



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



Alterungsleitfaden trockene Zwischenlagerung



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI

Alterungsleitfaden trockene Zwischenlagerung

Herausgeber: ENSI

Revision 0 vom 19. Dezember 2018



Inhalt

1	Einleitung	5
2	Gegenstand und Geltungsbereich	5
3	Rechtliche Grundlagen	6
	3.1 Gefahrgutrecht	6
	3.2 Kernenergierecht	7
4	Begriffsbestimmungen	7
5	Vorgehensweise, Dokumente und Zuständigkeiten	10
6	Ausgangsstatus	11
	6.1 Basisdokumente zum Nachweis der Transportfähigkeit	11
	6.2 Basisdokumente zum Nachweis der Zwischenlagerfähigkeit	11
7	Externe Entwicklungen	11
	7.1 Änderungen des Regelwerks	11
	7.2 Weiterentwicklung des Stands von Wissenschaft und Technik	12
8	Ermittlung relevanter Komponenten	12
	8.1 Komponenten der Verpackung	12
	8.2 Alterung des radioaktiven Inhalts	13
9	Analyse der technischen Alterungseffekte und Ableitung allfälliger Massnahmen	14
	9.1 Prüfobjekte	14
	9.2 Feststellung von Werkstoffen und Umgebungsbedingungen	14
	9.3 Zusammenstellung und Bewertung der relevanten Alterungsmechanismen	15
	9.4 Alterungsüberwachungsprogramm	15
10	Organisation	17
	10.1 Ausgangsstatus	17
	10.2 Integration der Alterungsüberwachung	18
	10.3 Alterungsüberwachung der Organisation	19
11	Bewertung der Transportfähigkeit	19



12	Bewertung der Zwischenlagerfähigkeit	19
13	Verweisungen	20



1 Einleitung

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) ist die Aufsichtsbehörde über die nukleare Sicherheit und die Sicherung der Kernanlagen sowie eine der Aufsichtsbehörden für den Transport radioaktiver Stoffe in der Schweiz. In ihrer Eigenschaft als Aufsichtsbehörde gibt sie vorliegenden Leitfaden heraus, der rechtliche Anforderungen konkretisiert und den Beaufsichtigten als Hilfestellung dienen soll.

2 Gegenstand und Geltungsbereich

Dieser Leitfaden gilt für Transport- und Lagerbehälter für abgebrannte Brennelemente und hochaktive Abfälle, die für die trockene Zwischenlagerung eingesetzt werden.

Gegenstand dieses Leitfadens ist die Beschreibung der erforderlichen Nachweise, die im Rahmen der Alterungsüberwachung der Transport- und Lagerbehälter gemäss der unter Kapitel 3 genannten Vorschriften zu erbringen sind. Die Nachweise umfassen Behälterkomponenten, Inhalte und organisatorische Aspekte und berücksichtigen Änderungen des Regelwerks, die Weiterentwicklung des Stands der Technik sowie technische Alterungseffekte.

Der Leitfaden gibt Empfehlungen zur Umsetzung der Vorgaben der unter Kapitel 3 genannten Vorschriften. Diese Empfehlungen sollen als Hilfestellung für die Eigentümer von Transport- und Lagerbehältern sowie für Betreiber von Zwischenlagern dienen und haben keinen bindenden Charakter. Die in diesem Leitfaden niedergelegten Massnahmen orientieren sich jedoch an international anerkannten Standards und sind auch aus diesem Grund zur Anwendung empfohlen.

Dieser Leitfaden basiert hinsichtlich der Klassifizierung und der Alterungsüberwachung auf bestehenden Regularien, insbesondere dem Verpackungsleitfaden /A/ sowie der Richtlinie ENSI-B01 /B01/. Dabei wird die Klassifizierung der Kraftwerkskomponenten in /B01/ durch die Klassifizierung gemäss /A/ sowie die Zusammenstellung zu untersuchender Alterungsmöglichkeiten in /B01/ durch eine Darstellung der verschiedenen zu erwägenden Alterungsvorgänge ersetzt und die Erstellung und Erläuterung der Alterungsüberwachungsprogramme auf Transport- und Lagerbehälter übertragen. Die Vorgehensweise bei der Erstellung der Unterlagen zur Alterungsüberwachung wird detailliert und erläutert. Dabei werden weitere Unterlagen in der Literatur genannt, die die jeweils betrachteten Sachverhalte ebenfalls erläutern.

Der vorliegende Leitfaden klärt die Verantwortlichkeiten bei Erstellung und Prüfung von Alterungsnachweisen sowie bei der Umsetzung allfälliger Massnahmen (Kapitel 5). Des Weiteren werden administrative Vorgaben zu den zu erstellenden Dokumenten genannt sowie die Dokumentation der Alterungsnachweise in Bezug auf die Gesamtdokumentation von Behälter und Inhalt erläutert (ebenfalls Kapitel 5).

Die Kapitel 6 bis 12 zielen direkt auf die vom Nachweispflichtigen zu erbringenden Alterungsnachweise:

- Kapitel 6 zeigt zunächst den Status von Zulassungen, Zwischenlagerfreigaben und organisatorischen Aspekten für die betreffende Behälterbauart auf;
- Kapitel 7 adressiert für den Betrachtungszeitraum die Änderungen des Regelwerks wie beispielsweise der gefahrgutrechtlichen Vorschriften und die Weiterentwicklung des Standes der Technik sowie deren Auswirkungen auf die Transport- und Zwischenlagerfähigkeit;



- Kapitel 8 macht Vorgaben zur Selektion relevanter Komponenten, auf die sich die Alterungsnachweise beziehen;
- Kapitel 9 geht auf die Analyse von technischen Alterungseffekten und daraus abzuleitender Massnahmen sowohl in Bezug auf den radioaktiven Inhalt als auch in Bezug auf Materialien und Komponenten ein;
- Kapitel 10 ist organisatorischen Veränderungen und den daraus abzuleitenden Massnahmen vorbehalten;
- Die Kapitel 11 und 12 erfassen die seitens des Nachweispflichtigen zusammenfassende Bewertung der Transport- und Zwischenlagerfähigkeit.

