

Aktenzeichen:
KBW-GKNII-ME-20200713

Verfasser:
[REDACTED]

Datum:
13.07.2020

Projekt:
Kernkraftwerk Neckarwestheim, Block II (GKN II)

Prüfbericht

Meldepflichtiges Ereignis 03/2017 „Anzeigen bei der Wirbelstromprüfung von Dampferzeugerheizrohren“

Meldepflichtiges Ereignis 04/2018 „Lineare Anzeigen bei Wirbelstromprüfung von Dampferzeugerheizrohren“

Hier: Stellungnahme zum Wiederanfahren nach der Revision 2020

Zusammenfassung (4 Seiten)

In der Revision 2020 wurden im Kernkraftwerk Neckarwestheim, Block II die Heizrohre in den vier Dampferzeugern (DE) JEA10/20/30/40 BC001 mittels zerstörungsfreier Werkstoffprüfungen wiederkehrend geprüft.

Die Durchführung der Prüfung geht zurück auf die Auswertung von Anzeigen, die bei den wiederkehrenden Prüfungen in den Jahren 2017 bis 2019 festgestellt wurden und die zu den beiden meldepflichtigen Ereignissen 03/2017 und 04/2018 führten. Im Rahmen der Bewertung dieser beiden meldepflichtigen Ereignisse kam es zur Festlegung, auch in der Revision 2020 alle unverschlossen Heizrohre der vier DE zu prüfen.

Wir bestätigen, dass die von der Betreiberin in der Revision 2019 aufgestellte Prüfstrategie auch für die in der Revision 2020 durchgeführten Prüfungen sachgerecht und konsequent ist, eine umfängliche und zielführende Prüfung der DE-Heizrohre entsprechend dem aktuellen Kenntnisstand von W&T durchzuführen, den Zustand der DE-

Es wird versichert, dass diese Stellungnahme unparteiisch und nach bestem Wissen und Gewissen frei von Ergebnisweisungen erstellt wurde.

Sachverständiger [REDACTED]	Gruppe ETK3 [REDACTED]	Verteiler ext.: TÜV SÜD ET (FIL) EnBW GKN II	Seiten: 68 Anlagen: -
Abteilung ETK [REDACTED]	Projektleitung [REDACTED]	Verteiler int.: [REDACTED]	

[REDACTED]

Heizrohre insbesondere im Bereich an und oberhalb der oberen Einwalzung des DE-Heizrohres zu ermitteln und die erforderlichen Maßnahmen zum Erhalt der Integrität der DE-Heizrohre abzuleiten.

Wir bewerten die im GKN II in der Revision 2020 eingesetzten Prüfverfahren und die eingesetzten Prüftechniken sowie die Auswertemethoden zur Anzeigencharakterisierung als weiterhin geeignet und bewährt, die DE-Heizrohre zu prüfen, sicherheitstechnisch relevante Anzeigen und Fehler festzustellen, diese zu analysieren und deren Ausprägung zu charakterisieren.

Für die eingesetzte Wirbelstromprüftechnik hatte die Betreiberin im Rahmen der letzten Revisionen unter Berücksichtigung der für wiederkehrende zerstörungsfreie Prüfungen von Komponenten des Primärkreises maßgebenden KTA 3201.4 die Nachweisgrenzen für Anzeigen und die Zulässigkeitsgrenzen für Fehler definiert. Für lineare Anzeigen wurde die Zulässigkeitsgrenze sachlich richtig auf die Nachweisgrenze herabgesetzt, für volumetrische Anzeigen wurde eine Zulässigkeitsgrenze für die Wanddickenschwächungen auf 30 % festgelegt.

Für den Fall, dass Anzeigen oberhalb der Zulässigkeitsgrenze festgestellt werden, hatte die Betreiberin festgelegt, die betroffenen DE-Heizrohre bei volumetrischen Anzeigen mit Walzstopfen sowie bei linearen Anzeigen mit Walz- und Füllstopfen zu verschließen. Da sich hierzu im maßgebenden Regelwerk keine Änderungen ergaben und sich nach unserem Kenntnisstand anderweitig auch kein Erfordernis ergab, diese Festlegungen zu ändern, bestätigen wir die Anwendung dieser bereits in der Revision 2019 getroffenen Festlegungen auch für die Prüfungen in der Revision 2020.

Die Prüfungen an den DE-Heizrohren ergaben gemäß den Angaben der Betreiberin folgende Ergebnisse:

Anzeigen		DE 10		DE 20		DE 30		DE 40	
		HL	CL	HL	CL	HL	CL	HL	CL
VI	bekannt	2	24	16	2	0	10	8	5
	neu	1	7	2	1	2	1	4	1
	Summe	3	31	18	3	2	11	12	6
	Rohre	3	29	17	3	2	9	12	6
CI	neu	0	0	6	0	0	0	1	0
	Rohre	0	0	6	0	0	0	1	0

VI = volumetric indication (SVI oder MVI); CI = circumferential indication (SCI oder MCI)

Wir bestätigen die Darstellungen der Betreiberin zur Befundsituation auf Basis der begleitenden Kontrollen durch den Sachverständigen im Aufsichtsverfahren (TÜV SÜD ET).

Die Art des Verschließens der DE-Heizrohre, in denen unzulässige Anzeigen erkannt wurden, mittels Walz- oder mittels Walz- und Füllstopfen, wurde richtig entsprechend den festgelegten Zulässigkeitsgrenzen für volumetrische und lineare Anzeigen festgelegt. Die Betreiberin hat zusätzlich vier weitere DE-Heizrohre im DE 20, die keine Anzeigen aufwiesen, vorsorglich mittels Walzstopfen verschlossen. Dies bewerten hinsichtlich der Schadensvorsorge als sicherheitsgerichtet, da die betreffenden Heizrohrpositionen inmitten des am stärksten geschädigten Bereiches angeordnet sind und die Wahrscheinlichkeit dafür, dass hier in den kommenden Betriebszyklen ebenfalls Schädigungen entstehen, als am größten einzuschätzen war.

Auf der Basis der vom Sachverständigen im Aufsichtsverfahren (TÜV SÜD ET) durchgeführten und dokumentierten begleitenden Kontrollen bestätigen wir, dass alle DE-Heizrohre, für die das Verschließen mittels entsprechender Stopfen vorgesehen war, verschlossen wurden.

Auf der Grundlage der Auswertung der detektierten Anzeigen bezüglich

- der Ausprägung der Anzeigen,
 - der Lage (Position im Heizrohr) der Anzeigen sowie
 - der Position der geschädigten Heizrohre im DE
- und bei Berücksichtigung
- der vorhandenen wasserchemischen Randbedingungen,
 - des vorhandenen empfindlichen Werkstoffzustands sowie
 - der vorhandenen Spannungszustände in DE-Heizrohren

bestätigen wir, dass die im Jahr 2018 aufgestellte Schadenshypothese auch für die in der Revision 2020 detektierten Schäden zutreffend ist. Hinweise darauf, dass andere Schadensmechanismen gewirkt und entsprechende Schädigungen an den Bauteilen verursacht haben, ergaben sich nicht.

Bezüglich der wasserchemischen Bedingungen in den DE auf der Sekundärseite bewerten wir die Gesamtheit der durchgeführten und geplanten Maßnahmen als geeignet, korrosionsfördernde Bedingungen in dem für die hier betrachteten Schadensmechanismen relevanten Bereiche weiterhin wirksam zu reduzieren. Wir können jedoch nicht ausschließen, dass es ausgehend von nicht entfernbaren, noch vorhandenen Verunreinigungen oder einem nicht gänzlich auszuschließenden Neueintrag ionaler

Verunreinigungen wieder zu korrosionsbedingten Schäden (einschließlich Rissbildungen) an den DE-Heizrohren kommen kann.

Aus den bislang erzielten Ergebnisse der Prüfungen aus den Revisionen 2018 bis 2020 ergeben sich keine Hinweise darauf, dass es innerhalb eines Betriebszyklus zur Entstehung von wanddurchdringenden Rissen an den DE-Heizrohren im GKN II kommt.

Die von der Betreiberin 2018 eingereichten Festigkeitsnachweise, die die Auswirkungen des o. g. Schädigungsmechanismus berücksichtigen, sind auch für die Bewertung der in 2020 detektierten Schäden weiterhin abdeckend, da keine anderen Schadensmechanismen erkannt wurden und das Ausmaß der Schädigungen bzgl. Tiefe und Ausdehnung im Mittel deutlich geringer ist als 2018.

Mit dem Nachweisvermögen der sekundärseitigen Aktivitätsüberwachung ist sichergestellt, dass eine Leckagerate von 20 g/h detektiert wird, die deutlich kleiner ist, als eine Leckagerate, die sich aus einem Riss ergibt, der beim abdeckenden Lastfall ATWS zu einem spontanen Versagen eines DE-Heizrohres (2F-Bruch) mit einer postulierten integralen Waddickenschwächung von 50 % führen würde. Auch bezüglich des im BHB für die Leckagerate festgelegten Abschaltgrenzwerts von 40 g/h stellen wir fest, dass deutliche Reserven für diesen kritischen Durchrisswinkel vorhanden sind.

Bei der Bewertung der Aussage der Betreiberin, dass ein gesicherter Betrieb der Anlage bis zur Revision 2021 gewährleistet ist, kommen wir zu dem Ergebnis, dass mit den von der Betreiberin erbrachten Nachweisen, durchgeführten Maßnahmen und den bestehenden Festlegungen im Betriebsreglement bezüglich der Überwachung der Wasserchemie und -radiologie im Wasser-Dampf-Kreislauf die Anforderungen an das geschlossene Integritätskonzept gemäß KTA 3201.4 für den Betrieb der DE im GKN II für die nächste Betriebsperiode bis zur Revision 2021 im Hinblick auf die ME 03/2017 und 04/2018 erfüllt werden.

Das Vorhaben der Betreiberin, in der Revision 2021 erneut eine 100 %-Prüfung der DE-Heizrohre durchzuführen, um dadurch den Zustand der DE-Heizrohre nach der Betriebsperiode 2020/2021 und somit auch die Wirksamkeit der Summe aller Maßnahmen zur weiteren Verminderung des Korrosionspotentials in den DE zu ermitteln, bewerten wir als sachgerecht und sicherheitsgerichtet.

Aus unserem Prüfergebnis zu den vorliegenden meldepflichtigen Ereignissen ergeben sich keine Hinweise, die gegen einen Betrieb der Anlage bis zur Revision 2021 sprechen.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung..... 7

2 Sachverhalt 7

 2.1 Allgemeines..... 7

 2.2 Prüfstrategie, Prüfumfang und eingesetzte Prüftechnik in der Revision 2020/8

 2.3 Auswertung und Ergebnisse der Wirbelstromprüfungen 11

 2.3.1 Auswertung..... 11

 2.3.2 Prüfergebnisse..... 12

 2.4 Vergleich der Prüfergebnisse von 2018, 2019 und 2020..... 14

 2.4.1 Anzeigencharakteristik..... 14

 2.4.2 Lage der Anzeigen..... 15

 2.5 Verifikation der Schadenshypothese 20

 2.5.1 Schadenshypothese aus 2018..... 20

 2.5.2 Wasserchemische Randbedingungen 21

 2.5.3 Ermittlung der Sludgehöhen..... 27

 2.5.4 Bestätigung der Schadenshypothese 27

 2.6 Behebung der Schäden, Maßnahmen gegen eine Wiederholung und Integritätsbewertung für den Betriebszyklus 2020/2021 29

 2.6.1 Verstopfen von Heizrohren 29

 2.6.2 Spül- und Konservierungsmaßnahmen in den Dampferzeugern 30

 2.6.3 Vorbeugendes Verstopfen von Kondensatorrohren 31

 2.6.4 Vorgesehene ZfP-Prüfungen in der Revision 2021 33

 2.6.5 Integritätskonzept für den Betriebszyklus 2020/2021..... 33

3 Bewertungsmaßstäbe und Prüfumfang 34

4 Bewertung 39

 4.1 Bewertung der prüftechnischen Aspekte 39

 4.1.1 Bewertung der Prüfstrategie 39

 4.1.2 Bewertung des Prüfumfanges..... 40

 4.1.3 Bewertung der Festlegungen zu den Registrierschwellen, Bewertungsgrenzen und Zulässigkeitsgrenzen 41

 4.1.4 Bewertung der eingesetzten Prüftechnik 41

4.2	Bewertung der durchgeführten Prüfungen und Ergebnisse.....	43
4.3	Bewertung der Schadenshypothese.....	46
4.3.1	Allgemeines	46
4.3.2	Bewertung der wasserchemischen Randbedingungen.....	48
4.3.3	Bewertung der Sludgehöhen	51
4.3.4	Bestätigung der Schadenshypothese	52
4.4	Bewertung der Behebung der Schäden, der Maßnahmen gegen eine Wiederholung und des Integritätskonzeptes für den Betriebszyklus 2020/2021 ...	54
4.4.1	Bewertung der Behebung der Schäden.....	54
4.4.2	Bewertung der Spül- und Konservierungsmaßnahmen in den Dampf- erzeugern	56
4.4.3	Bewertung der durchgeführten Kondensatorreparaturen.....	57
4.4.4	Bewertung der Einstellung der Sauerstoffdosierung in den Heißdampf der Zwischenüberhitzer	57
4.4.5	Bewertung der wasserchemischen Überwachungsmaßnahmen zur zeitnahen Detektion erneuter Kondensat-Verunreinigungen	58
4.4.6	Bewertung der Wirksamkeit der sekundärseitigen Aktivitätsüberwachung im Hinblick auf rissartige Schädigungen.....	58
4.4.7	Bewertung der vorgesehenen ZfP-Prüfungen in der Revision 2021	59
4.5	Zusammenfassende Bewertung der Behebung der Schäden und des Integritätskonzeptes für den Betriebszyklus 2020/2021	59
5	Unterlagen und Regelwerke	61

1 Einleitung

Die EnBW Kernkraftwerk GmbH als Betreiberin des Kernkraftwerks Neckarwestheim, Block II (GKN II) hat die Berichte /U 1/ und /U 2/ vorgelegt. Darin sind eine sicherheitstechnische Bewertung, die Vorgehensweise bei den diesjährigen zerstörungsfreien Prüfungen der Dampferzeuger(DE)-Heizrohre und die dabei erzielten Ergebnisse sowie die Ergebnisse der wasserchemischen Überwachung dargestellt.

Wir haben die Prüfung entsprechend dem mit dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg bestehenden Rahmenvertrag für Sachverständigentätigkeiten nach § 20 AtG /S 1/ durchgeführt.

2 Sachverhalt

2.1 Allgemeines

In der Revision des GKN II im Jahr 2017 wurden an Heizrohren im DE JEA10 BC001 Anzeigen festgestellt. Diese Anzeigen wiesen eine punktförmige, voluminöse Charakteristik auf. Die Befunde wurden seinerzeit mit dem meldepflichtigen Ereignis (ME) 03/2017 /U 3/ gemeldet. Hierzu liegt unsere Erststellungnahme /S 2/ vor.

Nach einer weitergehenden Auswertung der im Jahr 2017 festgestellten Anzeigen hatte die Betreiberin entschieden, in der Revision 2018 zerstörungsfreie Prüfungen an Heizrohren in allen vier DE durchzuführen. Bei dieser Prüfung wurde erneut eine Vielzahl von Anzeigen an DE-Heizrohren festgestellt, wobei Heizrohre in allen vier DE betroffen waren. Die 2018 detektierten Anzeigen wiesen sowohl die aus 2017 bekannte Charakteristik als auch eine bislang in der Anlage GKN II nicht beobachtete lineare, umfangsorientierte Anzeigencharakteristik auf. Diese für GKN II neuartigen Befunde wurden mit dem ME 04/2018 /U 4/ gemeldet. Alle Anzeigen, die mit den bereits in 2017 detektierten Anzeigen vergleichbar sind, wurden dem ME 03/2017 /U 3/ zugeordnet. Zu den Befunden in 2018 liegen unsere Stellungnahmen /S 3/ und /S 4/ vor.

