# Ausstieg aus der Kernenergie?. 1. Teil: Gesundheitsrisiken der Elektrizitätserzeugung

Autor(en): **Fritzsche, Andreas F.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **107 (1989)**

Heft 21

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-77109

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

**Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

# Ausstieg aus der Kernenergie? 1. Teil

## Gesundheitsrisiken der Elektrizitätserzeugung

**Die Kernenergieerzeugung wird oft als besonders gefährlich empfunden. Vergleiche der Gesundheitsrisiken mit jenen anderer Optionen zur Elektrizitätserzeugung drängen sich deshalb auf. Sie können sich auf eine breite internationale Literatur abstützen.**

VON ANDREAS F. FRITZSCHE, PONTRESINA

Die Nutzung der fossilen Energien, insbesondere der Energieträger Kohle, Öl und deren Derivate, ist mit negativen ökologischen Folgen verbunden ([1] Seite 85). Diese Folgen gehen auf die Emission chemischer Schadstoffe zurück, welche nicht nur für die Umwelt, sondern auch für den Menschen schädlich sind. Da bei einem Verzicht auf die *Kernenergie* das entstehende Elektroenergiemanko im wesentlichen durch fossile Energieträger gedeckt werden wird, impliziert der Wunsch nach einem Ausstieg, dass die nukleare Energieerzeugung für Mensch und Umwelt nachteiliger ist als die Erzeugung derselben Energiemenge aus diesen Alternativen.

Die *erneuerbaren Energien* könnten nämlich einen Ausstieg wenig erleichtern, sei es, weil das realistische Ausbaupotential der Wasserkraft nur noch beschränkt ist ([1] S. 99), sei es, weil die neuen erneuerbaren Energien Sonne (Photovoltaik), Wind und Biomasse (exkl. Holz) erst etwa nach dem ersten Dezennium des nächsten Jahrhunderts merkliche Beiträge an die Elektrizitätsbilanz werden liefern können ([1] S.114). Die *sparsame und rationellere Elektrizitätsverwendung* berührt diese Überlegungen nicht, denn sie muss bei jedem anvisierten Energieprogramm, mit oder ohne Kernenergie, auf jeden Fall nach Kräften gefördert werden.

Aus dieser Optik besteht also ein Bedürfnis nach vergleichenden Informationen über die gesundheitlichen Gefahren der verschiedenen Energiesysteme, die zur Energieversorgung unseres Landes in Frage kommen. Um energiepolitische Entscheide fällen zu können, muss man die Art und die objektive Grösse dieser Gefahren, ebenso wie die potentiellen Auswirkungen auf die Umwelt und zahlreiche soziopolitische und wirtschaftliche Folgen kennen. Da in diese Entscheide schliesslich *gesellschaftliche Wertungen* einfliessen [2], handelt es sich dabei nicht um eine technische, sondern um eine gesellschaftspolitische Aufgabe. Die verantwortlichen Instanzen wären jedoch schlecht beraten, wenn sie die in den genannten Bereichen geltenden objektiven Gegebenheiten ignorieren würden. Unter diesen spielen denn auch die Gefahren für Leib und Leben des Menschen eine besondere Rolle.

## Risikoabschätzungen der Elektrizitätserzeugung

### Internationaler Stand

Seit bald 20 Jahren hat man sich um die Feststellung und Quantifizierung der Gesundheitsrisiken der Energieoptionen bemüht, zuerst hauptsächlich in den USA, später auch im Rahmen von internationalen Organisationen und in einigen europäischen Ländern. Dazu bestand ja eine objektive Ausgangsbasis, denn über die meisten Tätigkeiten, die bei der Nutzung einer Energieoption ausgeübt werden, bestehen Erfahrungen. Sie geben Auskunft über die Art der jeweiligen Gefahren, über die Häufigkeit routinemässiger Unfälle sowie über die Zahl der entstehenden Verletzungen, Erkrankungen und Todesfälle. Soweit diese Erfahrungen noch nicht in *Statistiken* erfasst worden waren, konnten sie quantifiziert werden, allerdings oft in mühevoller Sammelarbeit und mit unterschiedlicher Genauigkeit. Da eine einheitliche Erfassung nicht tödlicher Verletzungen und Erkrankungen unterschiedlichen Schweregrades schwierig ist, beschränken sich solche Risikoabschätzungen meist auf *Todesfälle,* die ja auch unter den Auswirkungen einen besonderen Stellenwert einnehmen.

