

Risse im Mühleberg-Kernmantel: Weiterbetrieb immer riskanter und ungewisser

Während dem Revisionsstillstand im August 2014 wurden im Kernmantel des AKW Mühleberg neuartige Risse gemessen. Es wurden Risse entdeckt, die sich in das Grundmaterial hinein fressen, meist senkrecht zu den Nähten. Der längste Riss beträgt 10 cm. Bis anhin waren in über 30 Reaktoren vom Mühleberg-Typ nur Risse entlang den Schweissnähten bekannt. Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI schreibt auf seiner Website, die neue Art Risse sei erstmals 2011 im Kernmantel einer vergleichbaren Anlage in den USA beobachtet worden.¹ Die BKW betont, dass in letzter Zeit in mehreren US-amerikanischen AKW solche Anrisse entdeckt worden seien. „Aus diesem Grund hat das KKM während der Jahresrevision 2014 eine visuelle Prüfung des Kernmantels durchgeführt“². Beides stimmt nicht. Die neuartigen Risse wurden in den USA und in Japan schon 2008 entdeckt. ENSI und BKW reagierten nicht und führten keine Messungen durch. Erst Ende 2015 sollen aus den USA Untersuchungsergebnisse an einer Materialprobe vorliegen. Bis dahin tappt man im Dunkeln. Verantwortungslos ist, dass die bisherigen Klammervorrichtungen gegen das vorliegende Problem nichts nützen können.

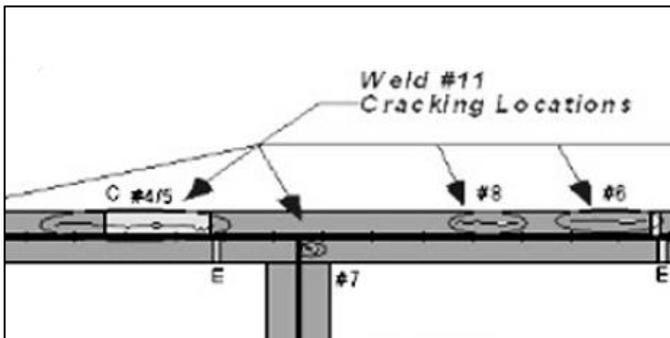


Abb. 1 Risse entlang der Schweissnaht H4 (2009)³

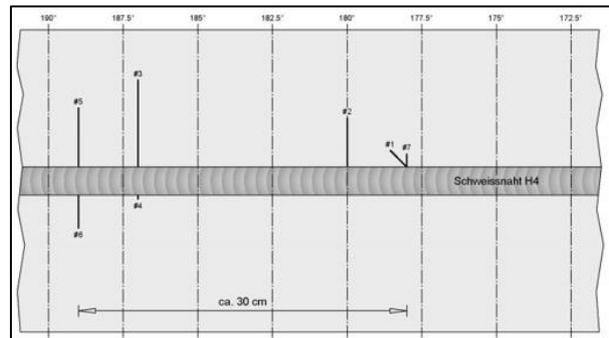


Abb. 2 Neue Risse quer zur Schweissnaht H4 (2014)⁴

Abbildung 1 zeigt die bisherigen Risse im AKW Mühleberg: entlang der dunkelgrau angezeigten horizontalen Schweissnaht haben sich (wegen der Schweissung entstandene) Spannungen Risse gebildet. Bei der angezeigten horizontalen Schweissnaht handelt es sich um die am meisten betroffene Naht H4 auf halber Höhe des Kernmantels (eingetragen ist auch eine vertikale Naht, welche senkrecht nach unten führt). In Abbildung 2 sind die neuartigen Risse eingetragen, welche quer zu derselben dunkelgrau gezeichneten Naht H4 in das Grundmaterial des Kernmantels verlaufen. Ausser einer sind alle senkrecht zur Schweissnaht, zum Teil laufen sie sogar über die Naht hinaus.

Die vorliegende Untersuchung behandelt mit reichlich zugänglichem Material die neuartigen Risse. Es ist offensichtlich, dass das Phänomen nicht erklärt werden kann.

