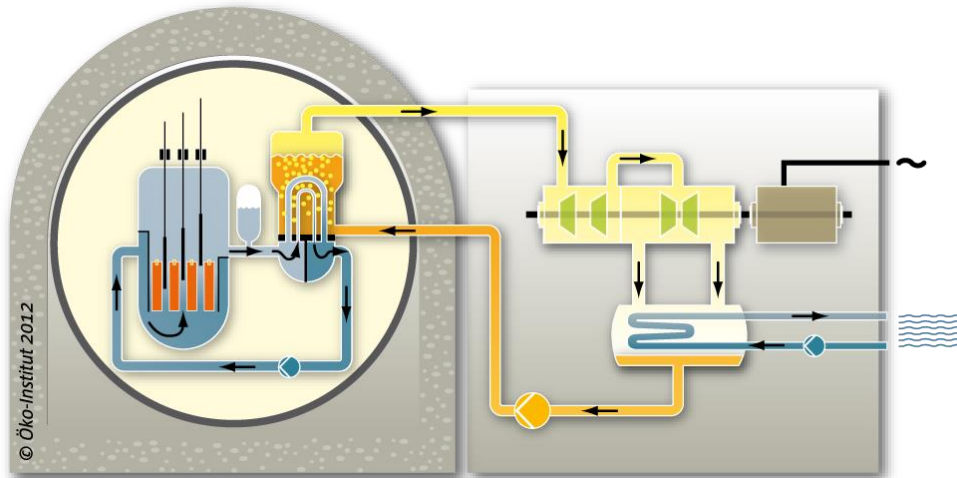


# Beznau 1

Hochgradig versprödeter Reaktordruckbehälter

Dipl.-Ing. Simone Mohr  
Samstags-Forum Regio Freiburg  
Freiburg, 26. September 2020