Es gibt zahlreiche Publikationen, welche aufgrund solcher Risikoabschätzungen Vergleiche zwischen den verschiedenen Energieoptionen durchführen. Da die verfügbaren Originaldaten vielfach stark streuten, fielen aber die Ergebnisse solcher Vergleiche nicht immer überzeugend aus. Die zugrunde liegenden *Voraussetzungen* unterschieden sich nämlich oft erheblich. So sind im Zuge eines generell zunehmenden Risikobewusstseins in neuerer Zeit viele Sicherheitsmassnahmen verschärft und markante Fortschritte in der Unfallverhütung erzielt worden. Auch sind die Methoden der Risikoabschätzung erheblich verfeinert worden, insbesondere, was die Vollständigkeit der Erfassung aller die Nutzung einer Energieoption belastenden Risikobeiträge anbetrifft. Bei Vergleichen muss deshalb auf das Datum einer Risikoabschätzung geachtet werden, ebenso wie auf andere Voraussetzungen, welche in der benutzten Quelle gemacht wurden. So können sich beispielsweise die Bevölkerungsdichte, Grenzwerte und andere Parameter nicht unerheblich unterscheiden, was die gesundheitlichen Auswirkungen von Schadstoffemissionen wesentlich beeinflussen wird.

### Grundlagen der Ergebnisse

Die Risikoangaben, welche im folgenden präsentiert werden, stützen sich auf die einschlägige internationale Literatur breit ab. Deren Voraussetzungen wurden jedoch kritisch überprüft und die Ergebnisse nur dann berücksichtigt, wenn angenommen werden konnte, dass sie für Anlagen gemäss dem heutigen Stand der Technik unter typischen schweizerischen Bedingungen gelten oder sie auf solche Bedingungen umgerechnet werden konnten. So wurden die Emissionen generell gemäss der strengen Luftreinhalteverordnung eingesetzt.

Die nachfolgenden Angaben erfassen die Risiken für *sämtliche Prozessstufen,* die bei der Nutzung einer Energieoption durchlaufen werden müssen, angefangen bei der Beschaffung des Brennstoffes und anderer Basismaterialien, deren Verarbeitung und den Bau der verschiedenen Energieanlagen, den eigentlichen Energieerzeugungs- oder -umwandlungsprozess und alle Transporte, bis hin zur Entsorgung.

In der Überzeugung, dass nur eine *differenzierte Darstellung* der unterschiedlichen gesundheitlichen Auswirkungen einen wirklich aussagefähigen Vergleich ermöglicht, werden im Gegensatz zu vielen bisher vorgelegten Risikovergleichen die sofortigen Gesundheitsschäden zufolge von Unfällen und die sich erst verzögert manifestierenden Schäden wie Krebs gesondert behandelt, und zwar gesondert für die in

