

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizer Ingenieur und Architekt
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	108 (1990)
<b>Heft:</b>	23
<b>Artikel:</b>	Vom Umgang mit Risiken: Stellungnahme zu R. Bühler: Kernenergie und Risiko
<b>Autor:</b>	Fuchs, Hans
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-77448">https://doi.org/10.5169/seals-77448</a>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Vom Umgang mit Risiken

Stellungnahme zu R. Bühler: Kernenergie und Risiko, «Schweizer Ingenieur und Architekt – SIA» (1990), Nr. 10, Seiten 260–265

In seinem Artikel macht *R. Bühler* den loblichen Versuch, Anstösse zur «Entkrampfung» der Risikobeurteilung im

VON HANS FUCHS,  
BADEN

allgemeinen und der Kernenergie-Diskussion im besonderen zu geben.

Leider muss der Versuch als misslungen bezeichnet werden: Der Artikel ist ein Schulbeispiel dafür, dass komplexe Fragestellungen nicht mit einer verworrenen Methodik beantwortet werden können. Zudem sind die Aussagen über Risiken von schweizerischen Kernkraftwerken mehr als nur fehlerhaft. Konsensfindung erfordert von allen Beteiligten ehrliche Anstrengungen zur klaren Trennung und Darstellung von Sachverhalten, Meinungen und Wertmaßstäben!

## Risikobeurteilung in einer Luxusgesellschaft

*R. Bühlers* Bemerkungen über die Risiken in einer Mangel- bzw. Wohlstandsgesellschaft bedürfen folgender Ergänzung:

Während der Grossteil der gut 5 Milliarden Erdenbewohner sich wie eh und je den realen Risiken des Kampfes ums tägliche Brot aussetzen muss, meinen viele Kreise in den Luxus-Industrienationen, sie könnten sich folgenlos alle – auch nur theoretische – Risiken vom Leibe halten. Man wehrt sich gegen Verkehrsinfrastrukturen, Chemieanlagen, Abfälle aller Art einschliesslich deren Behandlungsanlagen, Kraftwerke fast aller Art, Übertragungsleitungen, Gentechnologie usw. Dass sich die Luxusgesellschaften damit ihren Niedergang programmieren, könnte als bewusster Entscheid noch verstanden werden (schon der Hans im Schnägglech wollte nicht, was er hatte ...). Weniger Verständnis dürften die dadurch hauptsächlich betroffenen Armen im eigenen Land haben – nicht zu reden von denjenigen in der Dritten Welt ... Dazu kommt noch, dass wir Industrieländer als Hauptverursacher des Treibhauseffektes (schon vor und auch noch nach dem Niedergang) gerade diese Ärmsten einer grossen Gefährdung aussetzen!

Fazit: Wir müssen lokal globalgerecht handeln; rein schweizerisch-insulare Entscheide über Risiken sind in den meisten Fällen nicht mehr verantwortbar (die EGES-Energieszenarien und unser Umweltverträglichkeitsritual, das den Treibhauseffekt nicht berücksichtigt, sollten die letzten diesbezüglichen Fehlleistungen gewesen sein!). Und: Die Zeitbombe «Weltbevölkerungsexplosion» tickt unaufhaltsam weiter...

## Objektive Fakten – Subjektive Wertung?

*R. Bühler* überträgt offenbar die Heisenbergsche Unschärferelation («die Wirklichkeit an sich gibt es nicht, sie hängt vom Beobachter ab») aus dem subatomaren Bereich auf unsere makroskopische Welt und sagt: «Jede wissenschaftliche Aussage ist mit dem Standpunkt und dem Bewusstsein des Beobachters verknüpft.»

Gute Nacht, Wissenschaft! Wenn er wenigstens «wissenschaftliche» weggelassen hätte ... Und dann weiter: «In kontroversen Problemkreisen, wie beispielsweise der Kernenergie, sind die Aussagen nicht mehr von demjenigen zu trennen, der die Aussage macht».

Bin ich hoffnungslos altmodisch, wenn ich meine, dass sich gerade bei kontroversen Fragestellungen (zumindest wenn sie so konkret und wichtig sind wie die Energieversorgung) alle Beteiligten so redlich wie möglich bemühen sollten, die Fakten/Sachverhalte von blosen Meinungen/Vermutungen und Wertmaßstäben/Beurteilungen zu trennen?