# Sicherheitstechnische Bedeutung des Reaktordruckbehälters (RDB)

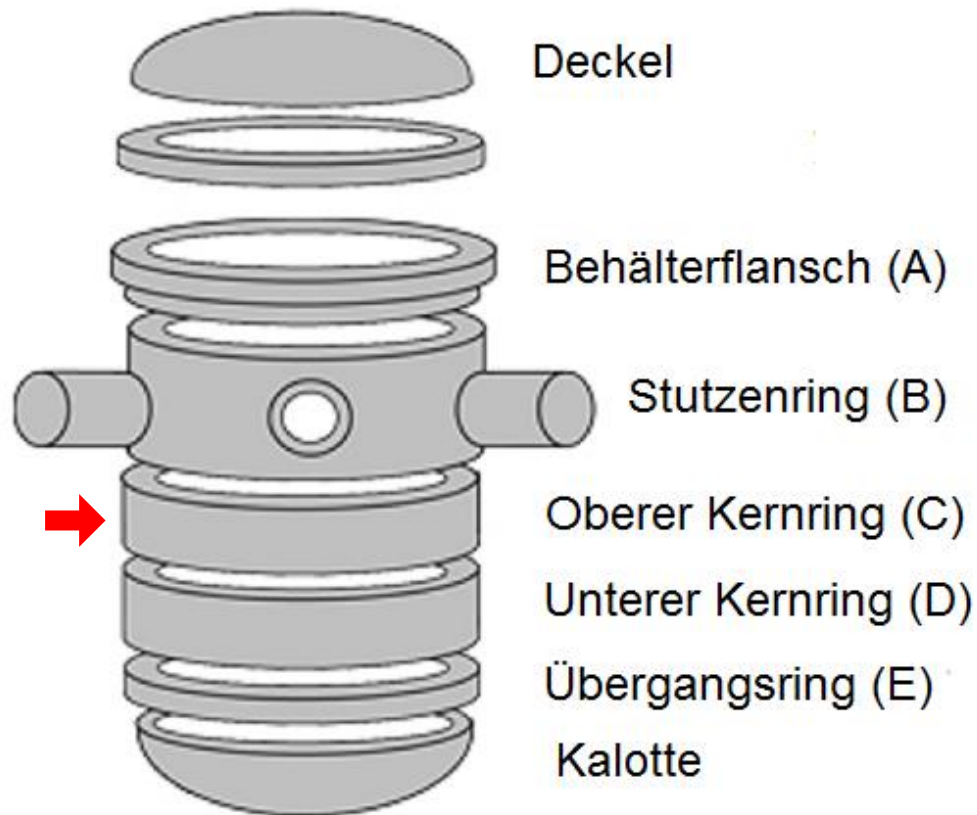


- RDB umschließt Reaktorkern mit Brennelementen
  - Kernkühlung bei Spröbruch-Versagen des RDB nicht mehr möglich
  - Bei Versagen unter hohem Druck: zusätzlich Versagen des Sicherheitsbehälters möglich
- ➔ Höchste Qualitätsanforderungen bei Herstellung und Betrieb
- ➔ geringe Sicherheitsmargen oder Unsicherheiten bei der Nachweisführung zur RDB-Integrität sind zu vermeiden.



# Kernbrennstoffnaher Ring C des RDB

Ringe des Reaktordruckbehälters (RDB)



## Status Langzeitsicherheitsnachweis 2011

Überwachung der zunehmenden Bestrahlungsversprödung des Reaktordruckbehälters (RDB) durch Voreilproben, hergestellt aus den Enden der Originalschmiedestücke der RDB-Einzelteile.

Voreilproben sind im Reaktor zwischen Kernbrennstoff und RDB-Innenwand eingehängt → größere Nähe zur Kernreaktion und vorseilende Versprödung gegenüber RDB-Ringen.

### Ergebnis der Auswertung des letzten Voreilprobensatzes Beznau 1

- Der Ring C des RDB von Beznau 1 ist erheblich versprödeter als beim vorletzten Materialprobensatz prognostiziert.
- Ermittelte Spröbruchreferenztemperatur als Maß für die Versprödung nach klassischem Berechnungsverfahren (Methode I) in der Nähe des Grenzwertes von 93°C in  $\frac{1}{4}$  Wandtiefe des RDB nach UVEK Verordnung.

