

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

**Herausgeber:** Schweizerische Energie-Stiftung

**Band:** - (2012)

**Heft:** 3: Energiestrategie 2050

**Artikel:** Beznau 1 : Freifeldversuch in Reaktoralterung!

**Autor:** Kühni, Markus

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-586830>

#### 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:** 30.01.2026

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

# Beznau 1: Freifeldversuch in Reaktoralterung!

In Beznau 1 steht der älteste Reaktor der Welt. Sein Reaktordruckbehälter ist aus unausgereiftem Material hergestellt. Die Neutronenversprödung führt dazu, dass der Behälter immer brüchiger wird. Noch nie war ein so alter, so grosser Reaktordruckbehälter so lange so stark bestrahlt worden. Wir betreiben in der Schweiz einen weltweit erstmaligen Freifeldversuch in Reaktoralterung!

Von MARKUS KÜHNI

Informatik-Ingenieur ETH, markus@energisch.ch

Schon in den Anfangsjahren war Atomkraft viel zu teuer. Im Wettbewerb mit Kohle und Öl hatte sie trotz horrender staatlicher Subventionen keinen ökonomischen Vorteil [1].

## Gross, grösser, billiger

Die Hersteller versuchten zwar, mit einer rasanten Vergrösserung (Skalierung) der Anlagen mehr Wettbewerbsfähigkeit herzustellen. Dabei verloren sie jedoch grundlegende Sicherheitsprinzipien aus den Augen. Wenn man die Reaktorleistung veracht-facht, dann wird auch das Volumen des Kerns, des Kühlmittels etc. ungefähr verachtfacht. Bei acht-fachen Volumen (Kubik) steigen die Oberflächen nur vierfach (Quadrat), die Distanzen nur zweifach (linear). Dies hat Auswirkungen auf die Sicherheit, weil bei der Kühlung oft die Oberflächen und bei mechanischen Einwirkungen die Distanzen eine wichtige Rolle spielen.

Ultimatives Beispiel ist eine fortgeschrittene Kernschmelze. Sie sammelt sich halbkugelförmig an und frisst sich nach unten. Bei achtfacher Leistung ist auch die Nachzerfallswärme achtfach. Diese muss aber über eine nur vierfache Oberfläche abgeführt werden, die Temperaturen steigen enorm an. Die Schmelze eines grossen Reaktors frisst sich deshalb durch alle Materialien, auch durch Beton. Das Containment wird durchbrochen und radioaktive Stoffe werden freigesetzt [2].

## Redefinition der Sicherheitsprinzipien

Dieses und andere Probleme der Skalierung von Reaktoren hat man spätestens 1965 (Brookhaven WASH-740 Reevaluation) erkannt, zuerst zu vertuschen versucht und schliesslich grundlegende Sicherheitsprinzipien «redefiniert», um sie dem Unwiderlegbaren anzupassen. Während vorher behauptet wurde, das Containment würde die Bevölkerung schützen,

was auch immer im Innern passiere, wurde nun festgehalten, dass eine ausreichende Kühlung des Kerns immer sichergestellt sei. Als dies in Zweifel gezogen wurde, hat man diverse Notkühlungs-Experimente an einem (man kann es schon fast erraten) kleinen Modell-Reaktor (LOFT) von gerade einmal 50 Megawatt durchgeführt (zum Vergleich: Beznau hat 1130 MW, Leibstadt 3600 MW) [2].

## Unfehlbarkeitsdogma beim Reaktordruckbehälter

Als Konsequenz der «Redefinition» der Sicherheitsprinzipien musste logischerweise auch der Reaktordruckbehälter als «unfehlbar» eingestuft werden. Wenn dieser grossflächig bricht, kann keine Kernkühlung mehr durchgeführt werden. Das Material des Druckbehälters aber reagiert je nach seiner Temperatur unterschiedlich auf Belastungen. Bei hoher Temperatur ist der Stahl zäh und kann plastische Verformungen aufnehmen. Bei tiefer Temperatur hingegen ist er spröd und brüchig.

In der Nuklearindustrie geht man davon aus, dass nur bei einem so genannten «Sprödbruch» ein grossflächiges, abruptes Versagen des Druckbehälters möglich ist. Bei hoher Temperatur werden hingegen nur begrenzte Leckgrössen erwartet, die von den Sicherheitssystemen verkraftet werden (ausreichende Nachspeisung von Kühlwasser).