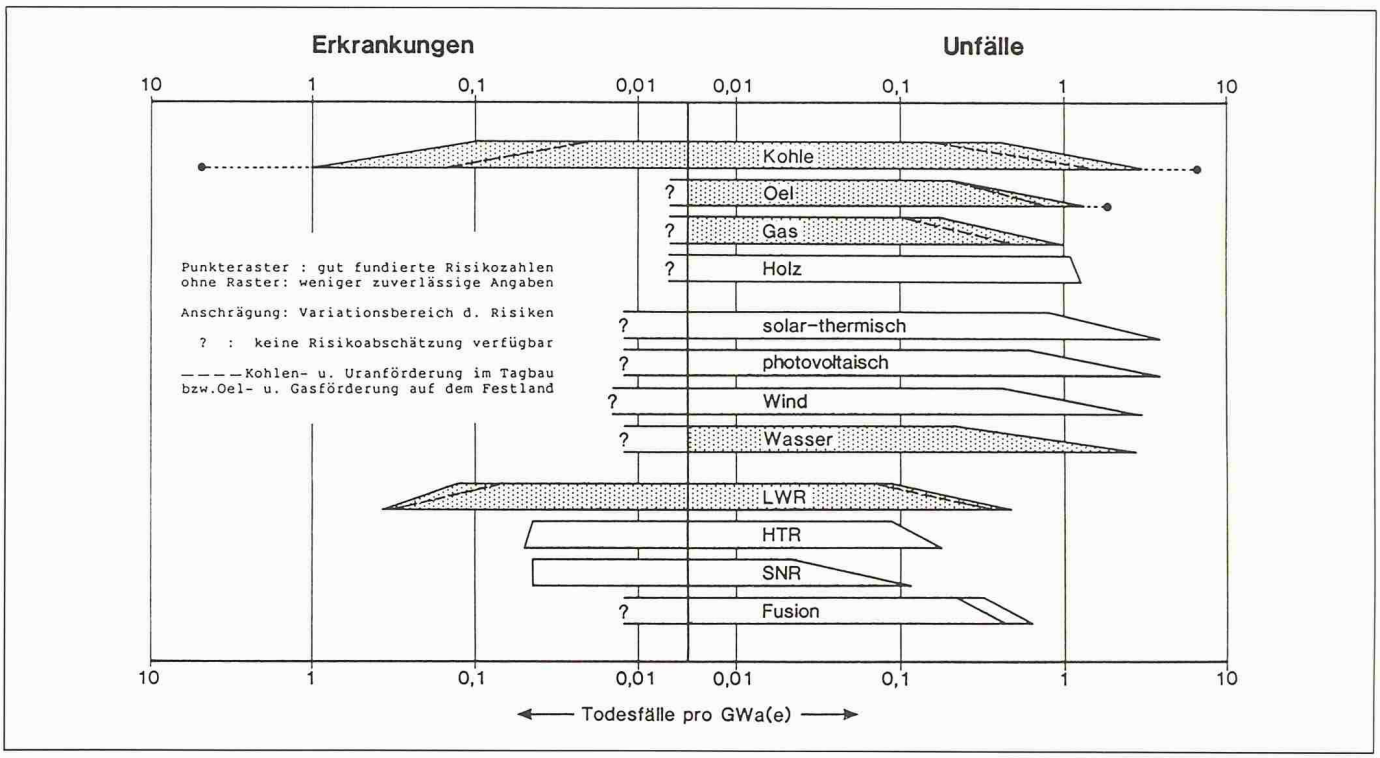



*Bild 1. Todesfallrisiko der Berufsleute aus der elektrischen Energieerzeugung (alle Prozessstufen, ohne Grossunfälle)*

den Prozessen beruflich beschäftigten Personen und die allgemeine Bevölkerung. Zunächst gilt die Aufmerksamkeit den Gesundheitsrisiken beim routinemässigen Ablauf der einzelnen Prozessstufen, samt allen dabei zu erwartenden Störfällen. Das Risiko eigentlicher Grossunfälle wird dann in einem zweiten Artikel noch besonders angesprochen.

Die *Streuung* der Ergebnisse geht einerseits noch immer auf Ungewissheit infolge ungenauer Kenntnisse zurück, anderseits ist sie jedoch Ausdruck reeller Risikounterschiede zufolge unterschiedlicher Prozesse oder Anlagen. Es ist deshalb angemessen, jeweils von (geometrischen) Mittelwerten auszugehen. Auf weitere, für das Verständnis des Vorgehens und die Bewertung der Ergebnisse wichtige Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden. Sie werden im kürzlich erschienenen Buch [3] ausführlich behandelt.

## Ergebnisse

Die betrachteten Energiesysteme lassen sich in drei Gruppen mit deutlich unterschiedlichem Risikoprofil einteilen.

### Risikoprofile der Energiesysteme

Die *fossil-thermischen Systeme* zeichnen sich durch den Umsatz und Transport grosser Brennstoffmengen aus, welche sowohl Berufsleute als auch die Bevölkerung gefährden. Letztere ist dauernd den auf den Verbrennungsprozess zurückgehenden Immissionen chemischer Schadstoffe ausgesetzt, die beim Erdgaszyklus allerdings sehr tief sind.

Das Risikoprofil der *erneuerbaren Energien* wird anderseits durch die sehr schwachen zur Verfügung stehenden Energieflüsse charakterisiert, die zu umfangreichen und materialaufwendigen Anlagen zwingen. In diesem Falle sind es die Unfallgefahren bei der Beschaffung und Verarbeitung dieser grossen Materialmengen und deren Transport sowie beim Bau der Anlagen, welche die Risikobilanz beherrschen. Die Bevölkerung ist zudem durch Immissionen bei der Materialverarbeitung belastet. Hingegen ist der Betrieb nur mit sehr geringen Risiken verbunden.

