

---

Günter Albrecht und Dieter Nebel

## Risiko Technik

Vortrag, gehalten vor dem Plenum der Leibniz-Sozietät am 17. Februar 1994<sup>1</sup>

### 1. Einleitung

Die Technik ist das Hauptinstrument zur Ausbeutung der Natur durch den Menschen. Sie erfordert eine differenzierte Bewertung für industriell entwickelte und für Entwicklungsländer. Der Tenor „Globaler Wandel“ dieser Vortragsreihe muß deshalb Technik für beide Ländertypen umfassen. Es wird hier versucht, den oft benutzten Begriff „Globaler Wandel“ in den unterschiedlichen gesellschaftlichen Umgebungen auf die gesamtgesellschaftlichen Wirkungen der Technik hin zu untersuchen.

In entwickelten Ländern sind Technik und Technologie zumeist auf die Realisierung von Marktwert gerichtet. Gleiches gilt für entsprechende Forschung und Entwicklung zur Vorbereitung von Produkt- oder Prozeßinnovationen. Privatkapitalistische Aneignung des Mehrwertes ist wesentliche Triebkraft.

Dagegen ist in vielen Entwicklungsländern das nackte Überlebenwollen häufige und wesentliche Triebkraft. Während im „sozialen“ Kampf zwischen den Eliten einerseits oft importierte, hochtechnologische Rüstungen genutzt werden, deren Finanzierung zumeist aus Entwicklungshilfemitteln der reichen Länder erfolgt, fehlen andererseits elementare Technologien, um auch nur selbstversorgerisch Nahrungsmittel herzustellen.

„Ökologische Güter“ wie z. B. saubere Luft, sauberes Wasser oder gar eine intakte Umwelt werden in beiden Ländertypen beschädigt, in den Industrieländern vor allem, weil die „ökologischen Güter“ zumeist außerhalb der Kostenkalkulation individueller Unternehmen oder einzelner Menschen bleiben. So hat das Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung für 1992 und nur für Westdeutschland 610 Mrd. DM an Kosten durch jährliche Umwelt- und Gesundheitsschäden bilanziert. Dem standen Umweltinvestitionen von 35 Mrd. DM gegenüber [1]. D. h., die unbeglichenen Kosten durch Umwelt- und Gesundheitsschäden in Höhe von 575 Mrd. DM sind ein direktes Maß für den Raubbau von Ressourcen zu Lasten künftiger

---

<sup>1</sup> für die Sitzungsberichte der Leibniz Sozietät überarbeitete Fassung des Vortrags

Generationen, weil Stoffwechselprozesse der Umwelt solange relaxieren, daß selbst bei sofortiger drastischer Änderung des heutigen Verhaltens Jahrzehnte bis zur Ausheilung der Umweltverletzung benötigt werden.

Das Thema „Risiko Technik“ muß folglich die Gefährdung der natürlichen Lebensgrundlagen einschließen, grenzüberschreitende und z.T. langsam wirkende, globale Aspekte berücksichtigen sowie das Verhalten von Individuen und Gesellschaften in Wechselwirkung mit Techniken differenziert implizieren. Denn die Technik ist gerade in ihrem Wechselspiel mit dem Menschen als ihr Schöpfer, ihr Betreiber, Nutznießer und Risikobetroffener, aber auch z.T. als ihr Mißbraucher und als ihr größter Risikofaktor von Interesse, wenn, wie es aussieht, moderne Technik den Menschen nicht nur nutzt, sondern auch schadet oder vielleicht sogar existentielle Fragen auf wirft. Man kann noch weitergehen: Voraussetzung moderner Techniken sind die Erkenntnisse der Wissenschaft. Sie vermögen neue Techniken anzuregen, wie z.B. die Gentechnologie. Um jedoch wissenschaftliche Erkenntnisse in neue Techniken oder Technologien umzusetzen, bedarf es eines technischen Umfeldes sowie in der Regel beträchtlicher Mittel. Letztere stehen Ländern mit bescheidener Wirtschaftskraft zumeist nicht zur Verfügung. Deshalb werden solche Länder aus eigener Kraft das technische Niveau der Industrieländer schwerlich erreichen. Daraus ergibt sich ein internationales Spannungsfeld mit der Tendenz zur Verstärkung: Die moderne Technik hat sich zu einer der Methoden entwickelt, mit denen die fortgeschrittenen Länder die Welt politisch beherrschen oder zumindest kontrollieren. Damit wird die Technik friedensbedrohend.

