



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI**  
**Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN**  
**Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN**  
**Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI**

## **Alterungsüberwachung**

Ausgabe August 2011

**Erläuterungsbericht zur Richtlinie**

**ENSI-B01/d**



# Inhalt

Erläuterungsbericht zur Richtlinie

ENSI-B01/d

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Harmonisierung mit internationalen Anforderungen</b>	<b>1</b>
2.1	WENRA Reactor Safety Reference Levels	2
2.2	IAEA Safety Standards Series	2
<b>3</b>	<b>Aufbau der Richtlinie</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Behördliche Aufsicht</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Erläuterungen zu einzelnen Kapiteln der Richtlinie</b>	<b>3</b>
5.1	Kapitel 2: Gegenstand und Geltungsbereich	3
5.2	Kapitel 4: Grundsätzliche Anforderungen an die Alterungsüberwachung	4
5.3	Kapitel 5: Alterungsüberwachung in der Bautechnik	5
5.4	Kapitel 6: Alterungsüberwachung in der Elektro- und Leittechnik	6
5.5	Kapitel 7: Alterungsüberwachung in der Maschinenteknik	7
5.6	Kapitel 8: Liste der Verweisungen	8
5.7	Anhang 5: Nachweis der Sprödbruchsicherheit RDB	10
5.8	Anhang 6: Ermüdungsüberwachung	11
<b>Anhang 1:</b>	<b>WENRA Reference Levels I</b>	<b>13</b>



# 1 Einleitung

Am 1. Februar 2005 ist die neue Kernenergiegesetzgebung, bestehend aus dem Kernenergiegesetz vom 21. März 2003 (KEG) SR 732.1, der neuen Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004 (KEV) SR 732.11 und der ergänzten Strahlenschutzverordnung vom 22. Juni 1994 (StSV) SR 814.501, in Kraft getreten.

Neu auf der Gesetzesebene ist die Alterungsüberwachung als verbindliche Anforderung für die Kernanlagen festgelegt worden. In Art. 35 KEV werden die Anforderungen der Alterungsüberwachung und in Art. 36 KEV die Anforderungen an die Auswertung der Betriebserfahrung definiert. Grenzwerte für bestimmte sicherheitsrelevante Alterungsmechanismen sind in der UVEK-Verordnung über die Methodik und die Randbedingungen zur Überprüfung der Kriterien für die vorläufige Ausserbetriebnahme von Kernkraftwerken (SR 732.114.5) festgelegt.

In der neuen Kernenergiegesetzgebung wird die Aufsichtsbehörde beauftragt, für die Anforderungen an die Alterungsüberwachung eine Richtlinie zu erstellen. Gemäss dem Konzept für die Erstellung des neuen ENSI-Regelwerks werden die behördlichen Anforderungen an Methoden und Umgang der Alterungsüberwachung in der neuen Richtlinie ENSI-B01 geregelt. Die Richtlinie ENSI-B01 steht im engen Zusammenhang mit den Richtlinien ENSI-B06 und ENSI-B14 zur Instandhaltung, der SVTI-Festlegung NE-14 zur zerstörungsfreien Prüfung und der Richtlinie ENSI-B02 zur periodischen Berichterstattung.

Bei der Erstellung der Richtlinie ENSI-B01 wurden auch die neuen Anforderungen der IAEA (Safety Guide NS-G-2.12) berücksichtigt. Weiterhin wird die Systematik der bereits eingeführten Alterungsüberwachungsprogramme für die Fachgebiete Bau-, Elektro- und Maschinenteknik entsprechend der Vorgängerrichtlinie HSK-R-51 übernommen, aber in einigen Punkten präzisiert und erweitert.

Die bisherige Richtlinie HSK-R-51 wird durch die neue Richtlinie ENSI-B01 ersetzt.

## 2 Harmonisierung mit internationalen Anforderungen

Es ist das Ziel der Aufsichtsbehörde, das schweizerische Regelwerk für Kernanlagen im Rahmen einer grundlegenden Überarbeitung mit den Anforderungen internationaler Regelwerke zu harmonisieren. Als relevante Regelwerke gelten u. a. die Reference Levels der Western European Nuclear Regulators' Association (WENRA) und die Standards der IAEA.

## **2.1 WENRA Reactor Safety Reference Levels**

In Zusammenhang mit der Alterungsüberwachung ist der WENRA Reactor Safety Reference Level Issue I, Ageing Management, zu beachten. Die Anforderungen dieses Reference Levels sind mit den bestehenden Gesetzen, Verordnungen und den neuen Richtlinien vollständig umgesetzt. Insbesondere die Richtlinie ENSI-B01 regelt die massgeblichen Anforderungen, der Nachweis ist im Anhang 1 gezeigt.