Alterungsnachweise im Sinne dieses Leitfadens ändern keine Sicherheitsnachweise für Zulassungen oder Zwischenlagerfreigaben, sondern weisen vielmehr nach, dass unter Berücksichtigung der Auswirkungen der Alterung die bestehenden Sicherheitsnachweise weiterhin erfüllt sind. Änderungen von Sicherheitsnachweisen für Zulassungen oder Zwischenlagerfreigaben müssen im Rahmen eigenständiger Gesuche behandelt werden.

3 Rechtliche Grundlagen

3.1 Gefahrgutrecht

Der Leitfaden greift die Änderungen zur Alterung von Transport- und Lagerbehältern in der kommenden Ausgabe 2018 der Transportvorschriften der IAEA auf (*shipment after storage*), die voraussichtlich ab 1. Januar 2021 in nationales Recht überführt und damit in der Schweiz verbindlich werden. In diesem Sinne basiert der Leitfaden auf den nachfolgenden Rechtsvorschriften:

Allgemein

- IAEA Specific Safety Requirements SSR-6, *Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material*

Strasse

- Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (ADR)
- Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (SDR, SR 741.621)

Schiene

- Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (RID)
- Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter mit Eisenbahnen und Seilbahnen (RSD, SR 742.412)



Luft

- International Civil Aviation Organization (ICAO), Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air
- Verordnung über den Lufttransport (LTrV, SR 748.411)

Binnenwasserstrassen

- Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung von gefährlichen Gütern auf Binnenwasserstrassen (ADN)
- Verordnung des UVEK über die Inkraftsetzung des Europäischen Übereinkommens über die internationale Beförderung von gefährlichen Gütern auf Binnenwasserstrassen (SR 747.224.141)

See

- International Maritime Dangerous Goods Code Class 7 (IMDG)

3.2 Kernenergierecht

Bezüglich der Zwischenlagerung konkretisiert der Leitfaden die Anforderungen der Richtlinie ENSI-A03 bezüglich der Erbringung von Nachweisen zur Transport- und Lagerfähigkeit von Transport- und Lagerbehältern zur trockenen Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen und hochaktiven Abfällen im Rahmen periodischer Sicherheitsüberprüfungen von Kernkraftwerken.

Weiterhin sind im Rahmen der Freigabe von Behälterbauarten für die Zwischenlagerung auf der Basis von Art. 21 Abs. 1 BSt. f KEG und damit im Zusammenhang Art. 29 Abs. 1 BSt. g KEV sowie Richtlinie HSK-G05 ebenfalls periodisch Alterungsnachweise für Transport- und Lagerbehälter zu erbringen. Auch für diese Nachweise sind die Empfehlungen dieses Leitfadens anwendbar. Die auf diese Weise erbrachten Nachweise können in periodischen Sicherheitsüberprüfungen von Kernkraftwerken gemäss Richtlinie ENSI-A03 referenziert werden.

4 Begriffsbestimmungen

Alterung

Kumulative zeitabhängige Veränderung der Eigenschaften eines Bauteils durch physikalische, chemische oder biologische Prozesse. Bei der Alterung können mehrere Alterungsmechanismen gleichzeitig wirksam sein.

Alterungsmechanismus

Zeitabhängiger Prozess, der zu einer Veränderung der physikalischen oder chemischen Eigenschaften eines Werkstoffes, Materials oder Baustoffes führt.

Alterungsüberwachung

Massnahmen zur rechtzeitigen Erkennung, Beurteilung und Beherrschung des Alterungszustandes eines Bauteils.



Alterungsüberwachungsprogramm

Systematische Vorgehensweise bei der Überprüfung eines Bauteils auf Veränderungen seiner Eigenschaften durch die Alterung, zur Bewertung derselben und zur Überprüfung der vorhandenen Alterungsüberwachungsmassnahmen auf Vollständigkeit und Wirksamkeit mit dem Ziel, Lücken oder Schwachstellen zu erkennen und Massnahmen zu deren Schliessung festzulegen (Ergänzungsmassnahmen).

Auslegungsgrenze

Eine physikalische oder chemische Grösse oder eine Eigenschaft eines Bauteils eines T/L-Behälters, die nicht über- oder unterschritten werden darf, damit die gefahrgut- oder kernenergierechtlichen Anforderungen noch eingehalten werden, z. B. Mindestwanddicke, Mindeststreckgrenze, maximale Nachzerfallswärmeleistung, maximale Aktivitätsfreisetzung.

Auslegungsgrösse, kennzeichnende

Eine physikalische oder chemische Eigenschaft eines Bauteils eines T/L-Behälters, die relevant für die gefahrgut- oder kernenergierechtlichen Anforderungen ist, z. B. Wanddicke, Durchmesser, Streckgrenze, Wärmeleitfähigkeit, Leckagerate, Feuchtigkeit.

Bauart

Bauart im Sinne dieses Leitfadens ist die gefahrgut- und kernenergierechtlich definierte Bauart. Sie beschreibt eine Verpackung und ihren radioaktiven Inhalt detailliert und eindeutig. Dazu können Spezifikationen, technische Zeichnungen, Berichte, die die Erfüllung der Anforderungen des Regelwerkes nachweisen, und andere wesentliche Unterlagen dienen.

Delta-Betrachtung

Vergleich von weiterentwickelten Unterlagen mit der vorhergehenden Version um die Unterschiede zwischen diesen Unterlagen zu erkennen und diese Unterschiede dann anschliessend nach vorgegebenen Kriterien zu bewerten. Im englischen Sprachgebrauch wird der Begriff „gap analysis“ verwendet.