Auch in den industriell entwickelten Ländern zeigt die Technik ihr Doppeltgesicht. So trägt sie zweifellos zur Erhöhung der Lebensqualität vieler Menschen dieser Länder bei. Aber vor diesen Ländern steht zugleich ein neuer Schub der Automation: Die bei SDI und ähnlichen militärischen Zielen gewonnenen Erkenntnisse werden der zivilen Technik zugänglich gemacht. Das wird zweifellos zur qualitativen Verbesserung zahlreicher Produkte und ihrer Verbilligung, aber auch zur weiteren Monotonisierung der Arbeit führen. Der Lebensstandard von Teilen der Bevölkerung wird sich einerseits weiter verbessern. Andererseits werden zunehmend viele Menschen auf Dauer aus dem Arbeitsprozeß freigesetzt. Mit der Verbesserung der Lebensqualität eines Teils der Bevölkerung geht also eine irreversible Pauperisierung einher.

Ohne den vielfältigen Nutzen der Informationstechnik abwerten zu wollen, werden durch deren Kommerzialisierung, vor allem des Fernsehens, die Menschen bewußt manipuliert. Durch eine Informationsflut zumeist billigster Unterhaltung, über Gewalt und Sensationen, wird der Verbraucher abgelenkt,

seine angeborenen Anlagen zum selbständig Denkenden und Handelnden zu entwickeln. Die Menschen werden zu Abhängigen einer manipulierenden Technik. Der Gemeinschaftssinn in der Gesellschaft geht verloren.

Im folgenden werden wir uns vor allem Fragen der Energie und des Verkehrs unter dem Aspekt „Risiko Technik“ etwas detaillierter zuwenden.

## 2. Einige Risikoaspekte der Energetik

Im Brundtland-Bericht [2] ist treffend formuliert, daß „Energie für das tägliche Überleben der Menschen unabdingbar ist. Die künftige Entwicklung hängt entscheidend von der langfristigen Verfügbarkeit wachsender Energiemengen aus Quellen ab, die zuverlässig, sicher und ökologisch „gesund“ sind. Gegenwärtig steht weder eine Einzelquelle noch eine Kombination mehrerer Quellen zur Verfügung, die dem künftigen Bedarf genügen könnten.

Gegenwärtig stammt die überwiegende Primärenergie aus nicht erneuerbaren Ressourcen. Die groben Proportionen zeigt Tabelle 1 [3]:

Tabelle 1:

Weltenergieversorgung (in Mio. t Steinkohleeinheiten)

Energieträger	1980	1989
Erdöl	3.997	4.157
Kohle	2.632	3.220
Erdgas	1.834	2.451
Wasserkraft	217	260
Kernenergie	84	237
Gesamt	8.764	10.325

Dagegen betrug der gesamte Anteil der erneuerbaren Ressourcen (Wasserkraft, Holz, Dung, Wind, Geothermie und Solarenergie) 1980 im Weltmaßstab ca. 17%. Kernbrut- und Fusionsreaktoren gehören auch zu dieser Kategorie, haben sich bisher aber nicht durchsetzen lassen. Insbesondere für letztere müssen noch prinzipiell neue Wirkprinzipien erfunden werden, weil z. Z. unklar ist, wie größere Energieflüsse z. B. aus einem Tokamak durch seine tiefgekühlte Umgebung hindurch abgeführt werden können. Wie allgemein bekannt ist, beanspruchen ca. 20% der (reichen) Weltbevölkerung ca. 80% des Energieverbrauchs. Sie erzeugen damit ca. 80% der umwelt-

belastenden Verbrennungsrückstände. Würden andererseits die Schwellen- und Entwicklungsländer unter Beibehaltung der bisherigen Verbrauchsgewohnheiten der reichen Länder zu deren Verbrauchsniveau aufschließen, dann wären vierfach höhere Pollutionen die Folge. Im Vergleich dazu ist z.B. die ca. 30%ige Konzentrationserhöhung von  $\text{CO}_2$  in der Atmosphäre in den letzten 200 Jahren eine Verschwindungsgröße. Aber bereits diese  $\text{CO}_2$ -Konzentration wird von zahlreichen Autoren mit dem Beginn eines atmosphärischen Treibhauseffektes - neben anderen Einflüssen geringerer Ordnung - in Zusammenhang gebracht. Insofern sind trotz aller gebotenen Skepsis von den zahlreichen Fallstudien zur Energieverbrauchsentwicklung bis zum Jahre 2030 diejenigen von J. Goldemberg u. a. (1985) [4] für niedrigen Verbrauch von gewissem Interesse.

