Vgl.: B. Savioli: Restrisiko als Konzept der Risikopolitik - Eine kritische Begriffsanalyse. In: Die Grenzenlosigkeit der Grenzwerte. Hrsg. v. A. Kortenkamp, B. Grahl u. L. H. Grimme. Karlsruhe 1989. S. 227
- /60/ Vgl. auch: Chr. Lau: Risikodiskurse: Gesellschaftliche Auseinandersetzungen um die Definition von Risiken. A. a. O. S. 418
- /61/ M. Dierkes: Perzeption und Akzeptanz technologischer Risiken und die Entwicklung neuer Konsensstrategien. In: Technikfolgen und sozialer Wandel. Zur politischen Steuerbarkeit der Technik. Hrsg. v. J. von Kruedener u. K. von Schubert. Köln 1981. S. 126
- /62/ Vgl. auch: C. Burrichter, H.-J. Müller: Über Wissensdefizite in Risikogesellschaften. In: Risiko in Wissenschafts- und Technikentwicklung und die Verantwortung des Ingenieurs und Wissenschaftlers. Hrsg. v. K.-F. Wessel u. B. Thiele. Berlin 1991. S. 171
- /63/ K. Stiehr: Risikokonflikte und der Streit um das Rauchen. Eine Analyse der gesellschaftlichen Diskurse über die Schaffung von Sicherheit. Wiesbaden 1992. S. 9
- /64/ Vgl.: O. Renn: Risikowahrnehmung und Risikobewertung: Soziale Perzeption und gesellschaftliche Konflikte. A. a. O. S. 06-6 ff.
- /65/ So die Überschrift eines Abschnitts in: A. Kuhlmann: Einführung in die Sicherheitswissenschaft. Wiesbaden/Köln 1981. S. 415 ff.
- /66/ S. Chakraborty, G. Yadigaroglu: Vorwort und Zusammenfassung der Herausgeber. A. a. O. S. 01-5
- /67/ Zur rechtlichen Dimension, die sowohl rechtstheoretische als auch unmittelbar juristische Sachverhalte der Abwehr von Risiken der Technik, der staatlichen Gefahrenvorsorge zum Schutz von Rechtsgütern und der Reichweite des individuellen Anspruchs auf Sicherheit umfaßt, vgl. u. a.: P. Marburger: Die Regeln der Technik im Recht. Köln/Berlin/Bonn/München 1979; D. Seidel: Verantwortung - Risiko - Recht. Berlin 1979; Rechtliche

Ordnung der Technik als Aufgabe der Industriegesellschaft. Hrsg. v. R. Lukes u. A. Birkhofer. Köln/Berlin/Bonn/München 1980; Gefahren und Gefahrenbeurteilungen im Recht. Teile I - III. Hrsg. v. R. Lukes. Köln/Berlin/Bonn/München 1980; Bitburger Gespräche. In: Jahrbuch der Gesellschaft für Rechtspolitik 1981; Technische Risiken und Recht. Hrsg. v. W. Blümel u. H. Wagner. Hochschule für Verwaltungswissenschaften, Kernforschungszentrum Karlsruhe KfK, 3275, Karlsruhe/Speyer 1981; Risiko - Schnittstelle zwischen Recht und Technik. A. a. O.; Staatliche Gefahrenabwehr in der Industriegesellschaft. Hrsg. v. U. Becker. Bonn 1982 (Schriften der Deutschen Sektion des Internationalen Instituts für Verwaltungswissenschaften. Bd. 6); J. Isensee: Das Grundrecht auf Sicherheit: zu den Schutzpflichten des freiheitlichen Verfassungsstaates. Berlin/New York 1983; Sicherheit und Recht (Safety and Law). Hrsg. v. P. C. Compes. Wuppertal 1982; I. Pflügner, D. Seidel: Risiko in Wissenschaft und Technik - ein Rechts- und Leitungsproblem. Potsdam-Babelsberg 1985; G. Winter: Die Angst des Richters vor dem Recht. Über gerichtliche Maßstäbe der Technikkontrolle. In: Technik und sozialer Wandel. Verhandlungen des 23. Deutschen Soziologentages in Hamburg 1986. A. a. O. S. 464 ff.; Recht und Risiko. Juristische und ökonomische Analysen. Hrsg. v. J. Finsinger u. J. Simon. München 1988; M. Bock: Vorüberlegungen zur rechtspolitischen Bewältigung der Risikogesellschaft. In: Zeitschrift für Rechtssoziologie. Heft 2/1989, S. 255 ff.; U. K. Preuß: Sicherheit durch Recht - Rationalitätsgrenzen eines Konzepts. In: Kritische Vierteljahresschrift für Gesetzgebung und Rechtswissenschaft. Heft 3/1989, S. 3 ff.; J. Ipsen, D. Murswiek, B. Schlink: Die Bewältigung der wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen durch das Verwaltungsrecht. In: Veröffentlichungen der Vereinigung der Deutschen Staatsrechtslehrer. Heft 48 (1990), S. 177 ff.; U. K. Preuß: Staatstheorie und Risikobegriff - Ende des Gesellschaftsvertrages? In: Ist die technisch-wissenschaftliche Zukunft beherrschbar? Hrsg. v. R. Schaeffer. Bonn/Frankfurt 1990. S. 107 ff.; W. van den Daele: Freiheiten gegenüber Technikoptionen. Zur Abwehr und Begründung neuer Techniken durch subjektive Rechte. In: Kritische Vierteljahresschrift für Gesetzgebung und Rechtswissenschaft. Heft 3-4/1991, S. 257 ff.; K.-H. Ladeur: Risikowissen und Risikoentscheidung. Kommentar zu Gotthard Bechmann. In: Ebenda. S. 241 ff.; D. Murswiek: Technische Risiken als verfassungsrechtliches Problem. In: Technikbewertung. Güterabwägung - Risikobewertung - Verhaltenskodizes. A. a. O. S. 148 ff.; F. Nicklisch: Das Recht im Umgang mit dem Ungewissen am Beispiel der Regelungen zur Produkt-, Gentechnik- und Umwelthaftung. In: Ebenda. S. 161 ff.; H. Seiler: Rechtliche und rechtsethische Aspekte der Risikobewertung. In: Ganzheitliche Risikobetrachtungen. Technische, ethische und soziale Aspekte. A. a. O. S. 05-1 ff.; U. Kindhäuser: Sicherheitsstrafrecht. Gefahren des Strafrechts in der Risikogesellschaft. In: Universitas. Heft 3/1992, S. 227 ff.

- /68/ Vgl.: R. Kollek: "Ver-rückte" Gene: die inhärenten Risiken der Gentechnologie und die Defizite der Risikodebatte. In: Die zweite Schöpfung. Geist und Ungeist der Biologie des 20. Jahrhunderts. Hrsg. v. J. Herbig u. R. Hohlfold. München/Wien. S. 397
- /69/ Vgl.: S. Chakraborty, G. Yadigaroglu: Vorwort und Zusammenfassung der Herausgeber. A. a. O. S. 01-3
- /70/ D. Birnbacher: Ethische Dimensionen bei der Bewertung technischer Risiken. A. a. O. S. 136 f.
- /71/ Vgl.: G. Bechmann, F. Meyer-Krahmer: Einleitung: Technologiepolitik und Sozialwissenschaft. In: Technologiepolitik und Sozialwissenschaft. Hrsg. v. G. Bechmann u. F. Meyer-Krahmer. Frankfurt a. M./New York 1986. S. 13
- /72/ Zur Darstellung der Technik in den Medien und zur Bewertung der Technik durch die Öffentlichkeit vgl. z. B.: I. Lorenzen: Risiken-Darstellung in der alltäglichen Medienpraxis. In: Risiko - subjektiv und objektiv. A. a. O. S. 51 ff.; E. Kistler, D. Jaufmann: Konzepte der Öffentlichkeitsarbeit angesichts des Einstellungswandels der Bürger zur Technik: "selling science" oder "communicating science"? In: Über die Glaubwürdigkeit technisch-wissenschaftlicher Informationen. Hrsg. v. W. Ch. Zimmerli u. H. Sinn. Düsseldorf 1990. S. 67 ff.; H. P. Peters: Der massenmediale Umgang mit technischen Risiken. Arbeiten zur Risikokommunikation. Heft 14. Jülich 1990; H. M. Kepplinger: Medien und Technikdar-

stellung. In: Technikverantwortung. Güterabwägung - Risikobewertung - Verhaltenskodizes. A. a. O. S. 228 ff.

/73/

Auch wenn die Bezüge der Risiko-Problematik zu relevanten gesellschaftstheoretischen Sachverhalten (wie z. B. Demokratie, Modernisierungsprozesse oder soziale Wohlfahrt) sowie zu speziellen technologischen Entwicklungen (vor allem Kernenergetik und Gentechnologie, neuerdings auch Informations- und Kommunikationstechnologien) hier im Detail unberücksichtigt bleiben müssen, ist allein die deutschsprachige Literatur kaum noch zu überblicken. Vgl. außer den bereits genannten Publikationen vor allem: E. Philipp: Risiko und Risikopolitik. Stuttgart 1967; H. Schneeweiss: Entscheidungskriterien bei Risiko. Berlin 1967; H. Gross: Die Zukunft des Risikos. Gedanken über die Sicherheit in der industriellen Welt. Düsseldorf/Wien 1968; A. Kuhlmann u.a.: Prognose der Gefahr. Köln 1969; Autorenkollektiv u. Ltg. v. G. Grundmann: Risiko in Wissenschaft und Technik. Leipzig 1976; A. Kuhlmann: Alptraum Technik? Zur Bewertung der Technik unter humanitären und ökonomischen Gesichtspunkten. Köln 1977; P. Engelkamp: Entscheidungsverhalten unter Risikobedingungen: Die Erwartungsnutzentheorie. Freiburg i. Br. 1980; Sicherheit - verwirklicht, vergleichbar, tragbar? Hrsg. v. P. C. Compes. Wuppertal 1981; Risiken komplizierter Systeme - ihre komplexe Beurteilung und Behandlung. Hrsg. v. P. C. Compes. Wuppertal 1982 (2. Aufl.); Technik auf dem Prüfstand. Hrsg. v. E. Münch, O. Renn u. T. Roser. Essen 1982; Risikoanalyse und politische Entscheidungsprozesse. Hrsg. v. H. Kunreuther u. J. Linnerooth. Berlin/Heidelberg/... 1983; L. Camarinopoulos: Zuverlässigkeits- und Risikoanalysen. Köln 1983; Der Mensch als Risiko. Zur Logik von Prävention und Früherkennung. Hrsg. v. M. M. Wambach. Frankfurt a. M. 1983; Große technische Gefahrenpotentiale. Risikoanalysen und Sicherheitsfragen. Hrsg. v. S. Hartwig. Berlin/Heidelberg/... 1983; Ermittlung und Bewertung industrieller Risiken. Hrsg. v. S. Lange. Berlin/Heidelberg/... 1984; O. Renn: Risikowahrnehmung der Kernenergie. Frankfurt a. M./New York 1984; K. Heilmann: Technologischer Fortschritt und Risiko. Wege aus der Irrationalität. München 1985; Technischer Fortschritt und Risikobewältigung. Dokumentation der gemeinsamen Veranstaltung des Bundesverbandes der Deutschen Industrie und des Instituts der deutschen Wirtschaft. Köln 1985; U. Beck: Gegengifte. Die organisierte Unverantwortlichkeit. Frankfurt a. M. 1988; Risiko und Risikomanagement. Hrsg. v. P. Knoepfel. Basel/Frankfurt a. M. 1988; Technikkontrolle in der Risikogesellschaft. Hrsg. v. Chr. Zöpel. Bonn 1988; Das Risiko und seine Akzeptanz. Hrsg.: Hoechst AG. Bonn/Frankfurt a. M. 1989; Risiko in Ingenieur Tätigkeit und Technik - weltanschaulich-philosophische Probleme. Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Verkehrswesen Dresden. Sonderheft 52 (1989); Risiken neuer Entwicklungen. Hrsg. v. P. C. Compes. Wuppertal 1990; Risiko und Wagnis. Die Herausforderung der industriellen Welt. 2 Bd. Hrsg. v. M. Schüz. Pfullingen 1990; G. Krücken: Gesellschaft/Technik/Risiko: Analytische Perspektiven und rationale Strategien unter Ungewißheit. Bielefeld 1990; Risikokommunikation. Technikakzeptanz, Medien und Kommunikationsrisiken. Hrsg. v. J. Krüger u. St. Ruß-Mohl. Berlin 1991; Risiko und Gesellschaft. Grundlagen, Ergebnisse und Perspektiven interdisziplinärer Risikoforschung. Hrsg. v. G. Bechmann. Opladen 1992; Großtechnische Systeme und Risiko. Technik und Gesellschaft. Jahrbuch 6. Hrsg. v. G. Bechmann u. W. Rammert. Frankfurt a. M./New York 1992; A. Kuhlmann: Überfordert uns die Technik? - Nein, aber... Leipzig/Köln 1992; Risikokontroversen. Konzepte, Konflikte, Kommunikation. Hrsg. v. H. Jungermann, B. Rohrman u. P. M. Wiedemann. Berlin/Heidelberg/... 1992