# Auswertung Voreilprobe mit konventioneller Methode I

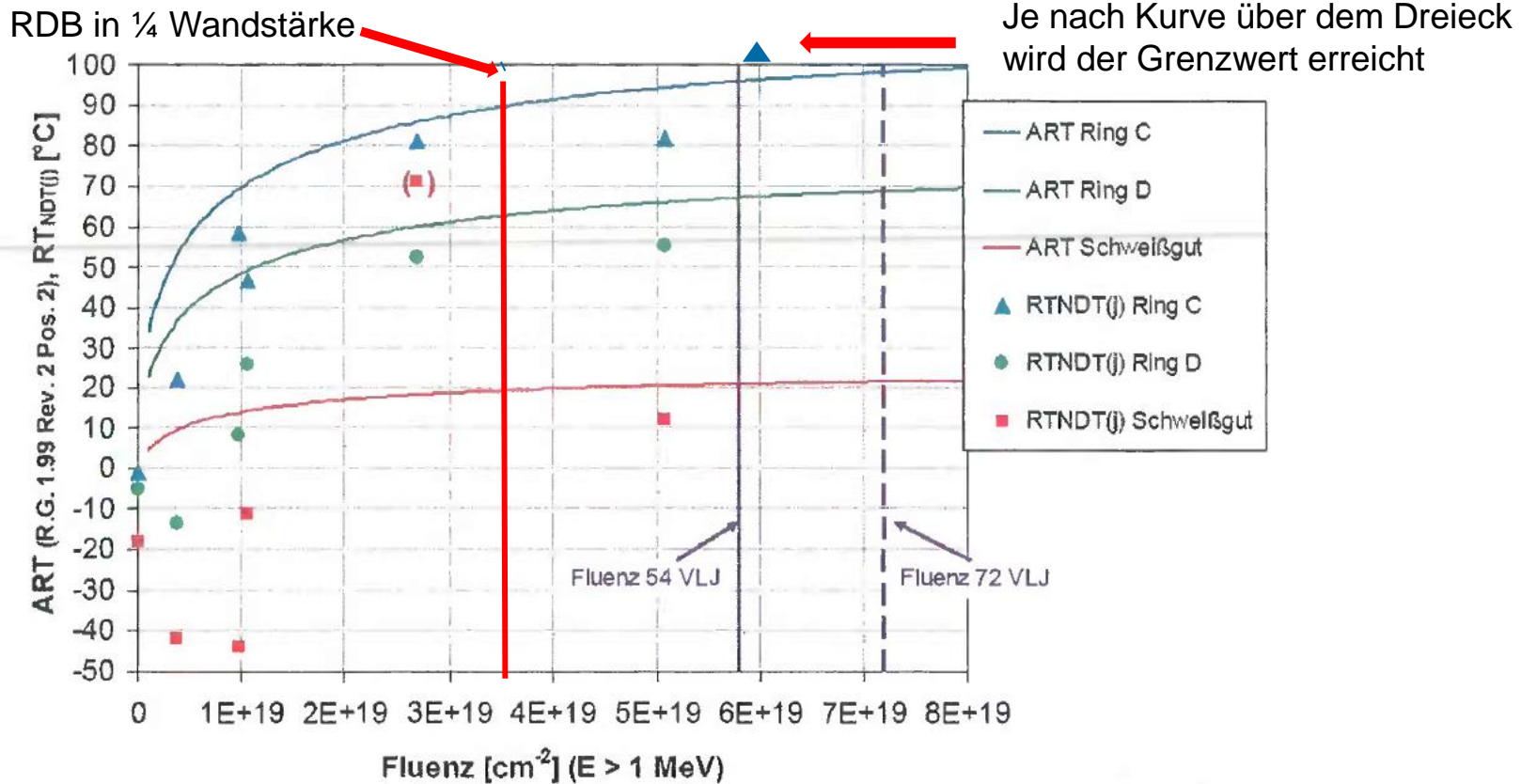


Fig. 2 KKB Block 1  $RT_{NDT}$  und  $RT_{NDT(j)}$  -Werte nach Reg. Guide 1.99 Rev. 2 [4] aus [2]

Die zeitlich letzte Materialprobe (siehe roter Pfeil rechts) wurde ergänzt entsprechend Auswertung Axpo (104°).  $RT_{NDT}$  liegt bei ca. 96°C nach 54 Vollastjahren in 1/4 Wandstärke (siehe roter Pfeil links).