## **2.2 IAEA Safety Standards Series**

Im Geltungsbereich der Richtlinie ENSI-B01 sind vom Bewilligungsinhaber die Aspekte der Werkstoffalterung gemäss IAEA Safety Guide NS-G-2.12 zu erfüllen. Damit sind insbesondere die im Safety Guide angesprochenen Bausteine für das Konzept der Alterungsüberwachung, deren Umsetzung und Kontrolle zu beachten. Ausgehend von diesen grundsätzlichen international abgestimmten Anforderungen der IAEA spezifiziert die neue Richtlinie ENSI-B01 die Anforderungen für das Alterungsüberwachungsprogramm auf nationaler Ebene und berücksichtigt dabei die bisherigen Erfahrungen des Alterungsüberwachungsprogramms in der Schweiz. In der Schweiz wurde bereits ca. 1990 mit einer systematischen Bewertung der Alterungsmechanismen begonnen.

## **3 Aufbau der Richtlinie**

Die Richtlinie ENSI-B01 regelt die allgemeinen Anforderungen an die Alterungsüberwachung, berücksichtigt aber auch charakteristische Besonderheiten der Fachgebiete Bau-, Elektro- und Leit- sowie der Maschinentechnik. Im Rahmen der Erstellung der Richtlinie ENSI-B01 wurde auch auf eine Weiterentwicklung des im Rahmen der bisherigen Richtlinie HSK-R-51 aufgebauten Alterungsüberwachungsprogramms geachtet.

Für die Fachgebiete Bau-, Elektro- und Leit- sowie Maschinentechnik sind inzwischen jeweils spezifische Anforderungen an die Form der AÜP-Steckbriefe etabliert. Für jedes Fachgebiet liegen Leitfäden und Bewertungskataloge vor. Für die einzelnen Fachgebiete ist die Wechselbeeinflussung von Instandhaltung und Alterungsüberwachung unterschiedlich geregelt. Weiterhin ist die Einbindung von Alterungskatalogen (z. B. KATAM) in den drei Fachgebieten spezifisch organisiert.

Daher werden in der Richtlinie allgemeine Grundanforderungen sowie jeweils spezifische Anforderungen für die einzelnen Fachgebiete definiert.

Es ergibt sich der folgende Aufbau der Richtlinie:

Nach Kapitel 1 der Einleitung folgt Kapitel 2, Gegenstand und Geltungsbereich der Richtlinie. In Kapitel 3 sind die rechtlichen Grundlagen der Richtlinie ENSI-B01 aufgeführt. Die grund-

sätzlichen Anforderungen an die Alterungsüberwachung für alle Fachgebiete werden in Kapitel 4 beschrieben. Die spezifischen Anforderungen für die drei Fachgebiete werden in den Kapiteln 5 bis 7 aufgeführt. Kapitel 8 dokumentiert die Liste der Verweisungen. In den Anhängen 1 bis 6 werden der Aufbau der Steckbriefe für die einzelnen Fachgebiete sowie die Anforderungen für spezielle einsatzspezifische Prüfungen ausgeführt.

## **4 Behördliche Aufsicht**

Die Aufsichtsbehörde und allenfalls von ihr beauftragte Experten bilden sich ein unabhängiges Urteil über die vom Bewilligungsinhaber praktizierte Alterungsüberwachung. Die Behörde beurteilt die Wirksamkeit der Massnahmen im Kernkraftwerk, um die Alterungseffekte zu minimieren. Weiterhin wird die Wechselwirkung von Alterungsüberwachung und Instandhaltung bewertet, insbesondere in Bezug auf die Umsetzung der Betriebserfahrung in den eigenen und in vergleichbaren ausländischen Anlagen sowie neuer Erkenntnisse aus Wissenschaft und Technik.

Die Ergebnisse der Beurteilung der Alterungsüberwachung bilden einen Bestandteil der Beurteilung der periodischen Sicherheitsüberprüfung durch die Aufsichtsbehörde gemäss HSK-R-48 bzw. der Nachfolgerichtlinie.

