

### Schäden an Steuerelementen in SWR-Anlagen

16.10.2003

#### INHALT

- 1 Veranlassung
- 2 Sicherheitstechnische Bedeutung
- 3 Beratungsauftrag und Beratungsgang
- 4 Bewertungsmaßstäbe
- 5 Beantwortung der BMU-Fragen
- 5.1 Erkenntnisse zu den Schäden an den in Japan und USA eingesetzten ABB-Steuerstäben
- 5.2 Erkenntnisse zu den Schadensmechanismen an den Steuerstäben von Siedewasser- und Druckwasserreaktoren im Hinblick auf deutsche Anlagen
- 5.3 Bedeutung der Steuerstabschäden
- 5.3.1 Mögliche Folgeschäden an Brennelementen (PCI-Schäden) und Kernbauteilen
- 5.3.2 Beeinträchtigung der Abschaltsicherheit
- 5.3.3 Auswirkungen von Borauswaschungen an Steuerstäben auf die Tritiumabgaberate an das Kühlmittel bzw. an die Umgebung
- 5.4 Maßnahmen zum Erhalt der Funktionsfähigkeit von Steuerstäben
- 6 Bewertung durch die RSK
- 7 Unterlagen

#### **1 Veranlassung**

In der japanischen SWR-Anlage Tsuruga-1 konnte im Oktober 1997 bei einer wiederkehrenden Prüfung einer von 73 Steuerstäben nicht eingefahren werden. In der SWR-Anlage Fukushima-1 ließ sich im Dezember 1997 ein Steuerstab beim betrieblichen Verfahren nicht ordnungsgemäß bewegen. In beiden Fällen waren geschwollene Steuerstabblätter die Ursache, wodurch die Beweglichkeit der Steuerelemente in den Brennelementzellen stark eingeschränkt wurde. Bei den betroffenen Steuerstäben handelt es sich um Steuerstäbe vom Typ CR85M der schwedischen Firma ABB. Die Steuerelemente werden sowohl für die betriebliche Regelung als auch für die Schnellabschaltung hydraulisch verfahren. In beiden Anlagen wurden alle Steuerelemente dieses Typs ausgetauscht.

Im März 1999 wurde im amerikanischen SWR Hope Creek bei einer routinemäßigen Inspektion an einem Steuerstab vom Typ CR82 des Herstellers ABB ein Wanddurchbruch („Blister“) entdeckt. Der Steuerstab war im Zentralelement positioniert. Er war aufgrund eines Defektes im Steuerstabantrieb für den gesamten Zyklus voll in den Kern eingefahren worden und hatte aufgrund der ungewöhnlichen Betriebsweise eine größere Fluenz als vorgesehen erreicht. Der Steuerstab hatte keine Bewegungseinschränkungen.

---

Vor dem Hintergrund der entdeckten Steuerstabschäden wurde die RSK vom BMU mit Schreiben vom 20.12.1999 beauftragt, die sicherheitstechnische Bedeutung der Steuerstabschäden und die Betriebserfahrung mit den Steuerstäben in deutschen Anlagen zu beraten.

## **2 Sicherheitstechnische Bedeutung**

Die Steuerstäbe gehören als Stellglied des Schnellabschaltsystems zu den wesentlichen sicherheitstechnischen Einrichtungen eines Kernkraftwerkes. Das Schnellabschaltsystem muss jederzeit in der Lage sein den Reaktor abzuschalten und dauerhaft im unterkritischen Zustand zu halten. Die Nichtverfügbarkeit eines einzelnen Steuerelements wird in der Auslegung des Abschaltsystems als Einzelfehler berücksichtigt.

## **3 Beratungsauftrag und Beratungshergang**

Mit dem Beratungsauftrag des BMU vom 20.12.1999 (Az.: AG RS I 4 – 14310/29) wurde die RSK um Stellungnahme zur sicherheitstechnischen Bedeutung der Steuerstabschäden und zur Betriebserfahrung mit den Steuerstäben gebeten. Dabei sollte auf folgende Punkte eingegangen werden:

- Erkenntnisse zu den Schäden an den in Japan und USA eingesetzten ABB-Steuerstäben,
- Erkenntnisse zu den Schadensmechanismen an den Steuerstäben von Siedewasser- und Druckwasserreaktoren im Hinblick auf deutsche Anlagen,
- Die Bedeutung von Steuerstabschäden im Hinblick auf
  - mögliche Folgeschäden an Brennelementen (PCI-Schäden, d. h. durch pellet cladding interaction verursachte Schäden), Kernbauteilen,
  - mögliche Beeinträchtigung der Abschaltsicherheit,
  - Auswirkungen von Borauswaschungen an Steuerstäben (Hochabbrandsteuerstäben) auf die Tritiumabgaberate an das Kühlmittel bzw. an die Umgebung,
- Maßnahmen zur Vermeidung von Steuerstabschäden.