Tabelle 2:

Ergebnis der Fallstudie zur Energieverbrauchsentwicklung bis 2020 für niedrigen Verbrauch [4] (TW Jahre/Jahr = TW)

Jahr	Industrieländer	Entwicklungsländer
1980	7,0 TW	3,3 TW
2020	3,9 TW	7,3 TW

Diese Umkehr der Verbräuche unter Konstanthaltung des Weltenergieverbrauchs erfordert allerdings den radikalen Abbau von Verschwendungen und die konsequente rationelle Energieanwendung. Aus technischer Sicht wird dies nicht für unmöglich gehalten, z.B. durch PKW mit einem Verbrauch von 3-4 l Benzin pro 100 km, durch Gasturbinen-Kombikraftwerke mit über 80 % Wirkungsgrad bei konsequenter Wärme-Kraft-Kopplung, durch Brennstoffzellen großen Maßstabs, durch Verkehrsverlagerungen von der Straße auf Schiene und Binnenschiffe sowie durch viele andere energiesparende Technologien. In einer vernünftigen Welt könnten bei einem solchen Umbau der Energieverbrauchsstruktur darüber hinaus pollutionsintensive Energieträger schrittweise substituiert werden, z.B. durch Kernkraftwerke mit inhärenter Sicherheit, Solaranlagen großen Maßstabs in Wüsten, durch Alkohol-Treibstoff aus Zuckerrohr nach dem Beispiel Brasiliens usw.

Daß kapitalistische Investitionen solcher Größenordnungen durchaus in Entwicklungsländer gelockt werden können, zeigen die Beispiele der bevölkerungsreichen Schwellenländer Indien, China und Indonesien. Eine gewisse politische Mindeststabilität ist allerdings dafür erforderlich. Die Frage ist nur,

ob der Wille aufgebracht wird, echte technische und ökonomische Unterstützung unter Beachtung künftiger ökologischer Erfordernisse zu leisten. Hier sind gegenwärtig noch erhebliche Zweifel angebracht.

### ***Der Sonderfall Kernenergie***

Obwohl die Kernenergie (KE) nur zu ca. 2,5 % am Primärenergieverbrauch beteiligt ist, erzeugen heute ca. 30 Länder ca. 17 % des Elektroenergiebedarfs daraus.

Im Normalbetrieb ohne Havarien sind gesundheitliche Risiken sehr gering. So beträgt die mittlere Strahlenbelastung der Menschen in Kernkraftwerken (KKW) und in deren Nähe nur ca. 1/100 der durchschnittlichen Belastung durch medizinische Diagnostiken und Therapien mit Röntgenstrahlung. Gegenüber den „traditionellen Risiken“ besteht hier jedoch bei großen Havarien die Gefahr der überregionalen Kontamination und Verstrahlung mit Radionukliden langer Halbwertszeit sowie das Problem der bisher weitgehend ungeklärten Entsorgungsstrategie für stark radioaktive Abfälle und KKW-De-montagen, z.T. mit Halbwertszeiten bis zu 10.000 Jahren.

Versuche, das Risiko von Havarien mittels Wahrscheinlichkeitsanalysen abzuschätzen, erwiesen sich als nahezu unmöglich. Dies gilt auch für Fehler an Komponenten des technischen Systems z.B. durch Materialermüdung, Schweißnahttrisse oder durch Steuerfehler des hochredundanten Reaktorsteuerungssystems. Auch durch systematische Betriebsüberwachung und regelmäßige Inspektionen können solche Fehler nicht ausgeschlossen werden, sind aber minimierbar. Ein Restrisiko bleibt. Ein „Größter Angenommener Unfall“ (GAU) wurde jedoch bisher durch ein Versagen des technischen Systems nicht registriert. Dies muß als Erfolg hoher internationaler und nationaler Standards und Vorschriften gewertet werden.

Demgegenüber wurden die bisherigen schwerwiegenden Vorkommnisse durch menschliches Versagen verursacht. So wurden im März 1979 im KKW Three Miles Island/Harrisburg, USA [6] nach Wartungsarbeiten am Sekundärkreislauf des Reaktors drei Pumpen des Notkühlsystems aus Versehen geschlossen gelassen. Dies blieb zwei Wochen unbeachtet, obwohl die Betriebsanleitung deren Öffnung bei aktivem Reaktor zwingend vorschrieb. Als dann zwei Speisewasserpumpen versagten, konnte die automatische Einschaltung des Notkühlsystems nicht wirksam werden. Daraufhin wurde der Reaktor automatisch abgeschaltet. Durch eine falsche Druckablesung wurden schließlich von den Operatoren die restlichen beiden Speisewasserpumpen abgestellt. Dies führte zur Überhitzung des Primärkreislaufes und dem „blow down“ von ca. 1.000t superheißen, hochradioaktiven Wassers aus den

Sicherheitsventilen. Über eine stattgefundene Kernschmelze gab es widersprüchliche Informationen. Der Vorfall hatte mindestens zwei lehrreiche Aspekte: das menschliche Versagen mit zwei unabhängigen Fehlhandlungen sowie danach die Verharmlosung des Unfalls gegenüber der Öffentlichkeit als angeblich „keinen ernsthaften Unfall“ [7].

Ganz anders verlief der schwerwiegende Unfall in Tschernobyl [8]. Schon von der Konstruktion her ist der Reaktor RBMK-1000 weniger gegen Kernschmelze gesichert als ein Druckwasser-Reaktor: Als Moderator dient Graphit, welches nicht wie Wasser verdampfen und damit die Kettenreaktion unterbrechen kann.

