



Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI

Home » Artikel » Beznau 1: Aluminiumoxid-Einschlüsse haben keinen negativen Einfluss auf die Sicherheit des Reaktordruckbehälters

Beznau 1: Aluminiumoxid-Einschlüsse haben keinen negativen Einfluss auf die Sicherheit des Reaktordruckbehälters

6. März 2018 [News](#), [Artikel](#), [KKW Beznau](#), [Reaktordruckbehälter Beznau](#)



Das Kernkraftwerk Beznau 1 darf wieder in Betrieb genommen werden. Die Axpo hat nachgewiesen, dass die im Stahl des Reaktordruckbehälters gefundenen Einschlüsse keinen negativen Einfluss auf die Sicherheit haben. Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI hat den Nachweis geprüft und akzeptiert.

Der Reaktordruckbehälter ist die wichtigste Komponente eines Kernkraftwerks und darf nicht versagen. Aus diesem Grund musste die Axpo detailliert nachweisen, dass die Befunde, die im Sommer 2015 im Grundmaterial des Reaktordruckbehälters im Kernkraftwerk [Beznau](#) 1 entdeckt wurden, die Sicherheit nicht negativ beeinflussen.

Diesen Nachweis konnte die Axpo jetzt erbringen. Dies hat die Prüfung durch das ENSI ergeben. Das im Jahr 2015 vom ENSI eingesetzte International-Review-Panel kommt zum selben Schluss. „Wir können deshalb

überzeugt sagen, dass der Reaktordruckbehälter sicher ist“, fasst [Hans Wanner](#) das Resultat zusammen. „Aus sicherheitstechnischer Sicht spricht nichts dagegen, dass Beznau 1 wieder ans Netz geht.“

+ Das International-Review-Panel

Das ENSI hat rasch nach Bekanntwerden der Befunde entschieden, ein internationales Expertenteam, das sogenannte International-Review-Panel (IRP), zur Begleitung seines Prüfprozesses einzusetzen. Es hat dazu international anerkannte Experten angefragt, die vertieftes Wissen unter anderem in den Bereichen Integritätsnachweise von Reaktordruckbehältern, Materialuntersuchungen, Herstellung von grossen Schmiedestücken und zerstörungsfreien Prüfmethoden haben.

Die Experten des IRP haben sowohl den Projektplan als auch die Analysen und die Bewertung der Axpo geprüft. Themen waren dabei die Bewertung der Ergebnisse der zerstörungsfreien Messungen, der Materialuntersuchungen sowie der struktur- und bruchmechanischen Analysen unter Berücksichtigung der gemessenen Befunde.