/74/

Vgl. z. B. neben den Beiträgen in den Zeitschriften Hessische Blätter für Volksbildung, Heft 3/1989, und Außerschulische Bildung. Materialien zur politischen Jugend- und Erwachsenenbildung, Heft 3/1990: Sicherheit durch Erziehung und Bildung - notwendig, wirksam, günstig? Hrsg. v. U. Undeutsch, P. C. Compes u. E. Weise. Wuppertal 1982; B. Claußen: Politische Bildung in der Risikogesellschaft. In: Aus Politik und Zeitgeschichte. Beilage zur Wochenzeitung Das Parlament. Nr. B 36/89 v. 1.9.1989; G. Ropohl: Technikakzeptanz und technische Bildung. In: Die Glaubwürdigkeit technisch-wissenschaftlicher Informationen. A. a. O. S. 9 ff.; B. Sachs: Technikakzeptanz als Aufgabe der Schule? In: Ebenda. S. 17 ff.; A. Sahn: Der Umgang mit Risiken als Aufgabe der betrieblichen

- Weiterbildung. In: Risiko und Wagnis. Die Herausforderung der industriellen Welt. Bd. 2. A. a. O. S. 86 ff.
- /75/ Vgl. vor allem: Memorandum eines vom Bundesminister für Forschung und Technologie berufenen Sachverständigenausschusses zu Grundsatzfragen und Programmperspektiven der Technikfolgenabschätzung. Hrsg.: Der Bundesminister für Forschung und Technologie. Bonn, Juni 1989; Handlungsempfehlung: Sozialverträgliche Gestaltung von Automatisierungsvorhaben. Hrsg.: VDI-Hauptgruppe Der Ingenieur in Beruf und Gesellschaft, Bereich Technikbewertung. Düsseldorf 1989; Gewerkschaftliche Politik zur Gestaltung von Arbeit und Technik - Ziele, Aufgaben und Maßnahmen. Hrsg.: DGB-Bundesvorstand. Düsseldorf, Februar 1991
- /76/ Vgl.: G. Bechmann: Einleitung: Risiko - ein neues Forschungsfeld? In: Risiko und Gesellschaft. Grundlagen, Ergebnisse und Perspektiven interdisziplinärer Risikoforschung. A. a. O. S. VIII f.
- /77/ Vgl.: W. Häfele, O. Renn, G. Erdmann: Risiko, Unsicherheit und Undeutlichkeit. A. a. O. S. 377 ff.
- /78/ Ebenda. S. 390
- /79/ C. Burrichter, H.-J. Müller: Über Wissensdefizite in Risikogesellschaften. A. a. O. S. 168
- /80/ Vgl.: J. Conrad: Risikoforschung und Ritual. Fragen nach den Kriterien der Akzeptabilität technischer Risiken. A. a. O. S. 457 f.
- /81/ R. Kollek: "Ver-rückte" Gene: die inhärenten Risiken der Gentechnologie und die Defizite der Risikodebatte. A. a. O. S. 397; vgl. auch: M. Dierkes: Perzeption und Akzeptanz technologischer Risiken und die Entwicklung neuer Konsensstrategien. A. a. O. S. 128
- /82/ Vgl. dazu: W. van den Daele: Risiko-Kommunikation: Gentechnologie. In: Risikokontroversen. Konzepte, Konflikte, Kommunikation. A. a. O. S. 11 ff.; H. P. Peters: Risiko-Kommunikation: Kernenergie. In: Ebenda. S. 63 ff.; siehe auch: J. Radkau: Hiroshima und Asilomar. Die Inszenierung des Diskurses über die Gentechnik vor dem Hintergrund der Kernenergie-Kontroverse. In: Geschichte und Gesellschaft. Nr. 14/1988. S. 352 ff.
- /83/ A. Pieper: Ethik und Ökonomie. Historische und systematische Aspekte ihrer Beziehung. In: Sozialphilosophische Grundlagen ökonomischen Handelns. 1990. S. 98 f.
- /84/ Vgl.: G. Bechmann: Risiko als Schlüsselkategorie der Gesellschaftstheorie. In: Kritische Vierteljahresschrift für Gesetzgebung und Rechtswissenschaft. Heft 3-4/1991, S. 212 ff.; vgl. auch: K.-H. Ladeur: Risikowissen und Risikoentscheidung. Kommentar zu Gotthard Bechmann. A. a. O. S. 241 ff.
- /85/ Vgl.: G. Bechmann: Risiko als Schlüsselkategorie der Gesellschaftstheorie. A. a. O. S. 213
- /86/ Vgl.: Chr. Lau: Risikodiskurse: Gesellschaftliche Auseinandersetzungen um die Definition von Risiken. A. a. O. S. 427
- /87/ G. Schön: Grundlagen der Erfassung und Bewertung technischer Risiken. In: Risiko - Schnittstelle zwischen Recht und Technik. A. a. O. S. 47 (H. d. V.)
- /88/ B. Savioli: Restrisiko als Konzept der Risikopolitik - Eine kritische Begriffsanalyse. A. a. O. S. 232 f. (H. d. V.)
- /89/ Vgl.: J. Scheer: Grenzen der Wissenschaftlichkeit bei der Grenzwertfestlegung. Kritik der Low-Dose-Forschung. In: Technik und sozialer Wandel. Verhandlungen des 23. Deutschen Soziologentages in Hamburg 1986. A. a. O. S. 447 ff.; Grenzwerte. Interdisziplinäre Untersuchungen zu einer Rechtsfigur des Umwelt-, Arbeits- und Lebensmittelschutzes. Hrsg. V.G. Winter. Düsseldorf 1986; Die Grenzenlosigkeit der Grenzwerte. Zur Problematik eines politischen Instruments im Umweltschutz - Ergebnisse eines Symposiums des Ökoinstituts und der Stiftung Mittlere Technologie. A. a. O.; Chr. Lau: Risikodiskurse: Gesellschaftliche Auseinandersetzungen um die Definition von Risiken. A. a. O. S. 419

- /90/ B. Grahl: Nutzen und Risiko - Abwägung zweier unscharfer Begriffe. In: Chemiepolitik: Gespräch über eine neue Kontroverse. Hrsg. v. M. Held. Weinheim 1988. S. 125
- /91/ Vgl. auch: B. Broecker: Risikoabschätzung für chemische Stoffe. In: Ebenda. S. 138 ff.
- /92/ Vgl.: Ch. Perrow: Normale Katastrophen. Die unvermeidbaren Folgen der Großtechnik. A. a. O., vor allem S. 95 ff.; Ch. Perrow: Lernen wir etwas aus den jüngsten Katastrophen? In: Soziale Welt. Heft 4/1986, S. 390 ff.
- /93/ Vgl.: P. Pietschmann: Irgendwo wird immer gewürfelt. Risiko als Ringvorlesung im Humboldt-Studienzentrum Ulm. In: InfoTech. Heft 3/1992, S. 32
- /94/ Vgl.: G. Winter: Der Mensch als technische Gefahr. Zur atomrechtlichen Bedeutung menschlichen Versagens. In: Kritische Justiz. Heft 1/1989, S. 62
- /95/ Vgl. dazu u. a.: C. Graf Hoyos: Psychologische Unfall- und Sicherheitsforschung. Stuttgart/Berlin/Köln/Mainz 1980; Der Mensch als Sicherheitsproblem in technischen Systemen. Hrsg. v. P. C. Compes u. H. A. Wolff. Wuppertal 1980; St. Albers: Zeitabhängiger Ersatzprozeß als Modell für die Fehlerhäufigkeit bei menschlicher Tätigkeit. Ein Beitrag zur quantitativen Beschreibung der Zuverlässigkeit in Mensch-Maschine-Systemen. Wuppertal 1987; D. Utzelmann: Sicherheit beim Umgang mit der Technik. Wege zur Verringerung menschlichen Fehlverhaltens. Köln 1987; B. S. Dhillon: Zuverlässigkeitstechnik. Einfluß des Menschen. Weinheim 1988; Menschliche Zuverlässigkeit. Definitionen, Zusammenhänge, Bewertung. Hrsg. v. H. Bubb. Landsberg 1992
- /96/ P. Knoepfel: Brüche statt Umbrüche? - Konsensverlust durch Geschichtsverlust. A. a. O. S. 126
- /97/ Vgl.: H. P. Peters: Durch Risikokommunikation zur Technikakzeptanz? Die Konstruktion von Risiko"wirklichkeiten" durch Experten, Gegenexperten und Öffentlichkeit. In: Risikokommunikation. Technikakzeptanz, Medien und Kommunikationsrisiken. A. a. O. S. 48
- /98/ Vgl.: W. van den Daele: Restriktive oder konstruktive Technikpolitik? In: Zukunftsoptionen - Technikentwicklung in der Wissenschafts- und Risikogesellschaft. Hrsg. v. J. J. Hesse, R. Kreibich und Chr. Zöpel. Baden-Baden 1989. S. 97
- /99/ H. Jungermann: Technisches und Intuitives Risiko. In: Die Glaubwürdigkeit technisch-wissenschaftlicher Informationen. A. a. O. S. 31
- /100/ Vgl.: Ebenda. S. 33 ff.; siehe auch: H. Jungermann, P. M. Wiedemann: Ursachen von Dissens und Bedingungen des Konsens bei der Beurteilung von Risiken. Arbeiten zur Risikokommunikation. Heft 12. Jülich 1990; H. P. Peters: Durch Risikokommunikation zur Technikakzeptanz? Die Konstruktion von Risiko"wirklichkeiten" durch Experten, Gegenexperten und Öffentlichkeit. A. a. O. S. 30 ff.; D. Birnbacher: Ethische Dimensionen bei der Bewertung technischer Risiken. A. a. O. S. 136 ff.
- /101/ K. A. Detzer: Unsere Verantwortung für eine umweltverträgliche Technikgestaltung. Von abstrakten Leitsätzen zu konkreten Leitbildern. A. a. O. S. 35; vgl. dazu auch: D. Birnbacher, D. Koch: Zum Problem der Rationalität in der Akzeptanz technologischer Risiken. Essen 1980 (Manuskript); D. Zimmer: Die Vernunft der Gefühle - Ursprung, Natur und Sinn der menschlichen Emotion. München 1981
- /102/ Vgl. z. B.: G. Hosemann: Einführung. A. a. O. S. 6; H. Levi: Grenzen und Grenzwerte - Betrachtungen zum Umgang mit Risiken. A. a. O. S. 66
- /103/ Vgl.: H. Grymer: Anmerkungen zum Begriff des Risikos in den Gesellschaftswissenschaften. A. A. O. S. 168 (Anm. 13)
- /104/ Vgl. z. B.: J. Hüfner: Wie sicher ist sicher genug? Zur Definition, Abschätzung und Bewertung von Risiken. A. a. O. S. 41; H. Maier-Leibnitz: Der Mensch - von Technik erdrückt? In: Leben mit der Technik. Hrsg. v. Chr. Böhr. Krefeld 1985. S. 31 ff.