Die Beratungen des RSK-Ausschusses REAKTORBETRIEB wurden durchgeführt in der

- 118. Sitzung am 07.08.1998,
- 123. Sitzung am 09.02.2000,
- 124. Sitzung am 05.04.2000,
- 129. Sitzung am 06.12.2000,
- 131. Sitzung am 04.04.2001 und der
- 145. Sitzung am 11.09.2002.

Die RSK gab in ihrer 366. Sitzung am 16.10.2003 die vorliegende Stellungnahme ab.

Im Rahmen der Beratungen wurden Berichte der Betreiber, Sachverständigen und Versicherungsgesellschaften gehört sowie der Erfahrungsrückfluss zur Weiterleitungsnachricht 02/98 und

---

die Ergebnisse eines von der GRS veranstalteten Fachgespräches sowie einer zusammenfassenden Darstellung der GRS berücksichtigt. Auf der 129. Sitzung des RSK-Ausschusses REAKTORBETRIEB am 06.12.2000 wurden von der GRS die Ergebnisse einer vom BMU veranlassten Länderumfrage zum Einsatz und zu Betriebserfahrungen mit entsprechenden Steuerstäben in SWR berichtet.

Abschließend hat die RSK in ihrer 366. Sitzung am 16.10.2003 den Sachverhalt beraten.

#### **4 Bewertungmaßstäbe**

Die Bewertungsmaßstäbe der RSK sind:

- die KTA 3103 Abschaltssysteme von Leichtwasserreaktoren, Ausgabe März 1984,
- die Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung und
- die Erfahrung aus den Ereignissen in den japanischen Kernkraftwerken und in „Hope Creek“.

#### **5 Beantwortung der BMU-Fragen**

##### **5.1 Erkenntnisse zu den Schäden an den in Japan und USA eingesetzten ABB-Steuerstäben**

Bei den betroffenen Steuerstäben ist das neutronenabsorbierende Borkarbid in waagerechten Kanälen untergebracht. Dazu sind die massiven Steuerstabblätter aus austenitischem Werkstoff mit Bohrungen in waagerechter Anordnung versehen. Diese Bohrungen werden mit Borkarbid bzw. Hafnium gefüllt. Als Verschluss der Bohrungen wird vor die Lochreihen eine durchgehende Leiste gesetzt. Um einen Gasaustausch zu ermöglichen, ist die Verschlussleiste zur Innenseite hin mit einer über die ganze Länge laufenden Rille versehen. Es gibt fünf Ausführungen dieser Steuerelemente, wobei es innerhalb der einzelnen Typen noch konstruktive anlagenspezifische Varianten gibt, die sich im wesentlichen in der Dicke der Stege zwischen den Bohrungen, der Restwandstärke zur Oberfläche und der Geometrie des Steuerstabblattes unterscheiden [1]. Der Typ CR85M kommt in deutschen Anlagen nicht zum Einsatz.

Das Auftreten der Schäden in den japanischen Anlagen wird auf Rissbildung durch Spannungsrisskorrosion zurückgeführt. Für die strahleninduzierte Sensibilisierung des Werkstoffes sind die schnellen Neutronen verantwortlich. Zu Primärschäden haben vermutlich verbliebene Spannungen aus dem Herstellungsprozess beigetragen, die von Richtarbeiten herrührten. Durch die Risse dringt Wasser in den defekten Steuerstab ein. Das eingedrungene Wasser reagiert mit dem Borkarbid unter Wasserstoffbildung. Dieser Wasserstoff führt zur Hydrierung und zum Schwellen des Hafniums. Die Primärschadensrisse werden größer, es tritt dann verstärkt Wasser in die Stäbe ein. Wasser, Borkarbid und Lithium (aus der Reaktion:  $^{10}\text{B} + \text{n} \rightarrow ^7\text{Li} + ^4\text{He}$ ) bilden Reaktionsprodukte, die sich verfestigen und den Gasausgleichskanal blockieren (Verglasung). Die sekundäre Rissbildung im Borkarbidbereich wird gefördert durch die Bildung von Lithiumhydroxid, das voluminöser als Borkarbid ist. Die Bildung von Dampf und Gasen im Borkarbidbereich führt dann zum Druckaufbau in den Bohrungen, zum Versagen der Stege zwischen den Bohrungen und schließlich zum teilweise massiven Schwellen der Blätter. Für das Schwellen der Absorber sind die langsamen Neutronen verantwortlich. Der Hersteller gibt an, dass ab etwa einer Fluenz von 2 snvt für ein Steuerstabviertel das vorhandene Lithium für eine solche Gasbildung ausreicht. Im gravierendsten Fall führte die Aufwölbung zu