## **5 Erläuterungen zu einzelnen Kapiteln der Richtlinie**

### **5.1 Kapitel 2: Gegenstand und Geltungsbereich**

Der Geltungsbereich der Alterungsüberwachung wird durch Art. 35 KEV vorgegeben. Darin wird der Bewilligungsinhaber verpflichtet, anhand des Alterungsüberwachungsprogramms eine systematische Alterungsüberwachung für alle Ausrüstungen und Bauwerke durchzuführen, deren Funktion und Integrität für die Sicherheit und die Sicherung von Bedeutung sind. Die Regelungen der sicherheitstechnischen Klassierung sind in der Richtlinie ENSI-G01 festgelegt. Damit sind alle gemäss Richtlinie ENSI-G01 sicherheitstechnisch zu klassierenden mechanischen und elektrischen Ausrüstungen sowie Bauwerke einbezogen. Komponenten, die aus Sicht der PSA eine sicherheitstechnische Bedeutung haben und bisher als eigenständige Kategorie definiert wurden, sind damit ebenfalls berücksichtigt. Die in der Richtlinie ENSI-G01 vorgeschriebenen Komponentenlisten sind für die AÜP massgebend.

Wie in der Vorgängerrichtlinie HSK-R-51 sind die Anforderungen zur Behandlung der technologischen Alterung nicht Bestandteil der Richtlinie ENSI-B01. Die technologische Alterung und deren Massnahmen (u. a. Verbesserungen zum Stand der Nachrüsttechnik) sind jedoch

im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ), einschliesslich der Nachweise zum Langzeitbetrieb des Kraftwerkes, zu behandeln.

## **5.2 Kapitel 4: Grundsätzliche Anforderungen an die Alterungsüberwachung**

Das im Rahmen der Vorgängerrichtlinie HSK-R-51 aufgebaute systematische Alterungsüberwachungsprogramm soll grundsätzlich beibehalten werden. Das aufgebaute Instrumentarium, basierend auf fachspezifischen Katalogen der Alterungsmechanismen, Leitfäden und Steckbriefen, soll weitergeführt, und die dabei aufgebauten Erfahrungen sollen berücksichtigt werden. Besonders wichtig ist das Zusammenspiel von Instandhaltung und Alterungsüberwachung. Dies betrifft neue relevante Erkenntnisse aus der Betriebserfahrung oder auch neue Erkenntnisse aus Wissenschaft und Technik zu potenziellen Alterungsmechanismen, um die relevanten Alterungsmechanismen rechtzeitig identifizieren zu können.

Das Instandhaltungsprogramm ist zu überprüfen, ob damit für die als relevant eingestuften Alterungsmechanismen alterungsbedingte Schäden frühzeitig erkannt werden können. Werden dabei Schwachstellen oder Lücken erkannt, sind diese durch geeignete Ergänzungsmassnahmen zu beseitigen. Diese können z. B. zu Revisionen des Instandhaltungsprogramms, zu Abklärungsaufträgen mit Bezug zu werkstoffkundlichen Fragestellungen oder Inspektionstechniken führen. Eine Ergänzungsmassnahme kann letztendlich auch zum Austausch bzw. zur Änderung z. B. von mechanischen Komponenten führen.

Mit der Richtlinie ENSI-B01 wird als neues Element eine Jahresübersicht zur Alterungsüberwachung eingeführt, die Dokumentation erfolgt im Rahmen der periodischen Berichterstattung der Kernanlagen. Die Anforderungen an die Jahresübersicht zur Alterungsüberwachung werden entsprechend in der Richtlinie ENSI-B02 Kap. 4.7 geregelt. Damit wird erreicht, dass die Alterungsüberwachung laufend an neue relevante Erkenntnisse von Wissenschaft und Technik sowie aus der nationalen und internationalen Betriebserfahrung angepasst wird. Die Quellen zur Verfolgung von Wissenschaft und Technik sowie der Betriebserfahrung sind in den fachspezifischen Leitfäden darzulegen. Dabei können vertrauliche Inhalte, insbesondere zu externer Betriebserfahrung, in geeigneter Weise anonymisiert dargestellt werden.

Die Aufsichtsbehörde empfiehlt ein gemeinsames, systematisches Vorgehen der Bewilligungsinhaber bei den anlageunabhängigen Aspekten der Alterungsüberwachung. Dies betrifft insbesondere die Erstellung von Leitfäden, die Zusammenstellung von Katalogen zu Alterungsmechanismen sowie der Jahresübersicht zur Alterungsüberwachung und der Systematik zur Erstellung von Trendanalysen.

Die spezifischen Anforderungen an die Alterungsüberwachung für die Fachgebiete Bau-, Elektro- und Leit- sowie Maschinentchnik werden in Kap. 5, 6, 7 erläutert.

## 5.3 Kapitel 5: Alterungsüberwachung in der Bautechnik

Grundsätzlich werden die bautechnischen Bestimmungen zur Alterungsüberwachung aus der Richtlinie HSK-R-51 in die Richtlinie ENSI-B01 übernommen. Jedoch ergeben sich zwei wesentliche Neuerungen.

