

# Beznau 1: Freifeldversuch in Reaktoralterung!

**In Beznau 1 steht der älteste Reaktor der Welt. Sein Reaktordruckbehälter ist aus un- ausgereiftem 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

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 verachtfacht, dann wird auch das Volumen des Kerns, des Kühlmittels etc. ungefähr verachtfacht. Bei achtfachen 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 spröde und brüchig.

In der Nuklearindustrie geht man davon aus, dass nur bei einem so genannten «Sprödbbruch» 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).

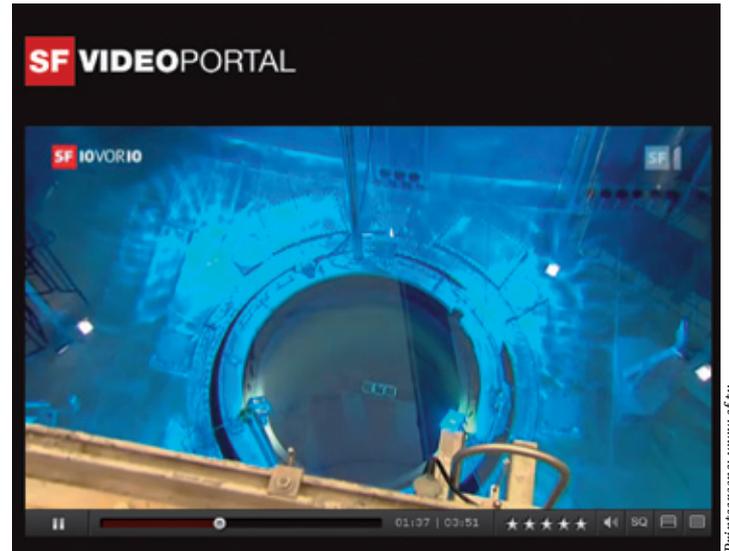
## Neutronenversprödung: Druckbehälter wird ständig brüchiger

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 Sprödbbruch-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).



**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.sf.tv/video?id=94d3ba76-16f5-4f9a-85a7-ef0364937b8c](http://www.videoportal.sf.tv/video?id=94d3ba76-16f5-4f9a-85a7-ef0364937b8c) (Tagesschau vom 12.12.1969) und [www.videoportal.sf.tv/video?id=0c689e9b-520f-46f2-a392-c2954a6f4763](http://www.videoportal.sf.tv/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 Sprödbbruch-Referenztemperatur entwickelte sich von  $-10^{\circ}\text{C}$  auf heute schätzungsweise  $62^{\circ}\text{C}$  [3].

Gemäss Schweizer Gesetzgebung muss ein Reaktor unverzüglich ausser Betrieb genommen werden, wenn seine Sprödbbruch-Referenztemperatur  $93^{\circ}\text{C}$  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 Sprödbbruch-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 vorzuberechnen. 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 Sprödbbruch-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].

### Sprödbbruch nicht ausgeschlossen

«Für die Behälterwand wird die Sprödbbruch-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