

Brennelementschäden im AKW Leibstadt

Zusammenfassung

Das AKW Leibstadt kämpft seit den 80er Jahren immer wieder mit Brennstoffproblemen. Schäden an Brennelementen sind ein ernstes, sicherheitsrelevantes Problem. Weder die Ursache, resp. die Kombination von Bedingungen, die zur korrosiven Schädigung der Brennelemente führten, sind wissenschaftlich genügend geklärt. Deshalb ist ein erneutes Auftreten ähnlicher Schäden nicht auszuschliessen.

Eine Inbetriebnahme ohne vorherige wissenschaftliche Klärung und gründliche technische Überprüfung und ohne Änderung des Überwachungsmodus würde dem gesetzlichen Auftrag der Betreiber und des ENSI nicht entsprechen.

Damit die Zivilgesellschaft, die schliesslich finanziell als Versicherer fungiert und auch ein legitimes Anrecht hat, über die Sicherheit der Kernanlagen ohne Abstriche proaktiv informiert zu werden sich kompetent orientieren kann, ist eine erschöpfende Publikation der Resultate einerseits, eine für die Allgemeinheit verständliche Zusammenfassung der Ergebnisse andererseits Voraussetzung. Ebenfalls sind die getroffenen Massnahmen zu veröffentlichen und das Resultat dieser Massnahmen transparent mitzuteilen.

Das ENSI sollte die 2011 partiell, 2014 gänzlich eingestellte Publikation der Monatsberichte wieder aufnehmen und transparent die Protokolle relevanter Störungen und Vorkommnisse, die Leistungsdaten und die Liste der Geschäfte und Projekte publizieren.

Aus technischer Sicht müssen die nachfolgenden Forderungen vor einer Wieder-Inbetriebnahme des AKW Leibstadt erfüllt sein:

- **Die Berechnungen zur Kernladung müssen vor einsetzen neuer Brennelemente durch ein unabhängiges Institut geprüft werden, es muss ausgeschlossen werden, dass Berechnungsfehler vorliegen, die als Grundlage für den Betrieb dienen.**
- **Unabhängige Überprüfungen müssen sicherstellen, dass lokale Strömungsprobleme ausgeschlossen werden können.**
- **Unabhängige Überprüfungen müssen sicherstellen, dass die Wasserchemie des AKW Leibstadt den Qualitätsanforderungen absolut entspricht und der Korrosion keinen Vortrieb leistet**
- **Es ist sicherzustellen, dass im Reaktor des AKW Leibstadt keine Leistungoszillation stattfinden können. Im Zweifelsfall müsste die Instrumentierung des Reaktors so nachgerüstet werden, dass die Kontrolle der Reaktorregelung in jedem Fall gewährleistet ist.**
- **Die thermomechanischen Betriebsgrenzwerte müssen konservativ ausgelegt werden.**
- **Es muss gesichert werden, dass die Entstehung von Lecks an den Brennelementen gänzlich vermieden werden können.**
- **Neu eingesetzte Brennelemente müssen vor dem Einsatz im Reaktor von unabhängiger Stelle überprüft werden.**

Einzelne Brennelemente im AKW Leibstadt weisen Oxydationsschäden auf, weshalb das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI dem AKW nach der Revision im August 2016 keine Bewilligung erteilt hat, den Reaktor wieder einzuschalten.

Die Oxydation der Brennelemente ist auf den mangelnden Kühleffekt des Reaktorwassers an den Brennelementen mit lokaler Überhitzung und in der Folge einer punktuellen Oxydation der Brennelemente zurückzuführen.

Bei lokaler Überhitzung der Brennelemente bildet sich auf diesen ein Film aus Dampfblasen, welcher die Brennstäbe vom Kühlwasser isoliert.

Dadurch erhitzen bzw. überhitzen sich die Brennstäbe, denn wegen des Films von Dampfblasen kommt zu wenig umfliessendes Kühlwasser in direkten Kontakt mit den, Hüllrohren der nuklearen Brennstoffelemente. Dieses Phänomen wird als «local Dryout» bezeichnet.