Im 1. Kapitel wird die Geschichte der bisher bekannten Risse rekapituliert (S.1).

Im 2. Kapitel wird ein Mailwechsel zwischen Fokus Anti-Atom und BKW bzw. ENSI erörtert (S.1-2).

Im 3. Kapitel werden tatsächliche Geschichte und Problematik der neuen Risse dargestellt (S.2-4)

Im 4. Kapitel werden Schlussfolgerungen gezogen (S.5).

Der Anhang stellt den groben Aufbau und die Funktion des Kernmantels dar (S.6).

¹ <http://www.ensi.ch/de/2014/09/08/kernkraftwerk-muehleberg-ensi-erwartet-eine-anpassung-des-instandhaltungskonzepts/>

² <http://www.bkw.ch/kernmantel.html>

³ <http://www.ensi.ch/en/dossiers-3/muehleberg-core-shroud/fissures-in-the-muehleberg-core-shroud/>

⁴ S. Fussnote 2

1. Bisherige Kernmantelrisse seit 1990

Erstmals weltweit wurden 1990 in Mühleberg Risse im Kernmantel entlang von Schweissnähten entdeckt. Seither wurden solche Defekte an horizontalen und vertikalen Schweissnähten in über 30 Kernmänteln ähnlicher AKW der Welt (USA, Japan, Schweden, Deutschland, Spanien) festgestellt. Zur Funktion des Kernmantels wird auf den Anhang auf S. 5 verwiesen. An dieser Stelle sei betont, dass dieser Zylinder innerhalb des Reaktordruckbehälters im Normalbetrieb für eine gleichmässige Kühlung der Brennstäbe sorgt und dass bei einem Unfall nur dank ihm die Brennstäbe in einer Art Gefäss gekühlt bleiben. Hält der Kernmantel nicht, ist eine totale Kernschmelze nicht zu verhindern.

An den Ursachen der Kernmantelrisse wird nach wie vor geforscht. Unter anderem sind der Sauerstoffgehalt im Reaktorwasser, die Qualität der Metalllegierung, der Kohlenstoffanteil, die Fehlstellen und die Spannungen durch den Schweissvorgang zu berücksichtigen. Ab Mitte der 1990-er Jahre wurde versucht, die Chemie des Reaktorwassers zu ändern, und man machte unter anderem gezielt Wasserstoff- und Edelmetalleinspritzungen. Dies sollte einerseits den aggressiven Sauerstoff absorbieren, andererseits das Korrosionspotenzial am Metall vermindern⁵. Das Verfahren wurde ab 2005 verfeinert⁶. Ein spezielles Verfahren wurde mit Puls Lasern entwickelt, welches die Rissentstehung verhindern sollte⁷. – Als mechanische Gegenmassnahme sind Zuganker wie in Mühleberg verbreitet: Lange Klammern, welche über den gesamten zylindrischen Kernmantel greifen, einzelnen Bleche zusammenhalten und gegen die Reaktorwand abstützen. Als Alternative wurden v.a. in Japan ab Ende der 1990-er Jahre mit aufwändigen Verfahren rissige Kernmäntel aus anfälligem Stahl (wie auch der Kernmantel in Mühleberg) mit solchen aus resistentem Stahl (wie die 1986 neu eingebaute Umwälzschleife in Mühleberg) getauscht⁸. Aber alle Gegenmassnahmen gegen die Schäden können die Ursachen nicht beseitigen oder wenigstens neutralisieren. Nirgends konnte das Risswachstum gestoppt werden. In den USA wurden gar in Zugankern Defekte und Anrisse entdeckt. Und in Japan beklagte man auch in den neueren AKW, welche von Beginn weg den resistenten Werkstoff verwendeten, nach 2000 ebenso Risse⁹.