Nachweispflichtiger

Für Nachweise im Sinne dieses Leitfadens zuständig und verantwortlich ist der Eigentümer des T/L-Behälters. Er hat die anderen Beteiligten wie Eigentümer der gelagerten radioaktiven Inhalte, Zwischenlagerbetreiber und Inhaber der gefahrgutrechtlichen Zulassung in die Abklärungen zur Alterungsüberwachung einzubeziehen.

Radioaktiver Inhalt

Unter radioaktivem Inhalt wird das radioaktive Material zusammen mit jedem kontaminierten oder aktivierten Feststoff, Flüssigkeit oder Gas innerhalb der Verpackung verstanden (siehe auch gefahrgutrechtliche Definition).

Serienmuster

Gefertigtes Muster einer Bauart.

**T/L-Behälter**

Ein Transport- und Lagerbehälter setzt sich aus dem radioaktiven Inhalt und der Verpackung zusammen. T/L-Behälter im Sinne dieses Leitfadens umfassen ebenfalls Zwischenlagerkomponenten (z. B. Druckschalter, Flugzeugabsturzhaube).

Verpackung

Verpackung im Sinne dieses Leitfadens ist das gefahrgut- und kernenergierechtlich beschriebene Gefäß und alle anderen Bauteile und Werkstoffe, die notwendig sind, damit das Gefäß seine Behältnis- und andere Sicherheitsfunktionen erfüllen kann (siehe auch gefahrgutrechtliche Definition).

Versandstück

Versandstück im Sinne dieses Leitfadens ist das versandfertige Endprodukt des Verpackungsvorganges, bestehend aus der Verpackung und ihrem Inhalt (siehe auch gefahrgutrechtliche Definition).



5 Vorgehensweise, Dokumente und Zuständigkeiten

In den Dokumenten zur Alterungsüberwachung sollte der Ablauf einem systematischen Ansatz folgen, der alle Komponenten eines T/L-Behälters umfasst. Dazu sollte der Nachweispflichtige eingangs in einem Überblick das Zusammenwirken der verschiedenen Unterlagen beschreiben, da der Weg der Nachweisführung sowie die Formatierung der Unterlagen durch den Nachweispflichtigen frei gewählt werden kann.

In diesen Unterlagen sollte in einem ersten Schritt der Ablauf dargestellt werden, wie die Komponenten oder Bauteile des Serienmusters einer Bauart ermittelt werden, bei denen eine Alterung die Erreichung der gefahrgut- und kernenergierechtlichen Schutzziele beeinträchtigen könnte.

In einem zweiten Schritt sollte erläutert werden, welche Einflussfaktoren wie etwa verwendete Werkstoffe, Umgebungs- und Betriebsbedingungen, etc. zusammenwirken und welche daraus resultierenden Schädigungsmechanismen und Veränderungen der Eigenschaften seitens des Nachweispflichtigen in Erwägung gezogen werden.

Im dritten Schritt sollten für alle als betroffen eingestufteten Komponenten und Bauteile die jeweils zur Erkennung und dann auch zur Beherrschung der Auswirkungen der Alterung abgeleiteten Massnahmen und ihre beabsichtigte Umsetzung in entsprechend strukturierten Alterungsüberwachungsprogrammen dargestellt werden. Dies soll sicherzustellen, dass der T/L-Behälter mindestens für weitere 10 Jahre alle für die Zwischenlagerung und den Transport zu erfüllenden Schutzziele einhält. Hierbei sind die Auslegungsbedingungen in den Basisdokumenten für die gefahrgutrechtliche Zulassung und die Zwischenlagerfreigabe unverändert zugrunde zu legen.

Auch Organisationen, Managementsysteme und Prozesse unterliegen Entwicklungen und Veränderungen, die hinsichtlich der Alterung zu überwachen sind. Dazu sollte in einem gesonderten Dokument die Weiterentwicklung der Organisation der Beteiligten sowie deren Zusammenwirken bezüglich der Integration der Alterungsüberwachung dargestellt werden.

Sowohl technische als auch organisatorische Aspekte sollten im Abstand von jeweils 10 Jahren durch den Nachweispflichtigen hinsichtlich der Erfüllung aller relevanten Anforderungen gesamthaft bewertet werden (siehe auch Kapitel 11 und 12).

Alle zur Alterungsüberwachung gehörigen Nachweisdokumente sollten zusammengefasst werden und als Beilage zumindest dem Sicherheitsbericht des T/L-Behälters hinzugefügt werden. Weiterhin sollten alle Unterlagen, die zum Verständnis der Nachweisdokumente erforderlich sind, der Dokumentation der Behälter beigefügt werden (siehe auch Kapitel 10.2).

Alle angesprochenen Dokumente sind vom Nachweispflichtigen gemäss den Vorgaben für periodische Sicherheitsüberprüfungen /A03/ oder Auflagenerfüllungen von Zwischenlagerfreigaben vor Ablauf der dort vorgegebenen Fristen dem ENSI vorzulegen. Diese Fristen umfassen üblicherweise einen Zeitraum von 10 Jahren.

Zuständig und damit verantwortlich für das Einreichen dieser Nachweise ist sowohl für Auflagenerfüllungen von Zwischenlagerfreigaben als auch im Rahmen von periodischen Sicherheitsüberprüfungen von Kernkraftwerken der Behältereigentümer. Er hat alle anderen Beteiligten wie Zwischenlagerbetreiber und Inhaber der gefahrgutrechtlichen Zulassung entsprechend einzubeziehen, um die erforderlichen Nachweise zu erbringen. Eigentumsübergänge sind gemäss Art. 31 KEG der behördlichen Genehmigung vorbehalten.