Gründe für das «local Dryout» Problem

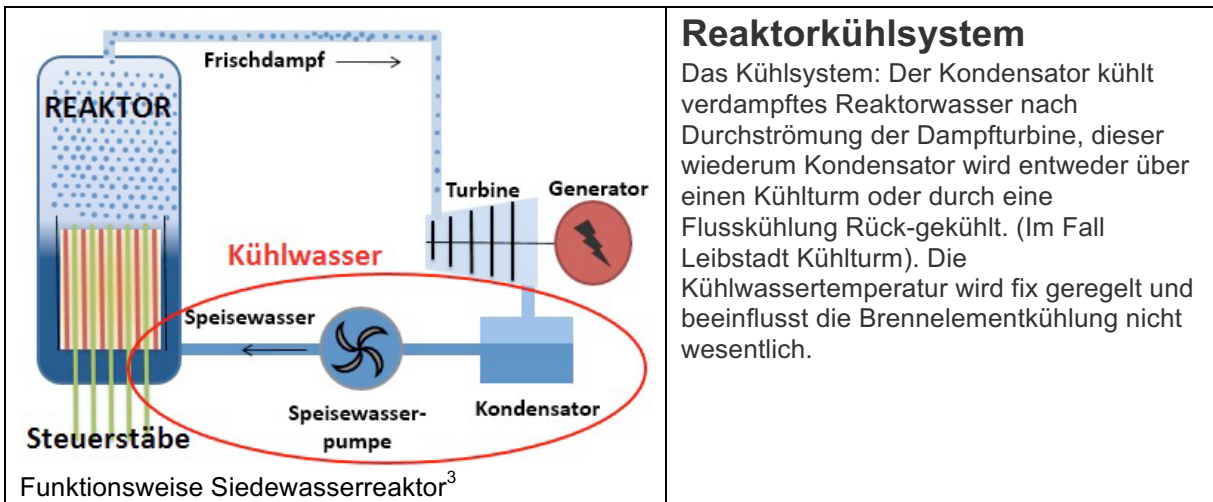
- **Zu hohe Leistung auf den Brennstäben:** Bei der Berechnung der sog. Kernladung (also wie viele Brennstäbe eingesetzt werden, wie sie bestückt werden und wo sie in den Reaktor eingelegt werden), können **Rechenfehler** grosse Auswirkungen haben, u.a. lokale Überhitzung.
- **Strömungsprobleme:** Gerade bei Neukonfigurationen des Brennstoffs (z.B. wenn ein neuer Brennelementtyp eingesetzt wird oder der Lieferant wechselt) kann es zu **Veränderungen des Strömungsprofils** innerhalb der Kernladung kommen. Werden die Brennelemente nicht richtig angeströmt, kann dies lokal zu geringer Wärmeabfuhr führen, also zu lokaler Überhitzung.
- **Wasserchemie:** Das Reaktorwasser in einem AKW ist hochrein und nahezu Ionenfreies. **Geringste Verunreinigungen** können dazu führen, dass Oxidationen oder Metallverschiebungen stattfinden.
- **Leistungssoszillation:** Die Regelung eines Atomreaktors ist heikel, da die Leistung innerhalb von Sekundenbruchteilen überproportional ansteigen kann. Die Bildung von Blasen spielt dabei eine zentrale Rolle, da eine lokale Anhäufung isolierender Blasen die Regelung des Reaktors stark beeinflussen kann. Bei überforderten Regelungsmechanismen kann nämlich eine Resonanz auftreten, das System schaukelt sich auf, wodurch übermässige Ausschläge verursacht werden können. Dieses Phänomen kann ebenfalls zur lokalen Überhitzung führen.
- **Grenzwerte:** Im AKW Leibstadt wurden in den 90er Jahren zur Verhinderung übermässiger Leistungssoszillationen die thermomechanischen Betriebsgrenzwerte (TMOL-Kurve) angepasst. (Dampfblasen¹ entstehen in einem Siedewasserreaktor auch im Normalbetrieb, wichtig ist, dass diese unter Kontrolle bleiben)
- **Ermüdungsbruch:** Geraten durch Überhitzung geschwächte Brennelemente in Resonanz (Schwingung) können die Hüllrohre, welche den nuklearen Brennstoff umhüllen, reissen, d.h. einen Ermüdungsbruch verursachen.
- **Fertigungsprobleme:** Die Hüllrohre, welche den Kernbrennstoff beinhalten, können stellenweise zu dünne Metallschichten aufweisen. Ferner können Fehler in der Zusammensetzung von Legierungen auftreten und/oder die Produktionsweise von den Anforderungen abweichen usw.