2. Mailwechsel: ENSI blockt ab, BKW antwortet zu neuen Rissen

Das oben Geschriebene bezieht sich alles auf die alt bekannten Risse entlang der Schweissnähte. Was in den Publikationen des ENSI und der BKW bis 2014 zu lesen war, war viel Propaganda zur Beruhigung der Bevölkerung. Der Kernmantel sei nicht druckführend. Er würde sogar über 50 Jahre hinaus, also 2022, ohne Nachrüstung halten, wurde 2011 noch behauptet¹⁰. Bis 2014 waren im AKW Mühleberg im Kernmantel nur die Risse entlang den horizontalen Schweissnähten bekannt – weil man eben das Grundmaterial nie betrachtet hatte.

Am 17. Oktober 2014 hat Fokus Anti-Atom zu den neuartigen Rissen, welche 2014 entdeckt wurden sowohl dem ENSI, als auch der BKW per Mail Fragen zur Beantwortung geschickt¹¹. Es wurde gefragt,

- welche Mechanismen bei den neuartigen Rissen eine Rolle spielten,
 - welche Erkenntnisse aus den Rissen in den US-Reaktoren gewonnen wurden
 - auf welchen Analysemethoden die Untersuchungen basierten,
 - welche Prognosen gestellt werden können
 - welche Belastungen in welchen Unfallszenarien berücksichtigt würden.
- In auffällig ignoranter Art antwortete das ENSI¹²: die Abklärungen für ein Instandhaltungskonzept der BKW seien am Laufen, auf der Website sei alles gesagt.

⁵ Ein guter Überblick über verschiedene Massnahmen in den USA ist zu finden in http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1471_web.pdf und <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1126/ML11263A331.pdf>

⁶ <http://mydocs.epri.com/docs/CorporateDocuments/Newsletters/NUC/2007-11/1d.html>

⁷ <http://www.aws.org/mwf/attachments/22/238122/4A-03.pdf>

⁸ <http://www.irpa.net/irpa10/cdrom/00584.pdf>

⁹ S. unter: http://www.researchgate.net/publication/228413513_Stress_Corrosion_Cracking_of_Type_316_and_316L_Stainless_Steel_in_High_Temperature_Water

¹⁰ https://www.youtube.com/watch?v=rKRvfy_SdKY, s. auch <http://www.ensi.ch/de/2011/09/26/kernmantel-muehleberg-das-ensi-verlangt-eine-langzeitloesung/>

¹¹ Mail Fokus Anti-Atom „KKM - Analysen der Kernmantelrisse“ an BKW und ENSI, vom 17.10.2014, www.fokusantiatom.ch

¹² Antwort-Mail „AW: KKM - Analysen der Kernmantelrisse“ des ENSI vom 23.10.2014, www.fokusantiatom.ch

Dazu ist zu bemerken, dass sich die Fragen nicht im Geringsten auf Nachrüstungen zum Kernmantel in Mühleberg bezogen hatten, sondern auf die Gründe und die Beurteilung der neu entstandenen, ins Grundmaterial verlaufenden Risse. Die Frage stellt sich somit, ob das ENSI nicht auf dem aktuellen Stand der Forschung ist, oder ob es sehr viel zu verheimlichen hat. – Dass das ENSI mehr weiss, muss man annehmen; denn in einer Publikation des Paul Scherrer Instituts¹³ von 2014 ist zu lesen: „die neuerlichen Spannungsrisskorrosionen in ... Kernmantelabstützungen japanischer und europäischer Siedewasserreaktoren sind von erheblicher Sicherheitsrelevanz“.¹⁴ Diese Publikation fasst Forschungsprogramme (SAFE I und II) zusammen, welche vom ENSI gefördert werden.

- Anders als das ENSI reagiert die BKW auf die Fragen von Fokus Anti-Atom¹⁵. Für die Revision im August 2015 sei geplant, neue Ultraschallprüfungen vorzunehmen. Die Gefahr der Risse seien mit angepassten bruchmechanischen Modellen bewertet worden und das Kernmantelkonzept, welches für den Betrieb bis 2019 dem ENSI vorgelegt werden muss, werde angepasst.¹⁶ Es entsteht der Eindruck, dass die BKW die derzeitige Faktenlage nicht unbedingt verschleiern will. Sie gibt offen zu: „Zur Zeit evaluieren internationale Fachkreise die Datenlage. Eindeutige Aussagen zur Ursache der Anrisse sind heute noch nicht möglich. Dokumentierte Ergebnisse anhand von Materialproben und Ultraschallprüfungen sind nicht vor Ende 2015 zu erwarten“.