In Auswertung der in 2018 detektierten Befunde wurde für die Revision 2019 festgelegt, erneut eine 100 %-Prüfung an allen nichtverschlossenen DE-Heizrohren im Bereich des Rohrbodens und darüber bis zum 1. Abstandhalter durchzuführen. Im Vorfeld der Revision 2019 wurde festgestellt, dass die in 2017 und 2018 als Suchtechnik eingesetzten Array-Sensoren unter bestimmten Umständen nicht alle linearen Anzeigen zur Anzeige bringen. Es wurde jedoch erkannt, dass in diesen Fällen der bis dato nur als Analysesensor eingesetzte MRPC-Sensor geeignet ist, die betreffenden linearen Anzeigen zu detektieren und zu charakterisieren. Daher wurde für die Revision 2019

eine neue Prüfstrategie entwickelt. Bei der auf dieser Grundlage durchgeführten Prüfung wurden erneut Befunde festgestellt, die den vorgenannten Charakteristiken zugeordnet werden konnten. Hierzu liegt unsere Stellungnahme /S 5/ vor.

In Auswertung der in 2019 detektierten Befunde wurde für die Revision 2020 festgelegt, erneut eine 100 %-Wirbelstromprüfung-Prüfung an allen nichtverschlossenen DE-Heizrohren im Bereich des Rohrbodens und darüber bis zum 1. Abstandhalter durchzuführen.

Die Thematik der eingeschränkten Detektierbarkeit von linearen Anzeigen wurde von der GRS in ihrer Weiterleitungsnachricht (GRS-WLN) 2018/06a /S 6/ sowie von der RSK in ihrer Empfehlung /S 7/ aufgegriffen. Beide Gremien erarbeiteten Empfehlungen, die im Anlagenbetrieb, während der Revision und speziell auch bei der in 2020 durchgeführten zerstörungsfreien Prüfung der DE-HR im GKN II zu berücksichtigen waren.

2.2 Prüfstrategie, Prüfungsumfang und eingesetzte Prüftechnik in der Revision 2020

Die bereits in der Revision 2019 entwickelte und nun auch in der Revision 2020 angewendete Prüfstrategie ist in Abbildung 1 wiedergegeben.

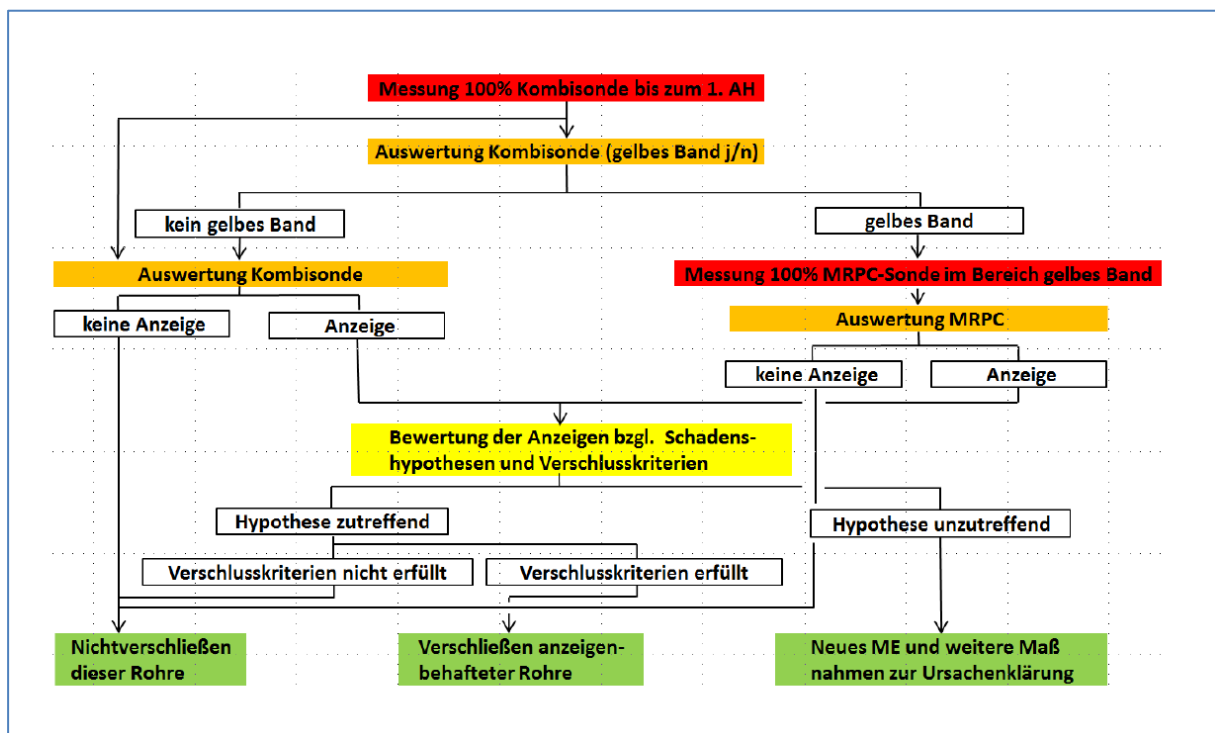


Abbildung 1 Prüf-/Auswerte- und Bewertungsschema für die Wirbelstromprüfungen an DE-Heizrohren in GKN II in der Revision 2020 – aus /U 5/

In ihrem Bericht /U 1/ beschreibt die Betreiberin, dass entsprechend dieser Prüfstrategie während der Revision 2020 in GKN II planmäßig an allen vier DE umfangreiche zerstörungsfreie Prüfungen durchgeführt wurden (siehe Abbildung 2):

- Wirbelstromprüfung aller unverschlossenen Rohre im Bereich zwischen Rohrbodeneintrittskante (primärseitiger Rohrboden) und erstem Abstandshalter (AH) mit dem Kombinationssensor (Bobbin und X-Probe) und
- Wirbelstromprüfung aller unverschlossenen Rohre mit Hinweisen auf Spaltveränderungen (Rohrbodenkorrosion) des sekundärseitigen Rohrbodens im Nahbereich um die Rohrbodenoberkante (obere Einwalzkante [OEK] ± 50 mm) mit dem Rotiersensor (MRPC).

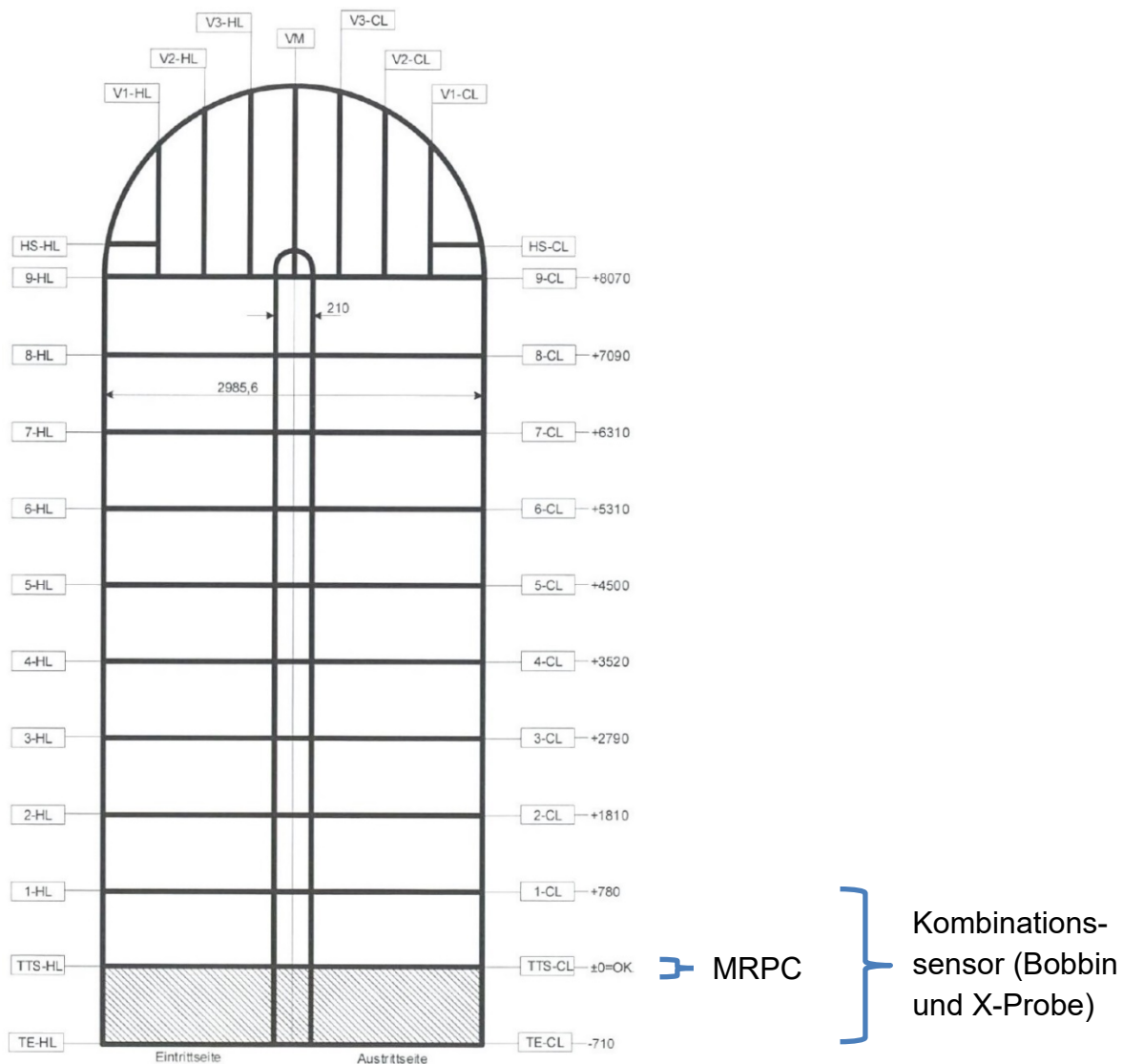


Abbildung 2 Prüfumfang der in der Revision 2020 im GKN II durchgeführten Wirbelstromprüfungen an den DE-Heizrohren, bezogen auf die Rohrlänge – aus /U 16/

Die Prüfumfänge in der Revision 2020 seien in gleicher Weise wie in der Revision 2019 festgelegt worden. Dementsprechend seien alle Rohrpositionen, deren Daten aus der Prüfung mit dem Array-Sensor (X-Probe) Hinweise auf eine Veränderung der Bedingungen im Spalt („Rohrbodenkorrosion“) ergeben hätten, mit dem Rotiersensor (MRPC) geprüft worden. Darüber hinaus seien auch DE-Heizrohre in Randpositionen und Zwischenpositionen ohne Hinweise auf Rohrbodenkorrosion mit dem MRPC-Sensor geprüft worden. /U 1/

Die Abbildung 3 gibt beispielhaft für den DE 20 (HL) den Prüfumfang mit dem MRPC-Sensor wieder. Gemäß der etablierten Prüfstrategie erfolgte für diese Rohre zusätzlich eine Prüfung mittels Kombinationssensor. Alle in dieser Darstellung außerhalb des blau markierten Bereiches nicht eingefärbten Rohrpositionen wurden ausschließlich mittels Kombinationssensor geprüft.

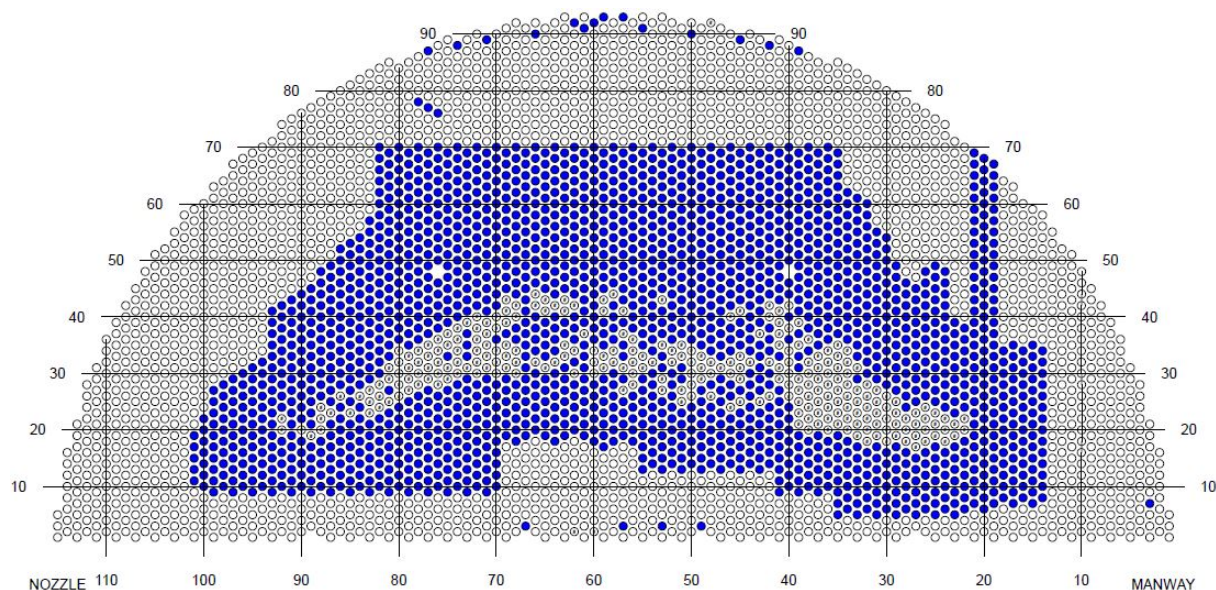


Abbildung 3 DE 20 (HL) – MRPC-Prüfumfang in der Revision 2020 – aus /U 1/

Aus der Anwendung der Prüfstrategie und der Festlegung des Prüfumfanges hätte sich der in der nachfolgenden Tabelle 1 aufgeführte Gesamtprüfumfang für die Wirbelstromprüfung an den DE-Heizrohren im GKN II in der Revision 2020 ergeben. Somit seien an allen vier DE insgesamt 32.226 DE-Heizrohrpositionen mit dem Kombinationssensor und 16.243 DE-Heizrohrpositionen mit dem MRPC-Sensor geprüft worden. /U 1/

Anmerkung TÜV NORD: Die unterschiedliche Zahl geprüfter Heizrohre je DE ergibt sich aus der Anzahl der in den einzelnen DE aufgrund früherer Befunde verschlossenen Heizrohre.

Prüfart	DE 10		DE 20		DE 30		DE 40	
	HL	CL	HL	CL	HL	CL	HL	CL
X-Probe	4.080	4.080	3.853	3.853	4.109	4.109	4.071	4.071
MRPC	2.081	2.356	1.928	1.636	1.911	2.074	2.199	2.058

Tabelle 1 Prüfumfang (Anzahl Rohre) der DE-Heizrohrprüfung GKN II in der Revision 2020 – aus /U 1/

2.3 Auswertung und Ergebnisse der Wirbelstromprüfungen

2.3.1 Auswertung

Durch einen abgestuften Prozess von der Datenerfassung über die Datenauswertung bis zum Resolution (zusätzlicher unabhängiger Prüfer mit der Berechtigung zur Freigabe des Prüfergebnisses) sei sichergestellt, dass die Ergebnisse der Prüfung korrekt erfasst und bewertet würden. Der genaue Ablauf und die darin enthaltenen qualitätssichernden Maßnahmen seien identisch wie in Revision 2019 und entsprächen weiterhin dem Stand der Technik und den Empfehlungen der GRS und RSK. /U 1/

Die für die Wirbelstromprüfungen in der Revision 2019 definierten Bewertungsmaßstäbe, die nunmehr auch für die Prüfungen in der Revision 2020 übernommen wurden, sind in dem Bericht /U 5/ zusammengestellt. /U 1/

Für volumetrische Anzeigen legte die Betreiberin für die drei axialen Prüfbereiche die in der Tabelle 2 genannten Werte für Registrierschwellen, Bewertungs- und Zulässigkeitsgrenzen fest. /U 5/

Axialposition	Rohreintritt (TE) bis zum Spaltbereich	Spaltbereich und Sludgebereich	oberhalb des Sludgebereichs
Nachweisgrenze	10	20	10
Registrierschwelle	20	20	20
Bewertungsgrenze	30	30	30
Zulässigkeitsgrenze	30	30	30

Tabelle 2 Anzeigen und Fehler der Prüfstrategie DE-Heizrohre GKN II in 2019 für volumetrische Anzeigen (Angaben in % Wanddickenschwächung [WDS]) – aus /U 5/

Für lineare Anzeigen legt die Betreiberin in ihrem Bericht /U 5/ fest, dass die Bewertungsgrenze zugleich auch die Zulässigkeitsgrenze ist und diese auf den niedrigsten möglichen Wert, also auf die Nachweisgrenze gesetzt wurde.