In der Richtlinie HSK-R-51 wurde ein Alterungsüberwachungsprogramm für Bauten der Bauwerksklasse 1 verlangt. Dies widerspricht dem Art. 35 KEV, wonach unter anderem für alle sicherheitsrelevanten Bauten eine systematische Alterungsüberwachung durchzuführen ist. Als sicherheitsrelevant gelten mindestens alle sicherheitstechnisch klassierten Bauwerke gemäss Richtlinie ENSI-G01 resp. Anhang 4 Kapitel 3 der KEV. Aus diesem Grund wird in der Richtlinie ENSI-B01 vorgeschrieben, dass nicht nur die Bauwerksklasse 1, sondern neu auch die Bauwerksklasse 2 ins Alterungsüberwachungsprogramm aufzunehmen ist. Der einwandfreie Zustand von nicht klassierten Bauwerken ist vom Bewilligungsinhaber in Eigenverantwortung mit einem geeigneten Instandhaltungsprogramm zu gewährleisten.

Die zweite Neuerung betrifft die Jahresübersicht zur Alterungsüberwachung. Wie bisher richten sich die Revisionszyklen der Steckbriefe nach dem fünfjährigen Rhythmus der Haupt- und Zwischeninspektionen. Die Revisionszyklen sind jedoch erfahrungsgemäss zu lang, um den Stand von Wissenschaft und Technik resp. die externen Betriebserfahrungen systematisch verfolgen zu können. Diese Lücke füllt der Jahresbericht zur Alterungsüberwachung aus.

Externe Betriebserfahrungen sowie relevante technische und wissenschaftliche Quellen sind getrennt nach bauteilspezifischen Alterungsmechanismen zu referenzieren und zu bewerten. Die Bewertung umfasst insbesondere, ob und welche neuen Erkenntnisse zu bauteilspezifischen Alterungsmechanismen gewonnen wurden, ob diese Erkenntnisse für die Baumaterialien des Bewilligungsinhabers relevant sind und falls ja, wie das Alterungsüberwachungsprogramm resp. welche Steckbriefe zukünftig an die neuen Erkenntnisse anzupassen sind. Die Gruppierung in bauteilspezifische Alterungsmechanismen beziehungsweise in die im Bauwerk verwendeten Baumaterialien richtet sich nach Anhang 2 der Richtlinie ENSI-B01.

Angaben zur Auswertung von internen Betriebserfahrungen sind im Kapitel 4 und fachspezifisch im Kapitel 5 der Richtlinie ENSI-B01 enthalten. Zu ergänzen gilt, dass zur Auflistung der durchgeführten Inspektionen auch die Inspektionsergebnisse und die bei den Inspektionen entdeckten Schäden gehören. Bei den Vollzugsmeldungen von Instandsetzungsmassnahmen, die aufgrund früherer Inspektionsergebnisse erforderlich wurden, sind die entsprechenden Steckbriefe zu referenzieren.

Die Ausführungen zu den allgemeinen Grundlagen, welche durch den Leitfaden für Bautechnik-Steckbriefe zu regeln sind, wurden in der Richtlinie ENSI-B01 gegenüber der Richtlinie HSK-R-51 gekürzt. Anstelle von ausführlichen Beschreibungen der zu regelnden Grundlagen wurden nur knappe Stichworte aufgelistet. Dies ist gerechtfertigt, da der Inhalt der Bautechnik-Steckbriefe im Anhang 2 der Richtlinie ENSI-B01 im Detail definiert ist und der Leitfaden

grundsätzlich die Inhalte der Steckbriefe zu regeln hat. Der Anhang 2 ist somit auch als Beschreibung der Grundlagen zu verstehen, die durch den Leitfaden zu regeln sind.

Mit der Richtlinie ENSI-B01 erfolgt die Vorgabe, dass die Datenbasis der in den Steckbriefen aufgeführten Tabellen auch in elektronischer Form mitzuliefern ist. Es wird vorgeschlagen, dazu ein geeignetes Datenformat zwischen den Bewilligungsinhabern und der Aufsichtsbehörde abzustimmen. Das Datenformat soll klar strukturiert und erweiterbar gestaltet sein, um auch den zukünftigen Anforderungen gerecht werden zu können. Die elektronischen Daten bilden die Schlüsselinformation der Tabellen in denen als Dokument eingereichten Steckbriefe ab und sind daher auch nur gemeinsam mit neu eingereichten Dokumenten zu aktualisieren.