## Partnerschaftliche Risikoentscheidungen?

*R. Bühler* schlägt vor, dass die «von den Technologiefolgen betroffene Bevölkerung» in den Risikobeurteilungsprozess eingebunden werden sollte, wobei nicht nur die direkten Wirkungen auf Mensch und Umwelt, sondern auch der «geistig-seelische Bereich» zu berücksichtigen wäre. Als Ingenieur realisiert er dann aber selbst, «dass in der praktischen Ausführung nicht alle Wirkun-

gen bis ins Detail ermittelt werden können».

Ich sehe bei dem vorgeschlagenen Dialog durchaus positive Aspekte, bezweifle aber, ob man angesichts der genannten realen Umstände damit über irgendein grösseres Projekt einen Konsens herstellen kann. Stichworte dazu:

- Ein Rechtsstaat muss sich an eine gewisse Hierarchie von Gesetzen/Regeln/Verantwortlichkeiten halten. Eine reine Betroffenheitsdemokratie verunmöglicht alle grösseren Anlagen, die im gemeinsamen Interesse liegen. Zu prüfen wären allerdings klare kompensatorische Regelungen für direkt Betroffene.
- Die Genehmigungsverfahren in der Bundesrepublik Deutschland schliessen eine weitgehende Partizipation ein. Nach meinen Erfahrungen mit solchen Erörterungs- und Gerichtsverfahren grenzt es aber an ein Wunder, wenn dabei in irgendeinem Punkt ein Konsens erzielt wird.
- Selbst die Erarbeitung von Studien in Zusammenarbeit zwischen Kernenergiegegnern und Gutachtern verlief enttäuschend: Die Modellstudie «Radio-Ökologie Biblis» brachte außer viel Papier nur wenig Konsens, und die Phase B der Deutschen Risikostudie scheiterte beinahe (vgl. weiter unten).
- Die Medien verstärken den latenten Hang zur Polarisierung in kontroversen Gebieten: Die Mediokratie will den «Boxkampf», nicht den Konsens ...
- Während wir die Zeit verreden, erwärmt sich die Atmosphäre weiter, und es verhungern weitere Millionen ... Deren Interessen sollten z.B. in Kodex-Form in solche Entscheidungsverfahren einfließen!

## Ergebnisse von Risikoanalysen für Kernkraftwerke

### Wahrscheinlichkeit von Kernschmelzunfällen

*R. Bühler* zweifelt die mittels Risikoanalysen ermittelten Wahrscheinlichkeiten für einen Kernschmelzunfall mit drei Argumenten an:

- a) Sabotage und vorschriftswidrige Eingriffe des Personals seien nicht berücksichtigt.
- b) In einer Vergleichsrechnung eines Notspeisesystems eines französischen Reaktors durch verschiedene Gruppen hätten sich die extremsten Ergebnisse für die Ausfallwahr-

scheinlichkeit um einen Faktor 50 unterschieden.

- c) Amerikanische Ergebnisse für die Wahrscheinlichkeit eines Kernschmelzunfalles ergäben Größenordnungen von  $10^{-3}$  bis  $10^{-6}$  pro Reaktorjahr. Der Wert für Beznau betrage  $1,7 \cdot 10^{-3}$ .

*Zu a:* Kernkraftwerke erschweren von ihrer Grundauslegung her Sabotage- und analoge Eingriffe [1], zudem sind aufwendige spezifische Schutzmassnahmen vorhanden. Der Risikobeurteilung durch solche Eingriffe wird deshalb als gering eingeschätzt (und durch die bisherige Erfahrung bestätigt).

*Zu b:* Die Unterschiede betrafen v.a. die Modellierung des menschlichen Verhaltens bei dem isoliert untersuchten System. Bei der Analyse einer ganzen Reaktoranlage kann das menschliche Verhalten dagegen auf eine grössere Erfahrungsbasis abgestützt werden; damit werden die Unterschiede in den Bewertungen automatisch kleiner – zudem heben sich Differenzen bei Einzelsystemen im Gesamtergebnis teilweise auf.

*Zu c:* Die Unterschiede in den ermittelten Wahrscheinlichkeiten reflektieren nicht nur «schwarze» und «weisse» Schafe, sondern auch unterschiedliche Bearbeitungstiefen [2] der Risikoanalysen. Der für Beznau zitierte Wert stammt von einer Voruntersuchung, die zum Ziel hatte, die Schwerpunkte für die Vertiefung der Risikoanalyse festzulegen. Der Wert ist seither kleiner geworden, wozu natürlich auch die Nachrüstmassnahmen beitragen.

