

LANGZEITERMÜDUNGSÜBERWACHUNG ALS BESTANDTEIL DES ALTERUNGSMANAGEMENTS IM GEMEINSCHAFTSKERNKRAFTWERK GROHNDE (KWG)

**Sven H. Reese, E.ON Kernkraft GmbH, Tresckowstraße 5, 30457 Hannover
E-Mail: sven.reese@eon-energie.com**

**Johannes Seichter, Siempelkamp Prüf- und Gutachter-Gesellschaft mbH,
Am Lagerplatz 6a, 01099 Dresden
E-Mail: johannes.seichter@siempelkamp.com**

1. Einleitung

Im Rahmen des Alterungsmanagements von sicherheitstechnisch wichtigen mechanischen Systemen, Strukturen und Komponenten (engl.: SSC - Systems, Structures and Components) differenziert man abgestuft entsprechend der unterschiedlichen sicherheitstechnischen Bedeutung und somit auch der komponentenspezifischen Anforderung in verschiedene Gruppen [1].

Für SSC der Gruppe M1 muss die Integrität gewährleistet werden, d. h. Komponenten dieser Gruppe dürfen nicht versagen (vgl. Integritätskonzept nach KTA 3201.4). Grundlage ist der Nachweis der anforderungsgerechten Qualität der SSC dieser Gruppe. Um auch im weiteren Betrieb die Einhaltung der Auslegungsanforderungen zu gewährleisten, erfolgt u. a. eine umfassende Überwachung der Ursachen möglicher betrieblicher Schädigungsmechanismen (mechanische und thermische Belastungen, Wasserchemie).

Alle restlichen sicherheitstechnisch wichtigen mechanischen Komponenten werden der Gruppe M2 zugeordnet, wobei ein Versagen im Einzelfall zulässig ist. Allerdings muss ein sog. Common-Mode-Fehler ausgeschlossen werden, bei dem baugleiche redundante sicherheitstechnisch wichtige Komponenten unter vergleichbaren Bedingungen den gleichen Fehler aufweisen, der letztendlich zur Nichterfüllung von gestellten Anforderungen führen kann.

Da Komponenten der Gruppe M1 nicht versagen dürfen und die Qualität über die gesamte Betriebszeit zu gewährleisten ist, werden die thermischen Belastungen als Ursache möglicher Schädigungsmechanismen detailliert analysiert und bewertet.

2. Konzept der Langzeitermüdungsüberwachung im KWG

Für die SSC der Gruppe M1, die in die Langzeitermüdungsüberwachung (LZÜ) einbezogen sind, wird im KWG ein jährlich fortzuschreibender Statusbericht „Ermüdung“ erstellt, in dem insbesondere für ermüdungsrelevante Systeme der jeweils vorhandene „Ist-Erschöpfungsgrad“ ausgewiesen und darauf aufbauend ein „End-of-Life (EOL) Erschöpfungsgrad“ prognostiziert wird.

Diese jährlichen Statusberichte basieren auf der sog. „Basisunterlage Langzeitüberwachung“. Die Abbildung 1 zeigt deren wesentliche Bestandteile (gelb unterlegt) sowie die wichtigsten zu Grunde liegenden externen Unterlagen und Informationen (weiß unterlegt).