---

einer Blattstärke von ca. 30 mm, die Auslegungstärke beträgt ca. 7 mm. Steuerstäbe des betroffenen Typs wurden nur nach Japan geliefert.

Insgesamt wurden von ABB 146 Stäbe vom Typ CR85M nach Japan geliefert. Davon wurden 18 Stäbe inspiziert. Fünf der inspizierten Stäbe wiesen Rissbefunde auf. Diese Stäbe waren im oberen Viertel Flüssen von 2,4 bis 2,8 snvt ausgesetzt.

Der Schaden an einem Steuerstab vom Typ CR82 im amerikanischen KKW Hope Creek wird auf die ungewöhnlichen Betriebsbedingungen für den Steuerstab zurückgeführt. Die Stabelemente wurden in Hope Creek üblicherweise mit hohen Fluenzzuwächsen gefahren, so dass sie schon nach vier Zyklen die Schadensschwelle für Primärschäden erreichten. Zusätzlich war der betroffene Stab in seiner vierten Standzeit über 12 Monate im eingefahrenen Zustand betrieben worden und hatte dadurch eine betriebsunübliche hohe Fluenzzunahme erfahren, die sich nach bisherigen Betriebserfahrungen ungünstig auf die Schadensentwicklung auswirkt.

## **5.2 Erkenntnisse zu den Schadensmechanismen an den Steuerstäben von Siedewasser- und Druckwasserreaktoren im Hinblick auf deutsche Anlagen**

Der in den japanischen Kernkraftwerken betroffene Steuerstabtyp kommt in deutschen Kernkraftwerken nicht zum Einsatz. Nach Angabe des Steuerstabherstellers wurde dieser Typ nur nach Japan geliefert. In deutschen Siedewasseranlagen kommt der in der Konstruktion ähnliche Typ CR82M zum Einsatz. Dieser Stabtyp hat bisher in deutschen Anlagen keine besonderen Auffälligkeiten gezeigt.

Der in „Hope Creek“ betroffene Steuerstabtyp CR82 kommt auch in deutschen Kernkraftwerken zum Einsatz. Von daher ist dieses Ereignis grundsätzlich auf deutsche Anlagen übertragbar. Für das Auftreten des Schadens war aber ein betriebsunüblicher Einsatz des Steuerstabes verantwortlich. In deutschen Anlagen gab es an diesem Steuerstabtyp bisher keine besonderen Auffälligkeiten.

In deutschen Anlagen sind Risse (Primärschäden) an ABB-Steuerstäben bisher erst nach hoher Bestrahlung von > 2 bis 3 snvt bei Steuerstäben des Typs CR 70, CR 82, CR 85 und dem KWU-Standard-Steuerstab aufgetreten.

Eine Übertragbarkeit des Schadensmechanismus auf deutsche DWR ist nicht gegeben, da die Absorber in den Steuerstäben nicht aus Borkarbid/Hafnium sondern AgCdIn bestehen, das zwar bei Bestrahlung schwillt, aber keine dem Borkarbid vergleichbaren chemischen Reaktionen hervorruft. Nach den Betriebserfahrungen in deutschen Anlagen wurde über einen Zeitraum von 20 Jahren ein aufgeplatzter Absorberfinger festgestellt. Ursache war strahlenbedingtes Wachstum des Absorber auf Grund der langen Einsatzzeit (20 Jahre). Bei zwei Ereignissen kam es zum Abriss eines bzw. mehrerer Steuerstabfinger. Ursache war offenbar ein ungeeigneter Werkstoff. Die Abschaltbarkeit der Anlagen war dadurch aber nicht beeinträchtigt.