## Auswirkungen von Kernschmelzunfällen

Die Darlegungen von R. Bühler verschleieren den Zusammenhang zwischen den oben zitierten Wahrscheinlichkeiten für ein Kernschmelzen und dem Spektrum von Auswirkungen:

In Wirklichkeit haben die meisten Kernschmelzunfälle keine merklichen Auswirkungen nach aussen (Beispiel Three Mile Island 1979). Nur in einem sehr kleinen Prozentsatz der Fälle wurden z.B. in der Phase A der Deutschen Risikostudie [3] grosse Aktivitätsfreisetzung errechnet, die bei Zusammentreffen mit einer ungünstigen Wetterlage zu einem Horrorszenario führen könnten.

Trotzdem hat man sich in der Phase B der Deutschen Risikostudie [4] auf die Frage konzentriert, wie man Schadenszustände und Kernschmelzen vermeiden kann (Stichworte: Accident Management, spezielle Nachrüstungsmassnahmen).

Demgegenüber unterblieb eine detaillierte Untersuchung des Überganges von Schadenszuständen zu Kernschmelzen und Freisetzung; die Freisetzung sind deshalb «lediglich abgeschätzt» [4].

R. Bühler irrt, wenn er schreibt, die in [4] für sehr schwere Kernschmelzunfälle ermittelte Menge an freigesetzten langlebigen Spaltprodukten sei «ungefähr eine Größenordnung höher als der 1979 [3] veröffentlichte Wert». Für das massgebliche langlebige Isotop Cs-137 findet man 1979 den Freisetzunganteil 0,5 und 1989 die Schätzung 0,5-0,9... (beides ist natürlich viel zu viel!).

R. Bühler übersieht auch grosszügig den Satz in [4]: «Selbst wenn unrealistisch angenommen würde, dass der Sicherheitsbehälter (Containment) keinerlei Rückhaltefunktionen besitzt, ergäbe sich in Phase B (nur) etwa die gleiche Häufigkeit für massive Spaltproduktfreisetzung» wie in Phase A. Amerikanische Risikoanalysen zeigen zudem, dass eine Ermittlung der Freisetzung nach dem heutigen Stand zu viel kleineren Werten führt. Insgesamt besteht also *kein* Grund zu R. Bühlers Argwohn, die zitierten Risikoanalysen würden das Risiko *unterschätzen* – im Gegenteil!

Noch eine Bemerkung zur Deutschen Risikostudie bzw. zu der «Effizienz» der Konsensfindung: Die Phase A wurde von 1976 bis 1979 abgewickelt; für die Phase B sah man vor [3]: «möglichst breite Mitarbeit verschiedener qualifizierter Gruppen, auch solcher, die der Kernenergie skeptisch gegenüber stehen». Die Phase B dauerte dann von 1981 bis 1990, und erst noch ohne Freisetzungswerte nach heutigem Stand ...

## RBMK-(Tschernobyl-)Reaktoren im Vergleich mit schweizerischen Kernkraftwerken

R. Bühler behauptet, die viel bessere Einschätzung der Sicherheit unserer Leichtwasserreaktoren gegenüber den Tschernobyl-Reaktoren beruhe nur auf «subjektiver, zahlenmäßig nicht belegter Beurteilung».

Geht man von den Geburtsgebrechen der Fehlkonstruktion RBMK aus, nämlich dem bei kleineren Leistungen positiven Leistungskoeffizienten («superjähzorniger Charakter») und dem ungenügenden, zum Teil kontraproduktiven Schnellabschaltsystem, so bräuchte es ausserordentliche Merkmale, um eine Gesamtbeurteilung «genügend» zu ermöglichen. Leider muss man aber

viele weitere Mängel und Verstöße gegen anerkannte Sicherheitsregeln feststellen, so dass R. Bühler wohl der erste wäre, der dem RBMK eine bessere Note als «völlig ungenügend» (Stand 1986) gibt!

R. Bühler führt an, die *Leistungsdichte* im RBMK sei etwa 20mal *tiefer* als bei unseren Druckwasserreaktoren. Das trifft etwa zu (ich rechne gut 4 kW/l), wenn man den gesamten RBMK-Kern berücksichtigt. Für die Aufheizgeschwindigkeit der Brennelemente (und der Hüllen!) bei den interessierenden schnellen Transienten spielen aber nur die RBMK-Druckrohre (die die Brennelemente enthalten) eine Rolle.

Berücksichtigt man nur diese, dann bekommt man rund 55 kW/l – also etwa so viel, wie bei einem westlichen Siedewasserreaktor. Die höchst belasteten Druckrohre weisen etwa 85 kW/l auf, liegen also nahe bei einer Druckwasserreaktor-Leistungsdichte! Dass schliesslich der Tschernobyl-Reaktor wegen eines sich innert *Sekunden* abspielenden Reaktivitätsunfalls zerstört wurde, und nicht wegen eines Kernschmelzens (Massstab: Stunden), sollte R. Bühler doch endlich zur Kenntnis nehmen .... (einfache Erläuterungen gibt [5]).