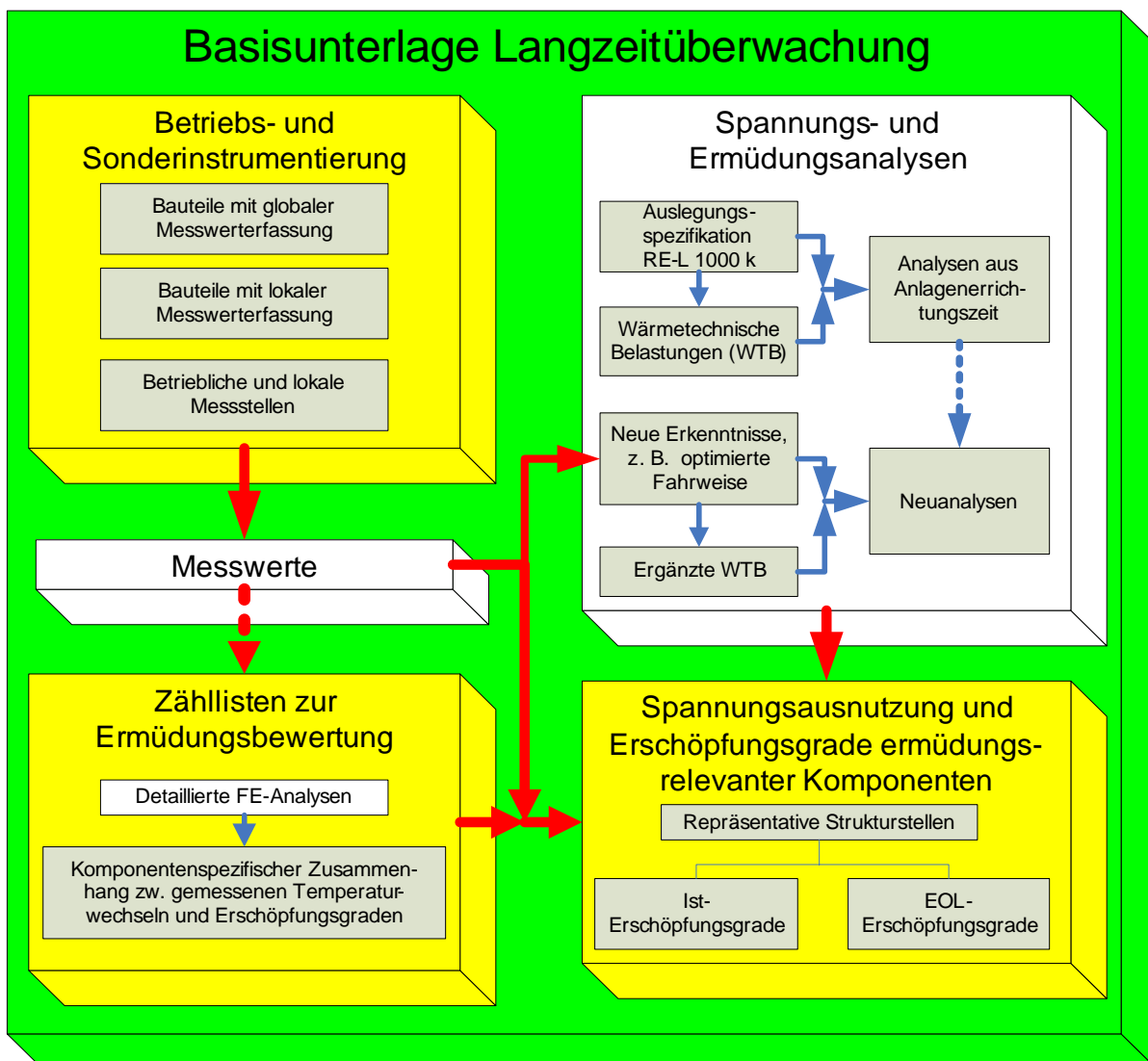


Abbildung 1: Bestandteile der Langzeitermüdungsüberwachung im KWG

Für die meisten ermüdungsrelevanten Kraftwerkskomponenten werden die wesentlichen Beanspruchungen durch Temperaturänderungen hervorgerufen. Daher erfolgt für diese Komponenten die jährliche Bestimmung des Ist-Erschöpfungsgrades auf der Basis der gemessenen Temperaturbelastungen. Bei anderen Bauteilen (z. B. den RDB-Deckelschrauben) hängt der Ist-Erschöpfungsgrad im Wesentlichen von der Anzahl der absolvierten An- und Abfahrvorgänge ab. Der Ist-Erschöpfungsgrad wird für diese Komponenten daher mit den Angaben aus der Ereigniszählliste der KWG-Jahresberichte berechnet.

3. Bewertung gemessener Temperaturbelastungen

Die KWG-spezifische Basisunterlage enthält für die ermüdungsrelevanten Systeme und Komponenten Zähllisten zur Ermüdungsbewertung anhand der registrierten Temperaturzyklen. Diese Zähllisten sind das Ergebnis detaillierter Finite-Element-Analysen mit realistischen Belastungsverläufen. Alternativ möglich wäre auch die Anwendung pauschaler Bewertungsverfahren. Dieses Verfahren kann allerdings in teilweise unrealistischen Belastungsverläufen resultieren, die wiederum zu einer Anhäufung von Konservativitäten führen können.