3. Die wirkliche Dramatik der Risse

Schockierend ist am Ganzen, dass ENSI und BKW so tun, als ob es sich bei den Rissen um ein erst vor kurzem entdecktes Phänomen handeln würde. Das stimmt nicht: Ein Brief des Betreibers des US-AKW Hatch 1 an die dortige Nuklearbehörde NRC¹⁷ enthüllt ausführlich, dass solche Risse schon 2008 aufgetreten sind. Risse wurden entdeckt, welche offensichtlich nichts direkt mit den Spannungen an den Schweissnähten zu tun hatten. Einen kurzen Überblick erhält man in zwei Publikationen des von internationalen Stromkonzernen getragenen Forschungsinstituts EPRI¹⁸. Erst 2010, zwei Jahre nach dem Auftauchen der damals neuartigen Risse, bemühte man sich um eine Erklärung. 2014 zeigten Ultraschallmessungen, dass die Risse im AKW Hatch 1 vollständig durch das Blech gingen¹⁹.

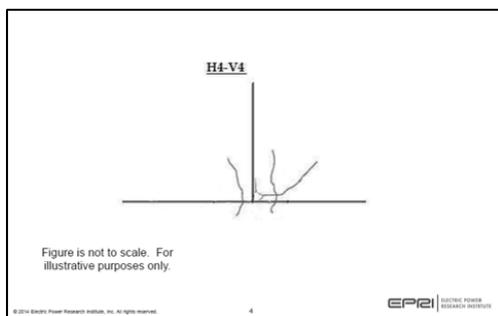


Abb. 3 Risse ins Grundmaterial in Hatch 1²⁰

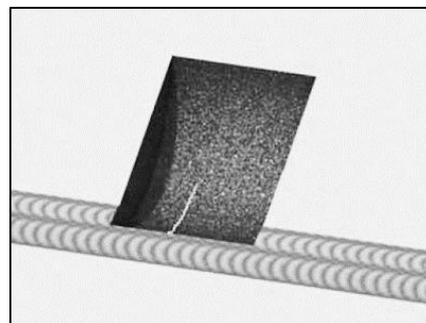


Abb. 4 Probeentnahme in Hatch 1²¹

Abbildung 3 zeigt, dass die Risse im US-amerikanischen AKW Hatch 1 wie in Mühleberg quer zu den Schweissnähten wachsen. Als durchgezogene Linie sind in der Abbildung die horizontale Naht H4 und

¹³ Grösstes Forschungsinstitut der Schweiz, welches ursprünglich zur Nuklearforschung gegründet wurde.

¹⁴ <http://www.psi.ch/lnm/SafeEN/SAFE.pdf> : "The recent stress corrosion cracking (SCC) incidents in ... core shroud support welds in Japanese and European BWRs represent a serious safety concern". Um welche europäischen Reaktoren es sich dabei handelt, ist uns nicht bekannt.

¹⁵ Antwort-Mail "AW: KKM - Analysen der Kernmantelrisse" der BKW vom 24.10.2014, www.fokusantiatom.ch ; an dieser Stelle sei für die offene Stellungnahme der BKW gedankt.

¹⁶ <http://www.ensi.ch/de/2014/09/08/kernkraftwerk-muehleberg-ensi-erwartet-eine-anpassung-des-instandhaltungskonzepts/>

¹⁷ Southern Company: Edwin I. Hatch Nuclear Plant Unit 1 Updated Status/Analyses of Core Shroud, 14. Mai 2014
<http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1413/ML14139A178.pdf>

¹⁸ Electric Power Research Institute <http://www.epri.com/Pages/Default.aspx>

¹⁹ <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1416/ML14163A513.pdf> , <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1418/ML14184B469.pdf>

²⁰ ebenda (Ausschnitt von S.4, schwarz-weiss konvertiert, d.Verf.)