Sie führt in dem Arbeitsbericht /U 5/ aus, dass mit der Unterscheidung in drei axiale Prüfbereiche den dort jeweils vorliegenden, unterschiedlich hohen Rauschpegeln Rechnung getragen wird. Die Betreiberin verweist hierzu darauf, dass sie für den im Rahmen der WKP üblicherweise nicht eingesetzten MRPC-Analysesensor die Firma Framatome beauftragt hatte, Untersuchungen an linearen Fehlern zur Charakterisierung der Signale dieses Sensors durchzuführen. Zudem gibt die Betreiberin an, dass in einem Expertenkreis die Messgenauigkeit dieser Prüftechnik diskutiert wurde und die Einschätzung dazu führte, dass der MRPC-Sensor auch im Bereich des „gelben Bandes“ auch unter sehr ungünstigen Randbedingungen eine hohe Nachweisgenauigkeit ab einer Fehlertiefe von 20 % WDS besitzt. /U 5/

Bzgl. der Art des Verschließens legt die Betreiberin in ihrem Arbeitsbericht /U 5/ fest, dass DE-Heizrohre mit Anzeigen oberhalb der Zulässigkeitsgrenze

- bei volumetrische Anzeigen mit Walzstopfen und
- bei linearen Anzeigen mit Walz- und Füllstopfen verschlossen werden.

2.3.2 Prüfergebnisse

2.3.2.1 Gesamtüberblick

Eine zusammenfassende Darstellung der in der Revision 2020 detektierten Anzeigen und deren Verteilung auf die verschiedenen DE ist Tabelle 3 zu entnehmen.

Insgesamt seien gemäß den Angaben im Bericht /U 1/ an 7 Rohrpositionen lineare umfangsorientierte und an 79 Rohrpositionen volumetrische Anzeigen festgestellt worden. In den 79 Rohrpositionen mit volumetrischen Anzeigen seien 19 Positionen enthalten, die 2020 erstmalig Anzeigen aufwiesen.

Hierzu gibt die Betreiberin weiter an, dass sich die linearen umfangsorientierten Anzeigen (Cl) ausschließlich auf der heißen Seite (HL, Eintrittsseite) der DE befinden. Die volumetrischen Anzeigen (VI) befinden sich sowohl auf der kalten Seite (CL, Austrittsseite) als auch auf der heißen Seite.

Anzeigen		DE 10		DE 20		DE 30		DE 40		Σ
		HL	CL	HL	CL	HL	CL	HL	CL	
VI ¹⁾	bekannt	2	24	16	2	0	10	8	5	67
	neu	1	7	2	1	2	1	4	1	19
	Summe	3	31	18	3	2	11	12	6	86
	Rohre	3	29	17	3	2	9	12	6	81 ³⁾
CI ²⁾	neu	0	0	6	0	0	0	1	0	7
	Rohre	0	0	6	0	0	0	1	0	7

1) VI = volumetric indication (SVI oder MVI) – volumetrische Anzeigen

2) CI = circumferential indication (SCI oder MCI) – umfangsorientierte Anzeigen

3) Da an zwei DE-Heizrohren (1 x DE 20, 1 x DE 40) jeweils auf der kalten und heißen Seite volumetrische Anzeigen festgestellt wurden, liegt die Gesamtzahl der tatsächlich betroffenen DE-Heizrohre bei 79.

Tabelle 3 Übersicht zu den Anzeigen in den DE des GKN II, Revision 2020
– aus /U 1/

2.3.2.2 Volumetrische Anzeigen

Die Wanddickenschwächungen (WDS) des Großteils der volumetrischen Anzeigen würde gemäß /U 1/ unterhalb der Registriergrenze von 20 % WDS und im Bereich der Nachweisgrenze (10 % WDS) liegen (vgl. Tabelle 2). Nur an einem Rohr (DE 40, CL, R92/C48) sei eine schon seit langem bekannte volumetrische Anzeige (vermutlich ein herstellungsbedingter kleiner lokaler Eindruck im Bereich des 1. Abstandshalters, kein Korrosionsbefund) in diesem Jahr erstmals mit dem MRPC-Sensor gemessen und mit einer WDS von 31 % ausgewiesen worden. Das betroffene DE-Heizrohr sei daher vorsorglich durch Walzstopfen verschlossen worden. Alle anderen in der Revision 2019 nicht verschlossenen Rohre mit volumetrischen Anzeigen hätten im Rahmen der Messgenauigkeit keine signifikante Veränderung der WDS gezeigt. Mit Ausnahme von 3 Anzeigen (11 %, 11 %, 15 % WDS) hätten alle in der Revision 2020 neu festgestellten Anzeigen eine WDS von < 10% aufgewiesen.

Die Lage der Anzeigen, sowohl in Bezug auf die Position im Rohrplan als auch den Abstand zur OEK, würden sich in die Verteilung der volumetrischen Anzeigen aus der Revision 2019 einordnen.

Damit ergäbe sich nur die eine o. g. Rohrposition, für die das Verschlusskriterium von > 30% WDS zutrifft.

2.3.2.3 Lineare Anzeigen

Die sieben in der Revision 2020 detektierten linearen Anzeigen verteilen sich auf die DE 20 (6 lineare Anzeigen) und DE 40 (1 lineare Anzeige). Die maximale lokale Tiefe (lokale WDS) aller linearen Anzeigen würde 62 % und in einem DE-Heizrohr im DE 20 vorliegen. Der Vergleich mit den Anzeigen aus Revision 2018 und 2019 zeige vor allem, dass es sich bei den in der Revision 2020 neu aufgefundenen Anzeigen um sehr kurze Anzeigen handeln würde (siehe Abbildung 4).

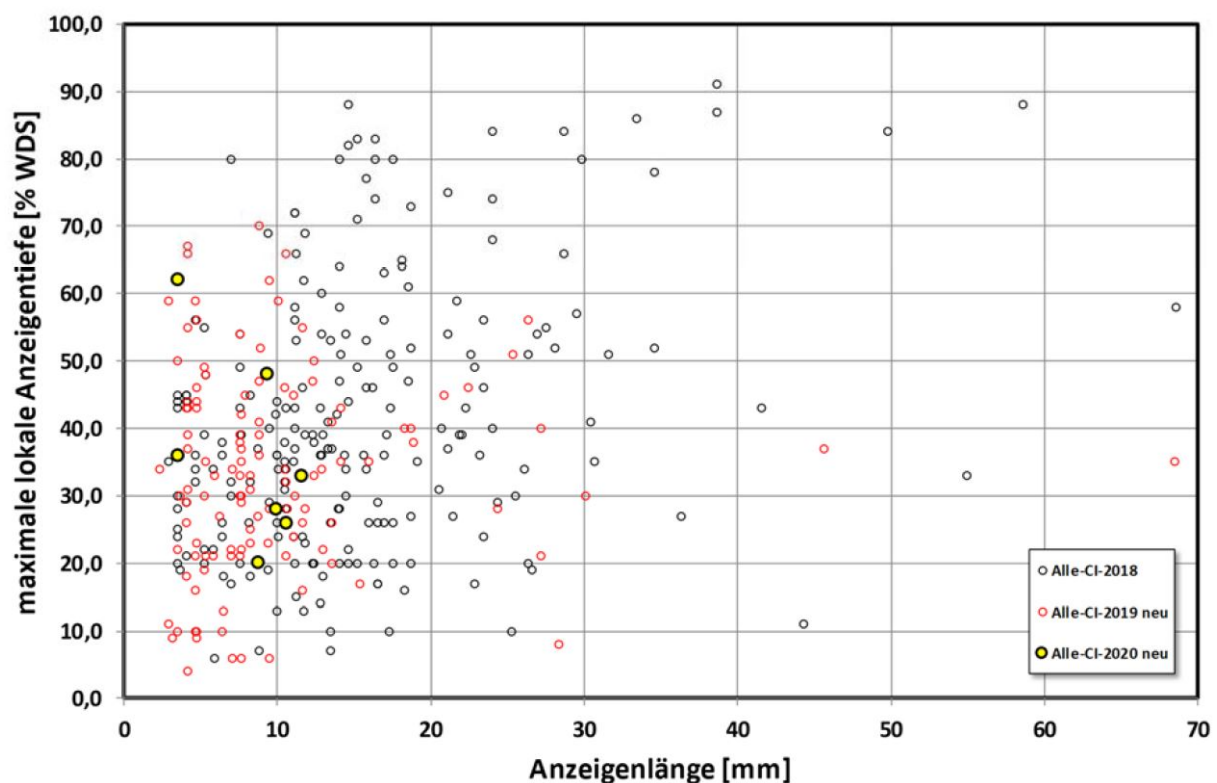


Abbildung 4 Verteilung der linearen Anzeigen in Bezug auf Länge und Tiefe, Revision 2020 im Vergleich zu den Ergebnissen aus den Revisionen 2018/2019 (Messung mittels MRPC-Sensor) – aus /U 1/

2.4 Vergleich der Prüfergebnisse von 2018, 2019 und 2020

2.4.1 Anzeigencharakteristik

Die Betreiberin führt in ihrem Arbeitsbericht /U 1/ aus, dass sich die Charakteristik der in der Revision 2020 festgestellten Anzeigen nicht von der in der Revision 2018 und 2019 festgestellten Charakteristik unterscheidet.

Mit Bezug auf die Ergebnisse aus den Revisionen 2018 und 2019 stellt die Betreiberin dazu fest, dass lokale volumetrische Anzeigen und lineare umfangsorientierte Anzeigen festgestellt wurden, deren Anzeigencharakteristik in der bildlichen Darstellung der Ergebnisse der Messung mit dem Array-Sensor und mit dem MRPC-Sensor direkt vergleichbar mit den Anzeigen in 2018 und 2019 seien.

2.4.2 Lage der Anzeigen

Die Betreiberin stellt in ihrem Arbeitsbericht /U 1/ die Lage der in der Revision 2020 in den DE festgestellten Anzeigen dar, die hier beispielhaft für die DE 20 (HL) und DE 40 (HL) in den Abbildungen 5 und 7 mit Bezug zu den in der Revision 2019 ermittelten Sludge-/Belagshöhen wiedergegeben sind. Die Änderung der Sludge-/Belagshöhen gegenüber der Revision 2019 sind beispielhaft für die DE 20 (HL) und DE 40 (HL) in den Abbildungen 6 und 8 angegeben.

Die Betreiberin führt an, dass sich die Lage der in der Revision 2020 festgestellten Anzeigen in die Systematik der Anzeigen aus 2018 und 2019 einordnen würden. /U 1/

Die im DE 20 (HL) etwas weiter außen liegende lineare Anzeige (CI) würde sich, wie auch die meisten bislang detektierten Anzeigen im DE 40 (HL) (siehe Abbildung 7), im Randbereich der Ablagerungszone und der Bereiche mit Hinweisen auf Rohrbodenkorrosion befinden. Dementsprechend würde diese Anzeige auch in dem, entsprechend der in 2019 festgelegten Prüfstrategie (vgl. Abbildung 1), definierten Prüfumfang für die zusätzliche Prüfung mit dem MRPC-Sensor liegen. /U 1/

Die im Abschnitt 2.3.2.2 dieser Stellungnahme erwähnte volumetrische Anzeige (DE 40 (CL) R92/C48) sei aus Sicht der Betreiberin in diesem Zusammenhang nicht zu betrachten, da diese nicht dem hier zu betrachtenden Korrosionsmechanismus zuzuordnen sei. /U 1/

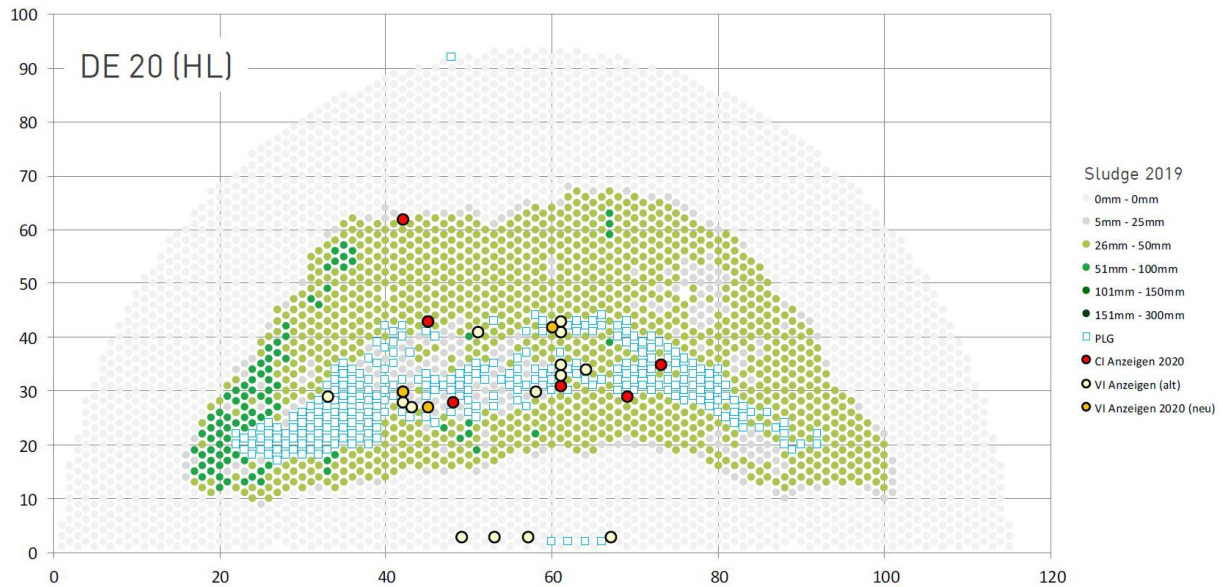


Abbildung 5 DE 20 (HL) - Lage der in der Revision 2020 detektierten Anzeigen im Hinblick auf die aus den Wirbelstromprüfdaten entnommenen Ablagerungs-/Belagshöhen aus 2019 – aus /U 1/