## **5.3 Bedeutung der Steuerstabschäden**

### **5.3.1 Mögliche Folgeschäden an Brennelementen (PCI-Schäden) und Kernbauteilen**

Die Betriebserfahrung deutscher Kernkraftwerke liefert keinerlei Hinweise, dass durch die beschriebenen Steuerstabschäden Brennelementschäden oder Schäden an Kernbauteilen auftreten könnten. SWR-

---

Brennelemente sind von einem Brennelementkasten umgeben. Insofern kann das Schadensbild „Aufblähung“ der Steuerstäbe nicht unmittelbar zu Brennstabschäden führen. Die Frage, inwieweit darüber hinaus gehende Schäden, wie unterstelltes Abreißen eines Steuerstabblattes, zu Schäden an Kerneinbauten führen könnten, ist bei den vorliegenden Schadensbildern nicht relevant.

PCI-Schäden sind in der Bundesrepublik an SWR-Brennelementen in der Vergangenheit aufgetreten, die Schäden standen aber in keinem Zusammenhang mit Steuerstabschäden, vielmehr lag die Ursache in einem zu schnellen Verfahren der Steuerstäbe. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass auch massive Borauswaschungen in Steuerstäben wegen der sich daraus ergebenden starken lokalen Leistungsdichteänderungen beim Verfahren dieser Stäbe zu PCI-Schäden führen könnten.

### **5.3.2 Beeinträchtigung der Abschaltsicherheit**

Die in der Vergangenheit festgestellten Schäden beeinträchtigten weder die Wirksamkeit der Steuerstäbe noch die Abschaltbarkeit des Reaktors. Eine relevante Auswaschung mit signifikanter Auswirkung auf die Verringerung der Abschaltreaktivität würde auf Grund der sichtbaren Schäden mit hoher Wahrscheinlichkeit bereits bei einer gezielten Sichtprüfung bemerkt werden. Außerdem sind die Anlagen so ausgelegt, dass selbst beim Ausfall des reaktivitätswirksamsten Stabelements die Abschaltung gewährleistet bleibt (Stuckrod-Kriterium). Zusätzlich ist in deutschen Anlagen ein redundantes Abschaltssystem (Borvergiftungssystem) vorhanden.

Für den Einsatz von KWU-Steuerstäben sind von den Betreibern anlagenspezifisch betriebliche Einsatzregeln für die Steuerstäbe in den Anlagen KKP-1, KKI-1 und KRB-2 eingeführt worden. Damit wurden maximale akkumulierte Neutronenfluenzen für den Einsatz der Steuerstäbe auf 1,8 snvt (Steuerstabtyp BWR 5), bzw. 2,1 snvt (Steuerstabtyp BWR 6) festgelegt. Ab 1,4 snvt bzw. 1,6 snvt dürfen KWU-Steuerstäbe nur noch auf Abschaltpositionen eingesetzt werden. Mit dieser Vorgehensweise ist weder die Wirksamkeit der Steuerstäbe noch die Abschaltbarkeit des Reaktors beeinträchtigt. Die bisher durchgeführten visuellen Untersuchungen ergaben keine Auffälligkeiten in Bezug auf die mechanische Integrität der Steuerstäbe. Die bisher durchgeführten Neutronenradiographien bestätigten die Zuverlässigkeit dieser Vorgehensweise.

### **5.3.3 Auswirkungen von Borauswaschungen an Steuerstäben auf die Tritiumabgaberate an das Kühlmittel bzw. an die Umgebung**

Die Betriebserfahrung, insbesondere die Ereignisse in der Anlage KKP-1, in der 1991 und 1994 Steuerstabrisse festgestellt wurden, und der Anlage KKK, in der es ebenfalls 1991 Steuerstabrisse gab, zeigen, dass die Tritiumaktivität im Kühlmittel so gering war, dass keine besonderen Maßnahmen getroffen werden mussten. Auch die Abgabe von Tritium mit dem Abwasser und der Abluft lagen in diesen Jahren im Rahmen des üblichen. Als Ursache kann angeführt werden, dass das Tritium unter normalen SWR-Bedingungen im Borkarbid bis zu Temperaturen von 500° C gebunden bleibt, im Fall eines Stabelementschadens jedoch durch Auswaschung in das Primärkühlwasser übertreten kann. Dieser Prozess wird sich jedoch über einen bestimmten Zeitraum erstrecken und kann gegebenenfalls über die Erhöhung der wöchentlich ermittelten Primärkühlmittelaktivität, die im Normalbetrieb in der Größenordnung von 10<sup>7</sup> Bq/m<sup>3</sup> bis 10<sup>8</sup> Bq/m<sup>3</sup> liegt, messtechnisch erfasst werden.