Die *nuklearen Energiesysteme* bilden eine dritte Gruppe, die sich umgekehrt durch eine ausserordentlich hohe Energiekonzentration im Brennstoff auszeichnen. Dessen Beschaffung ist dennoch mit erheblichen Risiken für die Minenarbeiter verbunden, da das Uran grösstenteils nur in schwacher Konzentration in der Erdkruste vorkommt. Die Transporte der vergleichsweise minimalen Mengen nuklearer Brenn- und Abfallstoffe beinhalten hingegen nur geringe Risiken, und auch die radioaktiven Immissionen sind sehr tief.

### Todesfallrisiken der Berufsleute

Die Todesfallrisiken der im Rahmen der einzelnen Energiezyklen beschäftigten Berufsleute sind in Bild 1 als *Todesfälle pro GW-Jahr erzeugter elektrischer Energie* in logarithmischem Massstab aufgetragen. 1 GWa(e) ist die Energiemenge, welche ein Kraftwerk von 1000 MW elektrischer Leistung bei ununterbrochenem Vollastbetrieb während eines Jahres produzieren würde. Der jährliche Endverbrauch an Elektrizität beträgt heute in der Schweiz knapp 5 GWa(e).

Die schräg auslaufenden Spitzen der dargestellten Balken geben die soeben angesprochene Streuung der verfügbaren Zahlenwerte wieder. Durch eine Punkterasterung ist angedeutet worden, dass die Risikowerte für die Optionen Kohle, Öl, Erdgas, Wasser und Kernenergie aus Leichtwasserreaktoren (LWR) im Vergleich zu den anderen dargestellten Optionen als relativ gut fundiert gelten können.

Die *unfallbedingten Todesfallrisiken* der Berufsleute sind gemäss Bild 1 (rechte Hälfte) bei der Option Kernenergie deutlich kleiner als bei den fossil-thermischen Optionen Kohle, Öl, Erdgas und Holz, kleiner auch als bei den erneuerbaren Energien. Für die Optionen Sonne (solar-thermisch und photovoltaisch) und Wind fällt dieser Vergleich allerdings zu ungünstig aus. Die bis heute realisierten Produktionsanlagen und die Projekte, auf welche die hier benutzten Risikozahlen zurückgehen, sind grösstenteils noch relativ klein und haben den Charakter von Prototypen. Bis diese Optionen in grösserem Umfang zur Elektrizitätsproduk-

