

Alterungsmanagement in Kernkraftwerken

Überblick, Probleme,
Verbesserungsansätze

Dr. Helmut Hirsch

Sicherheitskonferenz zur Alterung des Niedersächsischen Umweltministeriums
Hameln, 03. Dezember 2014

Was ist Alterung?

Zeitabhängige und einsatzbedingte Veränderungen funktionsbezogener Merkmale und Eigenschaften von

- Technik (Komponenten, Bauwerke, Systeme)
- Spezifikations- und Dokumentationsunterlagen
- Anlagenkonzepten und technologischen Verfahren
- administrativen Regelungen

Dazu gezählt werden auch Veränderungen der Leistungsfähigkeit beim Betriebspersonal.

Alterung der Anlagentechnik

Ionisierende Strahlung, thermische und mechanische Belastungen sowie korrosive, abrasive und erosive Prozesse bewirken Alterung von Komponenten.

Die Formen der Alterungsprozesse sind vielfältig, z.B.:

- Versprödung, Ermüdung, Korrosion, Verschleiß von maschinentechnischen und elektrotechnischen Komponenten
- Erosion von maschinentechnischen Komponenten
- Zersetzung von Betriebsstoffen

Alterungsmanagement -- Überprüfung

Überprüfung des Zustandes von Komponenten

- Betriebliche Überwachungssysteme (Temperatur, Körperschall...)
- Wiederkehrende Prüfungen (Funktionstests, Ultraschall, Wirbelstrom...)
- Betriebsbeobachtungen, Begehungen, Auswertung von Störungsmeldungen, Ursachenklärung

Nicht alle Komponenten sind vollständig überprüfbar, es werden auch Rechenverfahren eingesetzt.

Alterungsmanagement -- Instandhaltung

Instandhaltungsmanagement

Kombination von Instandhaltungsstrategien:

- Vorbeugend (Austausch von Bauteilen vor Ablauf ihrer erwarteten Lebensdauer)
- Zustandsorientiert (Austausch bei Veränderungen von Eigenschaften, die erwarten lassen, dass Spezifikationen bald nicht mehr eingehalten werden)
- Ausfallbasiert

Es besteht ein Trend von vorbeugender hin zu zustandsorientierter Instandhaltung – gestützt durch zunehmende Einführung von Online-Überwachung.

In der Praxis ist Instandhaltung allerdings oft ausfallbasiert.

Alterungsmanagement in Deutschland

Wichtige Elemente des Alterungsmanagements (Lebensdaueranalysen, Instandhaltungsstrategien, Kontrollen, Erfahrungsrückfluss) wurden in Deutschland schon seit Jahrzehnten praktiziert.

Systematisches Alterungsmanagement wurde allerdings erst ab Ende der 1990er Jahre eingeführt. Heute gibt es in allen deutschen Kernkraftwerken entsprechende Programme.

Alterung als Risikofaktor

Alterung ist von großer sicherheitstechnischer Bedeutung – sie kann überall auftreten und hat viele Erscheinungsformen.

Es ist schwierig, Alterungserscheinungen in sogenannten probabilistischen Risikostudien (PRA) zu berücksichtigen.

Dabei trägt Alterung bei Armaturen u.a. Komponenten wesentlich zum Auftreten von gemeinsam verursachten Ausfällen (GVA) bei.

Problem: Langsame Umsetzung von Erkenntnissen

- 2000 – BMU bittet RSK um Stellungnahme zu Alterungsmanagement
- 2002 – Grundsätzliche Stellungnahme der RSK
- 2004 – Empfehlung der RSK zur Beherrschung von Alterungsprozessen in KKW
- 2005 – Beschluss zur Ausarbeitung einer KTA-Regel zur Konkretisierung der RSK-Empfehlung
- 2010 – Endfassung d. Regel KTA-1403 veröffentlicht

Problem: Langsame Umsetzung von Erkenntnissen

RSK 2004:

„Alterungsbedingte Phänomene werden in den deutschen Anlagen unterschiedlich und zum Teil nicht systematisch erfasst. [Es] ... wurden in einzelnen Fällen auch unerwartete Alterungsphänomene, zum Teil zufällig, gefunden ... das Spannungsfeld zwischen dem zunehmenden Alter der Anlagen und der Weiterentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik wird immer prägnanter.“

Die von der RSK angesprochenen Probleme treten auch heute noch auf.

Problem: Lange Dauer der Untersuchungen nach Ereignissen

- 2007 – KKW Krümmel: Risse in Armaturengehäusen durch Chlor-induzierte transkristalline Spannungsrisskorrosion (auch Brunsbüttel)
- 2008 – Weiterleitungsnachricht 2008/03 der GRS
- 2012 – Einige Überprüfungen durchgeführt; Vorgang noch nicht abgeschlossen
- 2013 – Rückmeldungen der Betreiber wurden von GRS ausgewertet, (vorläufiger) Abschluss

Problem: Entdecken von Befunden durch Zufall

KKW Grohnde: Bei Kontrolle des Reaktorkerns nach BE-Wechsel im Mai 2014 wird ein Bruchstück der Druckfeder eines Drosselkörpers vorgefunden. Eine daraufhin auf Veranlassung des NMU durchgeführte Sonderprüfung der Drosselkörper zeigt sieben weitere Federbrüche.