## Auswertung Voreilprobe mit neuer Master Curve Methode II

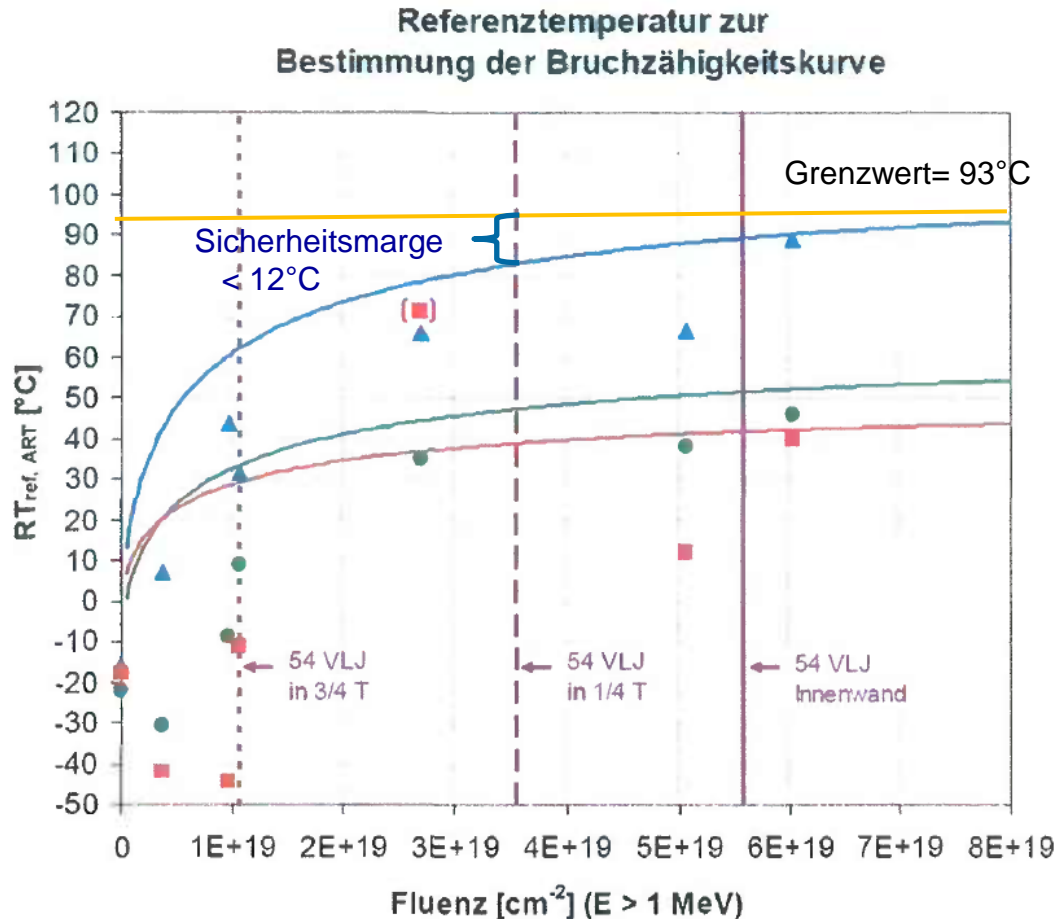


Fig. 4 Block 1,  $RT_{ref,ART}$  in Funktion der Fluenz

Master-Curve IIB, Fluenz (60 BJ=54VLJ in  $\frac{1}{4}$  Tiefe)=  $3,6 \times 10^{19} \text{ n/cm}^2$

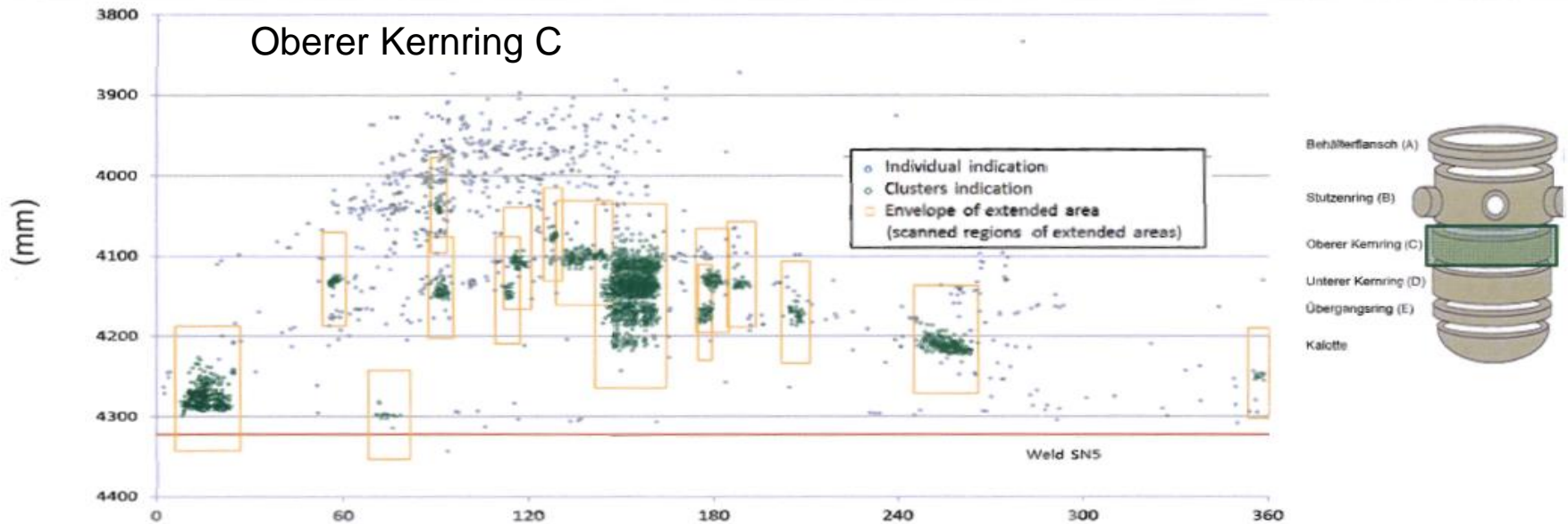
— Ring C  
— Ring D  
— SG

Aufnahme der Methode II ins Schweizer Regelwerk 2011:

Der Grenzwert der Sprödbruchreferenztemperatur  $RT_{ref}=93^\circ\text{C}$  in  $\frac{1}{4}$  T ist auch mit neuer Master-Curve Methode IIB fast erreicht.

Sicherheitsmarge  $< 12^\circ\text{C}$  bei Anwendung des neueren Master-Curve-Verfahrens IIB. Die Kurve des klassischen Verfahrens wird nicht mehr veröffentlicht.