Gemäss KEG Art. 31 müssen radioaktive Abfälle, darunter abgebrannte Brennelemente und verglaste Abfälle, in ein geologisches Tiefenlager verbracht werden. Um die Implikationen von Alterungsprozessen für die Entsorgung solcher Abfälle zu bewerten und ihre Konsequenzen bei der Planung des geologischen Tiefenlagers zu berücksichtigen, müssen die zur Alterungsüberwachung gehörigen Unterlagen dem Projektanten oder Betreiber eines geologischen Tiefenlagers zur Verfügung gestellt werden.

6 Ausgangsstatus

6.1 Basisdokumente zum Nachweis der Transportfähigkeit

Für die Begründungen der für die Alterungsüberwachung herangezogenen Ausgangsdaten sind die kennzeichnenden Auslegungsgrössen zu verwenden, die in den von der Zulassung zitierten Unterlagen wie zum Beispiel Sicherheitsbericht mit Zusätzen, Nachträgen, Zeichnungen, Stücklisten enthalten sind. Als weitere Informationsquellen sollte die Dokumentation der Qualifikationstests, der Inspektions- und Abnahmeprüfungen sowie das Betriebsbuch des Serienmusters der Bauart zur Verfügung stehen. Die Informationen in diesen Unterlagen können durch die weiteren, im Rahmen der Alterungsüberwachung herangezogenen Unterlagen wie Herstellspezifikationen, Anweisungen, Dokumentationen, Erfahrungsberichten, Untersuchungsberichten, weiter erläutert werden, um alle wesentlichen Angaben zu begründen.

6.2 Basisdokumente zum Nachweis der Zwischenlagerfähigkeit

Für die Begründungen der für die Alterungsüberwachung herangezogenen Ausgangsdaten sind die kennzeichnenden Auslegungsgrössen zu verwenden, die in den von der Bauartfreigabe zitierten Unterlagen wie zum Beispiel Sicherheitsbericht mit Zusätzen, Nachträgen, Zeichnungen, Stücklisten enthalten sind. Weitere Informationsquellen sind die Dokumentation der Qualifikationstests, die Inspektions- und Abnahmeprüfungen, allfällige Einschränkungen in den Verwendungs- und Einlageungsfreigaben sowie das Betriebsbuch von Serienmustern der Bauart. Die Informationen in diesen Unterlagen können durch die weiteren, im Rahmen der Alterungsüberwachung herangezogenen Unterlagen wie Herstellspezifikationen, Anweisungen, Dokumentationen, Erfahrungsberichten und Untersuchungsberichten weiter erläutert werden, um alle wesentlichen Angaben zu begründen.

In die Alterungsüberwachung sollten auch die bisher gelagerten, aber noch nicht verbauten Ersatzteile einbezogen werden.

7 Externe Entwicklungen

7.1 Änderungen des Regelwerks

Bei der Überwachung der Alterung sollte nicht nur die Alterung der technischen Komponenten sondern auch die der nicht-technischen Gegebenheiten untersucht und bewertet werden.

Hier sollte u. a. an die Weiterentwicklung des Regelwerkes gedacht werden und deren Auswirkungen bewertet werden.



Diese Nachverfolgung des Regelwerkes sowie der Normen und Bemessungshinweisen, auf denen dieses beruht, sollte zweckmässigerweise in einer Delta-Betrachtung erfolgen, damit ein Überblick über die seit der letzten Bewertung eingetretenen Weiterentwicklungen gewonnen und im Hinblick auf ihren Einfluss auf die Auslegung der Bauart bewertet werden kann. Teil dieser Delta-Betrachtung sollte auch die jeweilige gefahrgutrechtliche Zulassungsrevision sowie die kernenergierechtliche Bauartfreigabe sein.

Wird aufgrund wesentlicher Weiterentwicklungen im Regelwerk oder durch die Änderung einzelner Grenzwerte festgestellt, dass die durch die Sicherheitsberichte gegebenen Auslegungsgrenzen nicht mehr eingehalten werden, muss die Transportfähigkeit nach aktuellem Regelwerk nachgewiesen werden, ggfs. unter Berücksichtigung kompensierender Massnahmen. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass die Aktualisierungen des Sicherheitsberichtes immer so erfolgen, dass bei den inzwischen absehbaren sehr langen Zwischenlagerdauern jede einzelne Modifikation des Sicherheitsberichtes transparent und nachvollziehbar bleibt, siehe auch /IA2/. Es sollte bedacht werden, dass in einzelnen Fällen die Regelwerksänderung bis zu einer notwendigen Konstruktionsänderung oder Ersatzmassnahmen an bereits gelagerten T/L-Behältern führen kann.

Andernfalls ist in den Alterungsnachweisen zu begründen, dass die Transport- und Lagerfähigkeit trotzdem weiterhin eingehalten werden.

7.2 Weiterentwicklung des Stands von Wissenschaft und Technik

Neben dem sicherheitstechnischen Regelwerk ändert sich mit der Zeit auch der Stand von Wissenschaft und Technik durch die Einführung neuer oder weiterentwickelter Technologien, Auslegungsprinzipien und Erkenntnissen aus der Forschung. Diese Weiterentwicklungen sollten ebenfalls im Zuge des 10-jährigen Bewertungszeitraumes in einer Delta-Betrachtung hergeleitet und bewertet werden. Dabei sind insbesondere neue Erkenntnisse mit Bedeutung für die Alterungsüberwachung zu identifizieren und sollten jeweils in die bestehenden Alterungsüberwachungsprogramme implementiert werden.

Hinsichtlich der Weiterentwicklung des Stands von Wissenschaft und Technik sollte auch berücksichtigt werden, dass die Lieferbarkeit von spezifizierten Materialien und Ersatzteilen nicht mehr gegeben sein könnte.

8 Ermittlung relevanter Komponenten

8.1 Komponenten der Verpackung

Wie in Kapitel 5 angegeben, sollten in einem ersten Schritt die auf eine Alterung hin zu untersuchenden Komponenten der Verpackung ermittelt werden. Von primärem Interesse sind dabei die Bauteile und Komponenten, deren Funktion die Erreichung der gefahrgut- und kernenergierechtlichen Schutzziele sicherstellen.