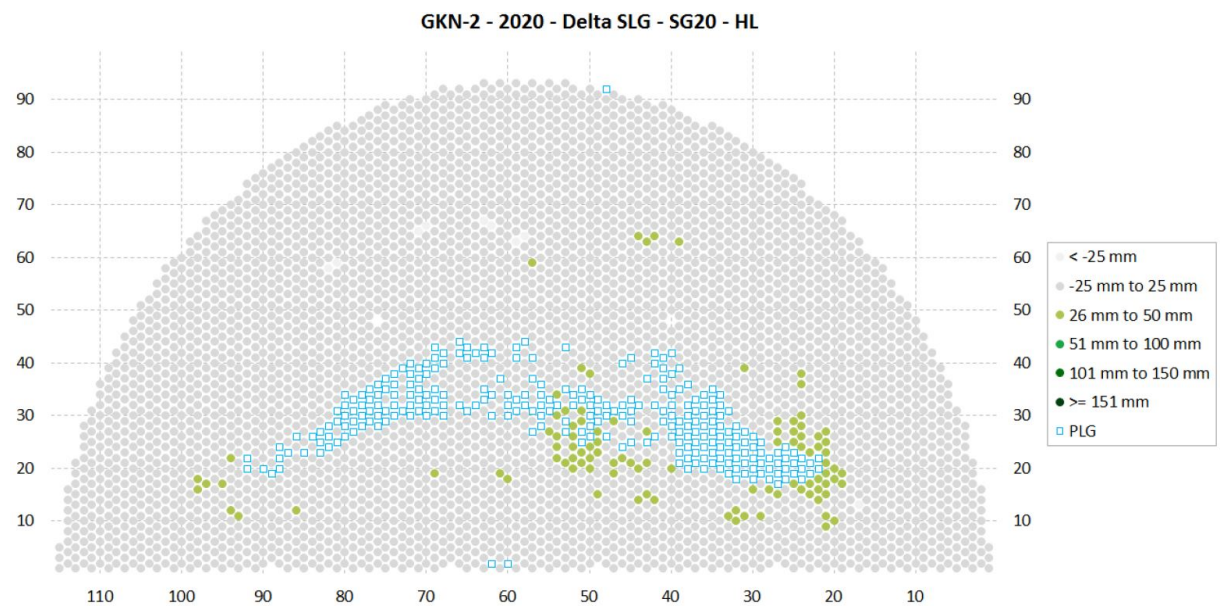


Abbildung 6 DE 20 (HL) – Veränderung der Sludge-/Belagshöhen im Zeitraum zwischen 2019 und 2020 – aus /U 6/

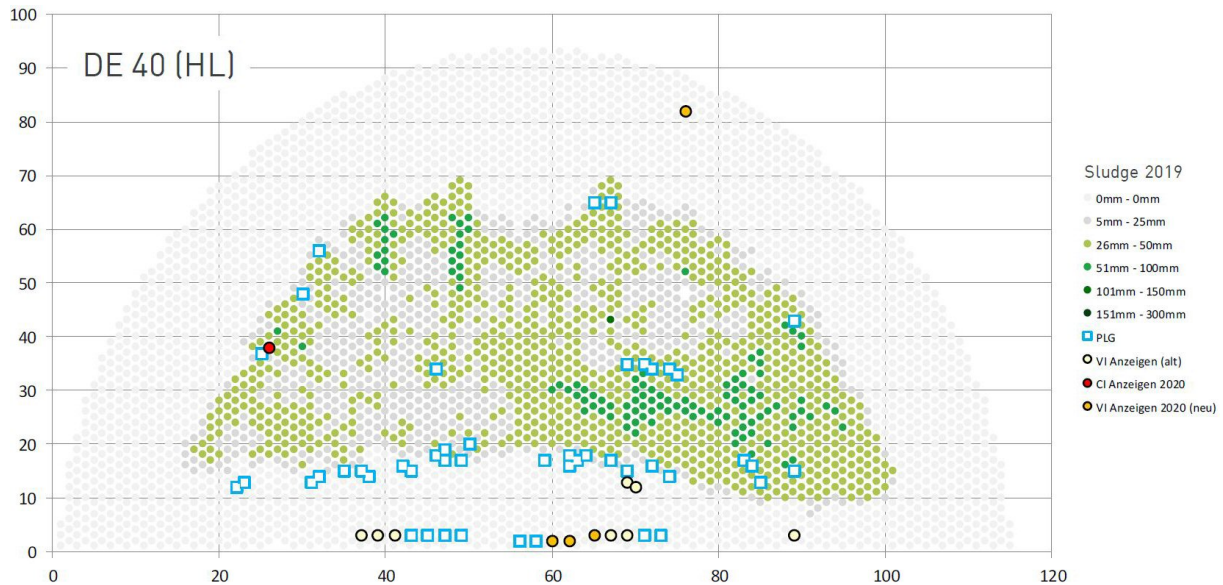


Abbildung 7 DE 40 (HL) - Lage der in der Revision 2020 detektierten Anzeigen im Hinblick auf die aus den Wirbelstromprüfdaten entnommenen Ablagerungs-/Belagshöhen aus 2019 – aus /U 1/

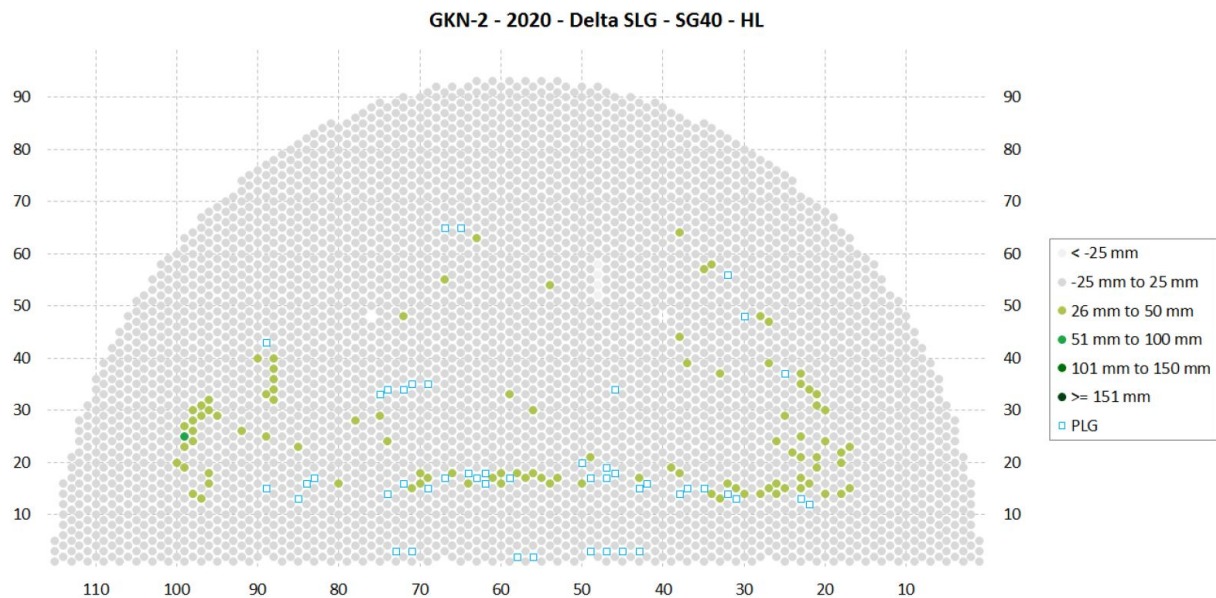


Abbildung 8 DE 40 (HL) – Veränderung der Sludge-/Belagshöhen im Zeitraum zwischen 2019 und 2020 – aus /U 6/

In ihrem Arbeitsbericht /U 1/ verweist die Betreiberin hinsichtlich der Spalttiefenauswertung auf den Bericht /U 6/. Darin sind für alle DE die im Jahr 2020 ermittelten Ergebnisse zu den absoluten Spalttiefen sowie deren Veränderung gegenüber den Vorjahren enthalten.

Aus den Anzeigendarstellungen in /U 1/ und den Spalttiefenauswertungen in /U 6/ ergibt sich, dass ein Teil der linearen Anzeigen in den Heizrohren des DE 20 im Bereich mit deutlichen Spaltveränderungen liegen (siehe Abbildung 9 – bitte beachten: Darstellung gegenüber Abbildung 5 spiegelverkehrt). Die übrigen Anzeigen im DE 20 sowie die Anzeige im DE 40 (siehe Abbildung 10 – bitte beachten: Darstellung gegenüber Abbildung 7 spiegelverkehrt) liegen ebenfalls in Bereichen mit Spaltveränderungen. Diese sind jedoch nicht so ausgeprägt wie beim DE 20 (HL) und lassen sich in der Farbcodierung der Bilder mit Spaltvertiefung nicht genauer differenzieren.

Die Ergebnisse der Prüfung, ob und wie sich die Spaltvertiefungen gegenüber 2019 verändert haben, würden zeigen, dass sich die Bereiche mit Spaltvertiefungen bei allen vier DE im Zeitraum von 2019 bis 2020 nicht verändert haben. Bei keinem der vier DE seien auf der heißen Seite signifikante Veränderung der Spalttiefen festgestellt worden (beispielhafte Darstellung für DE 20 (HL) siehe Abbildung 11). Dies gelte auch für die kalte Seite des DE 20. /U 1/

Lediglich auf der kalten Seite der DE 10, 30 und 40 würden geringfügige Veränderungen der Spalttiefen ausgewiesen werden. Insgesamt würde diese Datenanalyse zeigen, dass der Prozess der Rohrbodenkorrosion im Rahmen der Nachweismöglichkeiten des Auswerteverfahrens zum Erliegen gekommen sei.

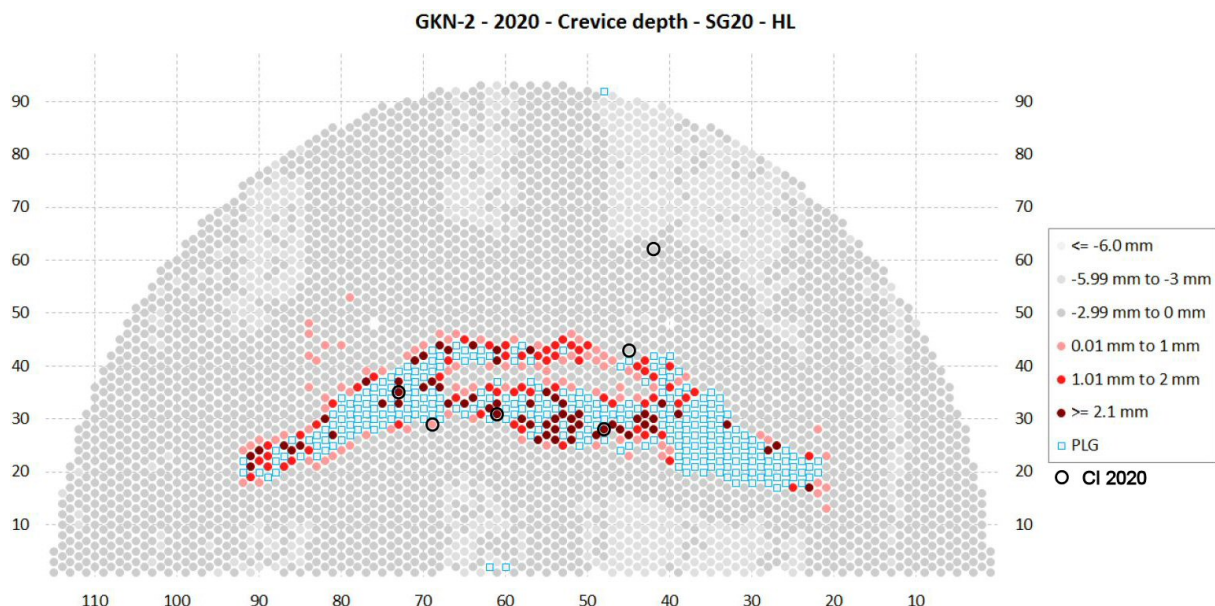


Abbildung 9 DE 20 - Lage der in der Revision 2020 heißseitig (HL) detektierten linearen Anzeigen im Hinblick auf die aus den Wirbelstromprüfdaten abgeleiteten Spalttiefen – aus /U 6/

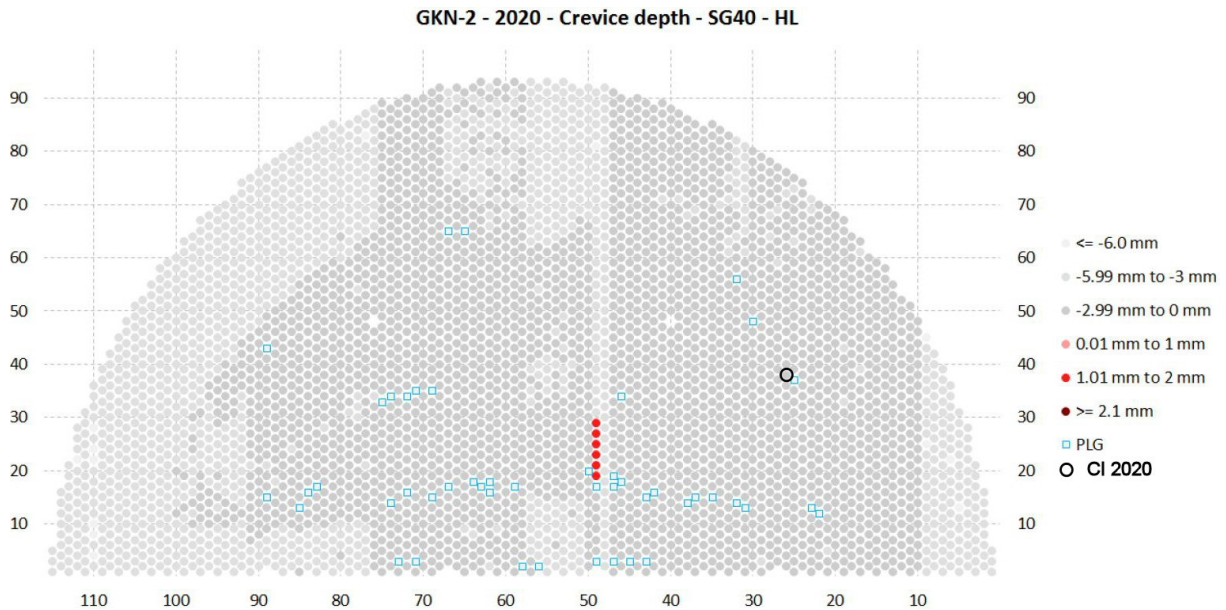


Abbildung 10 DE 40 – Lage der in der Revision 2020 heißseitig (HL) detektierten linearen Anzeige im Hinblick auf die aus den Wirbelstromprüfdaten abgeleiteten Spalttiefen – aus /U 6/

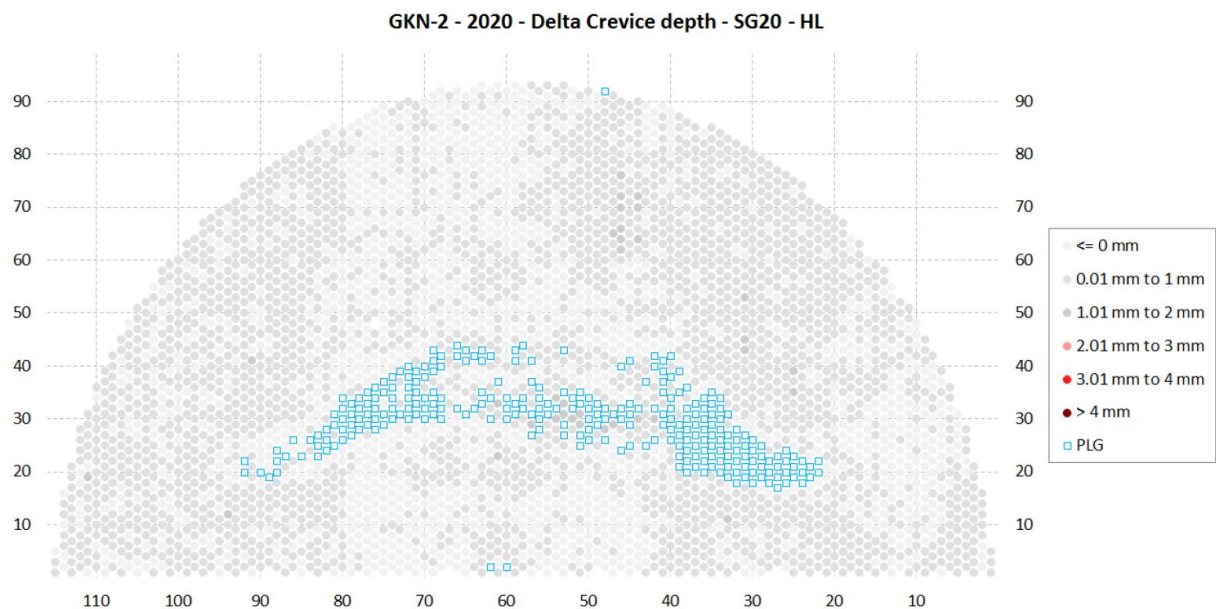


Abbildung 11 DE 20 (HL) – Veränderung der Spalttiefen im Zeitraum zwischen 2019 und 2020 – aus /U 6/

2.5 Verifikation der Schadenshypothese

2.5.1 Schadenshypothese aus 2018

In ihrem Bericht /U 1/ gibt die Betreiberin an, dass im Sachstandsbericht /U 7/ zum ME 04/2018 /U 4/ sowie im Arbeitsbericht /U 8/ folgende Schadensursache dargestellt worden sei:

Volumenförmige Anzeigen:

Durch lokal korrosive Umgebungsbedingungen hinsichtlich pH-Wert (sauer) und anderen korrosionsauslösenden Spezies trat an den Heizrohroberflächen lokale Lochkorrosion und/oder Intergranular Attack (IGA) auf. Für diese Korrosionsmechanismen sind keine mechanischen Zugspannungen erforderlich. Die Bilder der visuellen Inspektionen zeigten noch deutliche Verkrustungen und Beläge an den Heizrohren auch noch in deutlichem Abstand vom Rohrboden. Die in größeren Abständen von der Oberkante Rohrboden festgestellten Anzeigen konnten durch lokale Aufkonzentration in diesen Verkrustungen und Belägen entstehen.