- /105/ C. Graf Hoyos: Die Zuverlässigkeit des Menschen - Risiken und Chancen. Kap. 1 in: Menschliche Zuverlässigkeit. Definitionen, Zusammenhänge, Bewertung. A. a. O. S. 13
- /106/ Ch. Perrow: Normale Katastrophen. Die unvermeidbaren Risiken der Großtechnik. A. a. O. S. 6
- /107/ Vgl.: C. Graf Hoyos: Die Zuverlässigkeit des Menschen - Risiken und Chancen. A. a. O. S. 12
- /108/ Vgl.: H. Kaiser: 'Ethische Rationalität': Konzept einer sach- und menschengerechten Risikobetrachtung. In: Ganzheitliche Risikobetrachtung. Technische, ethische und soziale Aspekte. A. a. O. S. 04-25
- /109/ Th. Wehner, H. Reuter: Wie verhalten sich Unfallbegriff, Sicherheitsgedanke und Fehlerbewertung zueinander? A. a. O. S. 9
- /110/ F. Baldeweg: Die Rolle des menschlichen Faktors bei der Abschätzung der Zuverlässigkeit in Mensch-Maschine-Systemen (MMS), wissenschaftlich-technische Aspekte. In: Aus der Arbeit von Klassen und Plenum der AdW der DDR. Nr. 7/1989, S. 32
- /111/ W. Volpert: High-Tech ohne Mensch? In: Universitas. Heft 3/1988, S. 345.
- /112/ U. Völckers: Leitlinien bei der Automatisierung von Funktionen zur Flugverkehrskontrolle. Braunschweig 1992 (Manuskript); vgl. dazu auch: R. Kroes: Zum Thema Flugsicherheit. In: Wissenschaftliche Welt. Heft 3/1989, S. 25 f.
- /113/ C. Graf Hoyos: Die Zuverlässigkeit des Menschen - Risiken und Chancen. A. a. O. S. 14
- /114/ K. P. Japp: Mehr Sicherheit durch Technik? In: Großtechnische Systeme und Risiko. A. a. O. S. 189
- /115/ H. Nowotny: Über den Umgang mit Risiko - Gedanken für einen Dialog zwischen Sozialwissenschaften und Ingenieurwissenschaften. A. a. O. S. 26
- /116/ A. Evers, H. Nowotny. Über den Umgang mit Unsicherheit. Die Entdeckung der Gestaltbarkeit von Gesellschaft. A. a. O. S. 33
- /117/ Vgl. überblicksartig u. a.: W. D. Rowe: Ansätze und Methoden der Risikoforschung. In: Gesellschaft, Technik und Risikopolitik. A. a. O. S. 15 ff.; O. Renn: Risikowahrnehmung der Kernenergie. A. a. O. S. 38 ff. ; O. Renn: Risikowahrnehmung und Risikobewertung: Soziale Perzeption und gesellschaftliche Konflikte. A. a. O. S. 06-1 ff.
- /118/ W. Krüger: Risiken als Gegenstand der Sicherheitswissenschaft. In: Technische Risiken in der Industriegesellschaft. Erfassung - Bewertung - Kontrolle. A. a. O. S. 300 f.
- /119/ R. Kollek: "Ver-rückte" Gene: die inhärenten Risiken der Gentechnologie und die Defizite der Risikodebatte. A. a. O. S. 396 f.
- /120/ Th. Blanke: Zur Aktualität des Risikobegriffs. Über die Konstruktion der Welt und die Wissenschaft von ihr. In: Leviathan. Zeitschrift für Sozialwissenschaft. Heft 1/1990, S. 138
- /121/ A. Evers: Risiko und Individualisierung. In: Kommune. Heft 6/1989, S. 34
- /122/ J. Hüfner: Wie sicher ist sicher genug? Zur Definition, Abschätzung und Bewertung von Risiken. A. a. O. S. 34
- /123/ C. F. Gethmann: Ethische Aspekte des Handelns unter Risiko. In: VGB Kraftwerkstechnik. Heft 12/1987, S. 1130
- /124/ Vgl. dazu: J. C. Schweizer: Wörterbuch zur Erklärung fremder, aus anderen Sprachen in die Deutsche aufgenommenen Wörter und Redensarten. Zürich 1811. S. 737 f.; Fr. L. K. Weigand: Deutsches Wörterbuch. Bd. 2. Gießen 1910. Sp. 594; F. Kluge: Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache. 14. Aufl. Berlin 1963. S. 602, sowie 22. Aufl. Berlin/New York 1989. S. 602; L. Mackensen: Ursprung der Wörter. Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache. München 1985. S. 317; Duden. Das große Wörterbuch der

- deutschen Sprache in sechs Bänden. Bd. 5. Mannheim/Wien/Zürich 1986. S. 2168; Autorenkollektiv: Etymologisches Wörterbuch des Deutschen. Q - Z. Berlin 1989. S. 1430
- /125/ Zedlers Grosses vollständiges Universal-Lexicon Aller Wissenschaftten und Künste. 31. Band. Leipzig/Halle 1742. Sp. 1736
- /126/ Deutsches Wörterbuch von Jacob Grimm und Wilhelm Grimm. Bd. 14. Achter Band. Leipzig 1893. Sp. 1042
- /127/ Brockhaus Konversations-Lexikon. 13. Bd. Berlin/Wien 1895. S. 890
- /128/ Vgl. auch: O. Renn: Risikowahrnehmung - Psychologische Determinanten bei der intuitiven Erfassung und Bewertung von technischen Risiken. In: Risiko in der Industriegesellschaft. A. a. O. S. 169
- /129/ Vgl. dazu: J. Le Goff: Wucherzins und Höllenqualen. Ökonomie und Religion im Mittelalter. Stuttgart 1988
- /130/ Vgl. dazu: The Probabilistic Revolution. Bd. 1: Ideas in History. Hrsg. v. L. Krüger, L. D. Daston u. M. Heidelberger. Cambridge (Mass.)/London 1987
- /131/ Vgl. dazu: B. Kuske: Die Begriffe Angst und Abenteuer in der deutschen Wirtschaft des Mittelalters. In: Zeitschrift für handelswissenschaftliche Forschung. Heft 11/1949, S. 547 ff.
- /132/ A. Evers, H. Nowotny: Über den Umgang mit Unsicherheit. Die Entdeckung der Gestaltbarkeit von Gesellschaft. A. a. O. S. 36
- /133/ A. Mazur: Gesellschaftliche und wissenschaftliche Ursachen der historischen Entwicklung der Risikoforschung. A. a. O. S. 141
- /134/ Francois Ewald sieht in der Institution der Versicherung das Mittel, mit dessen Hilfe es den modernen Gesellschaften gelungen ist, Gefahren kalkulierbar zu machen und in Risiken zu verwandeln. Vgl.: F. Ewald: Die Versicherungs-Gesellschaft. In: Kritische Justiz. Heft 4/1989, S. 385 ff.
- /135/ G. Bechmann: Risiko als Schlüsselkategorie der Gesellschaftstheorie. A. a. O. S. 216
- /136/ Vgl.: H. Hörz: Risiko - Entscheidung - Verantwortung. Philosophische Positionen. In: Risiko in Wissenschafts- und Technikentwicklung und die Verantwortung des Ingenieurs und Wissenschaftlers. A. a. O. S. 30 ff.
- /137/ Vgl.: K.-H. Ladeur: Risikowissen und Risikoentscheidung. Kommentar zu Gotthard Bechmann. A. a. O. S. 242
- /138/ Vgl.: P. Pietschmann: Irgendwo wird immer gewürfelt. Risiko als Ringvorlesung im Humboldt-Studienzentrum Ulm. A. a. O. S. 30
- /139/ Vgl.: K. P. Japp: Selbstverstärkungseffekte riskanter Entscheidungen. Zur Unterscheidung von Rationalität und Risiko. In: Zeitschrift für Soziologie. Heft 1/1992, S. 31 ff.
- /140/ Vgl.: H. Hörz: Risiko und Verantwortung. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie. Heft 10/1988, S. 873
- /141/ Auf unterschiedliche Benennungen dieser Sachverhalte machte auch die Diskussion auf dem Seminar "Risiko in Wissenschafts- und Technikentwicklung und die Verantwortung des Ingenieurs und Wissenschaftlers" 1989 in Knappenrode aufmerksam. Sie verdeutlichte, daß der gewählten Benennung zumeist schon eine bestimmte Vorstellung von Risiko zugrundeliegt. Vgl.: B. Thiele, H.-D. Urbig: Ergebnisse und Kontroversen der Diskussion. In: Risiko in Wissenschafts- und Technikentwicklung und die Verantwortung des Ingenieurs und Wissenschaftlers. A. a. O., vor allem S. 178
- /142/ Vgl.: A. Evers, H. Nowotny: Über den Umgang mit Unsicherheit. Die Entdeckung der Gestaltbarkeit von Gesellschaft. A. a. O. S. 34