Mitglieder des International Review Panel IRP

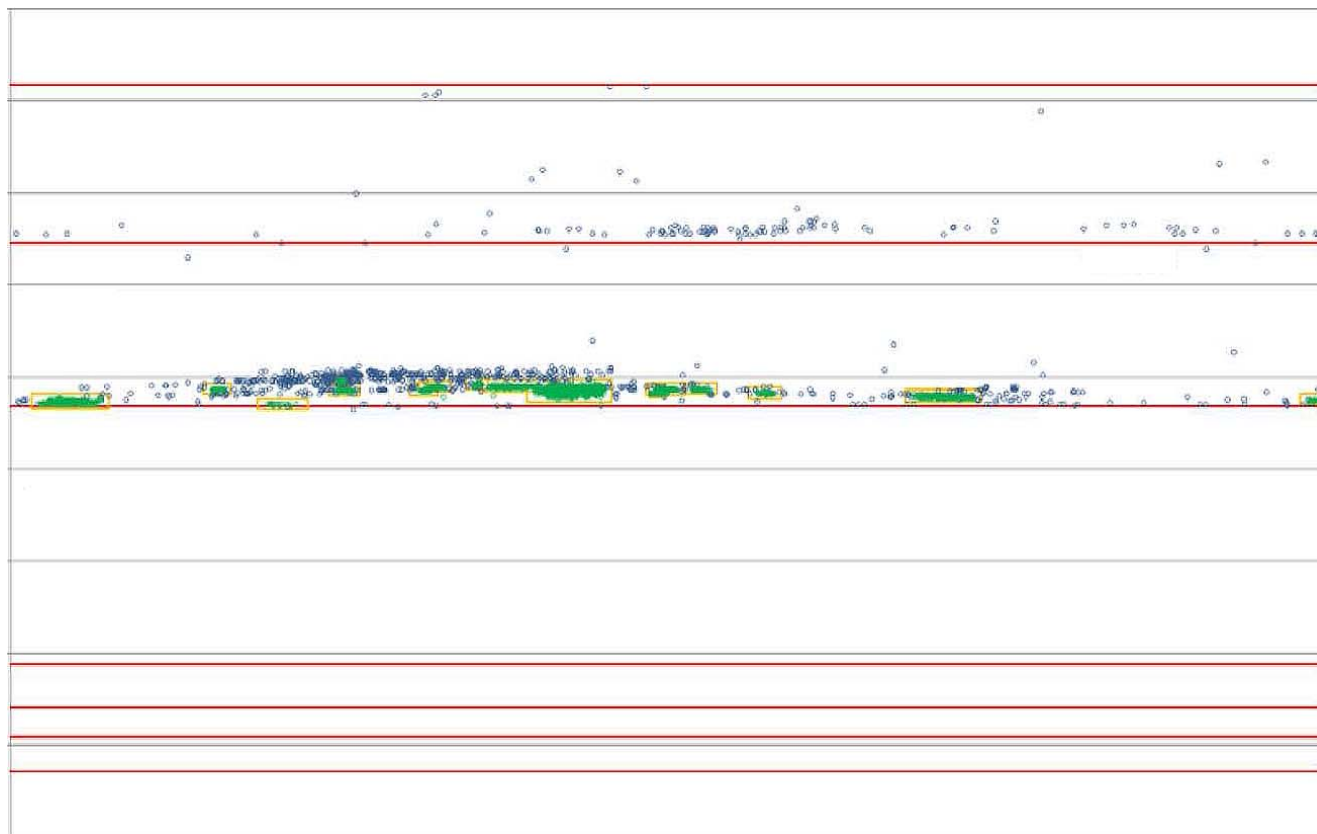
- [Tim Williams](#), 39bhr Limited (ehemals Rolls Royce plc, Grossbritannien)
- Guy Roussel, Bel V (Belgien)
- Mark Kirk, US Nuclear Regulatory Commission NRC (USA)
- Hans Vandriessche, Vinçotte Belgium (Belgien)
- Hans-Jakob Schindler, Mat-Tec AG Winterthur (Schweiz)
- Randy Nastad, R&S Consultants LLV (ehemals Oak Ridge National Laboratory ORNL, USA)
- Isabelle Delvallée-Nunio, Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire IRSN (Frankreich)
- Eberhard Roos, ehemals Materialprüfungsanstalt Universität MPA Stuttgart (Deutschland, bis 2016)

Anforderungsprofil

- Detaillierte Kenntnisse der Herstellungs- und Prüfanforderungen für schwere Schmiedestücke im schweizerischen und/oder US-amerikanischen nuklearen Regelwerk damals und heute
- Detaillierte Kenntnisse der Giesserei- und Schmiedetechnik von Reaktordruckbehälterstählen aus den 60er-Jahren und der dabei möglichen Werkstoffimperfectionen
- Detaillierte Kenntnisse zur Wärmebehandlung von Reaktordruckbehälterstählen der Reihe A508 sowohl im Rahmen der Herstellung als auch zur Reduktion der Neutronenversprödung
- Ultraschallprüfungen an schweren plattierten Schmiedestücken, Sizing von realen Fehlern, Möglichkeiten und Grenzen der einzelnen Verfahren
- Interpretation von Ultraschallanzeigen bei schweren plattierten Schmiedestücken
- Detaillierte Kenntnisse zur Ermittlung und Bewertung des neutroneninduzierten Versprödungsverhaltens von Reaktordruckbehälterstählen insbesondere der damals eingesetzten Reaktordruckbehälterstähle auch unter Berücksichtigung von Imperfectionen
- Überblick zum Stand von Wissenschaft und Technik sowie detaillierte Kenntnisse der Regeln der Technik zur Fehlergruppierung bei bruchmechanischen Nachweisen
- Bruchmechanische Bewertung von Werkstofffehlern in Reaktordruckbehälterstählen unter abdeckenden Störfallbedingungen, PTS-Nachweise