Für den Betrieb 2011-2015 wurden die Brennelemente vom Hersteller Westinghouse in Schweden geliefert.²

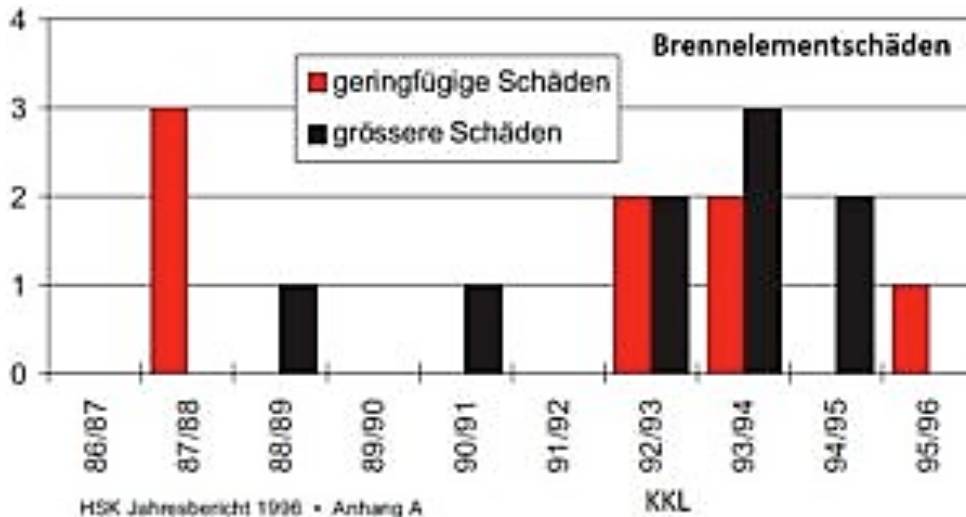
¹ <https://de.wikipedia.org/wiki/Dampfblasenkoeffizient>

²

<http://www.nuklearforum.ch/de/aktuell/e-bulletin/mehr-westinghouse-brennelemente-fuer-leibstadt>



Bedenkliche Brennelementschäden im AKW Leibstadt



Bereits in den 90er Jahren kam es im AKW Leibstadt zur Korrosion an Brennelementen. Im Abschlussbericht 1997/2001⁴ zu den Problemen mit den Brennelement steht: **«Obwohl die grundlegenden Mechanismen für das Entstehen der ELK auch gegenwärtig noch nicht ausreichend bekannt sind,».**

Trotzdem wurde das KKW Leibstadt wieder in Betrieb genommen.

³

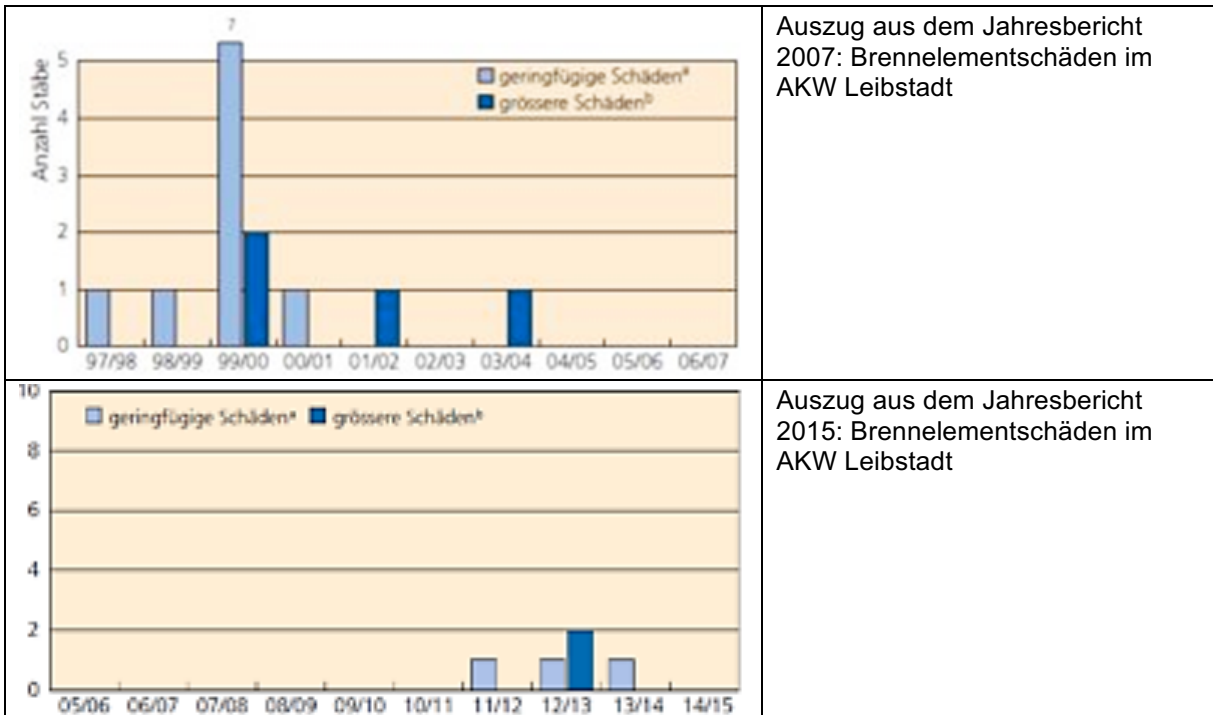
<http://www.fokusantiatom.ch/wp-content/uploads/2017/02/FunktionSiedewasserreaktor.pptx>

