

**Zeitschrift:** Energie & Umwelt : das Magazin der Schweizerischen Energie-Stiftung SES

**Herausgeber:** Schweizerische Energie-Stiftung

**Band:** - (1992)

**Heft:** 1

**Artikel:** Sicherheitsnachweise zum AKW Mühleberg nicht überzeugend

**Autor:** Benecke, Jochen / Martini, Ullrich

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-586095>

#### **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:** 30.12.2025

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

# Sicherheitsnachweise zum AKW Mühleberg nicht überzeugend

**Anlaß dieses Artikels ist das Gesuch der Bernischen Kraftwerke AG auf Erteilung einer unbefristeten Betriebsbewilligung für das Kernkraftwerk Mühleberg und auf Genehmigung einer Leistungserhöhung um rund 10 Prozent.**

Das Kernkraftwerk Mühleberg ist seit knapp zwanzig Jahren, seit November 1972, in kommerziellem Betrieb und hatte bisher keine unbefristete Betriebsbewilligung, sondern nur befristete Betriebsbewilligungen.

Die hier aufgeworfenen Fragen betreffen einerseits bestimmte Verläufe schwerer Unfälle und deren Behandlung im Sicherheitsbericht sowie in der anlagenbezogenen probabilistischen Sicherheitsanalyse "MUSA", andererseits technische Details der Anlage, die bei der Lektüre des Sicherheitsberichts auffallen und die zum Teil im Licht der beantragten Leistungserhöhung zu bewerten sind.

## Rekritikalität (Reaktor wird wieder kritisch)

Zu den eingangs erwähnten schweren Unfällen zählt ein Kernschmelzunfall, der durch eine geplante Notfallmaßnahme (Accident Management) dramatisch verschlimmert wird: Ein Siedewasserreaktor kann, nachdem der Reaktorkern infolge eines unbeherrschbaren Kühlmittelverlustes zerstört wurde, wieder kritisch werden, das heißt, die nukleare Kettenreaktion kann wieder anlaufen. Dies geschieht in fünf Stufen:

- Kühlmittelverlust
- Der Kern trocknet aus.
- Brennstoff und Kontrollstäbe heißen sich auf.
- Das Material der Kontrollstäbe schmilzt aus dem Kern heraus.
- Der Kern wird mit Wasser geflutet;

dies kann vor oder nach dem Einsetzen der Brennstoffzerstörung stattfinden.

So etwas könnte zum Beispiel passieren, wenn die Kühlung des Reaktors durch einen Stromausfall vorübergehend ausfällt und, nach Behebung des Stromausfalls, die Bedienungsmannschaft als Notfallmaßnahme den Reaktorkern flutet. Warum kann es zur Rekritikalität kommen? Der Grund ist, daß das Absorbermaterial aus den Brennstäben herausschmelzen kann, weil Borkarbid, das Absorbermaterial, einen niedrigeren Schmelzpunkt als das Material der Brennstäbe hat. Die Rekritikalität des Kerns wird dann durch das Fluten des Kerns, eine Maßnahme des Accident Management, verursacht, weil Wasser als Moderator wirkt: Die bei der Kernspaltung entstehenden schnellen Neutronen werden durch das Wasser abgebremst. Weil langsame Neutronen mit einer größeren Wahrscheinlichkeit eine Kernspaltung auslösen als schnelle, bedeutet Wasserzufuhr eine Erhöhung der "Reaktivität", unter Umständen eben bis zur Kritikalität des spaltbaren Materials.

Wenn die Überreste des Reaktorkerns wieder kritisch werden, steigt die Wärmeproduktion pro Zeiteinheit vom relativ niedrigen Wert der Nachfallswärme auf den beängstigend hohen Wert von 15% bis 20% der Nennleistung des Reaktors an. Das Durchschmelzen des Fundaments und wahrscheinlich der Einsturz des Reaktorgebäudes wären die Folge.