## **5.4 Kapitel 6: Alterungsüberwachung in der Elektro- und Leittechnik**

Die bereits mit der HSK-R-51 eingeführte systematische Alterungsüberwachung wurde für die neue Richtlinie als Basis genommen. Wichtig war, dass die Art (Steckbriefe bei 1E-klassierten Komponenten) beibehalten wird und eine Präzisierung im Bereich der 0E-klassierten, also sicherheitsbezogenen Systemen und der dazugehörigen Komponenten erfolgt.

Neu wird daher für 0E-klassierte Komponenten ein so genanntes 0E-Alterungsdossier erstellt.

Des Weiteren wird neu mit der jährlichen Einreichung der geänderten bzw. neuen Steckbriefe und der Alterungsdossiers eine Gesamtbeurteilung der Situation im Bereich Elektro- und Leittechnik durchzuführen sein (s. auch Anforderungen an die Jahresübersicht in Richtlinie ENSI-B02, Kapitel 4.7 Alterungsüberwachung).

Idealerweise erfolgt dies tabellarisch, sodass der Gesamtfortschritt des Alterungsüberwachungsprogramms sowohl für den Betreiber als auch für die Aufsichtsbehörde zusätzlich in konzentrierter Form zur Verfügung steht.

Um die Richtlinie schlanker zu gestalten, entfiel z. B. der Anhang „Einflussgrößen für die Alterung elektrischer Systeme und Komponenten“. Der Inhalt desselben ist aber nach wie vor gültig. D. h., bei den einzelnen Komponenten sind insbesondere für die zeit- und ereignisabhängigen Einflüsse folgende Punkte zu beachten: Betriebsdauer/Anzahl Schaltspiele, Belastungen (mechanisch, elektrisch, Wärme etc.), Umgebungsdruck/-temperatur oder Änderungen derselben, Luftfeuchtigkeit, Strahlung (Dosisleistung und Gesamtstrahlungsbelastung), Vibrationen (betriebsbedingte und störfallbedingte), Medieneinflüsse, Allgemeinzustand, Instandhaltungs- und Prüfindervall und Komponentengeschichte (Ereignisse, Reparaturen, Generalrevisionen).

Mit der Richtlinie ENSI-B01 erfolgt die Vorgabe, dass die Datenbasis der in den Steckbriefen aufgeführten Tabellen auch in elektronischer Form mitzuliefern ist. Es wird vorgeschlagen, dazu ein geeignetes Datenformat zwischen den Bewilligungsinhabern und der Aufsichtsbe-

hörde abzustimmen. Das Datenformat soll klar strukturiert und erweiterbar gestaltet sein, um auch den zukünftigen Anforderungen gerecht werden zu können.

## 5.5 Kapitel 7: Alterungsüberwachung in der Maschinentechnik

Die im Rahmen der Richtlinie HSK-R-51 eingeführte systematische Alterungsüberwachung für die Maschinentechnik wird von der neuen Richtlinie ENSI-B01 übernommen. Wesentliche Werkzeuge, die sich bei der praktischen Umsetzung der Alterungsüberwachung bewährt haben (Steckbriefe, Leitfaden, KATAM), werden weitergeführt. Mit der Richtlinie ENSI-G01 ist die sicherheitstechnische Klassierung neu geregelt worden. Zu beachten ist, dass alle gemäss Richtlinie ENSI-G01 zu klassierenden Behälter und Rohrleitungen (BRK<sup>1</sup>) der Sicherheitsklassen 1-3 einschliesslich deren Abstützungen und druckhaltenden Ausrüstungsteilen sowie auch die Kerneinbauten und Dieselanlagen in Steckbriefen zu behandeln sind. Ausgenommen vom Regelungsbereich sind entsprechend der Sicherheitsklassierung Kleinleitungen und angeschlossene Kleinarmaturen mit Ausnahme der Sicherheitsventile.

Für die Druckgeräte (Behälter, Rohrleitungen, Armaturen und Pumpen) der Sicherheitsklassen 1-3 ist damit im Regelungsbereich der Richtlinie ENSI-B01 eine direkte Verbindung zu den Richtlinien der Auslegung, Herstellung und Instandhaltung (Richtlinien ENSI-G11 und ENSI-B06) geschaffen worden.

Es ist internationaler Stand der Technik und entspricht der bisherigen Umsetzungspraxis der Vorgängerrichtlinie HSK-R-51 die PSA als zusätzliches Mittel zur Identifizierung von sicherheitstechnisch relevanten Komponenten zu verwenden. Entsprechend verbleiben die gemäss Richtlinie ENSI-G01 zu klassierenden Komponenten, die aus Sicht der PSA von sicherheitstechnischer Bedeutung sind, im Regelungsbereich der Richtlinie ENSI-B01.