- /143/ H. Grymer: Anmerkungen zum Begriff des Risikos in den Gesellschaftswissenschaften. A. a. O. S. 139; L. von Rosenstiel: Mut zum Wagnis - Eine Betrachtung aus empirisch-psychologischer Sicht. In: Risiko und Wagnis. Die Herausforderung der industriellen Welt. Bd. 2. A. a. O. S. 120 ff.
- /144/ Vgl. z. B.: D. M. Kehler: Nur wer wagt gewinnt. Erfolgreiche Unternehmer über die Kunst des kalkulierten Risikos. Frankfurt a. M./New York 1989; K. W. Neubürger: Chancen- und Risikobeurteilung im strategischen Management. Die informatorische Lücke. Stuttgart 1989; G. Mensch: Risiko und Unternehmensführung. Frankfurt a. M. 1991.
- /145/ A. Evers, H. Nowotny: Über den Umgang mit Unsicherheit. Die Entdeckung der Gestaltbarkeit von Gesellschaft. A. a. O. S. 35
- /146/ Berichte aus den Arbeitsgruppen: Arbeitsgruppe 2. In: Risiko und Sicherheit technischer Systeme. Auf der Suche nach neuen Ansätzen. A. a. O. S. 110
- /147/ Th. Wehner, H. Reuter: Wie verhalten sich Unfallbegriff, Sicherheitsgedanke und Fehlerbewertung zueinander? A. a. O. S. 6
- /148/ Vgl.: D. von Klebelsberg: Risikoverhalten als Persönlichkeitsmerkmal. Bern/Stuttgart/Wien 1969
- /149/ Ebenda. S. 58
- /150/ Ebenda. S. 60
- /151/ Ebenda. S. 56
- /152/ Vgl. auch: R. Bellmann: Die Risiken des wissenschaftlich-technischen Fortschritts in der weltanschaulichen Diskussion. In: Risiko in Wissenschafts- und Technikentwicklung und die Verantwortung des Ingenieurs und Wissenschaftlers. A. a. O. S. 74 f.
- /153/ N. Luhmann: Die Wirtschaft der Gesellschaft. Frankfurt a. M. 1988. S. 269; vgl. auch: N. Luhmann: Risiko und Gefahr. In: Soziologische Aufklärung 5. Konstruktivistische Perspektiven. Opladen 1990. S. 131 ff.; Niklas Luhmann: Soziologie des Risikos. Berlin/New York 1991
- /154/ Vgl. auch: N. Luhmann: Sicherheit und Risiko aus der Sicht der Sozialwissenschaften. In: Die Sicherheit technischer Systeme. Rheinisch-Westfälische Akademie der Wissenschaften. Vorträge. N 351. S. 63 ff.
- /155/ Vgl.: U. Beck: Politik in der Risikogesellschaft. A. a. O. S. 188
- /156/ H. Grymer: Anmerkungen zum Begriff des Risikos in den Gesellschaftswissenschaften. A. a. O. S. 141 - dabei bedeutet "berechenbar" sicherlich anderes als "quantifizierbar".
- /157/ Vgl.: Meyers Lexikon der Technik und der exakten Naturwissenschaften. 3 Bde. Mannheim/Wien/Zürich 1970
- /158/ Lueger Lexikon der Technik in 17 Bänden. Hrsg. v. H. Franke. Stuttgart 1960 ff.
- /159/ W. Krüger: Risiken als Gegenstand der Sicherheitswissenschaft. A. a. O. S. 299
- /160/ Ebenda
- /161/ Diese Subjektivität von Risikobewertungen hat Anatol Rapoport in einer interessanten Arbeit näher analysiert. Vgl.: A. Rapoport: Risiko und Sicherheit in der heutigen Gesellschaft: Die subjektiven Aspekte des Risikobegriffs. In: Leviathan. Zeitschrift für Sozialwissenschaft. Heft 1/1988, S. 123 ff.
- /162/ Vgl. zu Vorgeschichte und Verlauf der Katastrophe: H. Hess, M. Hessel: Titanic. Zwei Gesichter einer Katastrophe. Berlin 1989
- /163/ O. Renn: Risikowahrnehmung - Psychologische Determinanten bei der intuitiven Erfassung und Bewertung von technischen Risiken. A. a. O. S. 169 ff.

- /164/ O. Renn, J. Kals: Technische Risikoanalyse und unternehmerisches Handeln. In: Risiko und Wagnis. Die Herausforderung der industriellen Welt. 1. Bd. A. a. O. S. 68 f.
- /165/ Vgl.: Ebenda. S. 68
- /166/ Chr. Lau: Risikodiskurse: Gesellschaftliche Auseinandersetzungen um die Definition von Risiken. A. a. O. S. 419; ähnlich z. B.: H. Jungermann: Technisches und Intuitives Risiko. A. a. O. S. 35; G. Bechmann: Risiko als Schlüsselkategorie der Gesellschaftstheorie. A. a. O. S. 235; H. P. Peters: Durch Risikokommunikation zur Technikakzeptanz? Die Konstruktion von Risiko"wirklichkeiten" durch Experten, Gegenexperten und Öffentlichkeit. A. a. O. S. 28
- /167/ Vgl. auch: F. Gloede: Risikobewußtsein - Risikoakzeptabilität - Risikoakzeptanz. Kernforschungszentrum Karlsruhe. Karlsruhe 1991. S. 3 ff.
- /168/ K. Lompe: Verwissenschaftlichung der Politik als Element der Modernisierung der Industriegesellschaft? - Wissenschaft und Technologiepolitik in der "Risikogesellschaft" -. In: Industriegesellschaft im Wandel. Chancen und Risiken heutiger Modernisierungsprozesse. Hrsg. v. S. Bachmann, M. Bohnet u. K. Lompe. Braunschweig 1988. S. 15
- /169/ Vgl. auch: B. Savioli: Restrisiko als Konzept der Risikopolitik - Eine kritische Begriffsanalyse. A. a. O. S. 235
- /170/ Vgl.: F. Gloede: Risikobewußtsein - Risikoakzeptabilität - Risikoakzeptanz. A. a. O. S. 9
- /171/ Vgl. z. B.: A. Birkhofer: Das Risikoproblem in der Technik: Möglichkeiten und Grenzen der Beurteilung technischer Risiken. In: Bitburger Gespräche. A. a. O. S. 61 ff.; W. D. Rowe: Risiken seltener Ereignisse. In: Ermittlung und Bewertung industrieller Risiken. A. a. O. S. 152 ff.; P. Kuhbier: Vom nahezu sicheren Eintreten eines fast unmöglichen Ereignisses - oder warum wir Kernkraftwerkunfällen auch trotz ihrer geringen Wahrscheinlichkeit kaum entgehen können. In: Leviathan. Zeitschrift für Sozialwissenschaft. Heft 3/1986, S. 606 ff.
- /172/ M. Mai: Wissenschaftliche und politische Aspekte von Risiken der Technik. In: Mitteilungen der TU Braunschweig. Heft III/1989, S. 14
- /173/ A. Mazur: Gesellschaftliche und wissenschaftliche Ursachen der historischen Entwicklung der Risikoforschung. A. a. O. S. 145
- /174/ G. Winter: Der Mensch als technische Gefahr. Zur atomrechtlichen Bedeutung menschlichen Versagens. A. a. O. S. 62
- /175/ Vgl. zu Schlußfolgerungen daraus z. B.: G. Lutz, M. Kremer, V. Hammer: Risikoorientierte Systementwicklung. IANUS-Arbeitsbericht 6/1990. Darmstadt 1990
- /176/ Vgl. zu damit verbundenen Problemen: D. von Klebelsberg: Das Modell der subjektiven und objektiven Sicherheit. In: Schweizerische Zeitschrift für Psychologie. Heft 4/1977, S. 285 ff.; H. Nowotny: Über den Umgang mit Risiko - Gedanken für einen Dialog zwischen Sozialwissenschaften und Ingenieurwissenschaften. A. a. O., insbesondere S. 28 f.; P. M. Wiedemann: Subjektives versus objektives Risiko? Risiko-Report. Konzepte, Konflikte, Kommunikation. Hrsg.: Programmgruppe Mensch Umwelt Technik des Forschungszentrums Jülich GmbH. Nr. 2/1992
- /177/ A. F. Fritzsche: Wie sicher leben wir? Risikobeurteilung und -bewältigung in unserer Gesellschaft. A. a. O. S. 18
- /178/ W. D. Rowe: Ansätze und Methoden der Risikoforschung. A. a. O. S. 18 f.; vgl. auch: M. Petroll: Statistisch bewiesen... Die Rolle von Statistiken in der Kernenergiedebatte. In: Siemens-Zeitschrift. Heft 4/1977, S. 42 ff.
- /179/ G. Bechmann: Einleitung: Risiko - ein neues Forschungsfeld. A. a. O. S. XIII
- /180/ R. Kollek: "Ver-rückte" Gene: die inhärenten Risiken der Gentechnologie und die Defizite der Risikodebatte. A. a. O. S. 399; vgl. auch: P. M. Wiedemann, L. Hennen: Schwierigkeiten bei der Kommunikation über technische Risiken. Arbeiten zur Risikokommunikation

- tion. Heft 9. Jülich 1989; K. Stiehr: Risikokonflikte und der Streit um das Rauchen. Eine Analyse der gesellschaftlichen Diskurse über die Schaffung von Sicherheit. A. a. O. S. 14 ff.
- /181/ Vgl. auch: C. Graf Hoyos, G. Hauke: Wahrnehmung und Bewertung technischer Risiken. In: Technische Risiken in der Industriegesellschaft. Erfassung - Bewertung - Kontrolle. A. a. O. S. 373 ff.
- /182/ M. Dierkes: Perzeption und Akzeptanz technologischer Risiken und die Entwicklung neuer Konsensstrategien. A. a. O. S. 129
- /183/ Vgl.: F. Fischer: Jenseits eines technokratischen Diskurses: Risikoabschätzung in einer demokratischen Gesellschaft. A. a. O. S. 27 f.; R. Kreibich: Zukunftsoptionen in der Wissenschafts- und Hochtechnologiegesellschaft. In: Zukunftsoptionen - Technikentwicklung in der Wissenschafts- und Risikogesellschaft. A. a. O. S. 41
- /184/ A. Evers, H. Nowotny: Über den Umgang mit Unsicherheit. Die Entdeckung der Gestaltbarkeit von Gesellschaft. A. a. O. S. 204 f.
- /185/ U. Beck: Politik in der Risikogesellschaft. A. a. O. S. 27
- /186/ Vgl. z. B.: Risiko und Sicherheit technischer Systeme. Auf der Suche nach neuen Ansätzen. A. a. O.
- /187/ Vgl. z. B.: U. v. Aleman, H. Schatz: Mensch und Technik - Grundlagen und Perspektiven einer sozialverträglichen Technikgestaltung. Opladen 1987 (2. Aufl.); U. v. Alemann, H. Schatz, G. Simonis: Leitbilder sozialverträglicher Technikgestaltung. Opladen 1992; Techniken gestalten, Risiken beherrschen. Befunde der Sozialforschung zur Entwicklung moderner Produktionstechnik. Hrsg. v. J. Bergstermann u. Th. Manz. Berlin 1992
- /188/ Vgl. z. B.: Technik und Ethik. Hrsg. v. H. Lenk u. G. Ropohl. Stuttgart 1987; Wissenschaft und Ethik. Hrsg. v. H. Lenk; Stuttgart 1991; H. Lenk: Zwischen Wissenschaft und Ethik. Frankfurt a. M. 1992; Wirtschaft und Ethik. Hrsg. v. H. Lenk u. M. Maring. Stuttgart 1992
- /189/ G. Bechmann: Technikverantwortung als wissenschaftliches Thema? Rezension des Buches: Hans Lenk, Matthias Maring (Hrsg): "Technikverantwortung. Güterabwägung - Risikobewertung - Verhaltenskodizes". In: TA-Datenbank-Nachrichten. Nr. 3/1992, S. 24
- /190/ Vgl.: R. Hohlfeld, W. Ch. Zimmerli: Interdisziplinäre Technikfolgenforschung. In: IGW-report. Heft 3/1991, S. 85
- /191/ U. Beck: Politik in der Risikogesellschaft. A. a. O. S. 144
- /192/ K. Dörre: Schafft sich autoritäre Technokratie selbst ab? Oder: Welche "Gegengifte" braucht die "Risikogesellschaft"? In: Widerspruch. Nr. 17/1989 (zit. nach: U. Beck. Politik in der Risikogesellschaft. A. a. O. S. 235)
- /193/ Vgl.: G. Banse: Technikentwicklung - Risiko - Verantwortung. In: Risiko in Wissenschafts- und Technikentwicklung und die Verantwortung des Ingenieurs und Wissenschaftlers. A. a. O. S. 119 ff.; A. Huning: Risiko und Verantwortung der Philosophen und Wissenschaftler in der Gegenwart. Einführende Bemerkungen. In: Ebenda. S. 132 ff.; Technikbewertung - Begriffe und Grundlagen. Erläuterungen und Hinweise zur VDI-Richtlinie 3780. Hrsg.: VDI-Hauptgruppe Der Ingenieur in Beruf und Gesellschaft. Düsseldorf 1991. S. 30 f. (VDI-Report 15)
- /194/ VDI-Richtlinie 3780 "Technikbewertung - Begriffe und Grundlagen". Abschnitt 3.4.
- /195/ Vgl.: H. Hörz: Risiko und Verantwortung. A. a. O. S. 878 f.
- /196/ R. Bellmann: Die Risiken des wissenschaftlich-technischen Fortschritts in der weltanschaulichen Diskussion. A. a. O. S. 71.
- /197/ Technikbewertung - Begriffe und Grundlagen. Erläuterungen und Hinweise zur VDI-Richtlinie 3780. A. a. O. S. 30