Lineare Anzeigen:

Die in der Revision 2018 festgestellten umfangsorientierten Anzeigen sind auf interkristalline Spannungsrisskorrosion unter stark sauren Bedingungen hervorgerufen durch den Eintrag von Sulfat und durch Freilegung von Bereichen mit axialen Zugspannungen an der Rohraußenoberfläche des oberen Einwalzbereiches durch Korrosion des Rohrbodens im Spalt zurückzuführen.

Folgende primäre Schadensursachen wurden identifiziert:

- a) Ein großer Eintrag von Eisenoxid in die Dampferzeuger und dessen Ablagerung in den Strömungstotzonen. Ursächlich für den Eisenoxideintrag war die seit der Revision 2010 in Betrieb genommene Sauerstoffdosierung in den Heizdampf der Zwischenüberhitzer (ZÜ).*
- b) Durch zunehmende Kondensatorleckagen seit dem Jahr 2013 wurden ionale Verunreinigungen, insbesondere vergleichsweise große Mengen an Sulfat, in den Sekundärkreislauf eingetragen. Diese konnten sich in den Spalten der am Rohrboden befindlichen Ablagerungen und den an den Rohren befindlichen Anhaftungen aufkonzentrieren, wodurch sich lokal stark saure Korrosionsbedingungen ausbilden konnten.*

Somit wurde zusammenfassend geschlussfolgert, dass die in der Revision 2018 festgestellten volumetrischen Anzeigen auf Lochkorrosion und/oder intergranular Attack

(IGA) und die linearen Anzeigen im Bereich der OEK auf interkristalline Spannungsrisskorrosion unter stark sauren Bedingungen im Spalt aufgrund der o. g. Ursachen zurückzuführen sind.

Bei einigen wenigen Rohren seien seinerzeit auch Anzeigen wenige Millimeter oberhalb der OEK im Bereich der sekundärseitigen Rohrbodenoberkante festgestellt worden. Diese axiale Anzeigenlage würde bevorzugt an Rohren auftreten, die Hinweise auf Denting (Einbeulen) zeigen. Wie anhand einer Finite-Elemente Analyse gezeigt und in /U 7/ dargelegt, würden bereits bei leichtem Denting hohe axiale Zugspannungen in diesen Bereichen (bis ca. 8 mm oberhalb der Denting-Zone) auftreten.

Die Betreiberin stellte in /U 7/ dar, dass für die Entstehung und das Wachstum von Fehlern durch interkristalline Spannungsrisskorrosion, die die im GKN II vorgefundenen linearen Anzeigen hervorrufen, drei Voraussetzungen erforderlich sind:

- Vorliegen eines für Spannungsrisskorrosion empfindlichen Werkstoffes oder Werkstoffzustandes,
- Vorliegen eines korrosiv wirkenden Mediums und
- Vorliegen von Zugspannungen.

2.5.2 Wasserchemische Randbedingungen

2.5.2.1 Betriebszyklus 2019-2020

Da hinsichtlich der in der Revision 2018 detektierten Befunde an den DE-Heizrohren als wesentliche Einflüsse die Einträge von Eisen (Eisenoxid) und Sulfaten identifiziert wurden, wurde im vorgelegten Bericht /U 2/ zunächst die Entwicklung dieser Parameter für den Betriebszyklus 2019-2020 betrachtet.

Gemäß dem Bericht /U 2/ würde sich im Rückblick auf die vergangenen Jahre zeigen, dass die mittlere Eisenkonzentration im Speisewasser in der Zeit vor Beginn der Sauerstoffdosierung in die Zwischenüberhitzer langjährig ca. 0,0005 bis 0,0006 mg/kg betrug. Der Austrag über die DE-Abschlammung sei gegenüber dem Eintrag über das Speisewasser vernachlässigbar. Bei 0,0005-0,0006 mg/kg Eisen im Speisewasser würde der hieraus berechnete jährliche Eintrag in die Dampferzeuger 43-52 kg Eisenoxid betragen. Auswertungen der früheren Rohrbodenspülungen (vgl. Sachstandsbericht /U 7/) würden zeigen, dass bei ungestörtem Betrieb in der Summe 6 kg/a Eisenoxid-Sludge auf den Rohrböden deponiert wurden. Das übrige Eisenoxid würde demnach auf den Rohroberflächen der DE deponiert werden /U 9/. Nach der Außerbetriebnahme der Sauerstoffdosierung nach der Revision 2018 würden die gemessenen Eisenwerte im Speisewasser seit dem Ende des letzten Zyklus wieder im Bereich wie vor der Sauerstoffdosierung liegen. Für den letzten Zyklus sei ein Eisen-Eintrag von

insgesamt ca. 65 kg, davon ca. 40 kg in den ersten Tagen nach dem Wiederaufahren, in die DE berechnet worden. Bezüglich des eingetragenen Eisenoxid-Inventars sei der Zustand der DE derzeit mit deren Zustand im Jahr 2011 – also etwa ein Jahr nach Beginn der Sauerstoffdosierung – vergleichbar. /U 2/

Bezüglich des Sulfateintrags in die DE kommt die Betreiberin im Bericht /U 2/ zu dem Schluss, dass der betriebliche Schlupf (aus den Mischbettfiltern der DE-Abschlammung) im Jahr 2018 bei der Bilanzierung der Sulfateinträge zu ca. 0,13 g/h abgeschätzt wurde. Mit diesem Wert würde sich ein Eintrag während des Zyklus 2019-2020 von ca. 849 g ergeben. Rechnerisch ergäbe der Eintrag dieser Sulfatmenge eine Sulfatkonzentration von ca. 0,03 ppb im Speisewasser. Diese Konzentration sei jedoch messtechnisch nicht nachweisbar. /U 2/

Hinsichtlich des Sulfataustrags führt die Betreiberin in /U 2/ aus, dass der Mittelwert der Sulfatmessungen in der Abschlammung der vier DE im Zyklus 2019-2020 ca. 0,002 mg/kg betrug. Größtenteils sei bei den Messungen jedoch kein Sulfat nachgewiesen worden; die Nachweisgrenze würde bei 0,002 mg/kg liegen. Bei einer Abschlammrate von 3,5 kg/s pro DE würde sich daraus für den gesamten Zyklus 2019-2020 (272 Tage) ein Gesamt-Sulfataustrag aus den vier DE von 658 g ergeben. Die Summe aller Austräge infolge des Reinigungs- und Spülprogramms während der Revision 2020 würde ca. 300 g betragen. In Summe seien durch die Abschlammung während des letzten Zyklus und dem Reinigungsprogramm beim Abfahren ca. 960 g Sulfat aus den Dampferzeugern ausgetragen worden. Bezüglich der gemessenen Sulfatkonzentrationen in der DE-Abschlammung sei der Zustand der DE besser als zu Beginn der ersten Kondensatorleckage im Jahr 2013. Da der Kondensator während des gesamten Zyklus 2019/2020 dicht war, hätte es auf diesem Weg keinen weiteren Sulfateintrag gegeben. Rechnerisch ergebe sich daraus eine positive Sulfatbilanz zugunsten des Austrags aus den DE. /U 2/

Im Vorgriff auf die im finalen Entwurf vorliegende VGB-Richtlinie /S 11/ zeige die Auswertung für den Parameter integrale Leitfähigkeit n. Kat. vom Zyklus 2018/19 zum Zyklus 2019/20 eine deutliche Verbesserung des chemischen Gesamtzustands der DE. Für die Parameter Sulfat und Natrium würden die Auswertungen tendenziell gleich verlaufen, wobei die integralen Parameter besser seien, als der Normalbetriebswert der VGB-Richtlinie /S 11/ es vorgibt. Dies zeigt die Betreiberin anhand von in /U 2/ wiedergegebenen Diagrammen. /U 2/

2.5.2.2 Messungen in der Revision 2020

Während des Abfahrens der Anlage seien alle vier DE an den betrieblichen Probenahmestellen QUC27-30 AA008 stündlich beprobt worden. Zur Berechnung der ausgetragenen Salzfracht seien die Mittelwerte der analysierten Parameter aus den einzelnen

DE, die mittleren Abschlämrraten von 5,9 kg/DE und die Zeit von sechs Stunden vom Beginn des Beprobungsprogramms bis zum Erreichen einer Temperatur von 160°C verwendet worden. /U 2/

Vor den Entleerungen der einzelnen DE seien jeweils Proben an den Armaturen LCQ51 AA022 bzw. LCQ61 AA022 gezogen und zur Freigabe der Durchschaltung in den Maschinenhaussumpf auf Gesamt-Gamma-Aktivität ausgemessen worden. Auch die gesamten Proben für das Analysenprogramm der Entleerungen (ca. 8-10 Proben pro Entleerung und DE) seien an den Armaturen LCQ51 AA022 bzw. LCQ61 AA022 gezogen worden. Für die Berechnung seien für alle chemischen Parameter die Mittelwerte der einzelnen Entleerungen verwendet worden. Für die Entleerungen seien als Wassermengen 105 m³ angesetzt worden. /U 2/

Während der Konservierung der DE mit ammoniakalischem Deionat (pH ca. 9,5 bis 10) seien täglich Proben aus den Entleerungen der Ringleitungen an den Probenahmestellen LCQ10-40 AA023 gezogen worden, um das weitere Auslaugen von Sulfat aus den Rohrbodenbereichen der DE zu verifizieren. In drei DE sei die Konservierungslösung gewechselt worden, nachdem ein Sulfatanstieg auf über 200 ppb gemessen worden sei (JEA10 01.07.2020; JEA40 06.07.2020; JEA30 06.07.2020). /U 2/

Aus den für die Bilanzierung herangezogenen Messungen ergeben sich laut dem Bericht /U 2/ folgende Austragsmengen für das Spül- und Reinigungsprogramm in der Revision 2020. Die während der Konservierungsphase zusätzlich ausgetragenen, geringen Mengen an Sulfat seien in der Zusammenstellung in Tabelle 4 nicht enthalten.

Dampferzeuger	Al	Ca	Cl	Cu	Fe	Mg	Na	SO ₄	Zn
DE 10	1,43	11,09	1,05	3,22	21,86	2,04	4,24	54,84	1,92
DE 20	1,58	4,96	0,53	1,16	12,60	0,78	3,93	53,77	1,33
DE 30	1,72	7,67	0,91	0,95	9,70	7,67	3,77	65,89	0,27
DE 40	1,78	16,57	1,05	1,26	18,50	9,75	3,96	85,82	0,29
Summe	6,50	40,29	3,53	6,60	62,66	20,25	15,90	260,33	3,81

Tabelle 4 Austragsmengen beim Spül- und Reinigungsprogramm 2020 (in Gramm) – aus /U 2/

2.5.2.3 Vergleich der gemessenen Werte mit früheren Jahren

Im Bericht /U 2/ wird dargestellt, dass Sulfat derzeit den wesentlichen Beitrag zur ausgetragenen Salzfracht darstellt (siehe Abbildung 12). Die in den Vorjahren noch stark

ausgetragenen Parameter Calcium und Chlorid seien aufgrund der beseitigten Kondensatorleckagen deutlich zurückgegangen. Kupfer und Zink, wie im letzten Jahr identifiziert, würden aus den kupferhaltigen Werkstoffen der Kühler der Notspeisediesel und der Lüftungsanlage SAL im Notspeisegebäude (siehe Arbeitsbericht /U 9/) stammen und seien ebenfalls deutlich zurückgegangen. Die übrigen Parameter würden in der Größenordnung des Vorjahres liegen, seien aber immer noch vorhanden. Dies sei zum großen Teil auf die Einträge dieser Verunreinigungen in den vergangenen Zyklen mit Kondensatorleckagen zurückzuführen. Trotz des ausführlichen Reinigungs- und Spülprogramms während der Revisionen 2018 und 2019 seien noch Reste dieser Verunreinigungen in den DE verblieben. Sulfat würde zudem über den betrieblichen Schlupf über die Chemikalienversorgung der Abschlammmentsalzung in geringen Mengen über den Zyklus eingetragen und in den DE deponiert. /U 2/

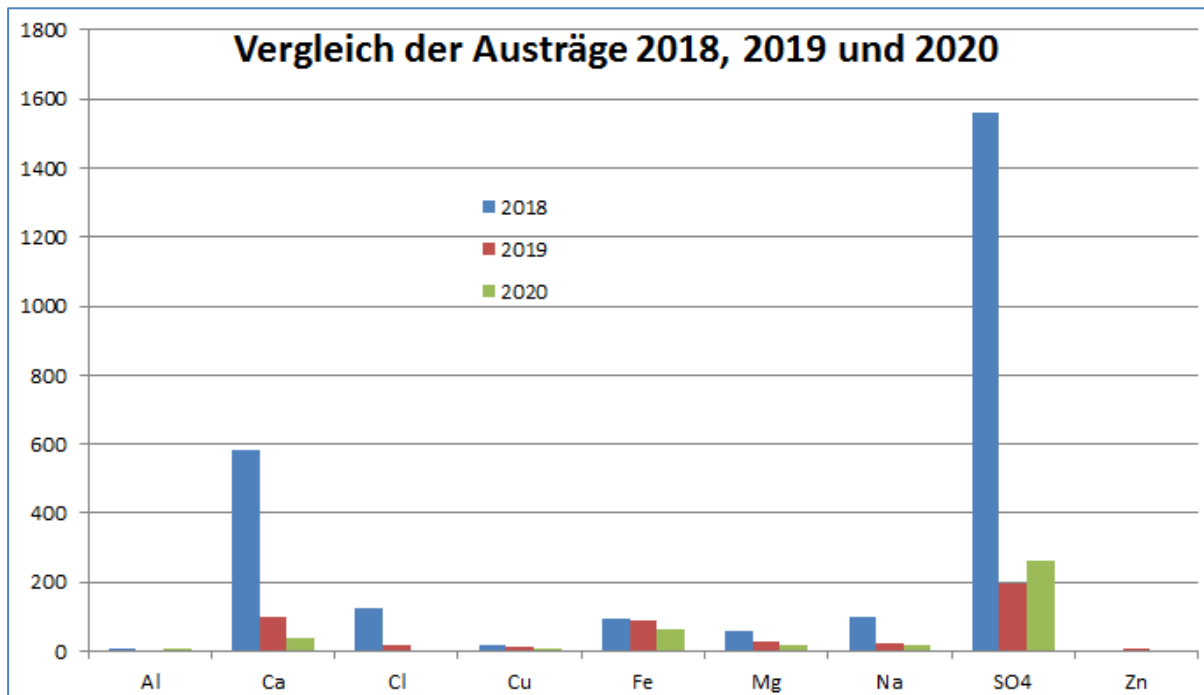


Abbildung 12 Vergleich der Austragsmengen (in Gramm) – aus /U 2/

Für 2020 würde sich zeigen, dass sich die Austragsmengen erneut auf niedrigem Niveau bewegen. Dass würde bedeuten, dass durch die Spül- und Reinigungsmaßnahmen in der Revision 2018 die eingetragenen Fremdstoffe weitgehend ausgetragen worden seien, die ionale Belastung der DE jedoch noch nicht auf dem Niveau von vor den Kondensatorleckagen zurückgegangen sei. Dies würde laut Aussage des Anlagenherstellers erfahrungsgemäß einige Zyklen dauern. /U 2/