Ausmass der Befunde gründlich untersucht

Das ENSI hatte 2015 gefordert, dass die Axpo die Ultraschallanzeigen, welche auf die Befunde im Stahl des Reaktordruckbehälters hinweisen, untersucht, charakterisiert und bewertet. Aus diesem Grund hat die Axpo in einem ersten Schritt die Befunde mit einer verfeinerten Methode genauer erfasst. Insgesamt wurden im Stutzenring B 119 und im oberen Kernring C 3519 Befunde registriert. Im unteren Kernring D wurden keine Befunde festgestellt.



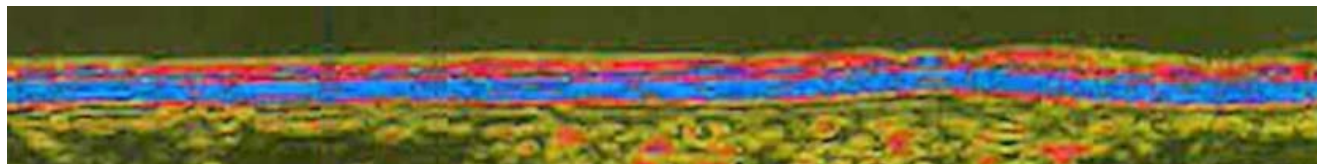
Im oberen Kernring C wurden bei den Ultraschall-Tests 3519 Befunde registriert.

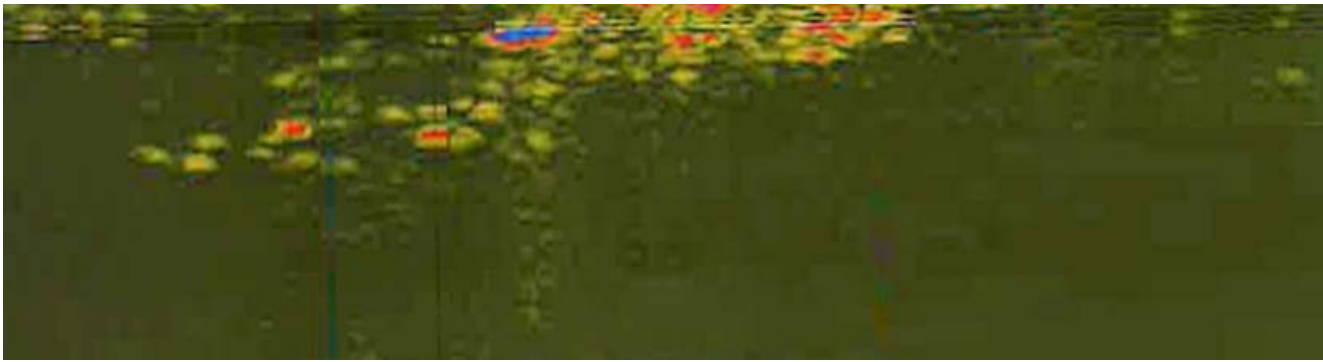
Die Axpo konzentrierte sich in der Folge auf die weitere Untersuchung des Rings C, da dieser die meisten Anzeigen aufweist, am nächsten beim Kern liegt und deshalb über die grösste Versprödung aller Teile des Reaktordruckbehälters verfügt. Zudem ist er von der Lage her bei einem Kühlmittelstörfall am stärksten belastet.