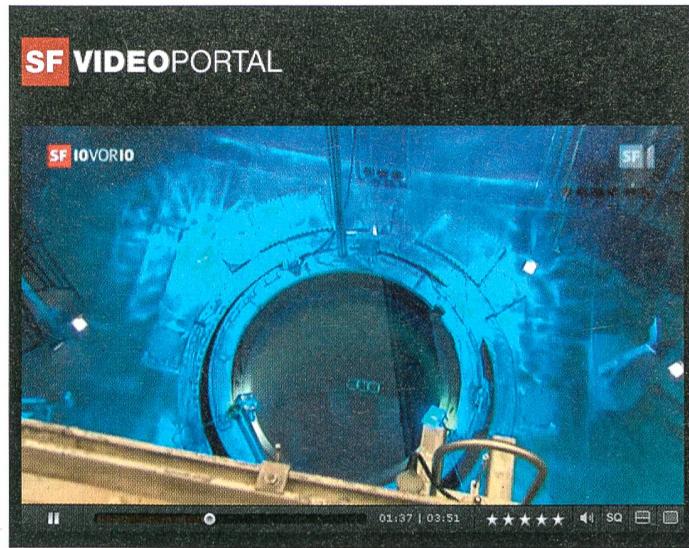
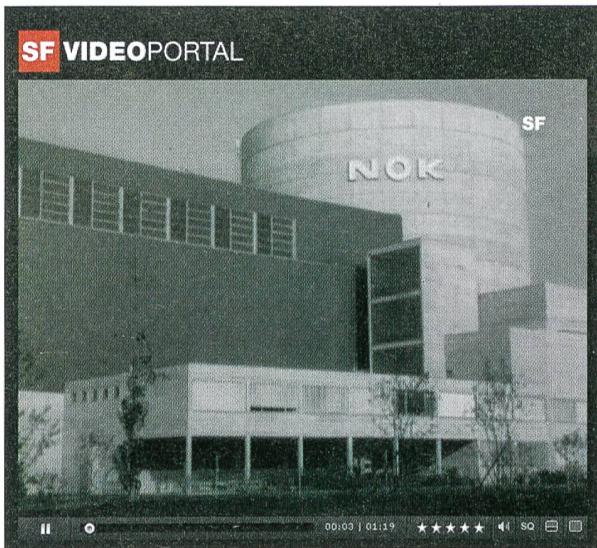
## Neutronenversprödung: Druckbehälter wird ständig brüchiger

Die Sicherheit von Druckbehältern ist ein altes Thema. Nach schlimmen Unfällen vor allem im 19. Jahrhundert hat man viel dazugelernt. Dieses «Sicherheitsgefühl» darf aber keineswegs unüberlegt auf die nukleare Anwendung übertragen werden. Denn es kommt ein gravierendes technologiespezifisches Problem hinzu: die so genannte «Neutronenversprödung». Durch das Strahlen-Bombardement wird der Druckbehälter ständig brüchiger.

## Bis ans Limit

Beim Reaktordruckbehälter von Beznau 1 lag die so genannte justierte Sprödbruch-Referenztemperatur im Neuzustand (1969) noch bei -1°C, heute liegt sie bei zirka 88°C. Der ganze Reaktordruckbehälter muss also ohne Unterbruch mindestens 88°C heiss sein

**Zur Person:** Markus Kühni (1969) ist dipl. Informatik-Ing. ETH, Unternehmer (nicht im Energiebereich) und Arbeitgeber, Vater zweier Töchter (2004/2008), lebt mit der Familie im Eigenheim in der Stadt Bern (Alarmzone 2 des AKW Mühleberg).



Printscreen: www.sftv

### Beznau 1: Die Betreiberin Axpo ist sich sicher, dass das älteste AKW der Welt noch lange am Netz bleiben wird!

Zwei interessante Sendungen sind zu finden unter: [www.videoportal.sftv/video?id=94d3ba76-16f5-4f9a-85a7-ef0364937b8c](http://www.videoportal.sftv/video?id=94d3ba76-16f5-4f9a-85a7-ef0364937b8c) (Tagesschau vom 12.12.1969) und [www.videoportal.sftv/video?id=0c689e9b-520f-46f2-a392-c2954a6f4763](http://www.videoportal.sftv/video?id=0c689e9b-520f-46f2-a392-c2954a6f4763) (10vor10, im Innersten des ältesten AKW).

und bleiben, solange er druckbelastet wird. Der Druckbehälter von Beznau 2 hatte schon ein wesentlich weiterentwickeltes Material. Seine Sprödbruch-Referenztemperatur entwickelte sich von -10°C auf heute schätzungsweise 62°C [3].