Auslöser des Unfalls war ein Experiment vor Abschaltung zur planmäßigen Revision: Man wollte prüfen, wie lange die Rotationsenergie eines auslaufenden Turbinensatzes zur elektrischen Versorgung der Kühlmittelpumpen ausreicht. Dabei wurde das Notkühlsystem vorschriftswidrig außer Betrieb gesetzt. Durch einen Bedienfehler wurde schließlich die Reaktorleistung nicht auf 20-30 %, sondern auf ca. 1% heruntergefahren. Dies reichte nicht mehr zur Versorgung der Kühlmittelpumpen aus. Dadurch wurden Betriebszustände erreicht, die das Regelsystem der Anlage nicht mehr beherrschen konnte. Infolge der nicht ausreichenden Kühlung kam es reaktorintern zu einem extremen Leistungsanstieg ca. um den Faktor 100 bei Temperaturen um 4000-5000 Grad C. Die Explosion der Druckröhren für das Wasser-Dampf-Gemisch verursachte einen solchen Überdruck, daß die obere Deckplatte des Reaktors mit einem Gewicht von ca. 1000t senkrecht gestellt wurde. Dadurch sowie eine weitere Explosion wurden ca. 1% des radioaktiven Materials in große Höhen emittiert. Auch hier ist Sorglosigkeit sowie die Verkopplung mehrerer Fehlhandlungen die eigentliche Unfallursache gewesen.

In dieses Bild menschlichen Versagens ordnen sich viele weitere Ereignisse ein, wie der Vorfall in Biblis 1987, wo die nicht erfolgte Schließung der Erstabspernung einer Prüflleitung nach Inspektion zu einem Druckstoß auf ein Sicherheitsventil führte. Auch die Verklappung ganzer ausgedienter Schiffsreaktoren in die Barentssee durch die sowjetische Marine gehört in dieses Bild. Insofern hatte unser verstorbener Mitglied Klaus Fuchs recht, wenn er immer wieder die Perfektionierung der Mensch-Anlagen-Wechselwirkung sowie ein besonders ausgeprägtes Verantwortungsbewußtsein aller mit dieser sensiblen Technik Befassten forderte. Aber er hatte Unrecht bei der Analyse von Möglichkeiten Tschernobyl-ähnlicher Vorkommnisse an WWR-Reaktoren durch eine Gruppe von Mitgliedern unserer Akademie: Harrisburg - Analogien wären möglich gewesen.

Zusammenfassend läßt sich aber feststellen, daß bei strengster Anwendung der technischen Kontrollmaßnahmen sowie moderner Betriebsüberwachung ein annehmbar kleines Risiko für Kraftwerksreaktoren erreichbar ist. Unbefriedigend bleibt, daß mit den erzeugten radioaktiven Abprodukten für einen Zeitraum bis zu mehreren 10.000 Jahren eine potentielle Gefährdung geschaffen wird, deren Konsequenzen nicht endgültig beurteilbar sind. Deutlicher als bei anderen Technologien zeigt sich hier, daß eine Weiternutzung der Kernenergie für friedliche Zwecke nur im Konsens mit der Bevölkerung erreichbar ist. Daß dies nicht unmöglich scheint, belegen die Beispiele Frankreichs und Japans. Ohne Gefahr einer Elektroenergieverknappung -mit ziemlich radikalen Änderungen der Lebensgewohnheiten der Menschen- wird man mittelfristig nicht auf die weltweit fast 20% Elektroenergieerzeugung aus KKW verzichten können. Also bleibt die nachträgliche Aufrüstung mit modernster Sicherheitstechnik und vor allem die Ausschaltung subjektiv verursachter Havarien durch geeignete Trainingsmaßnahmen. Damit könnte die Zeit gewonnen werden, um für den Ersatz verschlissener Kraftwerke sowie die weltweit absehbare Bedarfssteigerung an Elektroenergie neue Reaktortypen mit inhärenter Sicherheit (z.B. den Hochtemperatur-Reaktor) im Interesse der Vermeidung von CO<sub>2</sub>Emissionen [8a] zur Einsatzreife zu bringen und/oder die ernsthafte Entwicklung der sauberen Kohlevergasung für die breite Anwendung in Gasturbinen-Kombikraftwerken mit hohen Wirkungsgraden voranzutreiben. Gleichgültig, welche Schwerpunktoption sich herauskristallisiert oder ob ein Mix zu bevorzugen ist, wird die Nutzung aller Möglichkeiten regenerativer Energiequellen sowie vor allem die rationelle Energieanwendung an Gewicht gewinnen. Aber erstere genügen bei weitem nicht zur langfristigen und vollständigen Substitution jetziger Elektroenergieerzeuger

### ***Erneuerbare Energiequellen***

Der Brundtlandbericht nennt als Weltreserve in diesem Sektor ca. 10TW. Das entspricht ziemlich genau der gegenwärtigen Gesamtinanspruchnahme von Primärenergie in der Welt.