Es kann auch nicht ausgeschlossen werden, daß der Anstieg der Reaktorleistung in sehr kurzer Zeit so stark ist, daß der Kern explodiert und Bruchstücke das Containment "verletzen". Die übliche Abwehrmaßnahme gegen Rekritikalität ist, boriertes Wasser in den Reaktor einzuspeisen. Bor absorbiert die Neutronen und kann deshalb die Kettenreaktion unterbrechen. Man muß also Klarheit über die Effi-

zienz der Borierungsmaßnahmen haben. Nun besitzen aber gerade Siedewasserreaktoren kein schnelles Borvergiftungssystem.

Dieses Problem wird von der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) des Bundesamts für Energiewirtschaft ignoriert, obwohl es in der internationalen Diskussion als ungelöst gilt. (Die HSK gibt Empfehlungen, auf die sich der Bundesrat stützt.) Der "Stand der Kunst" wird z.B. im Oak Ridge National Laboratory in Tennessee folgendermaßen eingeschätzt: Während es im Moment nicht sinnvoll sei, quantitative Rechnungen anzustellen (der derzeitige Kenntnisstand läßt keine definitiven Ergebnisse erwarten), könne aus den bisherigen Berechnungen gefolgt werden, daß Abwehrmaßnahmen gegen Rekritikalität wünschenswert sind.

## Frühes Versagen des Sicherheitsbehälters

Katastrophale Freisetzungen von Radioaktivität sind zu befürchten, wenn bei einem Kernschmelzunfall das Containment (d.h. der Sicherheitsbehälter) frühzeitig versagt. Ein Unfallpfad, der zur frühzeitigen Zerstörung des Containments führt, besteht aus den folgenden Schritten: Ein Teil des geschmolzenen Kerns durchschmilzt den Boden des Reaktordruckgefäßes und stürzt in den "Containment-Sumpf" ab. Falls letzterer Wasser enthält, kann es zu einer Dampfexplosion kommen, ein wegen seiner Heftigkeit gefürchteter Verlauf.

Dampfexplosionen stellen eine große Bedrohung dar, weil sie die gewaltige in der Schmelze enthaltene thermische Energie zumindest teilweise freisetzen können. Dies geschieht durch folgenden Mechanismus: Die Schmelze kommt in Kontakt mit Wasser. Dabei bildet sich auf ihrer Oberfläche eine dünne Dampfschicht aus, die zunächst

den Schmelzetroppen isoliert. Wenn dann aber die Dampfschicht reißt, verdampft das Wasser schlagartig. Dies führt zu einer Druckwelle, die die Dampfschicht anderer Tropfen zerstört, mit der Folge einer Dampfexplosion. Teile der Reaktoreinbauten können sich dabei in Geschosse verwandeln, die die Stahlhülle des Containments durchlöchern. Außerdem kann bei einer weiteren Dampfexplosion, falls zusätzliches Kernmaterial aus dem Reaktordruckgefäß austritt, geschmolzener Brennstoff gegen die Stahlhülle geschleudert werden, so daß diese an besonders gefährdeten Stellen durchschmilzt und Radioaktivität austreten kann.

### Probabilistische Sicherheits- (Risiko-)Analysen

Die Bernischen Kraftwerke AG hat von einem amerikanischen Ingenieurbüro eine probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) anfertigen lassen. Diese Studie, die Mühleberg-Sicherheitsanalyse (MUSA), soll zeigen, daß der Sicherheitsstandard von Mühleberg dem einer heute genehmigungsfähigen Neuanlage entspricht. Allerdings ist die Verwendung einer solchen Studie in einem Genehmigungsverfahren umstritten. Der Deutsche Bundestag erklärt: "Probabilistische Risikoanalysen sind wegen ihrer noch nicht ausreichenden Belastbarkeit kein Gegenstand des atomrechtlichen Genehmigungsverfahrens in der Bundesrepublik Deutschland."