---

Um die Erhöhung der Kühlmittelaktivität durch Tritiumfreisetzung aus einem Steuerelement abzuschätzen, wurden von der GRS Berechnungen durchgeführt. Dabei wurde pessimistisch davon ausgegangen, dass bei einer Rissbildung 10 % der gesamten Tritiumaktivität eines Steuerelements kurzfristig in das Kühlmittel freigesetzt werden, obwohl tatsächlich durch Bindung des Tritiums im Borkarbid und durch notwendige Auswaschvorgänge eine Zeitverzögerung auftreten würde. Ausgehend von einer Tritiumaktivität eines Steuerelements von  $4,14 \times 10^{12}$  Bq, einer Freisetzungsrate von 10 % und einem Hauptkühlmittelvolumen von  $1.500 \text{ m}^3$  würde sich durch den Eintrag von  $4,14 \times 10^{11}$  die Aktivitätskonzentration im Kühlmittel um  $2,76 \times 10^8 \text{ Bq/m}^3$  erhöhen, d. h. es würde zu einer Verdreifachung bis Verzehnfachung der bereits im Kühlmittel vorhandenen Tritiumaktivität kommen. Dieser Anstieg der Aktivitätskonzentration wäre durch die Überwachung der Kühlmittelaktivität messtechnisch erkennbar.

Aus der Auswertung der BMU-Länderumfrage geht hervor, dass Tritium aus defekten Steuerstäben im Kühlmittel grundsätzlich messtechnisch erfasst werden kann. Bei Vorliegen zusätzlicher Brennelementschäden, die ebenfalls Tritium freisetzen, ist die Erkennung von defekten Steuerstäben nur langfristig möglich (wenn die Tritiumfreisetzung aus dem Brennelement abgeklungen ist). Sollte ein defekter Steuerstab lokalisiert worden sein, kann die Tritiumfreisetzung durch Verfahren des Stabes in eine Abschaltposition minimiert werden.

Alle Anlagen überwachen die Fortluft und das Abwasser kontinuierlich auf Tritium. Die Auswertung erfolgt diskontinuierlich. Eine Anlage erwähnt in der Länderumfrage, dass in der Vergangenheit ein Tritiumanstieg sowohl im Abwasser als auch im Kühlmittel aufgrund defekter Steuerstäbe beobachtet wurde. Nach Austausch der Stäbe reduzierte sich die Tritiumabgabe wieder. Grenzwerte wurden nicht erreicht.

Berechnungen zur Strahlenexposition der Bevölkerung beim Betrieb eines Kraftwerkes mit einem defekten Steuerstab unter den o. g. Randbedingungen zeigen, dass die Strahlenexposition zwischen  $0,3 \mu\text{Sv/a}$  und  $0,9 \mu\text{Sv}$  effektive Dosis pro Kalenderjahr liegt. Diese Dosiswerte müssen verglichen werden mit den Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung. Danach beträgt der Grenzwert für die effektive Dosis jeweils  $300 \mu\text{Sv}$  im Kalenderjahr für Ableitungen mit der Fortluft und mit dem Abwasser. Der Vergleich zeigt, dass der Betrieb eines Siedewasserreaktors mit einem defekten Steuerelement keine nennenswerten Folgen für die potentielle Strahlenexposition hat.

Bei Druckwasserreaktoren stellt sich das Problem der Tritiumfreisetzung im Fall von Steuerstabschäden nicht. Diese Stäbe enthalten AgCdIn als Absorber, bei dem die entsprechenden Reaktionen mit Tritiumbildung nicht stattfinden.

Die potenzielle Tritiumfreisetzung aus Steuerstäben ist als zusätzliche radiologische Belastung der Bevölkerung vernachlässigbar.

---

## 5.4 Maßnahmen zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit von Steuerstäben

Von den Betreibern werden folgende Maßnahmen zum Erhalt der Funktionsfähigkeit von Steuerstäben durchgeführt:

- Regelmäßige optische Inspektionen der höchstbelasteten Stäbe mit Überprüfung der Rissfreiheit. Dadurch sollen die Schadensschwelle frühzeitig erkannt und der Einsatz ggf. begrenzt werden. Einige Steuerstabtypen sind mit einem Blech verkleidet (die betroffenen Typen des Herstellers ABB besitzen diese Verkleidung nicht). Die optische Inspektion erlaubt bei diesen Typen die Risserkennung nur an Öffnungen in der Blechverkleidung.
- Begrenzung der maximalen Neutronenfluenz, abhängig vom Steuerstabtyp und von der Einsatzart (Abschaltstab, Regelstab, CCC-Beladung<sup>1</sup>). Basierend auf statistischen Untersuchungen von KWU-Erstkernsteuerstäben mittels Neutronenradiographie sind die betrieblichen Grenzwerte für die Neutronenfluenz so festgelegt worden, dass der Wirksamkeitsverlust eines Steuerstabes unter Berücksichtigung des Borabbrandes und der Borauswaschung die zulässige Abnahme von max. 10 % nicht überschreitet.
- Regelmäßige Funktions- und Unterkritikalitätsprüfungen und Abschaltsicherheitstests im Rahmen des BE-Wechsels.
- Internationaler Austausch von Betriebserfahrung mit Steuerstäben. Um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wird bei der Bestimmung der Neutronenfluenz und damit des Verschleißes, international nach den gleichen Verfahren vorgegangen.

## 6 Bewertung durch die RSK

Die Ursachen und Folgen der Schäden an den in Japan und USA eingesetzten ABB-Steuerstäben sind für die Bewertung auf Übertragbarkeit auf deutsche Anlagen ausreichend geklärt. Die Auswertung hat gezeigt, dass die Abschaltsicherheit der Anlagen mit den schadhafte Steuer-elementen weiter gegeben war.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen und den Regelungen für den Einsatz von Steuerstäben in den deutschen Kernkraftwerken ergeben sich unterschiedliche Folgerungen für ABB-Steuerstäbe und KWU-Steuerstäbe in Siedewasserreaktoren. Für alle anderen Steuerstäbe ergeben sich auf Grund der unterschiedlichen Konstruktionen und der positiven Betriebserfahrung keine Folgerungen.

ABB-Steuerstäbe mit einem Rissbefund werden in deutschen SWR-Anlagen nicht weiter eingesetzt. Zur Vermeidung von Rissbildung ist die maximale Neutronenfluenz zu begrenzen. Die durch die nationale und internationale Betriebsauswertung belegbaren Werte für eine zulässige Neutronenfluenz der verschiedenen ABB-Steuerstabtypen, bei der keine systematischen Steuerstabschäden auftreten, sollten beim Einsatz der Steuerstäbe in Regelpositionen nicht voll ausgeschöpft werden. Die RSK empfiehlt deshalb, für Regelstäbe am Zyklusende die Grenzwerte für die maximale Neutronenfluenz 15 % unterhalb der Werte festzulegen, die sich aus der o. g. Betriebsauswertung für die verschiedenen Steuerstabtypen ergeben. Wenn für einen Steuerstabtyp der entsprechend festgelegte Grenzwert erreicht ist, sind diese Steuerstäbe einer gezielten

---

<sup>1</sup> CCC= Control Cell Core, bei dieser Steuerstabanordnung sind relativ wenig Stäbe weit eingefahren.

---

Sichtprüfung zu unterziehen und in Regelpositionen nicht mehr einzusetzen. Die RSK empfiehlt, anzeigenehaftete ABB-Steuerstäbe auch in Abschaltpositionen nicht mehr einzusetzen.

KWU-Steuerstäbe mit einem Rissbefund werden in deutschen Kernkraftwerken weiter verwendet, sofern die Abschaltsicherheit nachgewiesen ist. Ein Verklemmen von rissbehafteten Steuerstäben ist wegen deren Konstruktion nicht zu unterstellen. Die RSK empfiehlt jedoch, auch bei nachgewiesener Abschaltsicherheit den Grad der Schädigung der Steuerstäbe zu verfolgen, insbesondere im Hinblick auf den langfristigen Erhalt der mechanischen Integrität.

Die RSK hat keine Bedenken hinsichtlich der geschilderten betrieblichen Vorgehensweise beim Einsatz von KWU-Steuerstäben unter den genannten Randbedingungen. Die RSK empfiehlt jedoch, nach dem zehnjährigen Einsatz der KWU-Erstkern-Steuerstäbe auf Abschaltpositionen in den Anlagen KRB-2, KKP-1 und KKI-1, eine den statistischen Anforderungen entsprechend hinreichend belastbare Anzahl von Steuerstäben durch Neutronenradiographie auf Borauswaschungen zu überprüfen und mit den getroffenen Annahmen zu vergleichen.



---

## 7      **Unterlagen**

- [1]      Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit  
Weiterleitungsnachricht zu Ereignissen in ausländischen Kernkraftwerken  
(WL 02/98)  
Schäden an Steuerstäben in den japanischen Kernkraftwerken  
Tsuruga-1 und Fukushima-1 (Siedewasserreaktoranlagen)