²¹ ebenda (Ausschnitt von S.7, schwarz-weiss konvertiert, d.Verf.)

die vertikale Naht V4 eingezeichnet. – Abbildung 4 zeigt die Materialprobe (die Schweißnaht ist schräg von einem zum anderen Bildrand, der Riss in der Materialprobe hell in dem dunklen Viereck eingezeichnet).

Die Publikation des EPRI datiert vom Juni 2014. Da wurden schon mehrere AKW mit denselben Defekten gemeldet. Mühleberg war zu diesem Zeitpunkt einmal mehr hintendrin. Die Messungen erfolgten erst während der Revision im August 2014. Das Untersuchungsergebnis zur Probeentnahme in Hatch 1 liegt erst bis Ende 2015 vor, wie auch die BKW gegenüber Fokus Anti-Atom bestätigt²².

Besonders gefährlich ist in Hatch 1 die Tatsache, dass die Risse sich in der Nähe des Kreuzungspunktes von vertikalen und horizontalen Schweißnähten befinden (s. Abb. 3) und zum Teil wanddurchdringend sind, so dass im schlimmsten Fall Stücke herausbrechen. Damit ist schon der Normalbetrieb gefährdet.

Schaut man nach Japan, so erfährt man, dass schon 1999 atypische Risse gefunden wurden. Beim Kernmanteltausch 1999 wurde im AKW Tsuruga 1 erstmals ein gebrauchter Kernmantel gründlich ausgemessen. Was vorher nicht bekannt war: 300 (!) Risse wurden in der Kernmantelabstützung entdeckt. Es waren zum Teil sehr spezielle Risse, welche quer durch die Schweißnaht führten²³.

2000 geht die US-Nuklearbehörde NRC ernsthaft darauf ein und weist die Betreiber an, adäquate Messmethoden vorzulegen. Trotzdem ist 2007 das Geschäft immer noch pendent, worauf die NRC mehr darauf drängt²⁴. – In der Schweiz reagiert das ENSI in gewohnt nachlässiger Manier. Noch 2012 ist bei ihm zu lesen: „Das KKM (Kernkraftwerk Mühleberg, d. Verf.) hat zu untersuchen, wie die visuelle Prüfung der Abstützkonstruktion des Kernmantels qualitativ verbessert und qualifiziert werden kann“²⁵.

2008 und 2009 wurden zu japanischen AKW weitere Studien publik^{26,27}. Die Risse wurden damals einerseits in der Nähe der bekannten Schweißnaht H4, aber auch in den unteren Bereichen der Kernmantelabstützung und im Grundmaterial zwischen eng beieinanderliegenden Nähten entdeckt.

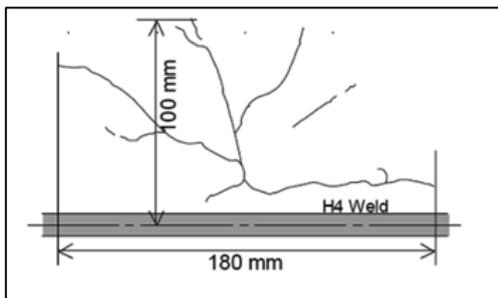


Abb. 5 Risse in Fukushima Daichi quer zur Naht²⁸

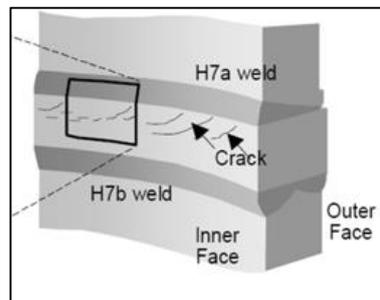


Abb. 6 Risse im Grundmaterial eines japanischen AKW²⁹

Abbildung 5 zeigt Risse in der Nähe der Naht H4 im Unglücksreaktor Fukushima vor 2009, als er noch in Betrieb war. Wie in Mühleberg wuchsen die Risse senkrecht oder in einem 45°-Winkel weg von der Schweißnaht ins Grundmaterial. Exakt wie in Mühleberg ist der Riss 10 cm lang. Abbildung 6 zeigt Risse im Grundmaterial zwischen benachbarten Schweißnähten. Das schwarze Rechteck deutet eine Probeentnahme an.