Wegen der großen Ungenauigkeiten kann die Wahrscheinlichkeit eines schweren Unfalls auf seriöse Weise nicht bestimmt werden. Die Bernischen Kraftwerke AG und die HSK schätzen die Bedeutung der PSA sehr hoch ein. Dabei ist sie aber bestenfalls nur eine Art Alarmglocke. Sie ist aus prinzipiellen Gründen ungeeignet, "Entwarnung" zu signalisieren. Das liegt an ihrer mangelnden Vollständigkeit: Es ist ganz einfach unmöglich "alle denkbaren Unfallabläufe" zu erfassen, wie die HSK sich das vorstellt. Darüber hinaus zeigt die MUSA-Studie besondere Schwächen:

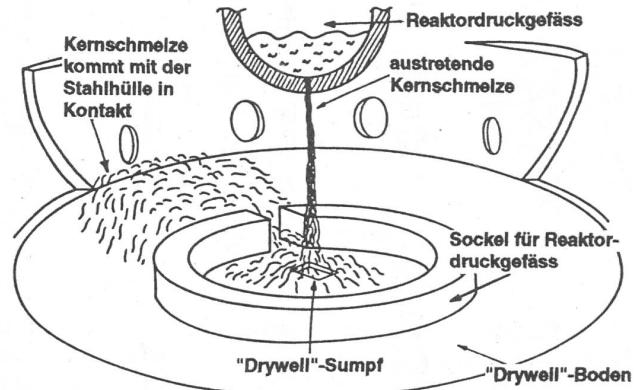
- Der beschriebene Rektritikalitätsunfall ist nicht einmal erwähnt, obwohl eine internationale Diskussion

darüber im Gange ist.

– Im Zusammenhang mit frühem Containment-Versagen wird die Möglichkeit einer Dampfexplosion nicht in Betracht gezogen.

Ein Unfallpfad, der in der MUSA angesprochen wird, besteht in der Bildung von Wasserstoff und dessen Verpuffung oder gar Detonation. Der Wasserstoff entsteht, wenn bei einem Kernschmelzunfall Kühlwasser mit Zirkonium reagiert, das in Siedewasserreaktoren in großer Menge vorhanden ist. Für die MUSA und die HSK stellen aber auch

**Ausbreiten von geschmolzenem Kernmaterial bei einem Kernschmelzunfall. Der Drywell-Sumpf ist in Mühleberg größer als hier gezeichnet, doch kann auch er die Ausbreitung der Kernschmelze nicht verhindern.**



Wasserstoffexplosionen kein Problem dar, obwohl ein Blick in die Protokolle der internationalen Sicherheitskonferenzen zeigt, daß kein Konsens darüber besteht, ob die existierenden Simulationsprogramme in der Lage sind, die Verteilung des Wasserstoffs im Reaktorgebäude zu berechnen. Es können sich "Taschen" bilden, in denen die Wasserstoffkonzentration gefährlich hoch wird.

Uns ist schleierhaft, wie sich die schweizerische Aufsichts- und Genehmigungsbehörde HSK im Hinblick auf die beabsichtigte Betriebsbewilligung mit der MUSA zufrieden geben kann.

### Höheres Risiko bei Leistungssteigerung

Im Kernkraftwerk Mühleberg mußten für die Sicherheit bedeutsame Kühlmittelleitungen, die sogenannten Treibwasserschleifen, ausgetauscht werden. Bei diesem Austausch wurden in nur 6 mm Entfernung von den alten Wärme-

einflußzonen neue Schweißnähte gelegt. Dies widerspricht elementaren Grundregeln der schweißgerechten Konstruktion. Hier handelt es sich also um eine sicherheitstechnische Verschlechterung. Das allein sollte eine Leistungssteigerung verbieten. Man halte sich vor Augen, daß neben dieser Reparatur auch schon zwanzig Jahre der Materialermüdung an dem Kernkraftwerk genugt haben.