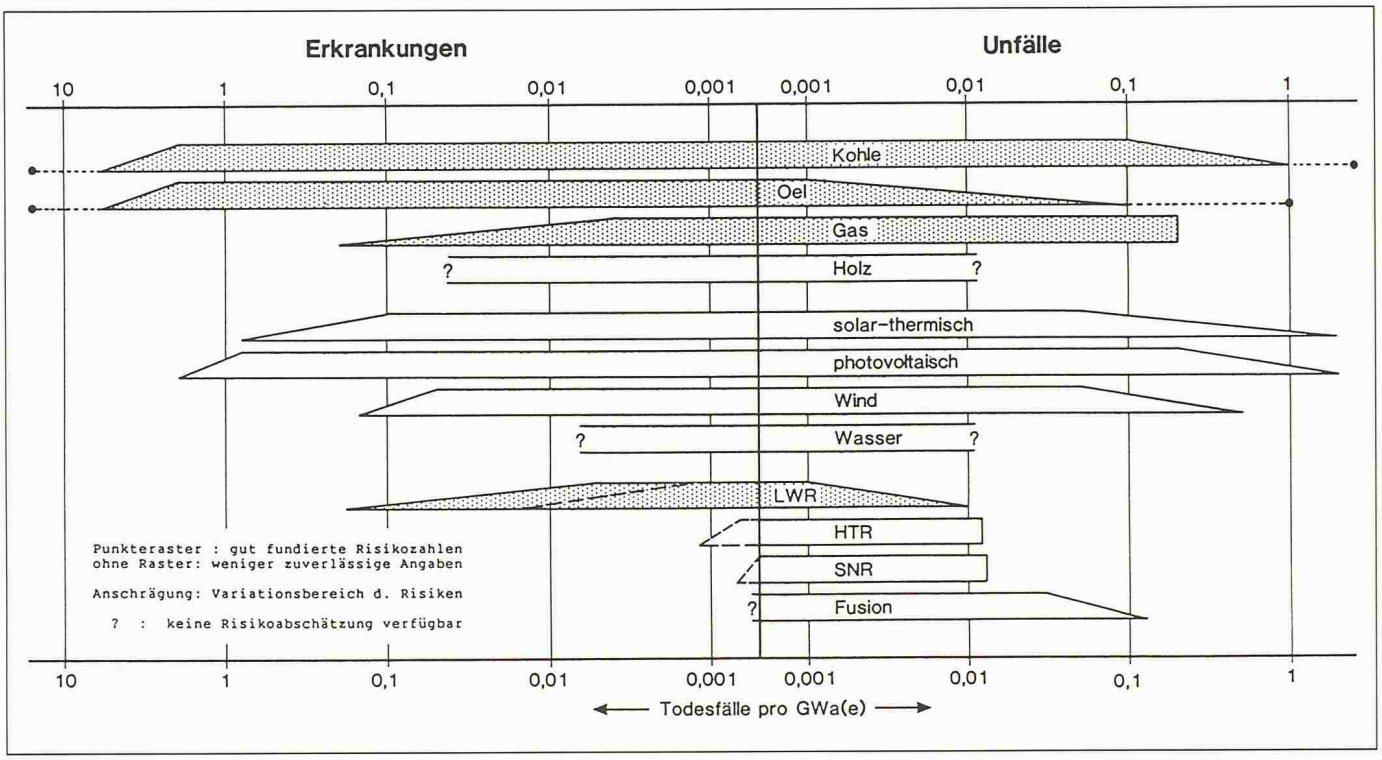



*Bild 2. Todesfallrisiko der Bevölkerung aus der elektrischen Energieerzeugung (alle Prozessstufen, ohne Grossunfälle)*

tion zum Einsatz gelangen, werden durch weitere technische Entwicklungen der Materialaufwand und damit auch die Gesundheitsrisiken zweifellos massgeblich verringert werden können, was allein schon aus wirtschaftlichen Gründen angezeigt ist. Eine Reduktion der Risiken um etwa eine Grössenordnung, wie dies notwendig wäre, um mit den Leichtwasserreaktoren gleichzuziehen, ist heute allerdings nicht abzusehen. Allein die fortgeschrittenen nuklearen Systeme Hochtemperaturreaktor (HTR) und Schneller Brutreaktor (SNR) versprechen noch niedrigere Unfallrisiken.

*Erkrankungsgefahren* für Berufsleute (Bild 1, linker Teil) bestehen vor allem bei der Kohlen- und Uranerzförderung, und zwar zufolge Pneumokoniose («schwarze Lunge») und radioaktiver Strahlung. Die Unterschiede im Todesfallrisiko sind nicht gross und davon abhängig, ob die jeweilige Förderung im Berg- oder im Tagbau geschieht. In veralteten Kohlengruben kann das Risiko allerdings noch um eine Grössenordnung höher sein. Auch hier versprechen die fortgeschrittenen Reaktorsysteme niedrigere Risiken als der Leichtwasserreaktor.

Alle anderen Energiesysteme weisen für die Berufsleute vergleichsweise kleine Erkrankungsrisiken auf, die mit Schadstoffimmissionen bei der Beschaffung von Grundmaterialien zusammenhängen. Die diesbezüglichen Risiken sind noch kaum abgeschätzt worden.

## Todesfallrisiken der Bevölkerung

Die Todesfallrisiken der Bevölkerung sind aus Bild 2 ersichtlich. *Unfallgefahren* (rechter Bildteil) gehen zur Hauptsache auf die jeweiligen Materialtransporte zurück. Dank dem kleinen Transportvolumen schneidet die Kernenergie mit einem um rund zwei Grössenordnungen kleineren Unfallrisiko weit günstiger ab als die Optionen Kohle und Erdgas. Beim Öl sind die Unfallrisiken stark von der Transportart abhängig. Pipelinetransport ist günstiger, andere Transportarten hingegen ungünstiger als die Transporte bei der Kernenergie. Auch hier kann erwartet werden, dass die Risiken bei den erneuerbaren Energien aufgrund der weiteren Entwicklung zu sparsamerem Materialgebrauch reduziert werden könnnen, schwerlich jedoch bis auf die Werte der Kernenergie. Für die Energiesysteme Wasser und Holz liegen leider keine Angaben vor.