Der Bewilligungsinhaber hat ein geeignetes Instandhaltungs- und Alterungsmanagement für die gemäss Richtlinie ENSI-G01 zu klassierenden mechanischen Komponenten sicherzustellen, die nicht in Steckbriefen behandelt werden.

In der Richtlinie ENSI-B01 sind zwei Arten von Definitionstiefen (detaillierte Betrachtung und gruppierte Betrachtung in den Steckbriefen) definiert worden, die sich durch einen abgestuften Dokumentationsaufwand unterscheiden. Der unterschiedlichen Sicherheitsklassierung der betrachteten Komponenten wird damit Rechnung getragen. Die bisherige Regelung (siehe auch Richtlinie HSK-R-51, Anhang 4) zum Umfang der in der Alterungsüberwachung zu behandelnden mechanischen Komponenten ist damit in die neue Richtlinie ENSI-B01 überführt worden.

---

<sup>1</sup> BRK: gemäss Art. 1 der Verordnung über sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen in Kernanlagen

Mit der Richtlinie ENSI-B01 erfolgt die Vorgabe, dass die Datenbasis der in den Steckbriefen aufgeführten Tabellen auch in elektronischer Form mitzuliefern ist. Es wird vorgeschlagen, dazu ein geeignetes Datenformat zwischen den Bewilligungsinhabern und der Aufsichtsbehörde abzustimmen. Das Datenformat soll klar strukturiert und erweiterbar gestaltet sein, um auch den zukünftigen Anforderungen gerecht werden zu können. Die elektronischen Daten bilden die Schlüsselinformation der Tabellen in den als Dokument eingereichten Steckbriefen ab und sind daher auch nur gemeinsam mit neu eingereichten Dokumenten zu aktualisieren.

## 5.6 Kapitel 8: Liste der Verweisungen

Zusätzlich zu den in der Richtlinie aufgeführten Verweisungen, die der Bewilligungsinhaber sinngemäss anzuwenden hat, werden hier einige weitere Dokumente genannt, die den nationalen und internationalen Stand der Technik beschreiben:

### Übergeordnete Dokumente:

- Plant Life Management for Long Term Operation of Light Water Reactors, Technical Reports Series No. 448, ISBN 92-0-101506-2 (December 2006)
- Safety Aspects of Long Term Operation of Water Moderated Reactors, Recommendations on the Scope and Content of Programmes for Safe Long Term Operation, IAEA-EBP-SALTO (November 2007)
- Implementation and Review of a Nuclear Power Plant Ageing Management Programme Safety Reports Series No. 15 (April 1999)

### Dokumente zur Maschinentechnik:

- Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety:  
Primary piping in PWRs  
IAEA TECDOC Series No. 1361 (August 2003)
- Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety:  
BWR pressure vessels  
IAEA TECDOC Series No. 1470 (November 2005)
- Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety:  
BWR pressure vessel internals  
IAEA TECDOC Series No. 1471 (November 2005)

- Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety:  
PWR Pressure Vessels 2007 Update  
IAEA TECDOC Series No. 1556 (September 2007)
- Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety:  
PWR Vessel Internals 2007 Update  
IAEA TECDOC Series No. 1557 (June 2007)
- EUR 22763, Development of a European Procedure for Assessment of High Cycle Thermal Fatigue in Light Water Reactors: Final Report of the NESC-Thermal Fatigue Project, 2007

#### Dokumente zur Elektrotechnik:

- Assignment and Management of ageing of Major nuclear power plant components important to safety: In-containment instrumentation and control  
IAEA-TECDOC-1188 (Volume I and Volume II) (November 2000)
- Management of cycle and ageing at nuclear power plants: Improved I&C maintenance  
IAEA-TECDOC-1402 (October 2007)
- Management of ageing of I&C equipment in nuclear power plants  
IAEA-TECDOC-1147 (June 2000)
- Kernkraftwerke: Leittechnische Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung. Alterungsmanagement  
IEC 62342:2007

#### Dokumente zur Bautechnik:

- Assessment and Management of Ageing of Major Nuclear Power Plant Components Important to Safety: Concrete Containment Buildings  
IAEA TECDOC Series No. 1025 (June 1998)