# Juli 2015: Entdeckung Ultraschallanzeigen im Kernring C



- Mehrere Cluster (hohe Dichte an Materialfehlern) sogenannter nichtmetallischer Einschlüsse, Größe und Lage der Einschlüsse an besonders beanspruchten Stellen des RDB beeinträchtigen die Materialqualität.
- ➔ Betreiber Axpo muss neuen Sicherheitsnachweis führen, dass der Reaktordruckbehälter bei Störfällen keinen Sprödbruch erleidet

## Aktueller Status mit Ultraschallbefunden

Fast keine Sicherheitsmarge mehr zum Grenzwert der Sprödbruchreferenztemperatur ( $<12^{\circ}\text{C}$ ), aber:

- in der Regel sind Inhomogenitäten im RDB beim Sicherheitsnachweis noch mit einem Zuschlag bei der Referenztemperatur zu berücksichtigen.

Axpo muss somit nachweisen, dass die nichtmetallischen Einschlüsse keinen nachteiligen Einfluss auf die Materialeigenschaften bzw. die Versprödung des RDB haben.

Der amerikanische ASME-Code fordert Werkstoffprüfungen möglichst an Originalmaterialproben des RDB. Diese müssen vergleichbare nichtmetallische Einschlüsse wie der Ring C aufweisen. Aber alle Voreilproben sind zerstört und haben auch keine/wenig Einschlüsse.

Der Reaktor wird zunächst nicht wieder angefahren.



# Notlösung Replika C

- AXPO hat keine Materialproben des bestrahlten Originalmaterials mit vergleichbaren Materialeinschlüssen für den Sicherheitsnachweis.
- Notlösung: AXPO ordert Neuanfertigung (Replika) bei Sheffield Forgemasters : Ring soll gleiche Herstellungsbedingungen wie 1965 bei Schmiede Le Creusot haben.
- Die Replika soll repräsentativ für den Materialzustand des Reaktordruckbehälter-Rings C von Beznau 1 sein.



# Sicherheitsbedenken hinsichtlich der Repräsentativität der Replika

- Zweifel hinsichtlich gleicher Randbedingungen bei der Herstellung:
  - In den 60er Jahren war das Fertigen derartiger Schmiedestücke Neuland, Einschlüsse konnten auf verschiedenste Art und Weise entstehen und die Auswirkungen der Wärmebehandlung auf die Materialeigenschaften nicht vollständig bekannt.
  - Gemäß WENRA-Bericht: „*The heat treatment procedure for the Beznau-1 unit has not been found in detail*“. Hersteller Le Creusot derzeit erheblichen Vorwürfen hinsichtlich fehlender oder veränderter Unterlagen bis in die damalige Zeit ausgesetzt.
- Die Überprüfung der mit Ring C identischen Materialzusammensetzung der Einschlüsse mittels Ultraschall ist nicht ausreichend.
- Replika fehlt die Bestrahlungs- und Ermüdungshistorie von 50 Jahren Betrieb des KKW Beznau 1.

## Fazit

- Die zulässige Sprödbruchreferenztemperatur des RDB-Rings C ist nach klassischem Berechnungs-Verfahren mit Methode I bereits ohne Berücksichtigung der Einschlüsse in Ring C überschritten.
- Der Nachweis der Sprödbruchsicherheit wird nur noch mit der Methode IIB geführt. Eine Prognose zum weiteren Materialverhalten des RDB ist unsicher. Die unbestrahlte Replika ist nicht geeignet, ausreichend belastbare Aussagen über das Materialverhalten des RDB-Rings C mit Einschlüssen abzuleiten.
- Reduzierte Sicherheitsmargen sowie Unsicherheiten beim Sprödbruchsicherheitsnachweis entsprechen nicht den höchsten Qualitätsanforderungen, die an einen Reaktordruckbehälter zu stellen sind.

# Ihr Ansprechpartner

---

## **Simone Mohr**

Dipl.-Ing. Maschinenbau

## **Öko-Institut e.V.**

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95

D-64295 Darmstadt

Telefon: +49 6151 8191 146

E-Mail: [s.mohr@oeko.de](mailto:s.mohr@oeko.de)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!  
Thank you for your attention!

Haben Sie noch Fragen?  
Do you have any questions?