In Deutschland wurden 1992 immerhin 2GW aus erneuerbaren Quellen bezogen, davon das weitaus meiste aus Wasserkraft. Auffällig ist der extrem geringe Solarstromanteil. Dafür gibt es mindestens die folgenden Ursachen: spät begonnene Entwicklung mit dem Argument zu geringer solarer Einstrahlung in Mitteleuropa und vor allem noch zu hoher Preis. Man kann dies aber auch anders lesen: Wasserkraft ist ein Schwerpunkt für wasserreiche, bergige und zumeist sonnenarme Länder; Solarenergie könnte ein Schwerpunkt für wasserarme, sonnenreiche (wüstenreiche) Länder werden. Mit Solarstrom

könnte darüber hinaus elektrolytisch erzeugter Wasserstoff als abproduktfreier Brennstoff über Pipelines verfügbar gemacht werden.

Ein unkonventionelles Beispiel für billige Solarzellen ist die Grätzel-Zelle. Hier wurde versucht, die Photosynthese technisch nachzuahmen [12]. Als photoempfindliche Schicht wirkt eine metallorganische Ruthenium-Komplex-Schicht mit einem Empfindlichkeitsmaximum im Blaugrünen. Als Elektronensammler wurde eine granulare Titandioxid-Schicht benutzt. Für die elektrische Verbindung zur 2. Elektrode sorgt ein Jodinjodid-Elektrolyt. Krätzel gab einen Wirkungsgrad bei wolkigem Wetter von 11 % an und schätzt, daß der Preis dieser Zellen bei ca. 1/10 des Preises von Si-Solarzellen liegt. Damit sind 1-2 Dollar/Watt in greifbare Nähe gerückt. Für den großtechnischen Einsatz in Wüstenregionen sind sicher noch etliche Probleme zu lösen. Neben hinreichender Langzeitstabilisierung betrifft dies andere Komplexverbindungen mit einem Empfindlichkeitsmaximum im Gelbroten oder nahen Infraroten sowie auch die Vermeidung von Staubablagerungen im Langzeitbetrieb.

Die Entwicklung robuster und billiger Photovoltaikanlagen zur Stromversorgung in Entwicklungsländern könnte eine konkrete Entwicklungshilfe durch die industriell entwickelten Länder werden. Damit kann der wachsende Energiebedarf wenigstens partiell in umweltfreundliche Bahnen gelenkt werden. Aber dies bedarf wohl der gestaltenden Einflußnahme der industriell entwickelten Staaten.

### ***Maßnahmen und Vorschläge zur Reduktion der Umweltbelastung durch Kraftwerke***

Die Rauchgasentschwefelung wird seit ca. 15 Jahren mit einem Wirkungsgrad von ca. 80% erfolgreich angewendet. Das Endprodukt ist Gips. Die Entstickung von Rauchgasen wird seit ca. 5 Jahren großtechnisch in Japan mittels katalytisch reduzierender Trockenverfahren mit Aktivkohlekoks oder CuO angewendet. Die Entstickung mit Elektronenstrahlverfahren bei 300-800 keV unter Zusatz von Ammoniak -zugleich zur Gälleneutralisation- [11] konnte bisher noch nicht zur großtechnischen Anwendung gebracht werden, obwohl Vorteile wie einfache Prozeßführung, günstiges Regelverhalten, niedrige Betriebskosten und geringer Energiebedarf sowie das trockene Endprodukt Kunstdünger bestechen. Aber wahrscheinlich stellen der hohe Investitionsbedarf und der „Geruch nach Kerntechnik“ gegenwärtige Barrieren dar. Am schwierigsten ist die Beseitigung von CO<sub>2</sub>. Hierzu gibt es bisher nur Vorschläge, wie sie z. B. von Schüßler zusammengestellt worden sind [10]. Sie betreffen die CO<sub>2</sub>-Einpressung in leere Öl- oder Gasfelder bei um ca. 3,5

höherer Gasdichte, die Verbringung in die Tiefsee, (wobei die ökologischen Folgen völlig unklar sind, obgleich dadurch eine Streckung der künftigen Belastungen ermöglicht werden könnte) sowie die solare Umsetzung des CO<sub>2</sub> durch einzellige Algenkulturen mit „doppeltem Algenappetit“ wie Regenwald.