Jahr	Al	Ca	Cl	Cu	Fe	Mg	Na	SO ₄	Zn
2011 (DE 10)	4	4	0,1	1	48	1	2	47	-
2018 (DE 10-40)	6	584	123	20	95	60	101	1.559	-
2019 (DE 10-40)	4	100	19	15	89	26	22	194	9
2020 (DE 10-40)	7	40	4	7	63	20	16	260	4

Tabelle 5 Austragsmengen von Verunreinigungen aus den DE beim Abfahren und bei den Entleerungen (in Gramm, gerundet) – aus /U 2/, /U 9/

Solange bei den Entleerungen weniger als 100 g Sulfat pro DE ausgetragen würden, sei davon auszugehen, dass keine wesentlichen Sulfatmengen in den Oberflächen der DE zurückbleiben (vgl. Arbeitsbericht /U 9/). Dies sei auch in der Revision 2020 der Fall: Während des Reinigungs- und Spülprogramms seien pro DE nur zwischen 53 und 85 g Sulfat ausgetragen worden. Wesentliche Sulfatmengen seien demnach in den DE nicht mehr vorhanden. Dies würden auch die nur geringfügigen Anstiege der Sulfatkonzentrationen in den Konservierungslösungen zeigen. /U 2/

Die Betreiberin weist in /U 2/ darauf hin, dass geringe Mengen von Sulfat auch in den Ringspalten des Rohrbodens vorhanden sein können. Die Vermeidung von Sulfateinträgen während des Leistungsbetriebs sowie die möglichst umfassende Entfernung von Sulfat durch Reinigungs- und Spülprogramme würde daher auch in der Zukunft mit hoher Priorität verfolgt werden. /U 2/

Die Bilanzierung der ein- und ausgetragenen Sulfatmengen während des Zyklus und der beim Reinigungs- und Spülprogramm ausgetragenen Sulfatmengen würde zeigen, dass rechnerisch insgesamt mehr Sulfat ausgetragen als eingetragen wurde. Zu beachten sei, dass bei der Bilanzierung ein Eintrag durch einen betrieblichen Schlupf von 0,13 g/h als nunmehr einzige Quelle berücksichtigt wurde. /U 2/

Als Quelle für Cu/Zn in den LAR-Becken seien in 2019 die Kühler (Cu/Ni- bzw. Messingbohrung) der Notspeisediesel und der Lüftungsanlage des ULB identifiziert worden. Die Fracht im Vergleich zum vorherigen Zyklus habe sich in etwa halbiert. Dies führt die Betreiberin auf einen Verdünnungseffekt zurück, da durch eine geänderte Fahrweise in diesem Jahr das LAR40-Becken, aus dem die DE zuerst befüllt worden seien, gleichzeitig mit Deionat überspeist wurde. An den Kühlern seien seit der letzten Revision keine Veränderungen vorgenommen worden. /U 2/

2.5.2.4 pH(T)-Wert-Berechnungen

Die Betreiberin führt hierzu aus, dass die Berechnung der pH-Werte in den Ablagerungen bei Betriebstemperatur das chemische Verhalten der Verunreinigungen (Hydrolyse, Bildung unlöslicher Verbindungen etc.) bei hohen Temperaturen und höheren Konzentrationen durch Verdampfen des Wassers berücksichtigen würde. /U 2/

Die Hide-Out-Return(HOR)-Daten würden zeigen, dass beim Abfahren der Anlage weiterhin insbesondere Sulfat-Ionen rückgelöst würden. Die Berechnungen der pH(T)-Werten beim HOR-Prozess 2020 würden ein weniger stark saures bzw. basisches Milieu als beim Abfahren 2019 zeigen. Die berechneten pH(T)-Werte von 2020 würden sich deutlich in Richtung des berechneten Neutralpunktes bewegen. Da die tatsächliche Anreicherung unbekannt sei, sei eine Berechnung für verschiedene Anreicherungen im Abstand von jeweils einer Größenordnung durchgeführt worden. Die getroffene Aussage sei für alle angenommenen Anreicherungen gültig. Sie würden darauf hindeuten, dass die beim HOR-Prozess mobilisierten Sulfat-Anionen durch Kationen wie Calcium, Magnesium und Natrium kompensiert werden. Es müsse jedoch darauf hingewiesen werden, dass die Ergebnisse der pH(T)-Berechnung stark von den Eingangsdaten abhängen und sensibel auf kleine Änderungen der Eingangskonzentrationen reagieren können. /U 2/

Die Analysendaten aus den ersten Entleerungen (siehe Tabelle 6) seien der Vollständigkeit halber zur Berechnung des pH(T)-Wertes, der sich durch Aufkonzentration der Salzfracht in den Spalten der DE-Oberflächen und -Ablagerungen ausbilden kann, verwendet worden. Hierbei sei laut Betreiberin zu berücksichtigen, dass diese Berechnungen nur eine Tendenz im Vergleich zu früheren (oder späteren) Berechnungen aufzeigen können und keinesfalls als Absolutwerte zu verstehen sind. In diesem Sinne seien in der Tabelle 6 die berechneten Werte aus der Revision 2020 den Werten aus der Revision 2018 und 2019 gegenübergestellt. /U 2/

Dampferzeuger	pH(T)-Wert		
	2018	2019	2020
DE 10	0,5	3	1,2
DE 20	1	4,6	3,4
DE 30	2	5,5	0
DE 40	3	2,7	0

Tabelle 6 Ergebnisse der pH(T)-Wert-Berechnungen – aus /U 2/

Im Vergleich zu den berechneten pH(T)-Werten der ersten Entleerung in der Revision 2019 würden die pH(T)-Werte der ersten Entleerung in der Revision 2020 deutlich im sauren Bereich liegen. Dies korreliert mit den erhöhten Sulfat-Konzentrationen in den Entleerungsproben 2020 im Vergleich zu 2019. /U 2/

Aufgrund der nicht mehr vorhandenen Kondensatorleckage würden bei den Entleerungsproben die Kationen Calcium, Magnesium und Natrium fehlen, wodurch der berechnete pH(T)-Wert in den sauren Bereich abfallen würde. Verstärkt würde dieser Effekt noch durch die bei den Entleerungen vorliegende niedrige Temperatur im Vergleich zur HOR-Messung. Die Tabelle 6 mit den berechneten Zahlenwerten diene jedoch nicht zur Bewertung des pH-Verhaltens während des Leistungsbetriebes und sei daher nur zur Vollständigkeit mit aufgeführt. /U 2/

2.5.3 Ermittlung der Sludgehöhen

Die Ermittlung der Sludge-/Belagshöhen in der Revision 2020 erfolgte anhand der bei der Wirbelstromprüfung der DE-Heizrohre aufgenommenen Prüfdaten. Die Betreiberin erläuterte dazu bereits im Bericht /U 8/, dass sich diese Werte in der Regel von den bei der sekundärseitigen visuellen Rohrbodeninspektion aufgenommenen Werten unterscheiden würden, da die Wirbelstrommessung nicht zwischen Ablagerungen auf dem Rohrboden und den an den DE-Heizrohren anhaftenden Belägen unterscheidet.

Die Änderung der Sludge-/Belagshöhen gegenüber der Revision 2019 sind beispielhaft für die DE 20 (HL) und DE40 (HL) in den Abbildungen 6 und 8 angegeben.

Aus dem Bericht /U 1/ geht hervor, dass sich die in der Revision 2020 detektierte Anzeige im DE 40 im Randbereich der Ablagerungsanhäufung des Strömungstotzonenbereiches befindet (siehe Abbildungen 7 und 8). Im DE 20 liegen die in 2020 detektierten Anzeigen – mit einer Ausnahme – mittig im Ablagerungsbereich (siehe Abbildung 5).

2.5.4 Bestätigung der Schadenshypothese

Ausgehend von der Anzeigenbeschreibung im Bericht /U 1/ kommt die Betreiberin zu dem Schluss, dass die Art der Anzeigen sowie deren Lage und Verteilung mit den Anzeigen aus den Revisionen 2018 und 2019 vergleichbar sind. Insbesondere würden auch die in den DE 20 (HL) und DE 40 (HL) festgestellten Anzeigen in den Randbereichen der Ablagerungen (vergleichbare Ablagerungshöhen wie DE 20 (HL) 2018) die Schadenshypothese bestätigen. Dies verdeutlicht die Betreiberin anhand von Darstellungen, in denen die mit Wirbelstrom gemessenen Ablagerungs-/Belagshöhen mit den detektierten umfangsorientierten Anzeigen im Rohrspiegel überlagert werden (siehe Abbildungen 5 und 7).

Alle in dieser Revision 2020 festgestellten linearen Anzeigen seien mit dem MRPC-Sensor detektiert und quantifiziert und würden sich auch in den in der Revision 2019 mit dem MRPC-Sensor geprüften Bereichen befinden. Mit der X-Probe seien die in der Revision 2020 detektierten Anzeigen nicht festgestellt worden. Dieses Phänomen sei seit 2019 bekannt und in der GRS-WLN 2018/06a /S 6/ und der RSK-Empfehlung /S 7/ entsprechend adressiert. Dadurch würde auch die in 2019 aufgrund dieses Sachverhaltes gewählte Prüfstrategie (vgl. Abschnitt 2.2) bestätigt. Somit liege eine bewährte Prüfstrategie vor, anhand derer die zeitliche Entwicklung von Anzeigen zuverlässig bewertet werden könne und sichergestellt sei, dass in 2019 keine relevanten Anzeigen unentdeckt geblieben sind. Durch den Vergleich mit den Prüfergebnissen 2019 könne eine zuverlässige Aussage über die Entstehung oder das Wachstum von Anzeigen gemacht werden.

Die maximale lokale WDS der neu festgestellten linearen Anzeigen würde 62 % betragen. Deshalb sei in konservativer Weise von einer maximalen Zunahme der lokalen Anzeigentiefe von 0% auf 62% für diese Anzeige seit der Revision 2019 (9 Monate) auszugehen. Allerdings sei zu berücksichtigen, dass diese Anzeige nur eine sehr geringe Längenerstreckung (3,54 mm) aufweise. Dies träfe auch für alle anderen neu festgestellten linearen Anzeigen zu. Insgesamt zeige die Anzeigenstatistik einen stark abfallenden Verlauf (siehe Abbildung 13).

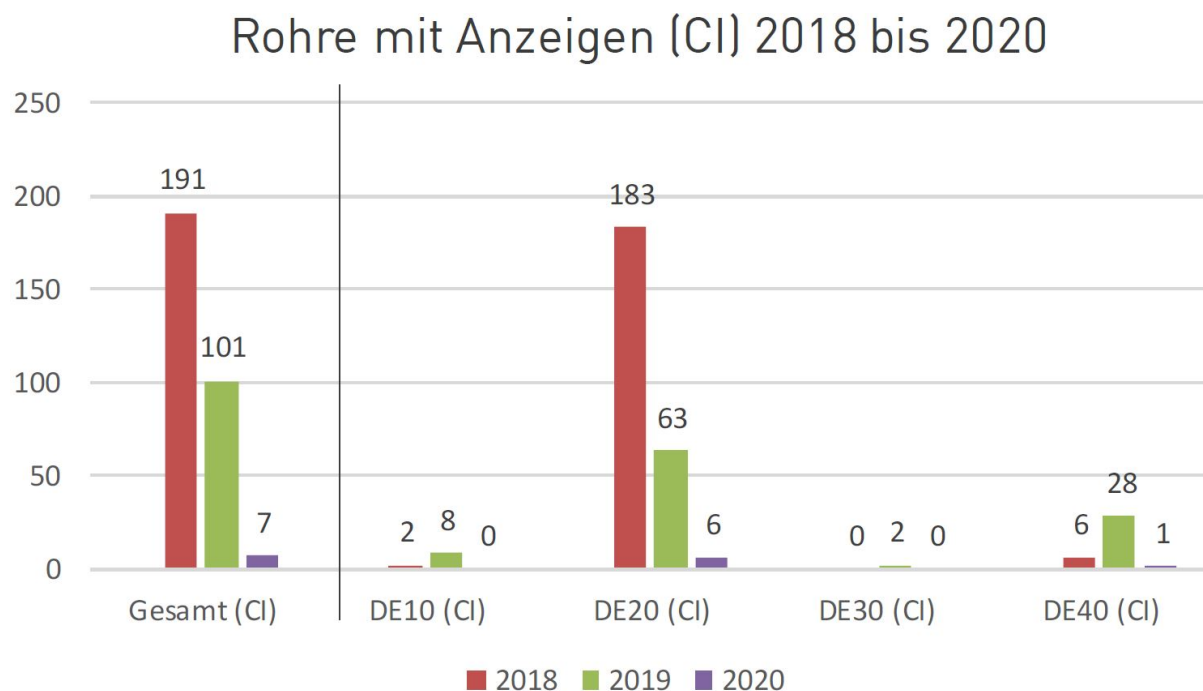


Abbildung 13 Anzahl der Heizrohre, in denen in den Jahren 2018 bis 2020 umfangsorientierte Anzeigen nachgewiesen wurden (aus /U 1/)

Zusammenfassend kommt die Betreiberin in ihrem Bericht /U 1/ zu dem Schluss, dass die in 2018 erarbeitete Schadenshypothese durch die in der Revision 2020 festgestellten Anzeigen bestätigt wird. Die vorliegenden Prüfergebnisse und durchgeführten Vergleiche würden zeigen, dass sich auch die im Jahr 2020 detektierten Anzeigen in das Bild der in 2018 formulierten Schadenshypothese einordnen lassen und seien somit schlüssig zu erklären.

2.6 Behebung der Schäden, Maßnahmen gegen eine Wiederholung und Integritätsbewertung für den Betriebszyklus 2020/2021

2.6.1 Verstopfen von Heizrohren

Wie bereits in der Revision 2018 festgelegt, seien alle DE-Heizrohre mit linearen umfangsorientierten Anzeigen – unabhängig von deren Größe – durch Füll- und Walzstopfen verschlossen wurden. Das Einsetzen von Füllstopfen zusätzlich zu den Walzstopfen wäre bei den relativ kleinen Anzeigen vor dem Hintergrund der Betriebserfahrung mit zahlreichen vergleichbar geschädigten DE-Heizrohren aus Alloy 600, die ohne Füllstopfen verschlossen wurden, nicht zwingend erforderlich gewesen. Dennoch sei in diesen Fällen von der EnKK sicherheitsgerichtet entschieden worden, auch diese Rohre mit Füll- und Walzstopfen zu verschließen (siehe Abbildung 14). /U 1/

Rohre mit volumetrischen Anzeigen seien, wie bereits 2017, 2018 und 2019 für derartige Anzeigen festgelegt, ab einer lokalen WDS von 30 % vorbeugend verschlossen worden. Entsprechend diesem Kriterium war nur ein Rohr im DE 40 mit einer Anzeige mit einer WDS von 31 % mit Walzstopfen zu verschließen, siehe Abschnitt 2.3.2.2 dieser Stellungnahme. /U 1/

Darüber seien entsprechend der RSK-Empfehlung /S 7/ am DE 20 im Bereich der tiefsten linearen Anzeige (62 % WDS, 3,54 mm Länge) weitere 4 DE-Heizrohre ohne Anzeigen vorsorglich verschlossen worden. /U 1/

In Tabelle 8 gibt eine Übersicht zur Anzahl der verschlossenen DE-Heizrohre.