⁴

http://static.ensi.ch/1314203180/korrosion_svea-96-b.pdf

Im Jahr 1994 wurde das AKW Leibstadt durch die OSART⁵, einer Organisation der IAEA⁶, einer betrieblichen- organisationellen Untersuchung unterzogen. Im anfangs 1995 publizierten Bericht wird bemerkt (Zitat):

"However, KKL has experienced a number of fuel Failures since the fifth cycle."



Aufgrund des Antrag des AKW Leibstadt um Freigabe der Leistungserhöhung um 10%, wurde ein Gutachten durch die „Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernkraftwerke“ HSK (Vorläuferorganisation des ENSI) verfasst, welches 1996 veröffentlicht wurde.

Im Kapitel 4-1 wird festgehalten (Zitat): **"Die Vorkommnisse mit dem grössten Einfluss auf die Strahlenbelastung des Personals und auf die Verfügbarkeit der Anlage waren im KKL Brennstabschäden (Kap. 4.2) mit einer daraus resultierenden höheren Reaktorkühlmittelaktivität."**

Ein Auszug zu den Brennelementproblemen wurde auf der Homepage von „Fokus Anti-Atom“ veröffentlicht:

5

<http://www-ns.iaea.org/actionplan/missions.asp?mt=OSART&my=All&cn=All+countries&ms=Completed&func=search&submit.x=17&submit.y=10>

6

Brennelementscha den 1999

Die Freigabe der zweiten Leistungserhöhung (LS2) bis 3420 MWth erfolgte durch die HSK im September 1999.

Im Betriebszyklus 1999/2000 traten Schäden an **neun Brennelementen mit Freisetzung von Brennstoff in das Reaktorwasser auf** (es wurden ca. 80 g Urandioxid in das Reaktorwasser freigesetzt). Die Mehrzahl der Schäden wurde durch Fremdkörperreibung verursacht (später wurde vom KKL nachgewiesen, dass sämtliche Schäden durch Fremdkörperreibung verursacht worden waren).

Brennelementscha den 2001

Die Freigabe der vierten und letzten Leistungserhöhung (LS4) bis 3600 MWth erfolgte durch die HSK im Dezember 2001¹². Im Betriebszyklus 2000/2001 trat ein geringer Brennelementscha den ohne Freisetzung von Brennstoff in das Reaktorwasser auf.

Auf der Plattform „Fokus Anti-Atom“ wurde bereits **2014** auf die Brennelementprobleme im AKW Leibstadt aufmerksam⁷, gemacht, als das Nuklearforum in den Monatsberichten* folgende Probleme im AKW Leibstadt veröffentlichte (Zitat):

„5. Juli 2014: Bei der monatlichen Justierung der Reaktorleistung wurde die Reaktor-Schnellabschaltung ausgelöst

9. Juli 2014: Lastreduktionen auf jeweils 900 MW zur Anpassung der Steuerstabstellungen (Beeinflusst die Reaktorleistung)

12./13 Juli 2014: Lastreduktionen auf jeweils 900 MW zur Lokalisierung eines Brennstoffscha dens“

Versagen von Steuerstäben⁸

Zitat aus dem Sicherheitsbericht 2009 des AKW Leibstadt:

"Neben den ursprünglichen Steuerstäben des Typs Duralife-100 und dem Nachfolgetyp Duralife-230 wurden ab Zyklus 17 (2000/2001) langlebige Steuerstäbe des Typs Marathon und ab Zyklus 20 (2003/2004) solche des Typs CR99 eingesetzt. Der Einsatz dieser neuen Typen auf Kontrollpositionen (Reaktivitätssteuerung während des Betriebs) war damit verbunden, dass es seit Frühjahr 1997 wiederholt zu Steuerstabscha den mit Auswaschung des Absorbermaterials Bor kam. Zur Auswaschung haben Steuerstäbe vom Typ Duralife-230, welche die vom Hersteller angegebene Einsatzgrenze bei Weitem noch nicht erreicht hatten, wesentlich beigetragen. Während der JHR 2003 wurden schliesslich alle Steuerstäbe des Typs Duralife-230 ersetzt."

Ab 2011 (dem Jahr des Fukushima-Unfalls) wurden in den Monatsberichten des ENSI Vorkommnisse sowie die Liste der Geschäfte und Projekte nicht mehr publiziert und nur noch Leistungsdaten veröffentlicht. Ab 2014 wurde die Publikation von Monatsberichten gänzlich eingestellt.

⁷

http://www.fokusantiatom.ch/wp-content/uploads/2015/10/2014_11_06_MM_FokusAntiAtom_Leibstadt_Def.pdf

⁸

https://en.wikipedia.org/wiki/Control_rod

Leistungserhöhung mit Auflagen betr. Brennstoffschäden

Die Gewährung einer Leistungserhöhung des KKW Leibstadt im Oktober 98 erfolgte mit einer klaren Auflage durch die HSK (heute ENSI) bezüglich Schäden an Brennelementen. Im Sicherheitsgutachten 2009⁹ steht dazu folgendes:

*"Die Freigabe der ersten **Leistungserhöhung (LS1)** bis 3327 MWth erfolgte durch die HSK im **Oktober 1998**. Der hinsichtlich Brennelementschäden störungsarme Betrieb wurde explizit als Voraussetzung für die Freigabe in die Auflage aufgenommen, da in den Jahren 1988 bis 1995 vermehrt Brennstabschäden im KKL auftraten, **die mit einer grösseren Freisetzung von Brennstoff in das Reaktorwasser** verbunden waren (s. Ausführungen in Kapitel 5.6 dieser Stellungnahme).*

Der Begriff „störungsarmer Betrieb hinsichtlich Brennelementschäden“ wurde von der HSK im Juli 1979 als „Ausbleiben schwerer Brennelementschäden mit Freisetzung wesentlicher Mengen von Brennstoff ins Kühlmittel“ definiert.

Schwere Schäden, die eine Leistungserhöhung nicht erlauben

liegen vor (Zitat):

„- wenn prognostiziert wird, dass bis Zyklusende mehr als 150 g Uranoxid in das Reaktorwasser freigesetzt werden; oder

- wenn die über drei Wochen gemittelte Jod-131-Konzentration im Reaktorwasser mehr als 50 % der in der Technischen Spezifikation des KKL festgelegten Grenze beträgt und eine steigende Tendenz aufweist; oder

- wenn, unabhängig von den Freisetzungen, Schäden an mehr als vier Brennelementen auftreten, wobei die Schadensursache noch nicht bekannt ist oder nicht behoben werden kann“

Im Jahr 1997 wurde erstmals eine erhöhte lokale Korrosion an einzelnen Brennelement - Hüllrohren im Bereich der Abstandshalter festgestellt, worauf das KKL Messungen zur Ermittlung der Wanddicken der betroffenen Hüllrohre durchführte. Aufgrund der Messresultate kam die HSK zum Schluss, dass das Fortschreiten der lokalen Korrosion wesentlich verringert wurde und führte dies auf die Änderung der wasserchemischen Parameter seit September 1997 zurück.

Nach Ansicht der HSK war damit die in der Auflage genannte Voraussetzung eines „*hinsichtlich Brennelementschäden störungsarmen Betriebes*“ erfüllt.

Zitat: *„Im Betriebszyklus 1997/1998 trat dann auch lediglich ein fremdkörperbedingter Brennelementschaden auf, der zu keiner grösseren Freisetzung von Brennstoff in das Reaktorwasser führte.“*

Die oben aufgeführten Forderungen der HSK zur Leistungserhöhung des AKW Leibstadt verhinderten weitere Schadensfälle an Brennelementen und Steuerstäben nicht. Dies belegen die vorangehenden Auszüge aus den Jahresberichten der HSK / des ENSI.