Außerdem stellt sich die Frage nach der Überprüfbarkeit des Zustandes der Leitungen und des Druckgefäß-

bes des Kernkraftwerks Mühleberg. Stand der Technik in der Bundesrepublik Deutschland ist:

- Vollständige Überprüfung aller sicherheitsrelevanten Teile mit Ultraschall
  - Dokumentation der Ergebnisse auf Magnetband
  - Vergleich der Bänder bei jeder Wiederholungsprüfung.
- Dazu erklärt die HSK, daß drei Rundnähte im zylindrischen Teil des Reaktordruckgefäßes und die Nähte im Boden mit dem bis heute verwendeten Ultraschallmanipulator nicht zugänglich sind. Wörtlich:

"Seit Winter 1988 verlangt der ASME-Code die Wiederholungsprüfung aller Schweißnähte am Reaktordruckbehälter. Deshalb werden zur Zeit von der Industrie Prüfmittel entwickelt, die, sobald verfügbar und qualifiziert, in Mühleberg zur Erweiterung der prüfbaren Bereiche angewendet werden." Solange diese Prüfungen nicht durchgeführt und ausgewertet sind, ist an eine

Fortsetzung auf Seite 23

## Fortsetzung von Seite 7

Leistungserhöhung eigentlich nicht zu denken.

Zu den Folgen einer Leistungserhöhung:

– Nach einer Aussage der HSK wird der Durchfluß von Kühlmittel durch den Reaktorkern nicht erhöht. Wie wird dann aber die Leistung erhöht? Bleiben wohl nur eine Erhöhung des Druckes oder der Temperatur. In beiden Fällen steigt das Risiko der Anlage.

– Eine Leistungserhöhung erhöht das nukleare Potential des Kerns und damit natürlich auch das Risiko, das mit einer Rekritisikabilität einhergeht. Es wäre also auch aus diesem Grund angebracht, dem Thema Rekritisikabilität eine gründliche Diskussion zu widmen.

## Schlußbemerkung

– Die HSK stützt sich bei der Bewertung des Gesuches der BKW auf eine probabilistische Risikoanalyse (die MUSA): Als Grundlage für ein Bewilligungsverfahrens sind solche Analysen nicht geeignet, da sie wohl Anhaltspunkte für weitergehende Untersuchungen aufzeigen, diese aber nicht ersetzen können. Risikoanalysen können nie vollständig sein, weil es prinzipiell unmöglich ist, alle Unfallpfade zu erfassen. Die mit ihrer Hilfe durchgeführten Wahrscheinlichkeitsberechnungen sind im Falle schwerer Unfälle fragwürdig (man kann auch sagen: nicht seriös). Darüber hinaus ist speziell die MUSA als dürfzig einzustufen, da Begründungen für den Ausschluß bestimmter Unfallpfade in mehreren Fällen nicht nachvollziehbar sind.

– Die HSK läßt kritische Distanz zur MUSA vermissen und bleibt hinter dem Stand der internationalen Sicherheitsdiskussion zurück.

– Statt einer Leistungserhöhung plädieren wir für eine schonende Fahrweise des Kernkraftwerks Mühleberg, sprich für eine Leistungsverminderung. Eine unbefristete Betriebsbewilligung kann allenfalls nach befriedigender Lösung der noch offenen Fragen in Betracht gezogen werden.

*Jochen Benecke und  
Ullrich Martini  
Sollner Institut, München*

## Agenda

## SES-Stiftungsratssitzungen

Vorankündigung

Mittwoch 27. April 19 15 Uhr

Mittwoch 25. Nov. 19 15 Uhr

## SES-Jahresversammlung

Vorankündigung

Samstag 23. Mai

## Was ist eigentlich die ökologische Frage?

28. März.:

Tagung in Reigoldswil. Gemeinsame ökologische Ziele und Handlungsweisen im Management. Was ist zu tun? Mit Prof. Jost Krippendorf. Kosten Fr. 220.-. Im Internationalen Creativ Centrum, Wasserfallenhof, 4418 Reigoldswil, 061/941 18 89

## Ökologie und Unternehmensführung

27. bis 29 Mai:

Tagung in Stein a. Rhein. Strategien und Instrumente für die Berücksichtigung der Umweltproblematik bei der Unternehmensführung. Mit Dr. oec. Arthur Braunschweig, Thomas Dyllick, lic oec. Andreas Nitze, Prof. U. Müller-Herold, Hilda Schratt. Kosten Fr. 1250.-. Institut für gewerbliche Wirtschaft (IWG), Kirchlistrasse 44, 9010 St.Gallen, 071/24 77 90