Wir erkennen, daß die CO<sub>2</sub>-Eliminierung aus Abgasen von Kraftwerken mit fossilen Brennstoffen die größten Probleme bereitet, denn die Realisierung der genannten Vorschläge ist an sehr spezifische Standorte und zum Teil an erhebliche Flächeninanspruchnahmen gebunden. Folglich wird man voraussichtlich den entgegengesetzten Weg der wesentlich besseren Ausnutzung der Primärenergie durch höhere Wirkungsgrade sowie vor allem rationellere Energieanwendung, besonders bei Elektrotechnologien gehen müssen. Andererseits wird deutlich, daß durch den Betrieb von KKW eine deren Anteil an der weltweiten Stromproduktion von 18 % entsprechende Menge CO<sub>2</sub> NICHT emittiert wird. Das sind immerhin ca. 2 Mrd. t/a, die sonst zur weltweiten anthropogenen Gesamtemission von ca. 29 Mrd. t/a CO<sub>2</sub> hinzukämen. Hierdurch wird also ein Risikofaktor (atmosphärischer CO<sub>2</sub>-Anteil) durch andere (eventueller Nuklearunfall und Entsorgungsproblem) substituiert. Aber der Kulminierung einer Risikokategorie wird entgegengewirkt.

### 3. Transport und Verkehr

Es ist merkwürdig, daß die explizite Behandlung von Transport und Verkehr als globale Risikoquelle sowohl im Brundtlandbericht [2] als auch bei Meadows/Randers [13] fehlen.

Betrachten wir den gesamten Primärenergieverbrauch der BRD im Jahre 1992, so beansprucht der Verkehr mit 111 GW oder 30,6% den Löwenanteil noch vor dem Bedarf der Kraftwerke. Das ist in den reichen Ländern genähert analog. Schlüsselte man dies auf die verschiedenen Verkehrsträger auf [14], so wird in Tabelle 3 die untergeordnete Rolle der öffentlichen Verkehrsmittel gegenüber dem Individualverkehr mit PKW und LKW sichtbar. Dies ist in den meisten Industrieländern offenbar politisch so gewollt, z.B. durch die staatlichen Subventionen des Straßenbaus zu Lasten des Schienennetzes und die weitere Herabsetzung von LKW-Steuern.

Tabelle 3:

## Verkehrsstruktur in der BRD 1993

	Personenverkehr (in % Pers.km)	Güterverkehr (in % t km)
PKW	82,2	
Bus, U-Bahn, Straßenbahn	9	
Eisenbahn	6,4	18
Flugzeug	2,4	0,1
LKW		62,6
Binnenschifffahrt		15,3
Pipeline		4

Dabei sind die Autoabgase durch ihren hohen Stickoxidgehalt infolge der ständig höhergezüchteten Verbrennungstemperaturen besonders umweltschädlich, wengleich moderne 3-Wege-Katalysatoren die Emission auf unter 20 % der Emissionen ohne Katalysator reduzieren können.

In den Schwellenländern läuft bereits der Trend zur Motorisierung analog zu den Industrieländern auf vollen Touren. So ist z.B. in China geplant, ab dem Jahr 2000 2 Mio. Stück VW- PKW/a herzustellen [15]. Das ist mehr als der dort gegenwärtig insgesamt vorhandene PKW-Bestand. Peugeot, Citroen, Chrysler, Mazda und Nissan überlegen, dort gleichfalls zu investieren [15]. Drängen also die bisher rund 80 % der untermotorisierten Menschheit auf das Motorisierungsniveau der Industrieländer und werden dabei nicht zugleich drastische Maßnahmen zur Minimierung der atmosphärischen Umweltbelastung getroffen, dann kann dies zu einer Verfünffachung der autoverkehrsbedingten oder ca. +150 % der gesamten, anthropogen verursachten atmosphärischen Umweltbelastung führen. Die anhaltende Bevölkerungsexplosion würde das noch verschärfen. Im Vergleich dazu ist die Zunahme von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre in den letzten 200 Jahren von ca. 30 % fast eine Verschwindungsgröße [16]

Leider scheinen die großen Autokonzerne bisher nur unvollständige Schlußfolgerungen gezogen zu haben. Sonst wäre ein Zitat aus einem Manifest, das auch Daimler-Benz-Chef Edzard Reuter mit unterschrieben hat, nicht zu verstehen: „Alle sind gleichermaßen ratlos, keiner scheint sich über die ob-

waltenden Tatsachen Rechenschaft zu geben, weder in der Welt noch bei uns zu Hause“ [15]. So bleibt die Gefahr, daß die großen Konzerne ohne Rücksicht auf den Zustand der Welt das große Geschäft auf der Basis fertiger, noch ungenügend umweltfreundlicher Entwicklungen wittern und dabei von ihren Regierungen unterstützt werden.