Gemäss Schweizer Gesetzgebung muss ein Reaktor unverzüglich ausser Betrieb genommen werden, wenn seine Sprödbruch-Referenztemperatur 93°C erreicht [4]. Bei Beznau 1 wird dieser Wert nach Angaben des ENSI bei 60 Jahren Betriebszeit erreicht werden [3]. Die Axpo hat inzwischen bekräftigt, man strebe 60 Jahre Betriebszeit an. Man will also kaltblütig bis ans gesetzliche Limit gehen, und der Axpo-Chef spricht derweil ungeniert von «absoluter Sicherheit» [5].

### Nur im Computer simuliert

Das Gegenstück zum obenstehenden Grenzwert ist die Annahme, dass diese Sprödbruch-Referenztemperatur niemals unterschritten wird (solange der Behälter unter Druck steht). Im Normalbetrieb ist dies kein Problem, bei Störfällen hingegen – wenn notfallmäßig kaltes Wasser eingeschossen wird – wird es kritisch.

Mittels Computermodellen versuchen die Betreiber, sämtliche Szenarien vorabzuberechnen. Das Problem ist auch hier, dass man solche Störfälle niemals unter wirklich realistischen Bedingungen testen kann. Deshalb basieren

die Computerprogramme auf Annahmen und Modellversuchen und sagen wild unterschiedliche Ergebnisse voraus, wie eine OECD-Studie aufzeigte. Die Resultate für die Versagenswahrscheinlichkeit des Druckbehälters, abhängig von der Sprödbruch-Referenztemperatur, variierten um einen Faktor 20 bis 50, die Voraussagen der Wärmeflüsse sind ein einziger Simulations-Salat [6]!

Auch das ENSI spricht in seiner Beurteilung von «Skalierungsproblemen», «grosser Streuung», etc. Trotzdem wird am Schluss versichert, dass die Modellierung «geeignet ist, ausreichend konservative Ergebnisse zu erzielen». Bleibt noch zu erwähnen, dass die Berechnungen durch die Firma AREVA, dem Weltmarktführer in Nukleartechnologie, durchgeführt wurden. Nicht gerade die Definition eines unabhängigen Instituts [3].

### Sprödbruch nicht ausgeschlossen

«Für die Behälterwand wird die Sprödbruch-Ausschlussbedingung nicht erfüllt», schreibt das ENSI dann fast noch im Nachsatz. Die Berechnungen zeigen eine zu starke Abkühlung der versprödeten Behälterwand. Das ENSI stellt es so dar, als gelte diese Aussage erst bei 60 Betriebsjahren. Wenn man aber die vorausgesagte Versprödung im selben ENSI-Bericht vergleichend hinzuzieht, scheint die Limite bereits heute erreicht [3]. Dadurch wird nicht nur die Sicherheit von Beznau 1 arg in Frage gestellt, sondern auch das gesetzliche Ausserbetriebnahmekriterium mit seinem offenbar zu hohen Grenzwert.

Wir betreiben in der Schweiz einen weltweit erstmaligen Freifeldversuch in Reaktoralterung. An einem der am weltweit bevölkerungsreichsten Reaktorstandorten. Wollen wir das wirklich? <

### Literatur

- [1] Steven Mark Cohn, 1997, Too Cheap to Meter
- [2] David Okrent, 1981, Nuclear Reactor Safety, On the History of the Regulatory Process
- [3] ENSI, Sicherheitstechnische Stellungnahme zum Langzeitbetrieb des Kernkraftwerks Beznau, Block 1 und 2, 2010
- [4] Verordnung des UVEK über die Methodik und die Randbedingungen zur Überprüfung der Kriterien für die vorläufige Ausserbetriebnahme von Kernkraftwerken (SR 732.114.5)
- [5] Tagesanzeiger «Beznau ist Weltklasse», 11.3.2012 (online)
- [6] NEA-Report NEA/CSNI/R(99)3, Comparison report of RPV Pressurized Thermal Shock – International Comparative, Assessment Study (PTS ICAS), Committee on the Safety of Nuclear Installations, Nuclear Energy Agency, 1999