- /198/ DIN VDE 31 000 T 2
- /199/ Ebenda
- /200/ Vgl.: R. Wolf: Zur Antiquiertheit des Rechts in der Risikogesellschaft. In: Leviathan. Zeitschrift für Sozialwissenschaft. Heft 3/1987, S. 374
- /201/ DIN 55 350 T 11
- /202/ Ebenda
- /203/ Vgl.: H. Kaiser: 'Ethische Rationalität': Konzept einer sach- und menschengerechten Risikobetrachtung. A. a. O. S. 04-17; siehe auch: L. Merz: Zum Begriff der Wahrscheinlichkeit in der Reaktorsicherheit. In: messen prüfen automatisieren. Heft 4/1986, S. 206 ff.
- /204/ K. H. Lindackers: Einführung in Teil I. In: Ermittlung und Bewertung industrieller Risiken. A. a. O. S. 14
- /205/ Vgl. dazu z. B.: A. Birkhäuser: Das Risikoproblem in der Technik: Möglichkeiten und Grenzen der Beurteilung technischer Risiken. In: Bitburger Gespräche. A. a. O. S. 61 ff.; P. Kuhbier: Vom nahezu sicheren Eintreten eines fast unmöglichen Ereignisses - oder warum wir Kernkraftwerkunfällen auch trotz ihrer geringen Wahrscheinlichkeit kaum entgehen können. A. a. O.; W. D. Rowe: Risiken seltener Ereignisse. A. a. O.; E. Tittes: Zur Problematik der Wahrscheinlichkeitsberechnung bei seltenen Ereignissen. In: Technische Risiken in der Industriegesellschaft. Erfassung - Bewertung - Kontrolle. A. a. O. S. 345 ff.
- /206/ E. Tittes: Zur Problematik der Wahrscheinlichkeitsberechnung bei seltenen Ereignissen. A. a. O. S. 346
- /207/ A. Rapoport: Risiko und Sicherheit in der heutigen Gesellschaft: Die subjektiven Aspekte des Risikobegriffs. A. a. O. S. 124
- /208/ E. Tittes: Der Risikobegriff der Sicherheitstechnik. In: Risiko - subjektiv und objektiv. A. a. O. S. 86
- /209/ Vgl.: G. Ropohl: Eine Systemtheorie der Technik. Zur Grundlegung der Allgemeinen Technologie. München/Wien 1979. S. 232 ff.
- /210/ U. Hauptmanns, M. Herrtrich, W. Werner: Technische Risiken. Ermittlung und Beurteilung. Berlin/Heidelberg/... 1987. S. 1
- /211/ Vgl.: R. Lukes: 150 Jahre Recht der technischen Sicherheit in Deutschland - Geschichtliche Entwicklung und Rechtsetzungsmethoden. In: Risiko - Schnittstelle zwischen Recht und Technik. A. a. O. S. 11
- /212/ Vgl. u. a.: L. Buck-Heilig: Die Gewerbeaufsicht. Entstehung und Entwicklung. Opladen 1989; G. S. Sonnenberg: Historisches zur Sicherheitstechnik. In: Handbuch der Sicherheitstechnik. Bd. 1. A. a. O. S. 7 ff.
- /213/ G. S. Sonnenberg: Historisches zur Sicherheitstechnik. A. a. O. S. 9
- /214/ Ebenda
- /215/ Vgl. näher dazu: G. S. Sonnenberg: 100 Jahre Sicherheit - Beiträge zur technischen und administrativen Entwicklung des Dampfkesselwesens in Deutschland 1810 - 1910. Düsseldorf 1968; G. Wiesenack: Wesen und Geschichte der technischen Überwachungsvereine. Köln 1971; Sicherheit und technischer Fortschritt. Die Entwicklung der Festigkeitslehre und der Materialprüfung zur modernen Erfahrungswissenschaft. In: Ferrum. Nachrichten aus der Eisen-Bibliothek. Nr. 56 (1985), S. 10 ff.; P. Lundgreen: Normierung und Kontrolle. Der Bereich "Technik" in der staatlichen hochschulfreien Forschung (Deutschland, 1870 - 1980). Report Wissenschaftsforschung 29. Bielefeld 1986; W. Weber: Technik und Sicherheit in der deutschen Industriegesellschaft 1850 bis 1930. Wuppertal 1986; W. Weber: Arbeitssicherheit: historische Beispiele - aktuelle Analysen. Reinbeck b. Hamburg 1988

- /216/ R. Lukes: 150 Jahre Recht der technischen Sicherheit in Deutschland - Geschichtliche Entwicklung und Rechtsetzungsmethoden. A. a. O. S. 11
- /217/ Vgl.: U. Beck: Politik in der Risikogesellschaft. A. a. O. S. 119
- /218/ G. S. Sonnenberg: Historisches zur Sicherheitstechnik. A. a. O. S. 10
- /219/ R. Wolf: Zur Antiquiertheit des Rechts in der Risikogesellschaft. A. a. O. S. 369
- /220/ Vgl. z. B.: Probabilistische Risikoanalyse. Hrsg. v. W. Braun. Wuppertal 1984; Ermittlung und Bewertung industrieller Risiken. A. a. O., insbesondere Teil I "Methoden und Modelle der Risiko- und Sicherheitsforschung"; U. Hauptmanns, M. Herttrich, W. Werner: Technische Risiken. Ermittlung und Beurteilung. A. a. O., insbesondere Kap. 2 "Methoden der Risikoanalyse"
- /221/ Vgl. dazu u. a.: Die Entwicklung der Wahrscheinlichkeitstheorie von den Anfängen bis 1933. Einführungen und Texte. Hrsg. v. I. Schneider. Darmstadt 1988
- /222/ O. Renn: Risikowahrnehmung und Risikobewertung: Soziale Perzeption und gesellschaftliche Konflikte. A. a. O. S. 06-7 f.; siehe auch: M. Haller: Risiko-Management und Risiko-Dialog. In: Risiko und Wagnis. Die Herausforderung der industriellen Welt. Bd. 1. A. a. O. S. 229 ff.
- /223/ K. H. Lindackers: Einführung in Teil I. A. a. O. S. 12; vgl. auch: A. Birkhofer: Was leisten Risikostudien. In: Atomwirtschaft. Heft August/September 1986, S. 440 ff.; A. Birkhofer: Technische Risikoanalysen: Ein Beitrag zur Technologiebewertung? In: Die Analyse der Sozialverträglichkeit für Technologiepolitik. Perspektiven und Interpretationen. Hrsg. v. H. Jungermann, W. Pfaffenberger, G.F. Schäfer u. W. Wild. München 1986. S. 259 ff.; A. Birkhofer: Risikoanalysen mit besonderer Berücksichtigung der Kerntechnik. In: Gefahren und Gefahrenbeurteilungen im Recht. Teil I. A. a. O. S. 65 ff.
- /224/ Vgl.: U. Hauptmanns, M. Herttrich, W. Werner: Technische Risiken. Ermittlung und Beurteilung. A. a. O., insbesondere Kap. 2 "Methoden der Risikoanalyse"; M. Köberlein: Risikoanalysen. In: Handbuch der Kernenergie. Hrsg. v. H. Michaelis. Bd. 2. Düsseldorf/Wien 1986. S. 889 ff.; A. Kuhlmann: Alptraum Technik? Zur Bewertung der Technik unter humanitären und ökonomischen Gesichtspunkten. Köln 1977, insbesondere Kap. 6 "Analytische Methoden zur Untersuchung der Sicherheit und Zuverlässigkeit technischer Anlagen; W. Werner: Zweck und Zielsetzung von probabilistischen Sicherheits- und Risikostudien. In: Leben in der Risikogesellschaft. Der Umgang mit modernen Zivilisationsrisiken. A. a. O. S. 101 ff.
- /225/ Vgl.: A. Birkhofer: Das Risikoproblem in der Technik: Möglichkeiten und Grenzen der Beurteilung technischer Risiken. A. a. O. S. 66
- /226/ Vgl.: Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Eine methodologische Analyse und philosophische Diskussion der Erkenntnisprozesse in den Technikwissenschaften. Hrsg. v. G. Banse u. H. Wendt. Berlin 1986, insbesondere S. 139 ff.
- /227/ Vgl.: P. Lagadec: Technologische Risiken. In: Umschau. Heft 17/1981, S. 17
- /228/ E. Tittes: Zur Problematik der Wahrscheinlichkeitsberechnung bei seltenen Ereignissen. A. a. O. S. 359
- /229/ Vgl.: W. Häfele: Hypotheticality and the new challenges: The pathfinder role of nuclear energy. In: Minerva. Heft 3/1974, S. 302 ff.; W. Häfele: Hypothetizität und die neuen Herausforderungen - Kernenergie als Wegbereiter. In: Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft. Heft 4/1975, S. 541 ff.
- /230/ Th. A. Jaeger: Das Risikoproblem in der Technik. In: Schweizer Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik. Heft 7/1970, S. 202
- /231/ Vgl.: P. C. Compes: Einführung in die Problematik. In: Technische Risiken in der Industriegesellschaft. Erfassung - Bewertung - Kontrolle. A. a. O. S. 291