## Energiepolitik in der Gemeinde

Freitag, 3. April:

Tagung im Kursaal Bern. Kontakt: Schweizerischer Gemeindeverband, Zentrumsplatz 7, 33 22 Schönbühl, Tel 031/859 24 94, Fax 031/859 31 03

## Mehr Büro mit weniger Strom

13. Mai

Ravel-Tagung im Kursaal Bern. Ein Hochleistungsbüro braucht viel weniger Strom als bisher angenommen. Kontakt: Dr. Eric Bush, Amstein & Walther AG, Leutenschenbachstrasse 45 8050 Zürich, Tel 01/305 92 46

**"Nein zum Atomrisiko Mühleberg" macht weiter**

Gegenüber der Ausstiegssinitiative von 1990 haben am 16. Februar 1992 im deutschsprachigen Teil des Kantons Bern erheblich mehr Leute für die Stilllegung des AKW Mühleberg gestimmt als damals für den Ausstieg -- im Gegensatz zum französischsprachigen Teil. Das Abstimmungsergebnis gibt dem Komitee "Nein zum Atomrisiko Mühleberg" Auftrieb weiterzumachen.

**The World Uranium Hearing**

1992 verbinden sich mit dem World Uranium Hearing in Salzburg zwei historische Daten: 50 Jahre nukleare Ketten-

## Gemeinde und Gewerbe/Industrie im Umweltschutz

25. März 09 30 Uhr

VGL-Tagung im ETH-Zentrum Zürich. Möglichkeiten der Zusammenarbeit. Kontakt: Schweizerische Vereinigung für Gewässerschutz und Lufthygiene VGL, Schaffhauserstrasse 125, 8057 Zürich, Tel 01/362 94 90, Fax 01/362 94 13

## Energie und Umwelt

12. März

Kurs des SIA im ETH-Zentrum Zürich. Probleme unserer künftigen Energieversorgung; alternative Energieträger. Kontakt: SIA, Selnaustrasse 16, Postfach, 8039 Zürich, Tel 01/283 15 15

## Energie und Umwelt

26. März

Kurs des SIA im ETH-Zentrum Zürich. Probleme unserer zukünftigen Energieversorgung. Die Energiepolitik der EG. Kontakt: SIA, Selnaustrasse 16, Postfach, 8039 Zürich, Tel 01/283 15 15

## Rationelle Elektrizitätsanwendung

13./14. April

Seminar im Hotel Bellevue in Bern. Rationelle Elektrizitätsanwendung im Dienstleistungsbereich und in der Industrie. Beispiele aus Frankreich und der Schweiz. Sprache: Französisch. Kosten: Fr. 600.- Kontakt: Bundesamt für Energiewirtschaft, P. Burkhardt 031/61 56 37 oder R. Schmitz 031/61 54 61

## Tschernobyl-Reihe

Ab 26. April im Zentrum Bären, Kreuzlingen. Kontakt: Kreuzlinger Forum, 8280 Kreuzlingen.

## Economies d'électricité

28. März, 10 00 Uhr

Lausanne. Sprache: Französisch, Kontakt: SEV, Postfach, 8034 Zürich, Tel 01/384 91 11, Fax 01/55 14 26

reaktion und 500 Jahre Ankunft des Christoph Columbus in der Neuen Welt. Für die UreinwohnerInnen beider Amerika ist das Jahr 1992 ein trauriges Jubiläum: 500 Jahre Ausbeutung und Völkermord und 50 Jahre Atomzeitalter. Die Nuklearopfer aller Erdteile werden dieses Jahr in Salzburg das erste Mal in der Geschichte gemeinsam in der Alten Welt Zeugnis abgeben. Für die Reisekosten der Betroffenen und ihrer Familien sucht das Organisationskomitee Menschen, die eine Patenschaft anstreben. Eine solche kann sich auf das Flugticket beschränken oder auch die Aufnahme der Gäste bedeuten. Kontakt: The World Uranium Hearing e.V. Praterinsel 4, 8000 München 22, Tel 0049/89/228 59 24, Fax 0049/89/228 53 40