Die routinemässigen Emissionen chemischer oder radioaktiver Schadstoffe bei der Grundmaterialerzeugung oder beim Energieerzeugungsprozess selbst sind für die Bevölkerung in der Umgebung der betreffenden Anlagen mit *Erkrankungsrisiken*, insbesondere mit Erkrankungen der Atemwege und mit Krebserkrankungen, verbunden. Massgebend ist die jeweilige *Dosis-Wirkungs-Beziehung*, also der Zusammenhang zwischen der Höhe der Schadstoffdosis und dem Ausmass der jeweiligen Schäden.

Insbesondere bei den chemischen Schadstoffen sind unsere diesbezüglichen Kenntnisse noch mangelhaft. Zudem hat man es bei den hier betrachteten Gesundheitsrisiken mit relativ kleinen bis kleinsten Dosen zu tun, deren Schadenwirkung gegenüber einem unterschiedlich hohen und variierenden «Untergrund» kaum einmal wird ausdrücklich nachgewiesen werden können, so dass man zur Formulierung einer Schadenhypothese gezwungen ist, die sich lediglich bei hohen Dosen auf die Erfahrungen abstützen kann. Diese Problematik wird in [3] ausführlicher dargelegt.

Den im linken Teil von Bild 2 aufgetragenen Todesfallrisiken ist die allgemein

**Literatur**

[1] Expertengruppe Energieszenarien (EGES): Energieszenarien: Möglichkeiten, Voraussetzungen und Konsequenzen eines Ausstiegs der Schweiz aus der Kernenergie, Hauptbericht EDMZ Bern, Februar 1988.

[2] Arbeitsgemeinschaft Basler & Partner - INFRAS: Risikobeurteilung von Energieversorgungssystemen; Konflikte und Wertungsfragen, in Nr. 21 der Schriftenreihe der EGES, EDMZ Bern, 1988.

[3] *Fritzsche, A. F.:* Gesundheitsrisiken von Energieversorgungssystemen; von der Kohle bis zu Energien der Zukunft und den Rohstoffen bis zur Entsorgung, Verlag TÜV Rheinland, 1988.

als vorsichtig geltende lineare Extrapolation der Schadenwahrscheinlichkeit von hohen Dosen ohne Schwellenwert bis hinunter zur Dosis null zugrunde gelegt worden. Diese sogenannte *lineare Hypothese* bildet die Grundlage der Strahlenschutzvorschriften aller Staaten und wird auch für Abschätzungen des Gesundheitsrisikos zufolge der Abgasemissionen aus Verbrennungsprozessen (unter Verwendung von $S0_2$ als Leitschadstoff) nahezu universell benutzt.

Das so bestimmte verzögerte Todesfallrisiko der Bevölkerung ist bei der Kernenergieerzeugung von ähnlicher Grösse wie beim Erdgas. Es ist jedoch um rund zwei Grössenordnungen kleiner als dasjenige bei den Optionen Kohle und Öl. Erneut darf angenommen werden, dass sich mit weiterer technischer Entwicklung die Erkrankungsrisiken der Bevölkerung bei den erneuerbaren Energien dem Risiko bei den Leichtwasserreaktoren annähern werden. Wiederum fehlen Angaben für die Energiesysteme Wasser und Holz.

Überblickt man diese Ergebnisse, so erscheint die Kernenergie durchaus nicht als eine besonders gefährliche Art, Elektrizität zu erzeugen, die es nahelegen würde, «aus der Kernenergie auszusteigen». Die Analyse der bisherigen Erfahrungen bei der Nutzung der bestehenden Alternativen zur Kernenergie und Abschätzungen der Risiken neuer Energiesysteme haben im Gegenteil gezeigt, dass die Kernenergieerzeugung fast auf der ganzen Linie, besonders aber für die Öffentlichkeit, kleinere Gesundheitsrisiken mit sich bringt.

Adresse des Verfassers: *A.F. Fritzsche*, Dr. Ing. SIA, Chesa Crast'Ota, 7504 Pontresina.