Bei alledem sind die elementaren Risiken des Straßenverkehrs mit ca. 10.000 Toten pro Jahr allein in der BRD noch nicht berücksichtigt. Auf die Industrieländer hochgerechnet sind das mehr als 100.000 Tote pro Jahr. Uns scheint, daß der Straßenverkehr ein besonders anschauliches Beispiel für massenhaftes Fehlverhalten der Menschen ist, wobei globale und individuelle Risiken bewußt oder unbewußt verdrängt werden, obwohl diese Risiken zumindest durch Tempolimits und den rascheren Übergang - zu technisch bereits möglichen - verbrauchs- und schadstoffarmen Autos begrenzt werden könnten. Es ist deshalb zu fragen, ob einige der sogenannten Grundwerte heutiger moderner Gesellschaften wie z.B. die unbeschränkte Freiheit des Individualverkehrs und des Profitstrebens wie auch der Drang zur Selbstdarstellung mittels Statussymbols noch künftig Bestand haben können.

Al Gore [16] bezweifelt, daß neue Technologien die Lösung böten. Er sieht in ihnen sogar die Ursache der gegenwärtigen Krise. Dem können wir uns nicht anschließen. Nehmen wir als Beispiel Hochgeschwindigkeitszüge oder sogar die Magnetschwebbahn Transrapid. Bei letzterer werden für die Levitation starke Magnete verwendet. Der Antrieb erfolgt mittels geschwindigkeitssynchronem Linearmotor. Durch die entfallende Rollreibung wird hohe Energieökonomie und hoher Fahrkomfort erreicht. Die Geschwindigkeit erreicht fast 500 km/h und kommt als Vorteil erst bei großen Stationsabständen zum Tragen. Der Vergleich mit dem Flugzeug hinkt: Es gibt keine lauten Triebwerke. Natürlich sind Hochgeschwindigkeitszüge nicht „die Lösung“ des Verkehrsproblems, aber sie können Lösungen zur Entschärfung des Straßenverkehrs werden, wenn sie in Konkurrenz zum Auto angenommen werden. Dazu kann das Preis- Leistungsverhältnis verhelfen, wenn die Verursacher des Straßenverkehrs angemessen an den realen Umweltkosten sowie an den staatlichen Investitionen in den Straßenbau beteiligt werden. Schließlich könnten damit Fehlentscheidungen zu Lasten der Schiene korrigiert werden, die sich tunlichst nicht in Schwellen- und Entwicklungsländern wieder holen sollten.

Auch beim Luftverkehr ist der Risikofaktor Mensch häufigste Unfallursache. Wegen der relativ hohen Sicherheit des Luftverkehrs soll jedoch hier auf weitere Erörterungen verzichtet werden.

Beim Seeverkehr machen vor allem Tankerhavarien Schlagzeilen. Auch sie sind zumeist profitbedingt und vermeidbar, und zwar z.B. konstruktiv durch doppelte Bordwände, was teurer wird und betriebskostenseitig durch gut ausgebildetes und ausreichendes Personal sowie Einhaltung der vorgeschriebenen Routen, was ebenfalls teurer ist. Gemessen an Umweltbelastung, Frachtpreisen, Sicherheit und Energieverbrauch ist die Binnenschifffahrt nicht zu schlagen. Sie realisiert in der BRD ca. 15 % des Transportaufkommens. Probleme bestehen hinsichtlich der Schnelligkeit sowie der Forderung nach größeren Schiffen und dem damit verbundenen Wegeausbau. Eine flexiblere Logistik könnte hier entschärfend wirken.

#### 4. Schlußfolgerungen

Das Thema „Risiko Technik“ steht in engstem Zusammenhang mit dem „Risiko Mensch“. Die Analyse zeigt, daß menschliches und z.T. massenhaftes Versagen in seinen vielfältigen Formen Hauptursache von großen Havarien oder schleichender Umweltzerstörung ist. Durch eine vernünftig handelnde Gesellschaft und verantwortungsbewußte Individuen sind jedoch Risiken der Technik drastisch minimierbar. Es bleiben zwar Restrisiken, aber die Technik ist in der Lage, die großen Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte zu lösen. Die wenigen Beispiele sollten zur Illustration dieser These dienen. Ob dazu allerdings gegenwärtig gültige Werte und Verhaltensmuster geeignet sind, darf indes bezweifelt werden.

Zieht man also aus dem Thema „Risiko Technik“ Schlußfolgerungen, so geht dies nicht losgelöst von dem Risikofaktor Mensch und führt uns bis hin zur Prognose weltweiter Konflikte, falls die Flexibilität des modernen Kapitalismus nicht rechtzeitig gegenzusteuern vermag. Meadows und Randers [13] stellen hierzu - vielleicht etwas optimistisch - fest: „Technologie und Markt reagieren entsprechend dem Wertesystem in der Gesellschaft bzw. deren führender Schicht. Wenn das vorherrschende Ziel Wachstum ist, wird solange wie möglich Wachstum gefördert. Sind jedoch soziale Gerechtigkeit und langfristige Existenzfähigkeit vorherrschende Zielvorstellungen, dienen Technologie und Markt auch diesen Zielen“. Offensichtlich sind die gegenwärtigen Gesellschaften der Länder der 1. Welt noch unzureichend willens, ihr Wertesystem zu ändern. Hoffnungsvolle Ansätze von Al Gore [17], einen Marshall-Plan für die 3. Welt in Gang zu bringen, könnten hier neue Impulse geben.