Für ein solches Auswahlverfahren enthält der Leitfaden /A/ eine Bauteilklassifizierung, die hier entsprechend angewendet werden sollte. Dafür werden die Komponenten einer Verpackung nach ihrer Funktion für die Erreichung der gefahrgutrechtlichen Schutzziele

- Abschirmung



- Dichtheit und Integrität
- Wärmeabfuhr und
- Gewährleistung der Unterkritikalität

klassifiziert.

In analoger Weise sollten allfällige spezifische Zwischenlageranforderungen gemäss Richtlinie HSK-G05 /G05/ bei der Klassifizierung berücksichtigt werden.

Alle Komponenten der Verpackung der zu betrachtenden Bauart sollten dazu gemäss /A/ auf ihre Bedeutung zum Erreichen der vorgenannten Schutzziele in drei Stufen eingeordnet werden.

In die **Stufe 1** gehören alle Bauteile oder Komponenten, die das Erreichen der Schutzziele unmittelbar gewährleisten.

In die **Stufe 2** gehören alle Bauteile oder Komponenten, die das Erreichen der Schutzziele mittelbar gewährleisten.

In die **Stufe 3** gehören alle Bauteile oder Komponenten, die nicht in Stufe 1 oder 2 fallen.

Für die Herleitung der Bedeutung der einzelnen Komponenten können beispielsweise Stückliste, Sicherheitsberichte, Herstellspezifikationen, Zeichnungen, Prüfergebnisse (eigene oder die von anderen Kraftwerken), Industrieerfahrungen und sonstige Informationsquellen herangezogen werden.

Die spezifische Alterungsbetrachtung sollte mindestens für alle Komponenten erfolgen, die der Stufe 1 oder 2 zugeordnet werden. Komponenten der Stufe 3 sind dahingehend zu betrachten, ob sich durch Alterungsprozesse an ihnen negative Auswirkungen auf die Funktionen der Komponenten der Stufe 1 und 2 ergeben können.

Zubehörteile für den Transport, die Zwischenlagerung oder die Umladung eines T/L-Behälters, beispielsweise Transporttraversen, Zusatzabschirmungen und/oder Lecktesteinrichtungen gehören in der Regel nicht zum Umfang der Alterungsbetrachtung, da sie nicht selbst Bestandteil des T/L-Behälters sind und nicht zum Erreichen der Schutzziele notwendig sind. Weiterhin unterliegen sie eigenen qualitätssichernden Massnahmen und können jederzeit ausgetauscht werden.

8.2 Alterung des radioaktiven Inhalts

Bei der Alterungsüberwachung sollte auch der Inhalt der T/L-Behälter mit einbezogen werden. Der Sicherheitsbericht setzt voraus, dass sich der Brennstoff von bestrahlten Brennelementen in bestimmten definierten Bereichen befindet, damit die Schutzziele eingehalten werden. Dazu tragen bezüglich der Brennelemente neben den Brennstab-Hüllrohren, die die wichtigste Barriere zum Rückhalt radioaktiver Spaltprodukte darstellen, auch die Strukturteile in abgestufter Weise bei.

Daher sollten auch die Brennelemente mit ihren Brennstäben und Strukturteilen abgestuft entsprechend ihrer Bedeutung bei der Erfüllung der Anforderungen in die Alterungsüberwachung einbezogen werden.

Schliesslich sollte eine entsprechend angepasste Alterungsüberwachung ebenfalls für die HAW-Kokillen konzipiert werden.



9 Analyse der technischen Alterungseffekte und Ableitung allfälliger Massnahmen

9.1 Prüfobjekte

Im zweiten der in Kapitel 5 genannten Schritte sollten die Einflussfaktoren beschrieben werden, denen die in Kapitel 8 ermittelten auf eine Alterung hin zu untersuchenden Bauteile und Komponenten während der trockenen Zwischenlagerung ausgesetzt sind. Die aus diesen Einflussfaktoren resultierenden Alterungseffekte sollten abgeleitet und erläutert werden.

Dazu sollten die Basisunterlagen aus der verkehrsrechtlichen Zulassung sowie der lagerrechtlichen Freigabe und die Dokumentation der zu betrachtenden T/L-Behälter in allen Einzelheiten sorgfältig analysiert werden.

Zusätzlich kann untersucht werden, ob und welche T/L-Behälter oder deren Komponenten gemeinsam betrachtet werden können. Diese Möglichkeit kann jedoch nur gewählt werden, wenn alle Basisunterlagen aus Zulassung und Zwischenlagerfreigaben (Bauartfreigabe, Verwendungsfreigabe, Einlagerungsfreigabe) auch gleich sind, also für den T/L-Behälter keine weiteren Einschränkungen beinhalten.

9.2 Feststellung von Werkstoffen und Umgebungsbedingungen

Für jede Komponente sollte für die detaillierte Alterungsanalyse der in der Dokumentation angegebene Werkstoff zugrunde gelegt werden, dabei sind Lieferzustände, Werkstoffkombinationen, Hilfsstoffe und unterschiedliche Werkstoffe in Subkomponenten ebenfalls in die Betrachtung mit einzubeziehen. Trägt der Werkstoff eine Beschichtung, so sollte diese ebenfalls mitberücksichtigt werden. Gehen aus der Fertigungsdokumentation keine oder unzureichende Angaben zu den Sicherheitsnachweisen hervor, so sollten die tatsächlich verwendeten Werkstoffe z. B. anhand ihrer Analyse und ihres Lieferzustandes ermittelt werden.

Weiterhin sollten für die Werkstoffe die für die Beurteilung relevanten Angaben zu den jeweils am Lagerort herrschenden Umgebungsbedingungen wie z. B.