# Verkehr der Zukunft

## Konferenzen Berlin und San Diego

**Die Konferenzen «Verkehr 2000» von Berlin (September 1988) und «Advanced Technologies in Transportation» von San Diego/Kalifornien (Februar 1989) werden miteinander verglichen. In San Diego wurden weitgehend technische Fragen erläutert - in Berlin auch Grundsatzfragen von Verkehr und Umwelt. In der Entwicklung der «intelligenten» Strasse und des «intelligenten» Autos dürften die Europäer an der Spitze stehen, gefolgt von den Japanern und den USA. Die Berliner Konferenz wurde von über tausend vorwiegend europäischen Teilnehmern - darunter 30 Schweizern - besucht, jene in San Diego von 300 Fachleuten vor allem aus den USA und Japan. Die Schweiz war nur durch den Schreibenden vertreten, obschon die Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI) als Mitunterzeichner in der Einladung mitwirkte. Welche Gemeinsamkeiten und Differenzen waren feststellbar?**

VON EUGEN H. JUD, ZÜRICH

### Berlin: 800 automatisierte Autos und Grundsatzfragen

Die Berliner Tagung behandelte traditionelle Themen wie

- Strassenbau (u.a. «Flüsterasphalt»)
- Sicherheit und Leistungsfähigkeit
- Verkehrsmodelle, Verkehrsreduktion, Parkraumpolitik etc.

Dazu kamen aber auch High-Tech-Projekte, von denen das spektakulärste an Ort und Stelle besichtigt werden konnte. Es handelt sich um den ersten Versuch mit dem Projekt LISB (Leit- und Informationssystem Berlin), bei welchem der einzelne Autofahrer sein Fahrziel in ein im Wagen installiertes Navigationsgerät eingeben kann. Er wird dann vom zentralen Leitcomputer der Stadt mittels im Auto installiertem Bildschirm und Lautsprecher von Kreuzung zu Kreuzung auf die optimale Fahrtroute verwiesen. 800 Westberliner- Autos und 240 Kreuzungen sind mit den nötigen Installationen versehen. Das System dürfte dem einzelnen Fahrer - und allenfalls der Umwelt - auf denjenigen Strassennetzen am meisten bringen, welche echte (und politisch akzeptierte!) Umfahrungsrouten anbieten. Das LISB-Projekt geniesst im Rahmen der europäischen Forschungsprogramme DRIVE und PROMETHEUS einen hohen Stellenwert und findet weltweite Beachtung. Obschon vorwiegend von auto-orientierten Organisationen finanziert, behandelte die Konferenz auch Fragen des öffentlichen Verkehrs und - unter grosser Anteilnahme des Publikums - solche des Umweltschutzes. Zu ungewollten Ehren kam Vizedirektor Ernst Joos von den Zürcher Verkehrsbetrieben, als er anhand von Statistiken nachwies, dass die höchste ÖV-Treue Europas in der Limmatmetropole gemessen wird. Selbst die Berliner Boulevardpresse wurde nicht müde, am nächsten Tag die Errungenschaften Zürichs zu loben. Spontanen Applaus erntete ETH-Professor Martin Rotach, als er an der feierlichen Schlussversammlung erklärte, er wünsche sich nicht primär die «intelligente» Strasse oder das «intelligente» Auto, sondern den intelligenten Menschen.

### San Diego: High-tech und ungebrochene Autogläubigkeit

Demgegenüber wurden in San Diego wenig Grundsatzfragen gestellt. Unter anderem wurden behandelt:

- Expertensysteme in Projektierung, Bau, Betrieb und Unterhalt
- Navigations- und Leitkonzepte für Autos
- Computerunterstützte Planung und Projektierung
- Roboter und Automation in den Bereichen Bau und Unterhalt von Anlagen und Fahrzeugen
- On-line-Leitsysteme im öffentlichen und im privaten Verkehr einschliesslich Autobahnüberwachung
- Sensortechnik in Anlagen und Fahrzeugen einschliesslich automatische Fahrzeugidentifikation sowie Bildauswertung.

Man erhielt den Eindruck, dass in den meisten der obgenannten Bereiche Europa führend ist (DRIVE/PROMETHEUS), gefolgt von Japan und den USA. Es existiert ein umfassender Tagungsband. Einige Konferenzbeiträge werden im «Journal of Transportation Engineering» der American Society of Civil Engineers, New York, publiziert.