#### Codes und Standards, Normen:

- NUREG-1801, Rev. 2 Generic Ageing Lessons Learned (GALL) Report (December 2010)
- IEC 62342 Nuclear power plants - Instrumentation and control systems important for safety - Management of ageing
- Norm SIA 469 (1997), Erhaltung von Bauwerken <sup>1)</sup>
- Norm SIA 269:2011, Grundlagen der Erhaltung von Tragwerken <sup>1)</sup>
- Norm SIA 269/1:2011, Erhaltung von Tragwerken – Einwirkungen <sup>1)</sup>
- Norm SIA 269/2:2011, Erhaltung von Tragwerken – Betonbau <sup>1)</sup>

- Norm SIA 269/3:2011, Erhaltung von Tragwerken – Stahlbau <sup>1)</sup>
  - Norm SIA 269/4:2011, Erhaltung von Tragwerken – Stahl-Beton-Verbundbau <sup>1)</sup>
  - Norm SIA 269/7:2011, Erhaltung von Tragwerken – Geotechnik <sup>1)</sup>
- <sup>1)</sup> Die Liste der Normen ist nicht abschliessend, sondern enthält die bezüglich Alterungsüberwachung wichtigsten Normen.

## 5.7 Anhang 5: Nachweis der Sprödbruchsicherheit RDB

Im Anhang 5 wird festgelegt, dass zum Nachweis der Sprödbruchsicherheit des Reaktor-druckbehälters (RDB) sowohl das klassische  $RT_{NDT}$ - als auch das moderne  $RT_{T_0}$ -Konzept angewendet werden kann. Mit der Anwendung des  $RT_{T_0}$ -Konzepts wird dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprochen.

Die Bestimmung der Referenztemperatur  $T_0$  aus dem Masterkurvenkonzept erfolgt nach dem ASTM-Standard E 1921 unter quasistatischen Belastungsbedingungen.

Gleichung (a) beschreibt die untere Grenzkurve der Bruchzähigkeit  $K_{Ic}$  im Sinn der Grenzkurven nach USNRC Regulatory Guide 1.99 Rev. 2. Die entsprechenden Werte erfordern dementsprechend bei der Anwendung in einem Sicherheitsnachweis keine Korrektur für die Grösse des zu betrachtenden Risses.

Die additiven Korrekturterme in Gleichung (b) sind wie folgt zu erklären:

- Die Temperaturverschiebung von 12.4K ist erforderlich, um die Äquivalenz der (grössenabhängigen) Kurve  $K_{Jc-1T}(T)$  für 5% Bruchwahrscheinlichkeit nach ASTM E 1921 und der (grössenunabhängigen) unteren Grenzkurve  $K_{Ic}(T)$  herzustellen.
- $\Delta T_s$  berücksichtigt die in der Literatur allgemein akzeptierte Verschiebung von  $T_0$ , wenn anstelle von C(T)-Proben kleinere SEN(B)-Proben zur Bestimmung von  $T_0$  verwendet werden. (Mittelwert gemäss ASTM E 1921. Der stochastische Anteil der entsprechenden Verschiebung wird durch  $\Delta T_T$  erfasst.)
- Der Wurzelausdruck beschreibt die Standardabweichung infolge weiterer Streuungseinflüsse. Die beiden ersten Terme quantifizieren die Unsicherheit der Messmethode nach ASTM E 1921,  $\Delta T_M$  den Beitrag der Streuung des Materials im Fall von Schweissgut, und  $\Delta T_T$  den stochastischen Anteil an der Temperaturverschiebung zwischen C(T)- und kleineren SEN(B)-Proben.

Die Untersuchungen sind von einem akkreditierten Prüflabor durchzuführen. Im Rahmen der Untersuchungen kann die Aufsichtsbehörde Inspektionen durchführen, um zu prüfen, dass die Qualitätsanforderungen eingehalten werden.

## 5.8 Anhang 6: Ermüdungsüberwachung

Die bisher gültige Richtlinie HSK-R-51 hat nur wenige spezifische Vorgaben zur Transientenbuchhaltung für die Ermüdungsüberwachung gemacht. Mit der Richtlinie ENSI-B01 werden nun die Anforderungen, entsprechend dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik, präzisiert.

### A6.1

- b) Temperaturdifferenzen unterhalb der aufgeführten Screening-Kriterien führen im ungünstigsten Fall zu Spannungsschwingweiten im Bereich der Dauerfestigkeit und sind damit nicht relevant, da Temperaturschichtungen keine Beanspruchungen im hochzyklischen Bereich darstellen.
- c) Das aufgeführte Screening-Kriterium entspricht Empfehlungen des international anerkannten Standes von Wissenschaft und Technik, siehe Bericht EUR 22763 in der Liste der Verweisungen.
- d) Bei Komponenten, die durch hochzyklische Belastungen beansprucht werden, ist die Ermüdungsausnutzung auf der Basis von geeigneten gemessenen Daten (Schwingungsmessungen) oder durch Berechnungen abzuschätzen.