R. Bühler behauptet dann, dass sowohl beim RBMK wie bei westlichen Reaktoren das Containment (soweit vorhanden) eine radioaktive Verseuchung der Umgebung nicht verhindern könne. Dass das Containment von Three Mile Island trotz weitgehend geschmolzenem Kern die Umgebung schützen konnte, war kein Zufall – werden westlicheContainments doch auf die Belastungen bei einem Bruch einer Hauptleitung (rund 500-800 mm Durchmes-

## Literatur

- [1] Fuchs H.: Zur Bedeutung des Schutzes gegen Sabotage innerhalb des generellen Schutzkonzeptes von Kernkraftwerken; Bulletin SEV/VSE, Band 70 (1979), Nr. 1, Seiten 17-20
- [2] Fuchs H., Miteff L.: PRA – to what depth? (The «bed of nails» effect); Fifth International Meeting on Thermal Nuclear Reactor Safety, Karlsruhe, September 9-13, 1984, Seiten 1919-1925
- [3] Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke, Verlag TÜV Rheinland, Köln 1979
- [4] Gesellschaft für Reaktorsicherheit, Köln: Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke, Phase B, Kurzfassung, Juni 1989
- [5] Fuchs H.: Sicherheit von Kernreaktoren zur Energieerzeugung – Rückblick und Ausblick, «Schweizer Ingenieur und Architekt – SIA» (1989), Nr. 23, Seiten 612-617

ser) ausgelegt und nicht nur partiell auf den Bruch *eines* Druckrohres (80 mm Durchmesser) wie beim RBMK!

Schon weiter oben habe ich erwähnt, dass die Phase B der Deutschen Risikostudie *keine* Freisetzungsberechnungen enthält. R. Bühler sollte deshalb nicht behaupten, der sogenannte «Hochdruck-Pfad» könnte zu grösseren Freisetzungen als bei Tschernobyl führen.

Das «Herbeiholen» von Tschernobyl via «auch bei uns nicht ausgeschlossenes menschliches Fehlverhalten» möchte ich schliesslich als billige Masche bezeichnen (Tschernobyl: Gefährliche Fehlkonstruktion, betrieben von schlecht Ausgebildeten unter den schlechten Bedingungen des Real-Sozialismus). In das gleiche Kapitel fällt auch die manipulatorische Verwendung von Daten von Fritzsche im Bild 2 durch R. Bühler.

## Schlussfolgerungen

- Der Dialog über technische Risiken sollte zweifelsohne verstärkt werden. Eine Chance zur Konsensführung besteht aber nur dann, wenn alle Beteiligten sich redlich bemühen, die objektiven Fakten transparent herauszuarbeiten und die Meinungen und Wertmaßstäbe offen zu deklarieren.
- Die Kernenergiediskussion kann nicht isoliert von den gravierenden Weltproblemen geführt werden; die Industrieländer werden globalgerecht handeln müssen, statt nur zu reden. Vermehrte Kernenergienutzung könnte *ein* Beitrag gegen die Klimakatastrophe sein.
- Entgegen den Behauptungen von R. Bühler gibt es *keine* Anzeichen, dass die Risiken von Kernkraftwerken bisher

unterschätzt wurden. Neuere, eingehende Analysen weisen im Gegenteil darauf hin, dass die Risiken kleiner sind oder durch besondere Massnahmen *kleinergemacht* werden können.

- Die Sicherheit von Kernreaktoren ist hingegen keine Selbstverständlichkeit, sondern bedarf dauerhafter Anstrengungen.

Wenn aber auch im ehemaligen Ostblock den etablierten Reaktor-Sicherheitsgrundsätzen Nachachtung verschafft und zudem weltweit die Sicherheit weiterhin als Daueraufgabe betrachtet wird, bestehen gute Chancen, dass der Tschernobyl-Unfall ein einmägiger Sündenfall bleibt.

Adresse des Verfassers: Hans Fuchs, Dr. sc. techn., COLENCO AG, Parkstrasse 27, 5401 Baden.

# Kernenergie und Risiko

Entgegnung zu R. Bühler, «Schweizer Ingenieur und Architekt» (1990), Heft 10/90, Seiten 260–265

Der Artikel von R. Bühler enthält einige bemerkenswerte Gedanken und Anregungen zur gesellschaftlich wichtigen

von Andreas F. FRITZSCHE,  
PONTRESINA

Frage der Risikobeurteilung und -bewältigung, anderseits entstellt er jedoch gewisse Fakten derart, dass zumindest einige Richtigstellungen angebracht werden müssen.