Berichtet wird aufgrund von Proben, dass es sich nicht mehr um „interkristalline“ (auch „intergranulare“) Spannungsrisskorrosion, sondern um eine „transkristalline“ („transgranulare“) handelte. Die erste Art der Risse setzt sich entlang der „Körner“ eines Metalls fort. Körner, mikroskopische Bereiche aus Metallkristallen, sind der Grundbaustein einer Metalllegierung und bleiben bei dieser Art Risse intakt. Transkristalline Risse hingegen gehen durch die Körner hindurch. Es versteht sich von selbst, dass es sich dabei um eine schwerwiegendere Verletzung des Metalls handelt als bei der intergranularen Rissbildung.

²² S. Fussnoten 15 und 19

²³ <http://www.nsr.go.jp/archive/ines/atomdb/en/events-data/events-001259.html> und <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML0719/ML071910418.pdf>

²⁴ <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML0719/ML071910418.pdf>

²⁵ http://static.ensi.ch/1386840299/ensi_stellungnahme_periodische_sicherheitsueberpruefung_muehleberg_2010.pdf, S.362.

²⁶ http://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub1337_web.pdf

²⁷ [http://www.jsm.or.jp/ejam/Vol.1.No.1/AP/EJAMVol.1\(2009\)1-29_S_SUZUKI_et_al.pdf](http://www.jsm.or.jp/ejam/Vol.1.No.1/AP/EJAMVol.1(2009)1-29_S_SUZUKI_et_al.pdf)

²⁸ ebenda (Ausschnitt von Fig.10, S.6, schwarz-weiss konvertiert, d.Verf.)

²⁹ http://www.jsm.or.jp/ejam/Vol.3.No.1/NT/NT_hitachi/hitachi.html (Ausschnitt von Fig.8, schwarz-weiss konvertiert, d.Verf.)

4. Vierzig Jahre sind zu viel, mehr als 30 Reaktoren haben Risse

All diese Begriffe sind nur eine Beschreibung, aber keine Erklärung für die Risse. Und es ist schwer zu befürchten, dass die Ursachen noch längere Zeit unverstanden bleiben. In der zugänglichen Fachliteratur ist deutlich zu vernehmen, dass bei den atypischen Rissen besonders die Strahlung als Ursache in Betracht gezogen werden muss.

Was das für die Zukunft bedeutet, belegt ein Zitat des EPRI: Wenn es sich um strahleninduzierte Rissbildung (so genannte IASCC) handle, seien Konsequenzen für den Betreiber unausweichlich, denn es handle sich um ein Alterungsproblem, das sich durch die akkumulierte Strahlung verschärfe. Die Angst des EPRI: Es werden weit umfangreiche Messungen oder „im schlimmsten Fall“ der Tausch des Kernmantels notwendig³⁰. In den USA wurde noch nie ein Kernmantel getauscht. In Mühleberg wurde er nicht getauscht, weil dies wesentlich komplizierter wäre als in Japan, wie der Mediensprecher der Vorgängerbehörde des ENSI, der HSK, beteuerte³¹. Mit 500 Millionen Franken wäre dies für die BKW zu teuer. Dramatisch ist, dass – obwohl es sich um neue und ungeklärte Befunde handelt – nirgends ein Kernmantel vollumfänglich ausgemessen worden ist. Immer ist man mit den Messungen nur von Schweissnähten aus ins Grundmaterial vorgerückt. – Unverantwortlich ist vor allem, dass die Reaktoren ohne vertiefte Kenntnisse weiter betrieben werden. Aber dieses Vorgehen ist erklärbar: Eine ganze Serie von AKW ist betroffen, für welche sich ein Kernmanteltausch nicht mehr lohnt. Das ist für die ganze Atomwirtschaft, insbesondere für den Konzern General Electric (Erbauer der meisten betroffenen AKW) ein fast nicht verkraftbarer Schlag.