- /232/ P. Marburger: Das technische Risiko als Rechtsproblem. In: Bitburger Gespräche 1981. A. a. O. S. 47
- /233/ W. Krüger: "Risiko" oder "Risiken"? - Zum sicherheitswissenschaftlichen Risiko-Begriff -. In: Risiko - subjektiv und objektiv. A. a. O. S. 175 f.
- /234/ A. Evers, H. Nowotny.: Über den Umgang mit Unsicherheit. Die Entdeckung der Gestaltbarkeit von Gesellschaft. A. a. O. S. 197; vgl. auch: Th. A. Jaeger: Das Risikoproblem in der Technik. A. a. O. S. 204; W. Krüger: Risiken als Gegenstand der Sicherheitswissenschaft. A. a. O. S. 300
- /235/ A. Pieper: Ethik und Ökonomie. Historische und systematische Aspekte ihrer Beziehung. A. a. O. S. 91
- /236/ D. Birnbacher: Der Utilitarismus und die Ökonomie. In: Sozialphilosophische Grundlagen ökonomischen Handelns. A. a. O. S. 67
- /237/ A. Kuhlmann: Was muß die Sicherheitswissenschaft leisten? In: Leben in Sicherheit. 1. Weltkongreß für Sicherheitswissenschaft. Teil 1. A. a. O. S. 30
- /238/ A. Kuhlmann: Alptraum Technik? Zur Bewertung der Technik unter humanitären und ökonomischen Gesichtspunkten. Köln 1977. S. 50
- /239/ C. F. Gethmann: Ethische Aspekte des Handelns unter Risiko. A. a. O. S. 1133 (H. d. V.); ähnlich auch: Th. A. Jaeger: Das Risikoproblem in der Technik. A. a. O. S. 204
- /240/ G. Schön: Grundlagen der Erfassung und Bewertung technischer Risiken. A. a. O. S. 52
- /241/ Vgl.: F. Böckle: Zur ethischen Bewertung von Risiken. A. a. O. S. 202
- /242/ O. Renn: Risikowahrnehmung und Risikobewertung: Soziale Perzeption und gesellschaftliche Konflikte. A. a. O. S. 06-12 f.; vgl. auch: J. Hüfner: Wie sicher ist sicher genug? Zur Definition, Abschätzung und Bewertung von Risiken. A. a. O. S. 40
- /243/ A. Kuhlmann: Alptraum Technik? Zur Bewertung der Technik unter humanitären und ökonomischen Gesichtspunkten. A. a. O. S. 51
- /244/ Vgl. auch: H. Grymer: Anmerkungen zum Begriff des Risikos in den Gesellschaftswissenschaften. A. a. O. S. 140
- /245/ Vgl.: G. Bechmann: Großtechnische Systeme, Risiko und gesellschaftliche Unsicherheit. In: Riskante Entscheidungen und Katastrophenpotentiale. Elemente einer soziologischen Risikoforschung. A. a. O. S. 125 ff.
- /246/ Ebenda. S. 128
- /247/ Vgl. auch: U. Beck: Gegengifte. Die organisierte Unverantwortlichkeit. A. a. O. S. 120; H. Kaiser: 'Ethische Rationalität': Konzept einer sach- und menschengerechten Risikobetrachtung. A. a. O. S. 04-58
- /248/ Vgl.: Th. Wehner, H. Reuter: Wie verhalten sich Unfallbegriff, Sicherheitsgedanke und Fehlerbewertung zueinander? A. a. O. S. 6
- /249/ Vgl.: P. Pietschmann: Irgendwo wird immer gewürfelt. Risiko als Ringvorlesung im Humboldt-Studienzentrum Ulm. A. a. O. S. 32
- /250/ G. Bechmann: Großtechnische Systeme, Risiko und gesellschaftliche Unsicherheit. A. a. O. S. 128
- /251/ Vgl.: Ch. Perrow. Normale Katastrophen. Die unvermeidbaren Risiken der Großtechnik. A. a. O. S. 355
- /252/ Vgl. z. B.: H. Hörz: Zuverlässigkeit, Risiko und Entscheidung. Leipzig 1990 (Manuskript)
- /253/ R. Kreibich: Zukunftsoptionen in der Wissenschafts- und Hochtechnologiegesellschaft. A. a. O. S. 35

- /254/ P. Knoepfel: Brüche statt Umbrüche? - Konsensverlust durch Geschichtsverlust. A. a. O. S. 123
- /255/ Vgl. z. B.: U. Beck: Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne. A. a. O. S. 25 ff.; H. Chr. Binswanger: Neue Dimensionen des Risikos. In: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht. Heft 2/1990, S. 103 ff.; H. Grymer: Anmerkungen zum Begriff des Risikos in den Gesellschaftswissenschaften. A. a. O. S. 165 f. (Anm. 4); H. Hörz: Risiko - Entscheidung - Verantwortung. Philosophische Positionen. A. a. O. S. 31 ff.; P. Lagadec: Das große Risiko. Technische Katastrophen und gesellschaftliche Verantwortung. A. a. O.; M. Mai: Wissenschaftliche und politische Aspekte von Risiken der Technik. A. a. O. S. 12 f.
- /256/ Vgl.: W. Ch. Zimmerli: Prognose und Wert: Grenzen einer Philosophie des 'Technology Assessment'. In: Technikphilosophie in der Diskussion. Hrsg. v. F. Rapp und P. T. Durbin. Braunschweig/Wiesbaden 1982. S. 152; vgl. auch: D. Birnbacher: Verantwortung für zukünftige Generationen. Stuttgart 1988
- /257/ U. Beck: Politik in der Risikogesellschaft. A. a. O. S. 10
- /258/ Vgl. z. B.: U. Beck: Politik in der Risikogesellschaft. A. a. O. S. 120 ff.
- /259/ Vgl.: H. Grymer: Anmerkungen zum Begriff des Risikos in den Gesellschaftswissenschaften, A. a. O. S. 141
- /260/ A. Kuhlmann: Risikogestaltung in einer von Technik geprägten Welt. In: Leben ohne Risiko? A. a. O. S. 17
- /261/ Vgl.: A. Evers, H. Nowotny: Über den Umgang mit Sicherheit. Die Entdeckung der Gestaltbarkeit von Gesellschaft. A. a. O. S. 307
- /262/ K. Heilmann: Technischer Fortschritt und Risiko - Wege aus der Irrationalität. In: Technischer Fortschritt und Risikobewältigung. Dokumentation der gemeinsamen Veranstaltung des Bundesverbandes der Deutschen Industrie und des Instituts der deutschen Wirtschaft. A. a. O. S. 51 (H. d. V.); vgl. auch: K. Heilmann: Technischer Fortschritt und Risiko. In: IBM-Nachrichten. Heft 283 (1986), S. 25
- /263/ Th. Blanke: Zur Aktualität des Risikobegriffs. Über die Konstruktion der Welt und die Wissenschaft von ihr. A. a. O. S. 142
- /264/ Vgl.: O. Renn: Risikowahrnehmung und Risikobewertung: Soziale Perzeption und gesellschaftliche Konflikte. A. a. O. S. 06-14
- /265/ A. Rapoport: Risiko und Sicherheit in der heutigen Gesellschaft: Die subjektiven Aspekte des Risikobegriffs. A. a. O. S. 128
- /266/ K. P. Japp: Das Risiko der Rationalität für technisch-ökologische Systeme. In: Riskante Entscheidungen und Katastrophenpotentiale. Elemente einer soziologischen Risikoforschung. A. a. O. S. 37 f.
- /267/ Vgl.: G. Banse, K. Buttker, H. Hörz: Wissenschaftsentwicklung: Auswirkungen auf Kultur und Persönlichkeit. Ergebnisse - Probleme - Aufgaben. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie. Heft 4/1989, S. 289 ff.
- /268/ R. Herbold, W. Krohn, J. Weyer: Technikentwicklung als soziales Experiment. In: Forum Wissenschaft. Heft 4/1991, S. 32
- /269/ W. van den Daele: Restriktive oder konstruktive Technikpolitik? A. a. O. S. 101
- /270/ W. Krohn, J. Weyer: Gesellschaft als Labor. Die Erzeugung sozialer Risiken durch experimentelle Forschung. In: Soziale Welt. Heft 3/1989, S. 370; vgl. auch: W. Krohn, J. Weyer: Die Gesellschaft als Labor. Risikotransformation und Risikokonstitution durch moderne Forschung. In: Riskante Entscheidungen und Katastrophenpotentiale. Elemente einer soziologischen Risikoforschung. A. a. O. S. 89 ff.
- /271/ G. Bechmann: Risiko als Schlüsselkategorie der Gesellschaftstheorie. A. a. O. S. 218

- /272/ R. Bellmann: Die Risiken des wissenschaftlich-technischen Fortschritts in der weltanschaulichen Diskussion. A. a. O. S. 75 f.
- /273/ Ebenda
- /274/ Vgl. z. B.: U. Hauptmanns, M. Hertrich, W. Werner: Technische Risiken. Ermittlung und Beurteilung. A. a. O. S. 4
- /275/ H. P. Peters: Durch Risikokommunikation zur Technikakzeptanz? Die Konstruktion von Risiko"wirklichkeiten" durch Experten, Gegenexperten und Öffentlichkeit. A. a. O. S. 21
- /276/ H. Kaiser: 'Ethische Rationalität': Konzept einer sach- und menschengerechten Risikobetrachtung. A. a. O. S. 04-37
- /277/ H. Grymer: Anmerkungen zum Begriff des Risikos in den Gesellschaftswissenschaften. A. a. O. S. 142
- /278/ Einführung in die DIN-Normen. Hrsg. v. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Stuttgart/Berlin/Köln 1989. S. 946
- /279/ Vgl. auch: W. Heuser: Anwendung und Probleme wahrscheinlichkeitsmäßiger Methoden zur technischen Sicherheitsbeurteilung in der Kerntechnik und in anderen Techniken. In: Gefahren und Gefahrenbeurteilungen im Recht. Teil I. A. a. O. S. 43 ff.; V. Pilz: Risikovorhersage in der chemischen Technik. In: Das Sicherheitskonzept für die chemische Technik. Hrsg. v. D. Behrens u. V. G. Gundelach. Weinheim/New York 1980. S. 227 ff.
- /280/ D. Birnbacher: Ethische Dimensionen bei der Bewertung technischer Risiken. A. a. O. S. 51
- /281/ Vgl.: H. Kaiser: 'Ethische Rationalität': Konzept einer sach- und menschengerechten Risikobetrachtung. A. a. O. S. 04-19
- /282/ A. Rapoport: Risiko und Sicherheit in der heutigen Gesellschaft: Die subjektiven Aspekte des Risikobegriffs. A. a. O. S. 132
- /283/ A. Evers, H. Nowotny: Über den Umgang mit Unsicherheit. Die Entdeckung der Gestaltbarkeit von Gesellschaft. A. a. O. S. 197 f.
- /284/ Vgl. z. B.: W. Krüger: "Risiko" oder "Risiken"? - Zum sicherheitswissenschaftlichen Risiko-Begriff -. A. a. O. S. 177 ff.; H. Seiler: Rechtliche und rechtsethische Aspekte der Risikobewertung. A. a. O. S. 05-11 f.
- /285/ E. Tittes: Der Risikobegriff der Sicherheitstechnik. A. a. O. S. 84
- /286/ Ebenda
- /287/ Vgl.: M. Dierkes, V. von Thienen: Strategien und Defizite bei der politischen Behandlung technischer Risiken - ein Problemaufriß -. In: Staatliche Gefahrenabwehr in der Industriegesellschaft. A. a. O. S. 73 ff.
- /288/ Vgl. dazu: D. Birnbacher: Ethische Dimensionen bei der Bewertung technischer Risiken. A. a. O. S. 138 ff.; T. Brucker: Nach Adam Riese ... Von den Risiken der Risikoberechnung. In: Risikokommunikation. Technikakzeptanz, Medien und Kommunikationsrisiken. A. a. O. S. 81 ff.; H. Kaiser: 'Ethische Rationalität': Konzept einer sach- und menschengerechten Risikobetrachtung. A. a. O. S. 04-37 f.; H. P. Peters: Durch Risikokommunikation zur Technikakzeptanz? Die Konstruktion von Risiko"wirklichkeiten" durch Experten, Gegenexperten und Öffentlichkeit. A. a. O. S. 35; G. Ropohl: Ob man die Ambivalenzen des technischen Fortschritts mit einer neuen Ethik meistern kann? In: Technikverantwortung. Güterabwägung - Risikobewertung - Verhaltenskodizes. A. a. O. S. 68
- /289/ D. Birnbacher: Ethische Dimensionen bei der Bewertung technischer Risiken. A. a. O. S. 139
- /290/ M. Dierkes: Perzeption und Akzeptanz technologischer Risiken und die Entwicklung neuer Konsensstrategien. A. a. O. S. 132 f.