Die Ultraschalluntersuchung zeigte, dass sich die Befunde fast ausschliesslich im unteren Viertel des Rings C befinden und teilweise Cluster bilden.

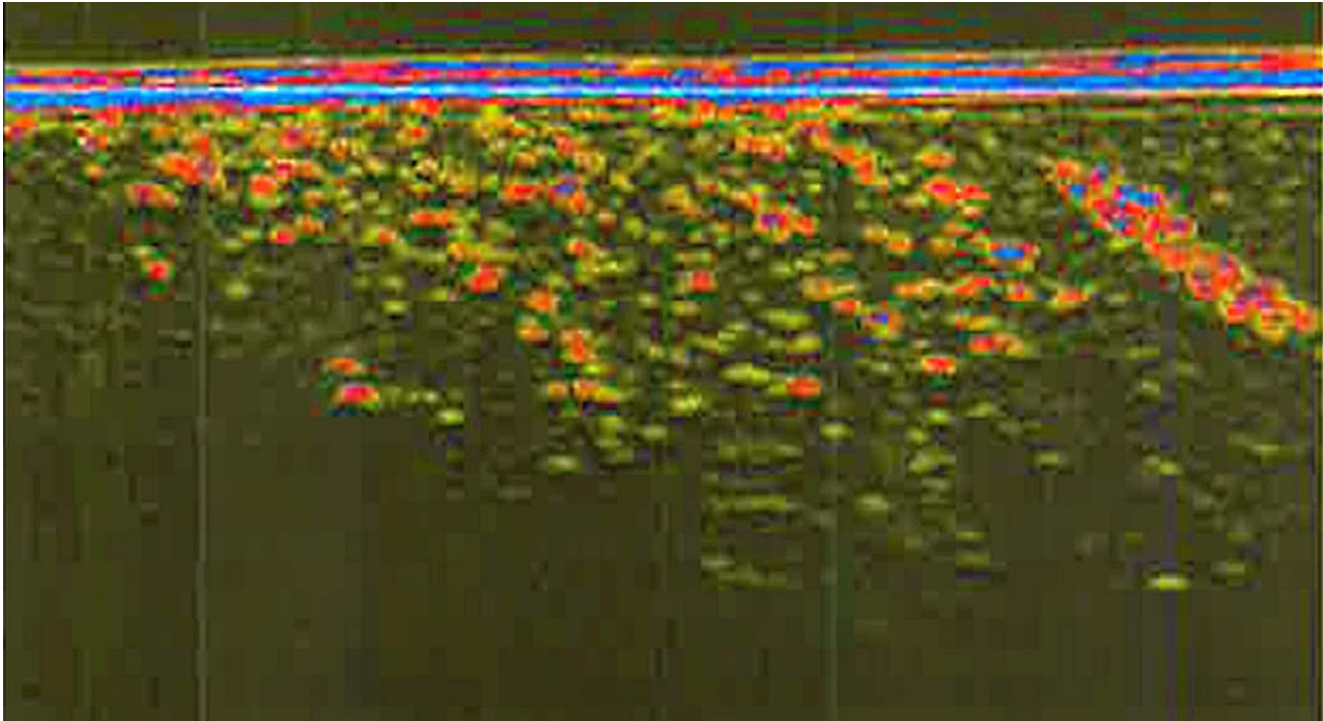
Befunde als Aluminiumoxid-Einschlüsse identifiziert

„Da man keine grösseren Proben aus dem Reaktordruckbehälter entnehmen kann, um zu sehen, was diese Ultraschallanzeigen verursacht, hat die Axpo eine Kopie des Rings C herstellen lassen“, erklärt [Georg Schwarz, stellvertretender ENSI-Direktor und Leiter des Aufsichtsbereichs Kernkraftwerke](#). Diese Replika wurde nach dem gleichen Herstellungsverfahren produziert wie der Ring C des Reaktordruckbehälters von Beznau 1 in den 60er-Jahren.