Es sei rekapituliert: Seit der Entdeckung der Risse in etlichen Kernmänteln weltweit wurden viele Anstrengungen gemacht, auf das Risswachstum Einfluss zu nehmen. Keine der Massnahmen beseitigte die Probleme. Selbst besser legierte Stahlbleche wurden von Rissen befallen.

Sicher ist, dass die vier Zuganker in Mühleberg allerhöchstens die Ringbleche, wenn ihre Schweissnähte gerissen sind, zusammenhalten könnten. Für die Beherrschung von lokal verteilten Risse ins Blech hinein sind sie wertlos. Bis Ende Oktober 2014 musste die BKW ein neues Instandhaltungskonzept für den Kernmantel abgeben. Noch am 24. Oktober antwortete sie Fokus Anti-Atom, dass man die Risse nicht verstehe (s. S. 3). Es ist schleierhaft, wie die BKW den Kernmantel instand halten will: Ultraschallmessungen bringen keine Verbesserung, höchstens weitere Erkenntnisse. Und für die Kernmantelabstützung besteht bisher höchstens ein Konzept.

Es muss endlich eingestanden werden, dass die Stähle unter hochaktiven Bedingungen auf längere Zeit hin unberechenbar sind und ihre nötige Stabilität heute nicht verlässlich nachgewiesen kann. Bei einem neuen Stahl dürfte man damit rechnen können, dass er in der Restlaufzeit Mühlebergs bis 2019 nicht korrodiert. Dies würde aber einen Kernmanteltausch bedeuten.

Die ursprünglichen Erwartungen der AKW-Erbauer bewahrheiten sich: Immer hatte man die Lebensdauer eines AKW auf Grund der Strahlenbelastung der kritischsten Komponenten, welche sehr schwer (Kernmantel) oder gar nicht (Reaktordruckbehälter) ausgetauscht werden können, auf 30-40 Jahre geschätzt. 1989 steht im Sicherheitsbericht der BKW, einer umfassenden Beschreibung und Störfallanalyse des AKW Mühleberg: Reaktordruckbehälter – Auslegungslebensdauer 40 Jahre³². Die 40 Jahre sind noch in den Bewilligungsverfahren zu Mühleberg von 1992 und 1998 völlig unbestritten gewesen und ausdrücklich erwähnt worden³³. – Erst als die Befürchtung aufkam, dass neue AKW nicht mehr gebaut werden können, propagierte die Atomgemeinde 50-60 Jahre. Doch dies geht an der Realität vorbei. Es handelt sich bei den Rissen in den Kernmänteln, welche am nächsten an der hochradioaktiven Strahlung der Brennelemente sind, um ein generelles Problem der älteren Siedewasserreaktoren. Es sind verschiedene Hersteller, verschiedene Bauarten und verschiedene Stähle betroffen.

³⁰ <http://www.epri.com/abstracts/Pages/ProductAbstract.aspx?ProductId=00000000001022839> : "However, if the cracking is caused by IASCC, which occurs later in the life of a plant and which can have a significant structural effect, the implications for the industry could be significant and could require additional inspections at a minimum and shroud replacement at worst case."

³¹ A. Treier: "Tatsächlich sei in einigen ausländischen Atomkraftwerken gleichen Typs der Kernmantel ganz ausgetauscht worden. Doch sei dieser im Ausland etwas anders konstruiert und deshalb einfacher ersetzbar. ", Tagesanzeiger, 26.2.2008

³² BKW: Kernkraftwerk Mühleberg, Sicherheitsbericht 1989; Ausgabe 31. August 1990, S. 4.1-2

³³ s. Entscheide des Bundesrates vom 14. Dezember 1992 und 28. Oktober 1998 unter http://www.bfe.admin.ch/themen/00511/index.html?lang=de&dossier_id=02204