- Temperatur, ggf. zeitlicher Temperaturgang (u. a. Abklingverhalten),
- relative Feuchtigkeit,
- Betauung inkl. kondensierter Schadstoffe, Tausalze,
- Komponenten der Gasatmosphäre inkl. Spuren von schädigenden Substanzen,
- Gamma- und Neutronenstrahlung

bestimmt und angegeben werden.



9.3 Zusammenstellung und Bewertung der relevanten Alterungsmechanismen

Für die Identifizierung der wahrscheinlich auftretenden oder bereits aufgetretenen Alterungsmechanismen sollten alle dazu zweckdienlichen Unterlagen herangezogen werden, die dazu Informationen liefern können wie z. B.

- Herstell- und Betriebsdokumentation der Komponente oder des Bauteils,
- Alterungsrelevante Inspektionsbefunde und Reparaturen,
- Ergebnisse wiederkehrender Prüfungen (eigene oder von anderen Betreibern),
- Abweichungsberichte und Korrekturmassnahmen,
- Informationen aus Untersuchungen von Schäden oder Grundlagenuntersuchungen,
- industrieweit verfügbare Erfahrungen, Branchenerfahrungen, Erfahrungsberichte von Betreibern und Herstellern,
- Forschungsergebnisse.

Anhand der Auswertung dieser Unterlagen sollte jede Komponente und jedes Bauteil auf mögliche Alterungsmechanismen wie z. B. Korrosion und Abtrag, Absinken der mechanischen Festigkeit oder Versprödung, Erschöpfung der Lastspielzahlen, Verlust der Vorspannung usw. untersucht werden. Werden anhand dieser Auswertungen möglicherweise ablaufende Alterungsmechanismen identifiziert, so sollten diese detailliert beschrieben werden. Ebenso sollte angegeben werden, welche Massnahmen beim Nachweispflichtigen oder in anderen Unternehmen konzipiert und mit welcher Wirksamkeit sie bereits angewendet wurden, um die Auswirkungen des jeweils betrachteten Alterungsmechanismus zu beherrschen.

In die Alterungsüberwachung sollten ebenfalls Ersatzteile und Materialien, die für deren Fertigung vorgehalten werden, mit einbezogen werden.

Diese in den Kapiteln 9.1 bis 9.3 allgemein beschriebenen Alterungsmechanismen, die die in dem jeweiligen T/L-Behälter verwendeten Werkstoffe und Komponenten befallen können, sollten anschliessend, wie in Kapitel 5 dargestellt (dritter Schritt), in detaillierte Alterungsüberwachungsprogramme übersetzt werden, die spezifisch auf die Eigenheiten der betrachteten Serienmuster zugeschnitten sind.

9.4 Alterungsüberwachungsprogramm

Es ist das Ziel eines Alterungsüberwachungsprogrammes, die Betroffenheit und den Grad der Alterung einer Komponente oder eines Bauteiles zu erfassen und daraus geeignete Festlegungen abzuleiten, die Auswirkungen der Alterung soweit wie möglich zu beherrschen. Ein Verlust der Einhaltung der grundlegenden Anforderungen des T/L-Behälters durch Alterung innerhalb des zu betrachtenden Zeitraums sollte in jedem Falle verhindert werden. Und schliesslich sollten die Aktionen angegeben werden, die erfolgen müssen, sofern eine Komponente oder ein Bauteil nicht mehr die grundlegenden Anforderungen erfüllt oder erfüllen wird.



Zur Erstellung und Strukturierung von Alterungsüberwachungsprogrammen hat die IAEA in /IA1/ Hinweise gegeben, die nachfolgend weiter erläutert werden. Weitere Informationen können dem /NRC/ entnommen werden.

Geltungsbereich

Die Komponenten oder Bauteile, die in dem jeweiligen Programm behandelt werden sollen, sind hier aufzuführen. Es sollten die verwendeten Materialien, die einwirkenden Umgebungsbedingungen und der oder die daraus resultierenden Alterungsmechanismen genannt werden insbesondere dann, wenn für Komponenten mehrere unterschiedliche Alterungsmechanismen zu betrachten sind, z. B. Korrosion und Degradation mechanischer Eigenschaften. Sind für eine Komponente oder ein Bauteil mehrere unterschiedliche Alterungsmechanismen zu erwägen, so sollte jeder Alterungsmechanismus in einem separaten Alterungsüberwachungsprogramm behandelt werden.

Untersuchungsverfahren

Hier sollten die Art der Untersuchungen aufgeführt werden, die angewendet werden sollen, eine Alterung zu erkennen, z. B. Werkstoffuntersuchungen, Dichtheitsuntersuchungen, zerstörungsfreie Prüfungen, Aktivitätsmessungen.

Es sollte erläutert werden, welche Parameter festgestellt werden sollen, und wie diese Parameter mit den Alterungseffekten zusammenhängen, und wie genau die Untersuchungsverfahren Grenzwerte erkennen können, die eingehalten werden sollten, z. B. Bruchzähigkeiten, Leckagerate, Aktivitätswerte.

Bestimmung der Alterungseffekte

Die zur Anwendung vorgesehenen Untersuchungsprogramme sollten detailliert bis hin zu beispielsweise Angabe von Prüf- und Probenahmeorten oder Prüfintervallen beschrieben werden und es sollte deutlich werden, wie in diesen Programmen die Parameter ermittelt werden sollen, z. B. Rückfederung, Temperaturabhängigkeit der Versprödung, Wanddickenabtrag.

Verlaufsanalyse

Die gewonnenen Ergebnisse sind mit den Grenzwerten zu vergleichen. Der Verlauf über der Zeit sollte bewertet werden. Die Prüfintervalle sollten vorausschauend so gewählt sein, dass ausgeschlossen werden kann, dass innerhalb des nächsten Prüfzyklus von 10 Jahren eine Verletzung des gewählten Grenzwertes auftritt.