Um die genannten realistischen Belastungsverläufe für die repräsentativen Strukturstellen der ermüdungsrelevanten Komponenten zu erhalten, muss aus gemessenen Temperaturverläufen auf die Vorgänge im Inneren der Leitung geschlussfolgert werden. Die Messungen finden i. A. an der Außenwand relativ dünnwandiger Rohrleitungen in der Nähe der Komponente statt. Während die Außenwand-Messfühler die Temperaturänderungen im fließenden Medium bei relativ langsamen Vorgängen genau erfassen, werden die Messergebnisse bei schnellen Vorgängen durch die Trägheitswirkung sowohl der Rohrwand als auch der Messinstallation beeinflusst. Zur Bestimmung der im Inneren der Leitung anzusetzenden thermohydraulischen Randbedingungen (Mediumstemperaturen und Wärmeübergangskoeffizienten) kommen daher FE-Scheiben-Berechnungsmodelle zum Einsatz, die beide Trägheitswirkungen berücksichtigen. Ein Beispiel ist in Abbildung 2 gezeigt.

Mit den ermittelten thermohydraulischen Randbedingungen erfolgen Temperatur-, Spannungs- und Ermüdungsberechnungen am Finite-Element-Modell der Komponente. Dazu werden meist sogenannte Temperaturklassen gebildet, denen die gemessenen Ereignisse in der Zählliste später zugeordnet werden. Diese Einordnung

in Temperaturklassen erzeugt trotz der realistischen Belastungsverläufe immer Konservativitäten bei der Ermittlung der Erschöpfungsgrade.