Dampferzeuger	in der Revision 2020 verschlossen	
	mit Füll- und Walzstopfen	nur mit Walzstopfen
DE 10	0	0
DE 20	6 (lin. Anzeige)	4 (vorsorglich)
DE 30	0	-
DE 40	1 (lin. Anzeige)	1 (vol. Anzeige)
Summe	7	5

Tabelle 8 Anzahl der DE-Heizrohre, die in der Revision 2020 verschlossen wurden

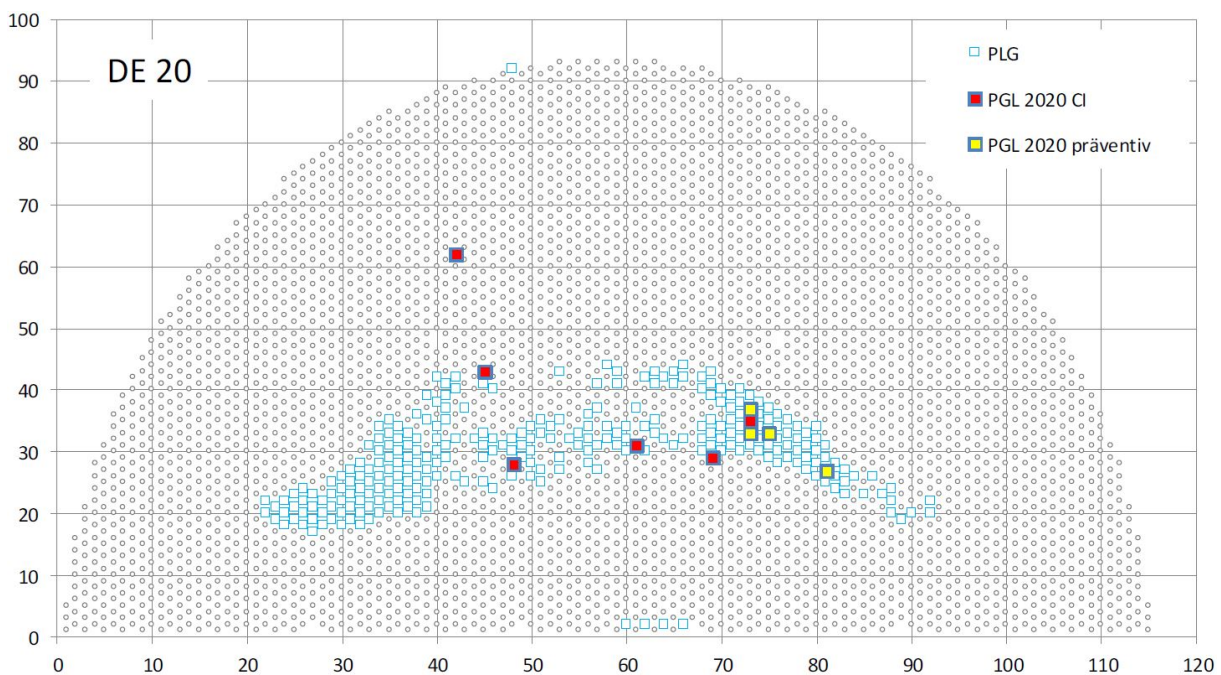


Abbildung 14 DE 20 (HL) – Heizrohrpositionen, die aufgrund von linearen Anzeigen (rot) und vorbeugend (gelb) in der Revision 2020 verschlossen wurden (aus /U 1/)

2.6.2 Spül- und Konservierungsmaßnahmen in den Dampferzeugern

In der Revision 2020 sei an allen vier DE ein Reinigungs- und Spülprogramm gemäß Betriebsanweisung N-BAW-0258 /U 11/ durchgeführt worden. Ziel sei es gewesen, eine möglichst vollständige Entfernung der beim Abfahren freisetzbaren chemischen Verunreinigungen, die während des vorangegangenen Leistungsbetriebs in die DE-

Oberflächen angelagert worden waren, zu erreichen. Dazu seien die DE zur Entfernung von Verunreinigungen entleert worden. Anschließend seien die DE mit alkalischer Konservierungslösung nasskonserviert worden. Das gesamte Reinigungs- und Spülprogramm sei durch ein ebenfalls in der Betriebsanweisung N-BAW-0258 /U 11/ enthaltenes Probenahme- und Analysenprogramm zur Überprüfung der Wirksamkeit der Maßnahmen begleitet worden (siehe Abschnitt 2.5.2). /U 2/

Betreiberin führt in /U 2/ weiter aus, dass sie auf den Haltepunkt bei 160 ° beim Abfahren verzichtet hat mit der Begründung, dass in 2019 dieser Haltepunkt für das „Soaking“ keinen wesentlichen zusätzlichen Beitrag zur Reinigung der DE geliefert hat. Sie gibt dazu weiter an, dass die seit 2009 durchgeführten Entleerungen der DE und die seit 2018 durchgeführten Standproben der DE mit Konservierungslösung über mehrere Tage mit ggf. mehrmaligen Austausch der Konservierungslösung in Abhängigkeit der Analyseergebnisse effektiver gewesen wären. /U 2/

Aus dem Erfahrungsrückfluss des ME 05/2020 /U 14/ sei ein zusätzliches Verfahren zum Füllen der DE mittels einer Schlauchleitung direkt aus dem GHC-System (Deionatversorgung) entwickelt worden. Dadurch könne der Füllvorgang mit Sulfat-freiem Deionat redundanzunabhängig erfolgen. Dieses Verfahren würde noch in die Betriebsanweisung N-BAW-0258 /U 11/ aufgenommen und künftig bevorzugt angewendet werden. /U 2/

2.6.3 Vorbeugendes Verstopfen von Kondensatorrohren

Im elektronischen Schreiben /U 10/ gibt die Betreiberin an, dass in der Revision 2020 im Kondensator MAG10 in den Kammern 1 und 2 im Bereich der Reihen oberhalb der Rohrverschlüsse (ab Reihe 91) an den außenliegenden Rohren der Rohrgassen Prüfungen mittels Wirbelstromverfahren durchgeführt worden seien. Hierbei seien an jeweils 25 Rohren partielle Wanddickenschwächungen in Form von Außenfehlern vorgefunden worden. Bei 23 Rohren hätten die Schwächungen im Bereich zwischen 10 % und 30 % der ursprünglichen Wanddicken gelegen. Lediglich bei zwei Rohren seien Schwächungen zwischen 40 und 60 % ermittelt worden. Alle von Wanddickenschwächungen betroffenen Rohre seien vorsorglich verschlossen worden, obwohl das Eingriffskriterium für einen Verschluss erst bei > 40 % Wanddickenschwächung liegen würde. /U 10/

Die Verteilung der Rohrverschlüsse auf die einzelnen Kammern ist in Tabelle 9 dargestellt. Insgesamt seien mit Abschluss der Rohrverschlüsse aufgrund der Ergebnisse der Wirbelstromprüfungen im Kondensator MAG10 in der Revision 2020 in den vier Kammern der Kondensatoren MAG10 und MAG20 nun 2.020 Rohre verschlossen. Bei der vorhandenen Gesamtanzahl von 63.040 Rohren entspräche dies einem Anteil von ca. 3 %. /U 10/

Kondensator	Kammer	Rohrverschlüsse vor der Revision 2020	Rohrverschlüsse in der Revision 2020	Σ
MAG10	1	487	14	501
	2	513	11	524
MAG20	3	496	0	496
	4	499	0	499
Gesamt		1.995	25	2.020

Tabelle 9 Anzahlen der verschlossenen Kndensatorrohre – aus /U 10/

In einer dem Schreiben /U 10/ beiliegenden Unterlage wird anhand eines Bildes beispielhaft verdeutlicht, in welchem Bereich die Verstopfungen in der Revision 2020 durchgeführt wurden (siehe Abbildung 15).

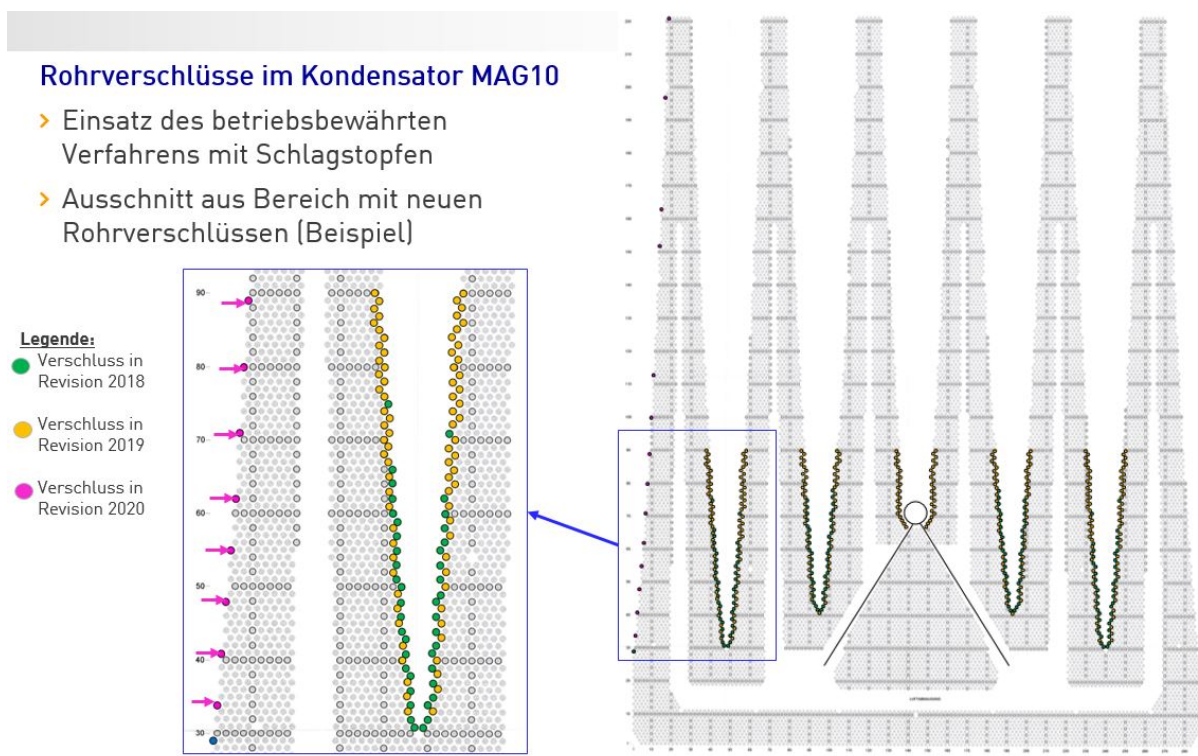


Abbildung 15 Lage der vorsorglich verschlossenen Kondensatorrohre im Turbinen-Kondensator MAG10 (aus /U 10/)

2.6.4 Vorgesehene ZfP-Prüfungen in der Revision 2021

In der Revision 2021 würden erneut alle nicht verschlossenen Rohrpositionen der Dampferzeuger kalt- und heißseitig mit, nach Stand von W&T geeigneter Prüf- und Auswertetechnik geprüft werden. /U 1/

2.6.5 Integritätskonzept für den Betriebszyklus 2020/2021

In der Revision 2018 sei zur Absicherung des Betriebszyklus 2018/2019 die Integrität der DE-Heizrohre anhand eines Leck-vor-Bruch-Nachweises (LvB-Nachweis) unter Verwendung konservativer bruchmechanischer Berechnungsmethoden nach KTA 3206 /R 4/ und unter Verwendung konservativer Annahmen nachgewiesen worden. Dabei sei für abdeckende Störfallbelastungen (ATWS) der LvB-Nachweis für einen Umfangsfehler mit einer integralen Wanddickenschwächung von 70 % bei gleichzeitig unterstelltem Leck mit einer wanddurchdringenden Risslänge von 55 ° des Umfangs (10,6 mm) geführt worden. /U 1/

Die festgestellten linearen Anzeigen (SCI als auch MCI) könnten konservativ einhüllend durch eine Halbellipse (Anzeigenlänge = lange Halbachse, WDS = halbe kurze Halbachse) oder ein Rechteck beschrieben werden. /U 1/

Würde man die so ermittelten Flächen mit der im LvB-Nachweis unterstellten 70 %igen WDS vergleichen, so entspräche die tiefste Anzeige (62 % WDS) einen Flächenanteil von ca. 3 % und die Anzeige mit der größten Rissfläche einem Flächenanteil von ca. 7 %. Dabei sei der im LvB-Nachweis zusätzlich unterstellte Wanddurchriss mit einer Länge von 10,6 mm nicht berücksichtigt. Dieser Vergleich würde die vorhandenen großen Sicherheitsreserven, die im geführten LvB-Nachweis enthalten sind, belegen.

Dadurch sei nachgewiesen, dass bei keinem der Rohre, an denen Anzeigen festgestellt wurden, die Gefahr eines Integritätsverlustes bestand, weder unter abdeckenden Betriebsbelastungen noch bei den zu unterstellenden Störfallbelastungen.

Auf Grund der nachgewiesenen Konservativität des LvB-Nachweises für die in den Revisionen 2019 und 2020 festgestellten Anzeigen könne aus Sicht der Betreiberin davon ausgegangen werden, dass auch für den Betriebszyklus 2020/2021 ausreichende Sicherheitsreserven vorhanden sind. Dies würde sich insbesondere dadurch begründen, dass

- alle linearen Anzeigen in der Revision 2020 durch Füll- und Walzstopfen verschlossen wurden,
- die Anzeigen in 2020 gegenüber 2019 und 2018 eine abnehmende Tendenz bezüglich lokaler WDS und Länge erkennen lassen,

- die maximale WDS bei allen Anzeigen nur lokal erreicht wird und damit die verbleibende tragende Querschnittsfläche des Rohres noch deutliche Tragreserven beinhaltet,
- die bisherige Betriebserfahrung bezüglich möglicher korrosionsbedingter Risswachstumsraten durch die in 2020 gegenüber 2018 und 2019 festgestellten Anzeigen bestätigt wird, d. h. es ist maximal eine lokale wanddurchdringende Schädigung zu erwarten, die sich durch eine Kleinstleckage bemerkbar machen würde, und
- durch die seit 2018 durchgeführten Maßnahmen (Rohrbodenreinigung, Verschließen von Kondensatorrohren, Spülprogramm während der Revisionen, intensivierete Überwachung der Wasserchemie, keine Kondensatorleckagen [Anmerkung TÜV NORD: eine Kondensatorleckage lag im Zyklus 2018/2019 vor]) und das vorsorgliche Verschließen aller Rohre mit linearen Anzeigen eine weitere Verringerung sowohl der Anzeigenhäufigkeit als auch der Anzeigengröße (Schwächung der tragenden Rohrwand) gegeben ist.

3 Bewertungsmaßstäbe und Prüfumfang

Aus dem Ereignis leiten wir folgende Anforderungen ab:

- Die zerstörungsfreien Prüfungen sind mit qualifizierten und geeigneten Prüfmethoden entsprechend den Festlegungen des zugrunde zu legenden Regelwerkes KTA 3201.4 /R 2/ und der DIN 25435-6 /R 3/ durchzuführen. Die Anzeigen müssen in sachlich richtiger Weise entsprechend der KTA 3201.4 /R 2/ charakterisiert werden.
- Die Prüfergebnisse müssen unabhängig bestätigt werden.
- Die Ursache des Mangels muss festgestellt und die bestehende Schadenshypothese bestätigt werden.