In einem ersten Teil versucht Bühler eine Brücke von den Erkenntnissen der Quantentheorie zum sozialen Verhalten des Menschen zu schlagen um die heute in gewissen Kreisen so beliebte These zu belegen, wonach ohnehin «alles nur subjektiv» ist, um es etwas sahopp auszudrücken. Dem Schreibenden kommt diese Verknüpfung zwar reichlich abstrus vor, die Frage kann aber getrost den Philosophen überlassen bleiben.

Etwas konkreter werdend, stellt Bühler dann richtigerweise fest, dass Risikoanalysen und -vergleiche nur Entscheidungshilfen sind für eine Entscheidungsinstanz, welche die fragliche Gefahrensituation wertend beurteilen muss. Und da genügt es nicht, den möglichen Schaden lediglich nach der Zahl der Todesfälle zu messen. Es müsste im weitesten Sinn das *Wohlbefinden des Menschen* mit all seinen Verknüpfungen körperlicher, seelischer und sozialer Art, ebenso wie jene mit seiner Umwelt in positivem (Nutzen) wie in nega-

tivem (Schaden) Sinn berücksichtigt werden. Mit diesem Wunschziel könnte sich wohl jedermann identifizieren. Ist es aber nicht gar etwas unbescheiden, ein solches Ideal zur (Minimal-?) Forderung für die Bewältigung eines anstehenden Gefahrenproblems zu erheben, wenn man weiss, wie schwierig es ist, nur schon aller Aspekte des ganz direkten Nutzens eines beabsichtigten Vorhabens habhaft zu werden?

## Risikoanalysen

Was Bühler dann konkret über Risikoanalysen von Kernkraftwerken, Wahrscheinlichkeiten und Kernschmelzunfälle schreibt, ist unzulässig. In dieser Kürze kann diese komplexe Materie nicht adäquat abgehandelt werden, schon gar nicht, wenn man sich um Ausgewogenheit bemühen wollte. Es wäre dringend zu wünschen, dass der «Schweizer Ingenieur und Architekt» im Rahmen der vorliegenden Artikelsei-rie «Sicherheit und Risiko» von einem ausgewiesenen Fachmann eine fundierte Darstellung der Risikoanalyse im Bereich der Kernenergie publizieren würde. (Dies wird beabsichtigt, Red.) An dieser Stelle können nur einige der aufälligsten Ausrutscher Bühlers ange schnitten werden.

Um «nachzuweisen», dass die in einer Risikoanalyse bestimmte Kernschmelzwahrscheinlichkeit ausserordentlich unsicher ist, zitiert Bühler Ergebnisse

für die verschiedensten Anlagen mit Werten, die von  $1,5 \cdot 10^{-3}$  bis  $4 \cdot 10^{-6}$  pro Reaktorjahr reichen. Er hält es nicht für relevant, dazu zu sagen, dass das Ergebnis einer Risikoanalyse wesentlich von den zahlreichen getroffenen Annahmen abhängt und auch ausserordentlich anlagen spezifisch ist. Die Werte, die er zitiert, beruhen auf unterschiedlichen Voraussetzungen und gelten für die verschiedensten Anlagen, so etwa für solche, die vor 20 Jahren gebaut wurden, als auch für modernste Anlagen. Einzelne Zahlen gelten auch für den Zustand einer Anlage, bevor die durch die Risikoanalyse aufgezeigten Schwachstellen korrigiert wurden, andere für den Zustand nach entsprechend vorgenommenen Verbesserungen. Derart oberflächlich darf ein Einzelergebnis einer Risikoanalyse nicht präsentiert werden. Solche Zahlen (bottom line figures) stellen ja auch keineswegs die wichtigsten Ergebnisse einer Risikoanalyse dar. Viel wichtiger ist die aus dem Prozess hervorgehende Schwachstellenidentifikation, die gegebenenfalls auf notwendige Verbesserungen aufmerksam macht.

## Risiko

Obschon Bühler anerkennt, dass die Gefährdung durch ein Kernkraftwerk gleichzeitig durch die zwei Komponenten *Schadensausmass* und *Wahrscheinlichkeit* bestimmt wird, diskutiert er diese beiden Komponenten dennoch völlig losgelöst voneinander. Er stellt fest, dass gemäss der Deutschen Risikostudie (Phase B) bei einem schweren Unfall an einem Leichtwasserreaktor westlicher Bauart deutlich mehr Radio-