Herr Khalatbari hat wahrscheinlich recht, wenn er kürzlich in dieser Vortragsreihe feststellte, daß am Ende des 20. Jahrhunderts zwar die wissenschaftlich-technischen Errungenschaften auf der Höhe der Zeit sind, das

Niveau der Regierungen und des allgemeinen Bewußtseins aber dem Stande des 18. Jahrhunderts entsprechen. Dies zu durchbrechen bedeutet aber wahrscheinlich die Liquidierung der Auffassung in den reichen Ländern, daß Fortschritt in erster Linie individueller Anspruch auf Konsum und materiellen Wohlstand ist, unabhängig vom Zustand der Welt und ihrer Ökologie.

Nachdem sich herausstellt, daß das eigentliche Risiko der Technik vor allem in der Umweltbelastung und dem Risikofaktor Mensch besteht, erhebt sich die Frage nach vernünftigen, ökologisch begründeten Begrenzungen der Umweltbelastungen in Abhängigkeit von der Zeit sowie die Frage, ob und wie sich der zu Lasten der Umwelt und der 3. Welt erworbene Reichtum gerechter verteilen läßt. Letzteres könnte durch Entwicklung von Techniken und Verfahren geschehen, die sowohl in den Ländern der 1. Welt, vor allem aber in der 3. Welt wirklich und umweltverträglich gebraucht werden. Ein solcher Umbau eines großen Teils der technischen Basis der Menschheit kostet viel Geld und Zeit. Viele der gegenwärtig geäußerten Meinungen über das Wechselspiel von Technik-Mensch-Gesellschaft-Ethik genügen dem nicht. Uns scheinen vor allem Analysen zu fehlen, auf welchen kritischen (kürzesten) Wegen die menschliche Gesellschaft minimale Risiken für ihre weitere Existenz erreicht.

Weil dies die Marktwirtschaft mit ihrer gegenwärtigen Profitorientiertheit gemäß den heute noch gültigen Werten offensichtlich nicht kann, müssen die politisch entscheidenden Instanzen der Gesellschaft durch Gesetze Einfluß nehmen, wobei unabhängige Wissenschaftler der verschiedensten Disziplinen im internationalen Konsens versuchen werden, Antworten zu finden, die die Gesetzgebung benötigt.

Die Regierungen und internationalen Organisationen müssen durch die Öffentlichkeit gezwungen werden, die Dogmen und offenbar nicht mehr hinreichenden Werte der Gesellschaft um des Menschen Überleben zu sichern, zu revidieren und dadurch letztlich die Wirtschaft zu zwingen, die Risiken der Technik zu minimieren.

### Quellenverzeichnis

- [1] „Der Spiegel“, Dokument Nr. 2, April 1993
- [2] „Unsere gemeinsame Zukunft“ (Brundtland-Bericht) Staatsverlag der DDR, 1988
- [3] Energietrends, S.4, 1/1991
- [4] J. Goldemberg et al., Annual Rev. of Energ., Vol. 10, 1985

- [5] „Der Spiegel“, S. 242, 19/1993
- [6] The Kemen Report, Crit.Mass Journ. Vol. 5, S. 4, 1979
- [7] J. G. Herbein (Edison-Vicepresident), zitiert in „Der Spiegel“, S. 26, v. 9. 4. 1979
- [8] J. Wolters, G. Breitenbach, W. Kröger, Atomwirtschaft, S. 286, 1986 J. Seidel „Kernenergie“, S. 87, 1990
- [8a] E. Teuchert, Physik in unserer Zeit, Bd. 14, S. 131, 1983 J. N. Barkenbus, Energ Polic, S. 49, Febr. 1988
- [9] B. Gilland, Endeavour Bd. 14, S.80,1990
- [10] U. Schüßler, Physik in unserer Zeit, Bd. 21, S. 155, 1990
- [11] S. Jordan, H. R. Paur, W. Schikarski, Physik in unserer Zeit, Bd. 19, S. 8, 1988
- [12] M. Grätzel, preprint, Inst. de Chimie Physique Lausanne 1989
- [13] D. u. D. Meadows, J. Randers, „Die neuen Grenzen des Wachstums“, S. 228, Berthelsmann 1992
- [14] Berliner Zeitung nach ifo-Schätzung, S. 9, 12. 1. 1994
- [15] „Spiegel spezial“, S. 14, 4/1993
- [16] C. D. Schönwiese, Naturwiss. Rundschau, S. 387, Bd. 41, 1988
- [17] Al Gore, „Wege zum Gleichgewicht“, S. Fischer Verlag, 1992