Eignung des Grenzwertes

Es sollte der Nachweis geführt werden, dass der gewählte Grenzwert die Einhaltung der Schutzziele sicherstellt. Der Grenzwert sollte aus den Sicherheitsnachweisen hervorgehen, z. B. Mindestdehnung oder -bruchzähigkeit, minimale Rückfederung, Mindestwanddicke.

Konzeption und Umsetzung von Korrekturmassnahmen

Für den Fall, dass eine Auslegungsgrenze gemäss Sicherheitsnachweis im betrachtenden Zeitraum nicht mehr eingehalten wird, sollten die dann zu ergreifenden Massnahmen beschrieben werden. Dies kann von provisorischen Übergangsregelungen über die Untersuchungen zur Klärung der genauen Ursache, die Konzeption von Abhilfemassnahmen bis zu Nachweisen gegen das Auftreten des Wiederholungsfalles reichen.



Es ist darauf zu achten, dass die ergriffenen Massnahmen nicht andere Sicherheitsfunktionen beeinträchtigen.

Wirksamkeit der getroffenen Massnahmen

Teil des Alterungsüberwachungsprogrammes sollten Vorkehrungen sein, die sicherstellen, dass die Korrekturmassnahmen vollständig umgesetzt und durchgeführt werden. Dies beinhaltet auch, dass bei einem Weiterbetrieb des T/L-Behälters nach den getroffenen Korrekturmassnahmen wiederum Untersuchungen zur Einhaltung der Grenzwerte konzipiert sein sollten, die nachweisen, dass die Auswirkungen der Alterung weiterhin beherrscht werden.

Begleitende Kontrollen

Alle Arbeiten, die im Rahmen eines Alterungsüberwachungsprogrammes erfolgen sollen, sollten einer Überwachung gemäß /G05/ und /A/ unterworfen werden. Diese Kontrollen sollten mit der Konzeption und Zustimmung zu den Programmen beginnen und eine Begleitung der Massnahmen vorsehen bis hin zur Bestätigung der Enddokumentation, siehe auch /A/.

Betriebsbewährung

Zur Bewertung sind die Ergebnisse der Alterungsüberwachungsprogramme mit möglichen früheren eigenen Erfahrungen, Erfahrungen aus anderen Bereichen oder weiteren Informationen zu ähnlichen Sachverhalten zu vergleichen. Dabei sollte bestätigt werden können, dass die Massnahmen so konzipiert sind, dass die Auswirkungen der Alterung weiterhin beherrscht werden, und dass das betreffende Schutzziel im Berichtszeitraum weiterhin eingehalten wird.

Wurden für ein Bauteil oder eine Komponente mehrere Alterungsüberwachungsprogramme durchgeführt, sollten die erarbeiteten Ergebnisse zu einer Gesamtaussage für diese Komponente oder dieses Bauteil zusammengeführt werden.

10 Organisation

Anforderungen an die Organisation von Kernanlagen in der Betriebs- und Nachbetriebsphase sind grundsätzlich in der Richtlinie ENSI-G07 geregelt /G07/. Nachfolgend sind spezifische Aspekte für die Alterungsüberwachung von Transport- und Lagerbehältern während der Zwischenlagerung aufgeführt.

10.1 Ausgangsstatus

Im Zuge der Alterungsüberwachung sind auch die Organisation von Eigentümer und Zwischenlagerbetreiber von Interesse, da sie über die Lagerzeit weiterhin ausreichende

- technische Einrichtungen
- finanzielle Ressourcen
- Personalanzahl
- Personalqualifikation
- Aufbau- und Ablaufstruktur



bereithalten müssen. Daher sollte von Eigentümer und Zwischenlagerbetreiber zu allen Zeitpunkten der Zwischenlagerung jeweils eine Organisationsstruktur nachgewiesen werden, die dem Stand von Wissenschaft und Technik entspricht. Weiterhin sollten die Schnittstellen und Verantwortlichkeiten zwischen den genannten Unternehmen klar geregelt und dokumentiert sein. Die Erfüllung aller genannten Anforderungen sollten dokumentiert und dem ENSI im Rahmen der Alterungsnachweise vorgelegt werden.

10.2 Integration der Alterungsüberwachung

Der Nachweispflichtige sollte in entsprechenden Unterlagen darstellen, wie die Aufgaben der Alterungsüberwachung in die Organisation von Eigentümer und Zwischenlagerbetreiber integriert worden ist.

Dazu sollte der Nachweispflichtige ausführen, wie die Entwicklung und der Aufbau, die Einführung und die Durchführung der Alterungsüberwachung geregelt sind.

Wichtige Bedingungen zur Integration der Alterungsüberwachung in die Organisation sind:

- eindeutige Eigentumsverhältnisse;
- eine Geschäftspolitik, die die Alterungsüberwachung unterstützt;
- ausreichende Ressourcen (Finanzen, Personal, Weiterbildung, Räumlichkeiten, Werkzeuge);
- klare Regelung der Verantwortlichkeiten für die Alterungsüberwachung;
- qualifiziertes Personal;
- Personaltraining;
- Beschaffungswesen (Ersatzteile, Support durch Designer oder Hersteller);
- Qualitätssicherung.

Weiterhin sollte das Unterlagenerfassungs- und Unterlagenaufbewahrungssystem auf die Belange der Alterungsüberwachung erweitert werden. Dies beinhaltet beispielsweise, dass die Dokumentationen der T/L-Behälter vorhanden und auch lesbar sind. Gegenstand der Dokumentation sollte neben den in Kapitel 6.1 und 6.2 genannten Basisdokumenten die Betriebsdokumentation aus der Beladung und dem Transport sowie der bisherigen Zwischenlagerung des T/L-Behälters einschliesslich aller wiederkehrenden Prüfungen sowie der bisherigen Arbeiten zur Entwicklung der Alterungsüberwachung bis hin zu den Untersuchungsergebnissen aus den Alterungsüberwachungsprogrammen sein.