KKW Grafenrheinfeld befindet sich im Mai ebenfalls in Revision. Aufgrund der Befunde in Grohnde erfolgt eine Sonderprüfung der Drosselkörper: Vier Drosselkörper mit gebrochenen Federn.

Problem: Entdecken von Befunden durch Zufall

Drosselkörper mit ihren Federn wurden offensichtlich nicht regelmäßig geprüft.

- Die Federbrüche hatten keine Auswirkung auf die Funktion der Drosselkörper.
- ABER: Lose Teile können im Primärkreislauf Schaden anrichten (z.B. an Brennelementen oder an Dampferzeuger-Heizrohren).

Problem: Auftreten neuer Schädigungsmechanismen

2005: In den KKW Biblis und Unterweser wird interkristalline Spannungsrisskorrosion von Dampferzeuger-Heizrohren aus Alloy 800 festgestellt (Wanddickenschwächung bis zu 75 %).

Potenziell sicherheitstechnisch bedeutsam: Wanddurchdringende Schäden an Heizrohren führen zum Übertritt von Primärkühlmittel in den Sekundärkreislauf.

Problem: Auftreten neuer Schädigungsmechanismen

Dazu RSK-Stellungnahme 2010:

Schädigung von DE-HR aus Alloy 800 durch interkristalline SRK *„stellt einen neuen bisher nicht angenommenen Schädigungsmechanismus dar“.*

„Die erforderliche rechtzeitige Erkennung (vor der Leckage des DE-Heizrohres) dieses Schadens ist mit den bisher eingesetzten Methoden der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) nicht in ausreichendem Maße gewährleistet.“

Folgeproblem der Alterung: Neue Fehlerquellen

Alterung führt zu häufigerem Austauschen von Komponenten und Bauteilen. Dabei kann es zum Einbau von nicht geeigneten Teilen kommen. Beispiele:

- 2011/12 wurden in mehreren deutschen Kernkraftwerken nicht spezifikationsgerechte Feinsicherungen entdeckt. Im KKG waren z.B. Baugruppen des Reaktorschutzsystems, des Begrenzungssystems und der Störfallinstrumentierung betroffen. Die Ursache konnte nicht geklärt werden.

Folgeproblem der Alterung: Neue Fehlerquellen

- 2009 – Schaden an einem Notstromdiesel bei einem Testlauf im KKB (Überhitzen eines Lagers, Zerstörung einer Pleuellagerschale). Es war eine Lagerschale von einem neuen Hersteller zum Einsatz gekommen, der frühere Hersteller hatte die Produktion aufgegeben. Die neuen Lagerschalen zeigten unerwartet hohen Verschleiß.

Die betroffenen Anlagen in Deutschland konnten mit Ersatzteilen versorgt werden. (In Frankreich waren 36 Dieselmotoren betroffen; nicht alle Teile konnten kurzfristig ausgetauscht werden.)

Ansätze zur Verbesserung

- Beschleunigung der Umsetzung von neuen Erkenntnissen; raschere/bessere Kommunikation im Spannungsfeld Betreiber/Länder/Bund (GRS)
- Beschleunigung der Untersuchungen nach sicherheitsrelevanten Ereignissen
- Gezielte Ausweitung der wiederkehrenden Prüfungen (Vergrößerung der Prüfumfänge, Verkürzung der Prüfintervalle)
- Überprüfung des Änderungsmanagements im Hinblick auf Qualität und Einhaltung von Spezifikationen bei Ersatzteilen

Zur Erinnerung

Nukleare Sicherheit ist nicht statisch. Es gilt der Grundsatz der **kontinuierlichen Verbesserung der Sicherheit**.

In allgemeiner Form ist der Grundsatz im deutschen Atomgesetz festgehalten, ebenso in der EU Richtlinie zur nuklearen Sicherheit (2009, neue Fassung 2014).

Verbesserung als Verpflichtung

Das Prinzip der kontinuierlichen Verbesserung wird in der neuen Fassung der Sicherheits-Referenzlevels der WENRA (Update post-Fukushima, veröffentlicht September 2014) konkreter festgelegt (RL A2.3); es wird gefordert:

- Identifikation und Analyse aller neuen Informationen, innerhalb eines Zeitrahmens, der ihrer Bedeutung für die Sicherheit angemessen ist.
- Laufende Überprüfung der gesamten Sicherheit eines KKW, einschl. der Sicherheitsnachweise – unter Berücksichtigung von Betriebserfahrung, Sicherheitsforschung und Fortschritten in Wissenschaft und Technik.
- Rechtzeitige Ausführung der vernünftig machbaren Sicherheitsverbesserungen, die identifiziert wurden.

Die laufende Identifizierung und Einführung von Verbesserungen der Sicherheit ist also keine Fleißaufgabe, sondern eine Verpflichtung. Dies gilt für alle Bereiche der Sicherheit, somit auch für das Alterungsmanagement.