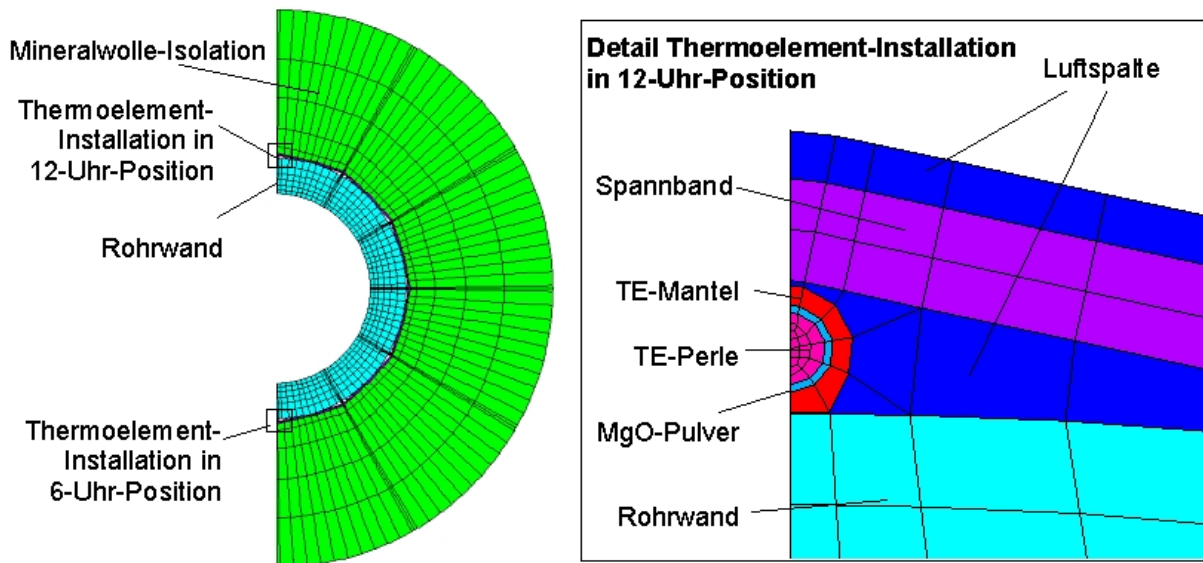


Abbildung 2: Finite-Element-Scheibenmodell

Für die ermüdungsrelevanten Komponenten erfolgt im KWG jährlich eine detaillierte Auswertung und Dokumentation der gemessenen Belastungen (Temperaturverläufe). Erfasst werden Häufigkeiten und Beträge von Temperaturänderungen, Temperaturänderungsgeschwindigkeiten und Temperaturschichtungen. Die daraus mit Hilfe der Zähllisten ermittelten Erschöpfungsgrade werden in dem genannten jährlichen Statusbericht dokumentiert. Gleichzeitig bietet diese detaillierte Belastungsauswertung die Möglichkeit, neue Belastungen z. B. durch von der bisherigen Betriebspraxis abweichende Fahrweisen oder auftretende innenliegende Leckagen an Armaturen zu erkennen. In solchen Fällen erfolgt eine Überprüfung, ob die neuen Belastungen

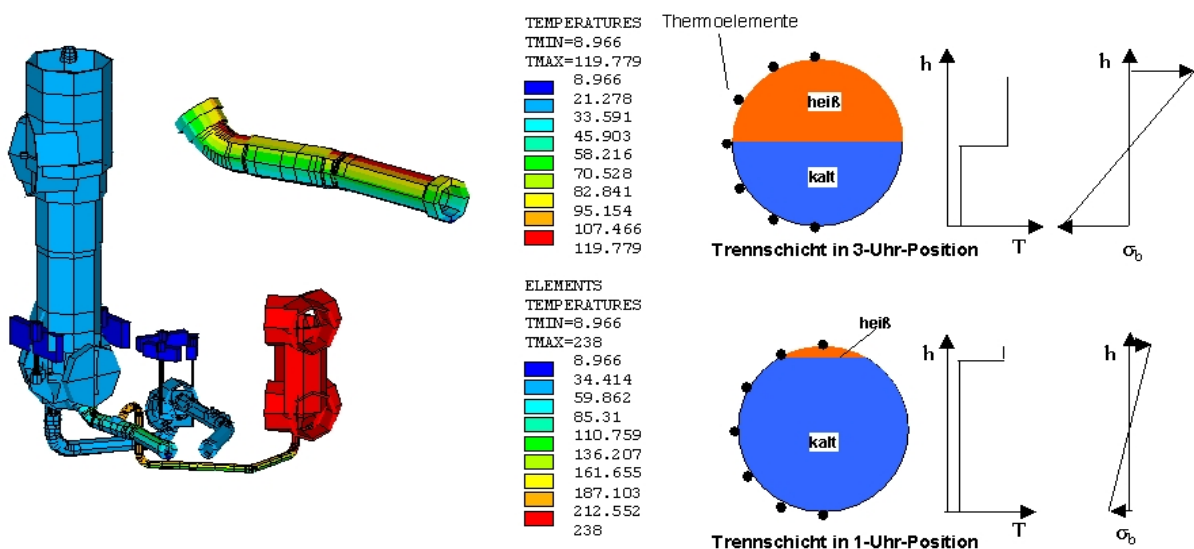


Abbildung 3: Temperaturschichtungen in der HKL und Lage der Trennschicht

durch die bisher in den Spannungs- und Ermüdungsanalysen angesetzten Lasten abgedeckt sind. Ggf. werden gesonderte Bewertungen solcher Einzelereignisse durchgeführt.

Die Abbildung 3 zeigt als Beispiel eine Temperaturschichtung in der Hauptkühlmittelleitung. Abhängig von der Lage der Trennschicht ergeben sich für dieselbe gemessene Temperaturdifferenz zwischen 0-Uhr- und 6-Uhr-Position unterschiedliche Biegebeanspruchungen, so dass erst mit einer solchen Detailbewertung die tatsächliche Ermüdungsrelevanz von gemessenen Schichtungen bewertet werden kann.

4. Schlussfolgerung

Das beschriebene Verfahren stellt eine abdeckende Ermittlung der Erschöpfungsgrade auf der Grundlage der registrierten Ereignisse und realen Temperaturverläufe sicher. Durch detaillierte Messungen und Analysen lassen sich somit überkonservative Ermüdungsbewertungen ausschließen und zusätzliche Erkenntnisse auf betriebliche Vorgänge gewinnen.

5. Referenzen

- [1] KTA 2301, Regelentwurfsvorschlag, Fassung vom 04.03.2008
Alterungsmanagement in Kernkraftwerken