Der Umfang der aufbewahrten Dokumentation sollte es ermöglichen, dass alle Entscheidungen ab der Konzeption der Bauart des T/L-Behälters transparent und nachvollziehbar sind. Damit kommt dem Zugriff auf die zu den jeweiligen Zeitpunkten gültigen Normen, technischen Regeln und Vorschriften ebenfalls eine erhebliche Bedeutung zu, damit beispielsweise ein Verstehen von Entscheidungen in späteren Zeiten überhaupt erst möglich wird.

Die Aufbewahrung der Dokumentation sollte gesichert sein. Der jederzeitige Zugriff sollte sichergestellt sein. Auch die Lesbarkeiten der Speichermedien infolge von Alterungsvorgängen sollten berücksichtigt und in regelmässigen Abständen kontrolliert werden, z. B. bei elektronischen Medien.



Die Umsetzung der genannten Punkte sollten dem ENSI bei der erstmaligen Vorlage der Alterungsnachweise dargelegt werden.

10.3 Alterungsüberwachung der Organisation

Im Rahmen der periodischen Alterungsüberwachung sollte vom Nachweispflichtigen dargestellt und bewertet werden, welche Veränderungen aus welchen Gründen in der Organisation von Behältereigentümer und Zwischenlagerbetreiber erfolgten. Mögliche Änderungen der vertraglichen Regelungen zwischen deren Organisation oder bei der Integration der Alterungsüberwachung in die jeweilige Organisation sollten Teil dieser Darstellung und Bewertung sein. Dabei ist auch der Inhaber der Zulassung in die Betrachtung mit einzubeziehen. Eigentumsübergänge sind gemäss Art. 31 KEG der behördlichen Genehmigung vorbehalten.

Bestandteil der Alterungsüberwachung der Organisation sollte auch eine Aussage sein, inwieweit die Organisationen der Beteiligten sowie ihr Verbund weiterhin ihre Funktion im Rahmen der Alterungsüberwachung erfüllen und weiterhin dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen.

Die Ergebnisse dieser Organisationsbewertungen sollten dem ENSI im Rahmen der turnusmässigen Vorlage der Alterungsnachweise mit beigefügt werden.

11 Bewertung der Transportfähigkeit

Die Ergebnisse der Alterungsüberwachung jedes T/L-Behälters sollten vom Nachweispflichtigen zusammengefasst und ausgewertet werden. Aus dieser Bewertung sollten alle Ergebnisse der einzelnen Alterungsüberwachungsprogramme hervorgehen einschliesslich der getroffenen oder noch zu treffenden Abhilfemassnahmen. Bezüglich der noch laufenden und noch zu treffenden Massnahmen sind die Zwischenschritte anzugeben, die für das ENSI nachprüfbar dokumentieren, dass die Arbeiten im Zeitplan liegen.

Falls die gefahrgutrechtlichen Vorschriften nicht vollumfänglich eingehalten werden, ist ein Konzept vorzulegen oder ein Gesuch zu stellen, das die Massnahmen beinhaltet, um die gefahrgutrechtlichen Vorschriften wieder zu erfüllen.

Die vorgeschlagenen Massnahmen sind vom Nachweispflichtigen auch mit dem Projektanten oder Betreiber des geologischen Tiefenlagers abzustimmen.

Im Sinne üblicher Managementpraxis ist auch das gesamte System der Alterungsüberwachung daraufhin zu überprüfen, ob es noch die gewünschten Ergebnisse erzielt oder ob möglicherweise Weiterentwicklungen des Systems erforderlich werden, siehe auch Kapitel 7.2.

12 Bewertung der Zwischenlagerfähigkeit

Eine gleiche Bewertung ist für die Zwischenlagerfähigkeit zu erstellen. Beide Bewertungen können zusammengefasst werden.



Falls die Anforderungen an die trockene Zwischenlagerung nicht vollumfänglich eingehalten werden, ist ein Gesuch zu stellen, das die Massnahmen beinhaltet, um einen konformen Zustand wiederherzustellen.

Die vorgeschlagenen Massnahmen sind vom Nachweispflichtigen auch mit dem Projektanten oder Betreiber des geologischen Tiefenlagers abzustimmen.

Im Sinne üblicher Managementpraxis ist auch das gesamte System der Alterungsüberwachung daraufhin zu überprüfen, ob es noch die gewünschten Ergebnisse erzielt oder ob möglicherweise Weiterentwicklungen des Systems erforderlich werden, siehe auch Kapitel 7.2.

13 Verweisungen

- /A/ ENSI, SUVA, Leitfaden für das Qualitätsmanagement bei der Herstellung und Verwendung von Verpackungen für die Beförderung radioaktiver Stoffe, Ausgabe Juli 2015
- /A03/ ENSI, Periodische Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken, Richtlinie ENSI-A03, Ausgabe Oktober 2014
- /B01/ ENSI, Alterungsüberwachung, Richtlinie ENSI-B01, Ausgabe August 2011
- /G05/ HSK, Transport- und Lagerbehälter für die Zwischenlagerung, Richtlinie HSK-G05, Ausgabe April 2008
- /IA1/ IAEA, Ageing Management for Nuclear Power Plants, Safety Guide No. NS-G-2.12, Vienna 2009
- /IA2/ Guidance for Preparation of a Safety Case for a Dual Purpose Cask containing Spent Fuel, IAEA-TECDOC-DRAFT TM-44985, 2013
- /NRC/ USNRC, Standard Review Plan for Renewal of Specific Licenses and Certificates of Compliance for Dry Storage of Spent Nuclear Fuel, NUREG-1927, Revision 1
- /G07/ ENSI, Organisation von Kernanlagen, Richtlinie ENSI-G07, Ausgabe Juli 2013

ENSI-AN-10412

ENSI, Industriestrasse 19, 5200 Brugg, Schweiz, Telefon +41 56 460 84 00, info@ensi.ch, www.ensi.ch