Ultraschallbild des Rings C.



Ultraschallbild der Replika des Rings C.

Die Ultraschalluntersuchungen an der Replika zeigten ein vergleichbares Bild wie der originale Ring C des Reaktordruckbehälters. Durch metallurgische Untersuchungen an Replikamaterial konnte bestätigt werden, dass die Ultraschallanzeigen durch Einschlüsse von Aluminiumoxid verursacht werden.

Aluminiumoxid-Einschlüsse haben keinen negativen Einfluss auf die Materialeigenschaften

Kern des Nachweises bildet der Beleg, dass die Aluminiumoxid-Einschlüsse keinen negativen Einfluss auf die Materialeigenschaften des Reaktordruckbehälters und damit auf die Sicherheit haben. Dazu hat die Axpo 130 Proben unter Aufsicht von unabhängigen technischen Sachverständigen geprüft. Bei diesen Materialprüfungen zeigte sich kein Unterschied zwischen Proben mit und ohne Aluminiumoxid-Einschlüsse.

Für die meisten Bereiche, bei denen Befunde im Ring C des Reaktordruckbehälters festgestellt wurden, konnte durch Replika-Material mit vergleichbaren Ultraschallbildern (Amplituden- und Befunddichteverteilung) nachgewiesen werden, dass die Sprödbruchreferenztemperatur nicht beeinflusst wird. Nur für einige wenige Bereiche mit höherer Amplituden konnten nicht ausreichend Proben analysiert werden. Diese Befundbereiche

wurden durch Risse ersetzt und deren Zulässigkeit bruchmechanisch bewertet.

Aluminiumoxid hat keinen negativen Einfluss auf die Versprödung

Weiter musste die Axpo umfangreiche mikroskopische Untersuchungen zur lokalen chemischen Zusammensetzung des Stahles durchführen. Damit sollten mögliche Anreicherungen bestimmter Elemente ausgeschlossen werden, von denen bekannt ist, dass diese Elemente die Strahlungsversprödung beeinflussen können.

Sowohl in unmittelbarer Nähe der Aluminiumoxid-Einschlüsse als auch im Material zwischen den Einschlüssen wurden keine solchen Anreicherungen gefunden. Es konnte somit gezeigt werden, dass Aluminiumoxid keinen negativen Einfluss auf die Strahlungsversprödung hat.

Der Ring C erfüllt nach wie vor die Anforderungen aus der [Ausserbetriebnahmeverordnung des UVEK](#). Die Spröbruchreferenztemperatur liegt unterhalb des Grenzwertes. Für die Bestimmung der Spröbruchreferenztemperatur wurde die sogenannte Master-Curve-Methode angewandt. „Diese entspricht dem Stand von Wissenschaft und Technik und wird weltweit akzeptiert“, erklärt Georg Schwarz.

+ Master-Curve-Methode

Bei der Master-Curve-Methode wird die Bruchzähigkeit des Metalls aus bruchmechanischen Versuchen ermittelt. Es handelt sich dabei um eine weltweit übliche und moderne Methode, da diese werkstoffkundlich begründet ist. Die Versuche basieren auf Proben, in denen ein Schwingungsriss eingebracht ist. Beim Zerreißen der Probe werden verschiedene Messgrößen aufgenommen, aus denen die Spröbruchreferenztemperatur direkt bestimmt werden kann.

Weitere Informationen

[Von den Befunden in Belgien bis zum Sicherheitsnachweis von Beznau 1: Die Chronologie](#)

[Interview Tim Williams, IRP](#)

[Hintergrundinformationen Aluminiumoxid-Einschlüsse](#)

[Hintergrundinformationen Herstellung RDB](#)

[Video-Interview mit Hans Wanner](#)

[Stellungnahme des ENSI](#)

[Expertenbericht des IRP](#)

[Klassische und bruchmechanische Methoden zur Bestimmung der Versprödung des Reaktordruckbehälters](#)