- /291/ Man vergleiche beispielsweise nur die diesbezüglichen Auffassungen von Max Weber, Hans Albert und Jürgen Habermas!
- /292/ B. Biervert, J. Wieland: Gegenstandsbereich und Rationalitätsform der Ökonomie und der Ökonomik. A. a. O. S. 11
- /293/ Vgl.: F. Gloede: Biologische Sicherheit bei der Nutzung der Gentechnik. Umgang mit Unsicherheit - zwischen Sicherheitsforschung und gelockterter Regulierung. In: Mitteilungen der Gesellschaft für Wissenschafts- und Technikforschung. Heft 4 (1992), S. 30 ff.
- /294/ Vgl.: E. Tittes: Der Risikobegriff der Sicherheitstechnik. A. a. O. S. 77
- /295/ Vgl.: Berichte aus den Arbeitsgruppen: Arbeitsgruppe 3. In: Risiko und Sicherheit technischer Systeme. Auf der Suche nach neuen Ansätzen. A. a. O. S. 110
- /296/ S. Femers, H. Jungermann: Risikoindikatoren. Eine Systematisierung und Diskussion von Risikomaßen und Risikovergleichen. Arbeiten zur Risiko-Kommunikation. Heft 21. Jülich 1991. S. 5
- /297/ D. Birnbacher: Ethische Dimensionen bei der Bewertung technischer Risiken. A. a. O. S. 144
- /298/ Vgl.: H. Hörz: Risiko und Verantwortung. A. a. O. S. 874
- /299/ Vgl. z. B.: H. Grymer: Anmerkungen zum Begriff des Risikos in den Gesellschaftswissenschaften. A. a. O. S. 144; H. Kaiser: 'Ethische Rationalität': Konzept einer sach- und menschengerechten Risikobetrachtung. A. a. O. S. 04-16 f.
- /300/ A. Kuhlmann: Was muß die Sicherheitswissenschaft leisten? A. a. O. S. 32
- /301/ H. Chr. Binswanger: Neue Dimensionen des Risikos. A. a. O. S. 109; vgl. auch: Berichte aus den Arbeitsgruppen: Arbeitsgruppe 2. A. a. O. S. 110
- /302/ Vgl.: Ebenda. S. 108 f.
- /303/ A. Kuhlmann: Was muß die Sicherheitswissenschaft leisten? A. a. O.
- /304/ Ebenda. S. 32 f.
- /305/ H. Chr. Binswanger: Neue Dimensionen des Risikos. A. a. O. S. 111
- /306/ Vgl.: Ebenda. S. 110 ff.
- /307/ Vgl.: F. X. Kaufmann: Sicherheit als soziologisches und sozialpolitisches Problem. Stuttgart 1973. S. 262 ff.
- /308/ Vgl.: Berichte aus den Arbeitsgruppen: Arbeitsgruppe 2. A. a. O.
- /309/ W. Ch. Zimmerli: Technikfolgenabschätzung - Wissenschaft oder Politik? In: Mitteilungen der TU Braunschweig. Heft 1/1992, S. 19; vgl. auch: R. Hohlfeld, W. Ch. Zimmerli: Interdisziplinäre Technikfolgenforschung. A. a. O. S. 82 f.
- /310/ Vgl.: B. Booss-Bavnbeck, M. Bohle-Carbonell: Machbarkeit nichtbeherrschbarer Technik durch Fortschritte in der Erkennbarkeit der Natur. In: Marxistische Studien. Nr. 13. Frankfurt a. M. 1987. S. 81 ff.; B. Booss-Bavnbeck, M. Bohle-Carbonell, G. Pate: Über die Risiken technologischer Lösungen im Grenzbereich unseres Wissens. In: Wissenschaftliche Welt. Heft 2/1988, S. 2 ff.
- /311/ Vgl.: G. Banse: Lücke zwischen Theorie und Praxis? In: Messen-Steuern-Regeln. Heft 7/1983, S. 368 ff.
- /312/ Vgl.: W. Kriesel: Überwindung der Gründe für die Kluft Theorie - Praxis in der Automatisierungstechnik. In: Messen-Steuern-Regeln. Heft 7/1983, S. 182 ff.
- /313/ P. Lagadec: Technologische Risiken. A. a. O. S. 517
- /314/ Vgl.: VDI-Richtlinie 3780 "Technikbewertung - Begriffe und Grundlagen"

- /315/ W. Häfele, O. Renn, G. Erdmann: Risiko, Unsicherheit und Undeutlichkeit. A. a. O. S. 375
- /316/ W. Langenheder: Wissenschaftssoziologische Perspektiven der Technikbewertung. In: Technikbewertung. Philosophische und psychologische Perspektiven. A. a. O. S. 269
- /317/ Vgl. dazu z. B.: W. D. Rowe: Ansätze und Methoden der Risikoforschung. A. a. O. S. 15 ff.; K. Hoffmann: Risk Management. In: Handbuch der Sicherheitstechnik. Bd. 2. A. a. O. S. 95 ff.
- /318/ Vgl.: H. Wendt: Risiko, Verantwortung und Flexibilität für technischen Fortschritt. In: Risiko in Wissenschafts- und Technikentwicklung und die Verantwortung des Ingenieurs und Wissenschaftlers. A. a. O. S. 159
- /319/ R. Wolf: Zur Antiquiertheit des Rechts in der Risikogesellschaft. A. a. O. S. 377
- /320/ O. Renn: Risikowahrnehmung der Kernenergie. A. a. O. S. 73
- /321/ Zur Zufallsproblematik vgl. näher: H. Hörz: Zufall. Eine philosophische Untersuchung. Berlin 1980; für den technischen Bereich vgl. u. a.: H. Schild: Philosophische Bemerkungen zur Rolle des Zufalls im technikwissenschaftlichen Erkenntnis- und Schaffensprozeß. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden. Heft 2/1985, S. 41 ff.; J. Beuschel: Ist der Zufall beherrschbar? In: Spectrum. Heft 6/1988, S. 20 ff.; zur mathematischen Beschreibung siehe u. a.: H. Störmer: Mathematische Theorie der Zuverlässigkeit. Einführung und Anwendungen. München 1970; K.-W. Gaede: Zuverlässigkeit. Mathematische Modelle. München/Wien 1977; B. A. Koslow, I. A. Uschakow: Handbuch zur Berechnung der Zuverlässigkeit für Ingenieure. München/Wien 1979
- /322/ Vgl.: Ch. Perrow: Normale Katastrophen. Die unvermeidbaren Risiken der Großtechnik. A. a. O. S. 136 ff.
- /323/ Vgl. z. B.: W. Ch. Zimmerli: Die Wiederkehr des Individuums - Basis einer Ethik von Technik und Wissenschaft. In: Forschung aktuell. Heft 36 - 38/1991 (Sonderheft: Technik & Gesellschaft), S. 17 (Sonderheft: Technik & Gesellschaft); G. Ropohl: System und Methode: Die neue Philosophie im technischen Handeln. In: Proceedings of ICED 91 (International Conference on Engineering Design). Bd. 1. Hrsg. v. V. Hubka. Zürich 1991. S. 209 ff.
- /324/ W. Ch. Zimmerli: Technikfolgenabschätzung - Wissenschaft oder Politik? A. a. O. S. 14
- /325/ Technischer Wortschatz. Bearb. u. hrsg. v. K. Hager, H. Liebmann, P. v. Lossow u. H. Steidle. Stuttgart/Berlin 1920. S. 332; vgl. auch: L. V. Oksanovic: Der unsichtbare Konflikt. Berlin 1982
- /326/ Vgl.: R. Wolf: Zur Antiquiertheit des Rechts in der Risikogesellschaft. A. a. O. S. 375
- /327/ Vgl. u. a.: Der Mensch als Sicherheitsproblem in technischen Systemen. Hrsg. v. P. C. Compes u. H. A. Wolff. Wuppertal 1980; H. D. Utzelmann. Sicherheit beim Umgang mit der Technik. Wege zur Verringerung menschlichen Fehlverhaltens. Wiesbaden/Köln 1987, insbesondere Kap. 3.3
- /328/ Ich folge dabei m. W. noch nicht publizierten Überlegungen von Johannes Müller, Chemnitz.
- /329/ W. Häfele, O. Renn, G. Erdmann: Risiko, Unsicherheit und Undeutlichkeit. A. a. O. S. 404
- /330/ R. Düll: Verantwortung für die Technik. In: Conceptus. Zeitschrift für Philosophie. Nr. 58 (1989), S. 56 f. Er bezieht sich dabei auf: I. Prigogine, I. Stenger: Dialog mit der Natur. München/Zürich 1981. S. 181.
- /331/ W. Häfele, O. Renn, G. Erdmann: Risiko, Unsicherheit und Undeutlichkeit. A. a. O. S. 397