### A6.2

- f) Der Jahresbericht zur Alterungsüberwachung ist durch ein Basisdokument zu ergänzen, welches die Grundlagen zur Ermüdungsbewertung in nachvollziehbarer Form beinhaltet. Dies ist insbesondere die Beschreibung der Instrumentierung, des Aufzeichnungs- und Überwachungssystems sowie des Verfahrens zur Bestimmung der Erschöpfungsgrade. Ergebnisse von temporären Überwachungsmassnahmen sind zu dokumentieren. In der Jahresübersicht zur Alterungsüberwachung sind die aktuellen Kennwerte und Veränderungen zum Vorjahr zu dokumentieren. Dies sind in jedem Fall die aktuellen und auf das Ende der Betriebsdauer extrapolierten Erschöpfungsgrade und deren jährlicher Zuwachs.
- h) Im Fall des Auftretens von elastisch-plastischen Wechselbeanspruchungen (Spannungsschwingweite  $P+Q > 3S_m$ ) ist auch ein Nachweis gegen die Gefährdung durch Ratchetting zu erbringen.
- i) Die Konservativität gilt als sichergestellt, wenn die Annahmen im vereinfachten Verfahren den Vorgaben von Referenz /6/ oder einem vom ENSI akzeptierten gleichwertigen Regelwerk nicht widersprechen. Ein Regelwerk kann dann als gleichwertig angesehen werden, wenn es sich um ein anerkanntes nukleares Regelwerk handelt und der aktuelle Stand von Wissenschaft und Technik berücksichtigt ist.
- j) Die Formel zur Ermittlung des Gesamterschöpfungsgrades dient der Verdeutlichung, dass der Umgebungsmedieneinfluss zwingend für diejenigen Beanspruchungen zu berücksichtigen ist, die nicht in der Auslegung spezifiziert wurden. Die Auslegung bleibt

davon unberührt. Statt der Multiplikation des Teilerschöpfungsgrades  $\Delta D$  mit dem Einflussfaktor  $F_{en}$  können auch gleichwertige Ansätze Verwendung finden (z. B. Umgebungseinfluss wird bereits in der Designkurve berücksichtigt).

# Anhang 1: WENRA Reference Levels I

Nr.	Reference Level	Regelung in:
<b>1.</b>	<b>Objective</b>	
1.1	The operating organisation shall have an Ageing Management Programme to identify all ageing mechanisms relevant to structures, systems and components (SSCs) important to safety, determine their possible consequences, and determine necessary activities in order to maintain the operability and reliability of these SSCs.	Art. 22 Abs. 2 KEG Art. 35 KEV  ENSI-B01
<b>2.</b>	<b>Technical requirements, methods and procedures</b>	
2.1	The licensee shall assess structures, systems and components important to safety taking into account relevant ageing and wear-out mechanisms and potential age related degradations in order to ensure the capability of the plant to perform the necessary safety functions throughout its planned life, under design basis conditions.	Art. 22 Abs. 2 KEG Art. 35 KEV
2.2	The licensee shall provide monitoring, testing, sampling and inspection activities to assess ageing effects to identify unexpected behaviour or degradation during service.	Art. 32 KEV
2.3	The Periodic Safety Reviews shall be used to confirm whether ageing and wear-out mechanisms have been correctly taken into account and to detect unexpected issues.	Art. 35 KEV Art. 33 KEV
2.4	In its AMP, the licensee shall take account of environmental conditions, process conditions, duty cycles, maintenance schedules, service life, testing schedules and replacement strategy.	Art. 35 KEV Art. 32 KEV
2.5	The AMP shall be reviewed and updated as a minimum with the PSR, in order to incorporate new information as it becomes available, to address new issues as they arise, to use more sophisticated tools and methods as they become accessible and to assess the performance of maintenance practices considered over the life of the plant.	Art. 35 KEV Art. 32 KEV ENSI-B01, Art.4 Abs.
<b>3.</b>	<b>Major structures and components</b>	
3.1	Ageing management of the reactor pressure vessel and its welds shall take all relevant factors including embrittlement, thermal ageing, and fatigue into account to compare their performance with prediction, throughout plant life.	Art. 35 KEV Art. 32 KEV ENSI-B01, Anhang 5
3.2	Surveillance of major structures and components shall be carried out to timely detect the inception of ageing effects and to allow for preventive and remedial actions.	Art. 35 KEV Art. 32 KEV