- /332/ Vgl. dazu z. B. die kontroversen Standpunkte in: Chr. Hubig: Verantwortung für die Technik - ein Institutionenproblem. In: Risiko in Wissenschafts- und Technikentwicklung und die Verantwortung des Ingenieurs und Wissenschaftlers. A. a. O. S. 99 ff.; M. Maring: Modelle korporativer Verantwortung. In: Conceptus. Zeitschrift für Philosophie. Nr. 58 (1989), S. 25 ff.; G. Ropohl: Ob man die Ambivalenzen des technischen Fortschritts mit einer neuen Ethik meistern kann? A. a. O. S. 47 ff.; W. Ch. Zimmerli: Verantwortung des Individuums - Basis einer Ethik von Technik und Wissenschaft. In: Technikverantwortung. Güterabwägung - Risikobewertung - Verhaltenskodizes. A. a. O. S. 79 ff.
- /333/ I. Kant: Kritik der praktischen Vernunft. Leipzig 1983. S. 41
- /334/ H. Jonas: Das Prinzip Verantwortung. Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation. A. a. O. S. 36
- /335/ G. Ropohl: Ob man die Ambivalenzen des technischen Fortschritts mit einer neuen Ethik meistern kann? A. a. O. S. 67
- /336/ W. Ch. Zimmerli: Prognose und Wert: Grenzen einer Philosophie des 'Technology Assessment'. A. a. O. S. 152
- /337/ J. Strasser: Sicherheit als destruktives Ideal. A. a. O. S. 33; vgl. auch: P. M. Wiedemann, L. Hennen: Schwierigkeiten bei der Kommunikation über technische Risiken. A. a. O. S. 16
- /338/ Vgl.: J. Strasser: Sicherheit als destruktives Ideal. A. a. O. S. 33
- /339/ H. Poser: Dimensionen der Verantwortung des Wissenschaftlers. In: Risiko in Wissenschafts- und Technikentwicklung und die Verantwortung des Ingenieurs und Wissenschaftlers. A. a. O. S. 59; siehe auch: A. Wildavsky: Die Suche nach einer fehlerlosen Risikominimierungsstrategie. In: Ermittlung und Bewertung industrieller Risiken. A. a. O. S. 224 ff.
- /340/ Vgl. z. B.: R. Bogun, M. Osterland, G. Warsewa: "Was ist überhaupt noch sicher auf der Welt?" Arbeit und Umwelt im Risikobewußtsein von Industriearbeitern. Berlin 1990; H. Lübke: Das Risiko - unser ständiger Begleiter. A. a. O.
- /341/ Vgl.: H. Jungermann: Zur Wahrnehmung und Akzeptierung des Risikos von Großtechnologien. In: Psychologische Rundschau. Heft 3/1982, S. 217 ff.; Das Risiko und seine Akzeptanz. Hrsg. v. H. N. Eldin. Bonn 1989; M. Hannesen: Technischer Fortschritt: Segen oder Fluch. Ergebnisse der Technik- und Risikoakzeptanzforschung. Hochschule für Verwaltungswissenschaften Speyer, SS 1991 (Manuskript)
- /342/ Vgl.: H. P. Peters: Der massenmediale Umgang mit technischen Risiken. A. a. O. S. 35
- /343/ Vgl. auch: K. Hoffmann: Risk Management. In: Handbuch der Sicherheitstechnik. Bd. 2. A. a. O. S. 105; G. Spur: Fabrikentwicklung zwischen Mensch und Technik. In: Forschung aktuell. Heft 36 - 38/1991 (Sonderheft: Technik & Gesellschaft), S. 32 f.
- /344/ Th. Wehner, H. Reuter: Wie verhalten sich Unfallbegriff, Sicherheitsgedanke und Fehlerbewertung zueinander? A. a. O. S. 6
- /345/ Vgl. dazu z. B.: C. von Weizsäcker, E. U. von Weizsäcker: Fehlerfreundlichkeit. In: Offenheit - Zeitlichkeit - Komplexität: Zur Theorie der offenen Systeme. Hrsg. v. K. Kornwachs. Frankfurt a. M./New York 1984. S. 168 ff.; E. U. v. Weizsäcker: Geringere Risiken durch fehlerfreundliche Systeme. In: Risiko und Wagnis. Die Herausforderung der industriellen Welt. Bd. 1. A. a. O. S. 107 ff.; Sicherheit als Fehlerfreundlichkeit. Arbeits- und sozialpsychologische Befunde für eine kritische Technikbewertung. Hrsg. v. Th. Wehner. Opladen 1992
- /346/ Vgl.: K. A. Detzer: Unsere Verantwortung für eine umweltverträgliche Technikgestaltung. Von abstrakten Leitsätzen zu konkreten Leitbildern. A. a. O. S. 55
- /347/ Vgl. z. B.: Sicherheitsgerechtes Konstruieren. Grundzüge, Regeln, Anwendungen. Hrsg. v. P. C. Compes. Wuppertal 1985

- /348/ Vgl. z. B.: J. Beuschel, K. Fischer, G. Banse: Zuverlässigkeitstheorie - eine technikwissenschaftliche Betrachtung. In: Messen-Steuern-Regeln. Heft 6/1981, S. 312 ff.; K.-H. Müller: Zuverlässigkeit und Funktionseffektivität komplizierter technischer Systeme und von Mensch-Technik-Systemen. Möglichkeiten und Anforderungen. In: Aus der Arbeit von Plenum und Klassen der AdW der DDR. Nr. 7/1989, S. 4 ff.; B. Schildwach: Zuverlässigkeitssicherung elektronischer Systeme. Teil 1. In: radio fernsehen elektronik. Heft 9/1992, S. 600 ff.
- /349/ Vgl. z. B.: Handbuch der Qualitätssicherung. Hrsg. v. W. Masing. München/Wien 1988
- /350/ K. Heilmann: Technischer Fortschritt und Risiko. A. a. O. S. 25
- /351/ Vgl. auch: F. Fischer: Jenseits eines technokratischen Diskurses: Risikoabschätzung in einer demokratischen Gesellschaft. A. a. O. S. 25 ff.
- /352/ Vgl.: G. Fuchs, D. Rucht: Sozial- und Umweltverträglichkeit von technischen Systemen als Regelungsproblem. In: Jahresschrift für Rechtspolitologie. Nr. 2 (1987). S. 167 ff.
- /353/ Vgl.: G. Bechmann: Risiko als Schlüsselkategorie der Gesellschaftstheorie. A. a. O. S. 235
- /354/ Münchner Rechts-Lexikon. Bd. 2 G - Q. München 1987. S. 306
- /355/ W. Korff: Wie kann der Mensch glücken. Perspektiven der Ethik. München/ Zürich 1985. S. 277; vgl. auch: F. Boeckle: Weltanschauung und Gefahrenbegegnung. In: Risiko und Wagnis. Die Herausforderung der industriellen Welt. Bd. 2. A. O. S. 182 ff.
- /356/ Vgl. zu dieser Problematik z. B. die unterschiedlichen Sichtweisen in: D. Birnbacher: Der Utilitarismus und die Ökonomie. A. a. O. S. 65 ff.; A. Pieper: Ethik und Ökonomie: Historische und systematische Aspekte ihrer Beziehung. A. a. O. S. 86 ff.
- /357/ H. Jonas: Das Prinzip Verantwortung. Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation. A. a. O. S. 70
- /358/ Vgl.: H. Kaiser: 'Ethische Rationalität': Konzept einer sach- und menschengerechten Risikobetrachtung. A. a. O. S. 04-20
- /359/ Vgl. dazu z. B.: Summa theologiae moralis. Vol. I: De Principiis. Bearb. v. G. Heinzel. Oeniponte 1957. S. 214 ff.
- /360/ Vgl. z. B.: G. Gäfgen: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung. Tübingen 1968; W. Krelle: Präferenz- und Entscheidungstheorie. Tübingen 1968; W. Kirsch: Einführung in die Theorie der Entscheidungsprozesse. 3 Bd. Wiesbaden 1970; H. Raiffa: Einführung in die Entscheidungstheorie. München 1973; M. Tribus: Planungs- und Entscheidungstheorie ingenieurwissenschaftlicher Probleme. Braunschweig 1973; G. Menges: Grundmodelle wirtschaftlicher Entscheidungen. Einführung in moderne Entscheidungstheorien unter besonderer Berücksichtigung volks- und betriebswirtschaftlicher Anwendungen. Opladen 1974; Entscheidungstheorie: Texte und Analysen. Hrsg. v. E. Witte. Wiesbaden 1977; W. Spohn: Grundlagen der Entscheidungstheorie. Kronberg/Ts. 1978; Handlungstheorie interdisziplinär. 4 Bd. Hrsg. v. H. Lenk. München 1978 ff.; J. Nida-Rümelin: Entscheidungstheorie und Ethik. München 1987; R. Gottwald: Entscheidung unter Unsicherheit: Informationsdefizite und unklare Präferenzen. Wiesbaden 1990
- /361/ Vgl.: M. Dierkes: Perzeption und Akzeptanz technologischer Risiken und die Entwicklung neuer Konsensstrategien. A. a. O. S. 136 ff.; G. Bechmann: Großtechnische Systeme, Risiko und gesellschaftliche Unsicherheit. A. a. O. S. 144 ff.
- /362/ A. Pieper: Ethik und Ökonomie. Historische und systematische Aspekte ihrer Beziehung. A. a. O. S. 97; vgl. auch: K.-O. Apel: Diskursethik als Verantwortungsethik und das Problem der ökonomischen Rationalität. In: Ebenda. S. 121 ff.; W. Schluchter: Bürgerdialog und Partizipation. In: Technik und Politik. Bd. 7. Reinbek b. Hamburg 1976. S. 84 ff.; B. Wynne: Technologie, Risiko und Partizipation - zum gesellschaftlichen Umgang mit Unsicherheit. In: Gesellschaft, Technik und Risikopolitik. A. a. O. S. 156 ff.; V. Ronge: Theoretische Konzepte politischer Entscheidungsprozesse. In: Ebenda. S. 188 ff.; V. Ronge:

Die Kompromißfähigkeit der Gesellschaft und Entscheidungen über technische Risiken. In: Ermittlung und Bewertung industrieller Risiken. A. a. O. S. 187 ff.

- /363/ Vgl. näher dazu: G. Banse, K. Friedrich: Sozialorientierte Technikgestaltung - Realität oder Illusion? - Dilemmata eines Ansatzes -. Berlin 1992 (Manuskript)
- /364/ P. Knoepfel: Brüche statt Umbrüche? - Konsensverlust durch Geschichtsverlust. A. a. O. S. 124
- /365/ A. Huning: Risiko und Verantwortung der Philosophen und Wissenschaftler in der Gegenwart - Einführende Bemerkungen -. A. a. O. S. 138; vgl. auch: G. Banse/H. Hörz: Wissenschaftlich-technischer Fortschritt und Humanismus. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie. Heft 4/1986, S. 319 ff.
- /366/ Vgl.: Empfehlungen des VDI zur Integration fachübergreifender Studieninhalte in das Ingenieurstudium. Düsseldorf, Juli 1990; Die fachübergreifende Qualifikation des Ingenieurs. Anforderungen der Wirtschaft - Angebote der Hochschulen. Hrsg. v. H. Gräfen. Düsseldorf 1990
- /367/ Vgl. z. B.: Wissen und Gewissen. Arbeiten zur Verantwortungsproblematik. Hrsg. v. O. Neumaier. Wien 1986; Verantwortung in Wissenschaft und Technik. Hrsg. v. M. Gatzemeier. Mannheim/Wien/Zürich 1989; Ingenieurverantwortung und Technikethik. Standpunkte, Informationen, Aktivitäten. Hrsg.: VDI-Hauptgruppe Der Ingenieur in Beruf und Gesellschaft. Düsseldorf 1991; U. Wendeling-Schröder: Das "Prinzip Verantwortung" im Arbeitsleben. Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliches Institut des DGB. WSI-Arbeitsmaterialien Nr. 21. Düsseldorf 1989; B. Vogel: Ingenieurausbildung und Technikgenese. Vorsorgende Technikgestaltung durch fachübergreifende Lehre in den Ingenieurwissenschaften. In: Technik gestalten, Risiken beherrschen. Befunde der Sozialforschung zur Entwicklung moderner Produktionstechnik. A. a. O. S. 107 ff.
- /368/ Vgl.: A. Huning: Das Schaffen des Ingenieurs. Beiträge zu einer Philosophie der Technik. Düsseldorf 1978 (2. Aufl.). S. 172
- /369/ G. Ropohl: Technologische Bildung. In: G. Ropohl: Technologische Aufklärung. Beiträge zur Technikphilosophie. Frankfurt a. M. 1991. S. 23