Hierzu haben wir geprüft, ob die Betreiberin belegt hat, dass es sich bei den in 2020 detektierten Anzeigen um Anzeigen handelt, die hinsichtlich Lage und Ausprägung direkt mit den aus den Jahren 2017 bis 2019 bekannten Anzeigen vergleichbar sind. Des Weiteren haben wir geprüft, ob und in welcher Form sich die Betriebsbedingungen in der Anlage GKN II im Hinblick auf die korrosiven Bedingungen an der betroffenen Stelle der DE-Heizrohre ggf. geändert haben. Dazu haben wir unsere Erfahrungen zur Wasserchemie aus anderen Anlagen sowie aus den letztjährigen Erkenntnissen zur veränderten Wasserchemie im GKN II sowie die zwischenzeitlich getroffenen Festlegungen im Betriebsreglement des GKN II berücksichtigt.

- Die Integrität der DE-Heizrohre im Betrieb der Anlage muss sichergestellt sein. Unserer Bewertung der Integrität der DE-Heizrohre legen wir das Konzept zur Sicherstellung der Integrität der DFU im Betrieb gemäß der KTA-Regel 3201.4 /R 2/

zugrunde. Demnach ist nachzuweisen, dass bei allen zu berücksichtigenden Lastfällen und den vorliegenden Randbedingungen (z. B. Wasserchemie) die vorhandene Qualität der Komponente gewährleistet, ein katastrophales Versagen auszuschließen. Maßgeblich für die DE-Heizrohre ist der Einschluss des Primärkreis Kühlmittels und, für den Fall einer Leckage, ein ausreichendes Resttragverhalten. Hierzu hatten wir die im Rahmen des ME 04/2018 /U 4/ hierzu vorgelegten Unterlagen in Anlehnung an KTA 3206 /R 4/ geprüft. Festgestellte Schäden sind auf geeignete Weise und entsprechend den Festlegungen des für das Einwalzen von Stopfen zugrunde zu legenden Regelwerkes KTA 3201.3 /R 1/ zu beheben. Im Weiteren ist zu überprüfen, ob die vorgesehenen betrieblichen Bedingungen gewährleisten, dass die geforderten Komponenteneigenschaften erhalten bleiben. Bezüglich der betrieblichen Überwachung ist zu bewerten, ob die vorgesehenen Maßnahmen gewährleisten, sowohl die spezifizierten betrieblichen Randbedingungen einzuhalten als auch im Fall des Auftretens von Schädigungen diese oder deren Auswirkungen zu erkennen. Die Eignung der Leckageüberwachung ist auf Grundlage der KTA 1503.3 /R 5/ und der KTA 1504 /R 6/ zu bewerten. Letztendlich muss auch bewertet werden, ob die nach der geplanten Betriebsperiode für die Revision 2021 vorgesehenen wiederkehrenden Prüfungen geeignet sind, den Qualitätsstand der DE-Heizrohre sicher festzustellen und somit eine Grundlage für die Bewertung der Integrität der DE-Heizrohre hinsichtlich des weiteren Betriebes zu liefern.

Zu in der Vergangenheit vorgefundenen DE-Heizrohr-Schädigungen hatte die RSK im Jahr 2010 eine Stellungnahme /S 8/ vorgelegt. Bei unserer Bewertung der von der Betreiberin bereits umgesetzten und noch vorgesehenen Maßnahmen haben wir die drei in dieser Stellungnahme enthaltenen Empfehlungen berücksichtigt:

1. Es wird empfohlen, zusätzlich zu der routinemäßig eingesetzten Innendurchlaufspule (Bobbin-Coil) im Bereich zwischen unterer Einwalzung bis zum ersten Abstandshalter bei einem Prüfumfang von 20 % der DE-Heizrohre Array-Pancake-Sonden einzusetzen. Bei der Auswahl des genannten Prüfumfanges sollen die aus Konstruktion und Erfahrungen des Betriebs (auch aus anderen Anlagen) bekannten Rohrbereiche eines möglichen höheren korrosiven Angriffs berücksichtigt werden.
2. Zu einer Trendbewertung einer IckSpannungsrissskorrosion-Gefährdung wird empfohlen, Hide-Out-Return-Analysen durchzuführen. Diese ermöglichen einen allgemeinen Überblick über die Belastung von Dampferzeugern durch gelöste Verunreinigungen. Werden anlagenspezifische Auffälligkeiten der wasserchemischen Verhältnisse festgestellt, sind die Verunreinigungen zu erfassen und zu beurteilen. Es wird angeregt, das Hide-Out-Return-Verfahren zu standardisieren und entsprechend anlagenspezifischen Gegebenheiten anzuwenden.

3. Wenn in einem Kernkraftwerk bei den wiederkehrenden Prüfungen an DE-Heizrohren Befundanzeigen auftreten, die Hinweise auf den betrieblichen Schädigungsmechanismus IckSpannungsrissskorrosion geben, wird empfohlen, wie folgt vorzugehen:
 - a) Zur Klärung der Schadensursache und zur Festlegung von Abhilfemaßnahmen sind alle Informationen über Besonderheiten der Betriebsweise der DE, über Ergebnisse von mechanischen und chemischen DE-Reinigungen und über Ausmaß und Häufigkeit von Kondensatorleckagen zusammenzustellen. Zum Zwecke der Absicherung der Schadenshypothese und zur Festlegung von wirksamen Abhilfemaßnahmen wird empfohlen, Heizrohrabschnitte mit Befundanzeigen zwecks Schadensuntersuchung herauszutrennen.
 - b) An den betroffenen DE-Heizrohren sind die Fehlerabmessungen (Länge, Tiefe) und deren Orientierung (axial, in Umfangsrichtung verlaufend) zu bestimmen.
 - c) An allen DE sind die Heizrohre – in den entsprechend der Befundlage kritischen Bereichen – zu 100 % zu prüfen.
 - d) Betroffene Heizrohre müssen nach dem derzeitigen Kenntnisstand verschlossen werden.
 - e) Nach dem erstmaligen Auftreten eines solchen Befundes muss beim nächsten Brennelement(BE)-Wechsel die Prüfung wiederholt werden.
 - f) Wenn bei der erneuten Prüfung weiterhin gleichartige Befunde auftreten, ist wieder im einjährigen Intervall zu prüfen.

Zu den in den Revisionen 2018 und 2019 u. a. im GKN II vorgefundenen DE-Heizrohr-Schädigungen hatte die RSK im Jahr 2019 die Empfehlung /S 7/ vorgelegt. Bei unserer Bewertung der von der Betreiberin bereits umgesetzten und noch vorgesehenen Maßnahmen haben wir die neun in dieser Stellungnahme enthaltenen Empfehlungen berücksichtigt:

1. Vorrangig sind Betriebsbedingungen zu vermeiden, die zu korrosiven Bedingungen und damit in Bezug auf das Medium zur Voraussetzung für das Auftreten von Spannungsrissskorrosion an den DE-Heizrohren führen können. Es sind daher entsprechende Anforderungen unter Berücksichtigung der aktuellen Erkenntnisse in das Betriebsreglement aufzunehmen. Zudem sollte die VGB-Richtlinie VGB-R 401 J (DWR) entsprechend aktualisiert werden.
2. Treten in einer Anlage wiederholt Kondensatorleckagen auf, so wird empfohlen, neben der frühzeitigen Beseitigung von Leckagen auch vorbeugende Maßnahmen zu treffen, um langfristige Abweichungen der wasserchemischen Bedingungen

von den Normalbetriebswerten zu vermeiden. Hierzu gehören regelmäßige Prüfungen und vorbeugendes Verstopfen von Kondensatorrohren in häufig von Leckagen betroffenen Bereichen.

3. Zu einer Trendbewertung einer Gefährdung durch Spannungsrisskorrosion wird empfohlen, Hide-Out-Return-Analysen durchzuführen. Zusätzlich ist die Beprobung von DE-Wasser (Entleerungsproben) sinnvoll, wenn die DE für die Revision entleert werden. Diese ermöglichen einen allgemeinen Überblick über die Belastung von DE durch gelöste Verunreinigungen. Werden anlagenspezifische Auffälligkeiten der wasserchemischen Verhältnisse festgestellt, sind zusätzlich Daten über den Eintrag von Verunreinigungen sowie über deren Austrag durch die DE-Abschlammung zu erfassen und zu bewerten. Bei Auffälligkeiten hinsichtlich der bei HOR-Analysen oder Entleerungsproben festgestellten Ionengehalte sind auch Berechnungen der pH(T)-Werte, d. h. der pH-Werte bei Betriebstemperatur, durchzuführen.
4. Bei Hinweisen auf eine Gefährdung der DE-Heizrohre durch sekundärseitige Korrosionsmechanismen, dabei insbesondere Spannungsrisskorrosion, wird empfohlen, die DE nach dem Abfahren zu entleeren und ein zielgerichtetes Spülprogramm durchzuführen, um die Bedingungen in den Spalten und Belägen möglichst weitgehend zu neutralisieren. Dabei sind ebenfalls Wasserproben zur Analyse zu entnehmen, um die Wirksamkeit des Spülprogramms zu überwachen.
5. Übermäßige Ablagerungen sind zu vermeiden. Zur Entfernung von Ablagerungen auf dem Rohrboden ist ein geeignetes Verfahren zu wählen.
6. Bei der Prüfung von Dampferzeuger-Heizrohren, bei denen unter Verwendung des Array-Sensors aufgrund vorhandener Störsignale im Spaltbereich zwischen DE-Heizrohr und Rohrboden keine eindeutige Fehlererkennung stattfinden kann, sind im Spaltbereich zusätzliche Prüfungen mit dem Wirbelstrom-Rotationssensor (MRPC, motorized rotating pancake coil) vorzusehen.
7. Um sicherzustellen, dass ein lokaler wanddurchdringender Riss im Betrieb erkannt wird, wird die Ermittlung der Rissöffnungsflächen und der daraus resultierenden Leckagen bei wanddurchdringenden lokalen Rissen unterhalb der kritischen Risslänge empfohlen. Im Betriebsreglement sind Festlegungen zu treffen, durch die sichergestellt ist, dass Heizrohrleckagen vor Erreichen einer kritischen Risslänge mit Sicherheit erkannt werden und in diesem Fall die Anlage unverzüglich abgefahren wird. Dabei sind auch Unsicherheiten in der Ermittlung der Leckagerate zu berücksichtigen.
8. Zum frühzeitigen Erkennen von korrosiven Bedingungen in den DE sind die Ergebnisse der letzten und künftiger zerstörungsfreier Prüfungen der DE-Heizrohre im Hinblick auf Veränderungen der Spalttiefe zwischen den DE-Heizrohren und

dem Rohrboden oberhalb der oberen Einwalzung und auf ein Einbeulen (Denting) auszuwerten.

9. Wenn in einem Kernkraftwerk mit Druckwasserreaktor bei den wiederkehrenden Prüfungen an DE-Heizrohren Anzeigen auftreten, die Hinweise auf die betrieblichen Schädigungsmechanismen Lochkorrosion, interkristalliner Angriff (intergranular Attack (IGA)), Spannungsrisskorrosion oder Rohrbodenkorrosion geben, wird empfohlen, wie folgt vorzugehen:
 - a) Es ist zu bewerten, wie sich die festgestellten Anzeigen in die bekannten sekundärseitigen Korrosionsmechanismen bei DE einordnen.
 - b) Zur Klärung der Schadensursache und zur Festlegung von Abhilfemaßnahmen sind alle Informationen über Besonderheiten der Betriebsweise der DE, über Ergebnisse von mechanischen und chemischen DE-Reinigungen und über Ausmaß und Häufigkeit von Kondensatorleckagen zusammenzustellen. Zum Zwecke der Absicherung der Schadenshypothese und zur Festlegung von wirksamen Abhilfemaßnahmen wird empfohlen, Anzeigencharakteristika und die chemischen Bedingungen in den befundbehafteten Bereichen mit denen in anderen Anlagen mit nachgewiesenen Schäden durch Lochkorrosion zu vergleichen. Im Zweifelsfall sind bei linearen Anzeigen Heizrohrabschnitte mit Befundanzeigen zwecks Schadensuntersuchung herauszutrennen. Bei der Bewertung des Erfordernisses eines Heizrohrziehens sind die Kenntnisse zum Schadensmechanismus, zum möglichen Schadensfortschritt und den möglichen Auswirkungen zu berücksichtigen.
 - c) An allen DE sind die entsprechend der Befundlage kritischen Abschnitte der Heizrohre in den potenziell betroffenen Bereichen der DE zu prüfen.
 - d) An den DE-Heizrohren, an denen Spannungsrisskorrosion festgestellt wird, sind die Fehlerabmessungen (Länge, Tiefe) und deren Orientierung (axial, in Umfangsrichtung verlaufend) zu bestimmen.
 - e) Von Spannungsrisskorrosion betroffene Heizrohre müssen verschlossen werden. Wenn Häufungen von Rissbefunden an Heizrohren mit korrosionsbedingten Veränderungen des Spalts im Einwalzbereich im DE-Rohrboden korreliert werden können, sollte geprüft werden, ob zusätzlich Heizrohre ohne Rissbefunde an Positionen mit Rohrbodenkorrosion vorsorglich zu verschließen sind.
 - f) Bei umfangsorientierten Rissbefunden sind die zu verschließenden Heizrohre zusätzlich so zu stabilisieren, dass auch bei einem vollständigen Abriss Folgeschäden vermieden werden.
 - g) Geeignete Maßnahmen zur Beseitigung der korrosiven Bedingungen sind zu ergreifen.

- h) Nach dem erstmaligen Auftreten eines solchen Befundes muss beim nächsten Brennelement (BE)-Wechsel die Prüfung wiederholt werden.
- i) Wenn bei der erneuten Prüfung weiterhin gleichartige Befunde auftreten, ist eine neue Bewertung durchzuführen.

4 Bewertung

4.1 Bewertung der prüftechnischen Aspekte

4.1.1 Bewertung der Prüfstrategie

Die Betreiberin hatte im Vorfeld der in der Revision 2019 durchzuführenden Wirbelstromprüfungen an den DE-Heizrohren eine gesonderte Prüfstrategie festgelegt, weil seinerzeit erkannt wurde, dass die bis dahin angewendete Prüftechnik nicht in jedem Fall für alle zu prüfenden Bereiche der DE-Heizrohre sicher bewertbare Ergebnisse liefert. Wir bewerteten in unserer Stellungnahme /S 5/ dieses Vorgehen der Betreiberin als konsequent. Die Betreiberin erfüllte damit die Anforderung des Integritätskonzeptes der KTA 3201.4 /R 2/, wonach bei Vorliegen eines neuen Wissenstandes über die bis dahin angewendete Methode der zerstörungsfreien Prüfung die bestehende Prüfstrategie neu bewertet werden muss und ggf. Ableitungen für neue Prüfungen zu treffen sind.

Wir bestätigten in unserer Stellungnahme /S 5/ die Erkenntnis, dass bei der Prüfung von DE-Heizrohren mit einem Array-Sensor bei Vorhandensein von korrosionsbedingten Veränderungen der Bedingungen im konstruktiv bedingten Spalt zwischen dem DE-Heizrohr und dem Rohrboden Anzeigensignale (Störsignale) erzeugt werden können, die die Nutzsignale aus der Rohrwandung in nachteiliger Weise überlagern können („gelbes Band“). Auf Grundlage dieser neuen Erkenntnis bewerteten auch wir es als zwingend erforderlich, dass für diesen Fall der Bereich an und oberhalb der oberen Einwalzkante des DE-Heizrohres mit einem Analysesensor oder mit einer anderen geeigneten Prüftechnik zu prüfen ist. Daher war es auch aus unserer Sicht zielführend, dass die Betreiberin in der Revision 2019 für die DE-Heizrohre, bei deren Prüfung mittels Array-Sensor dieses „gelbe Band“ erkannt wurde, eine zusätzliche Prüfung mit dem MRPC-Sensor festgelegt hat. /S 5/

Den weiteren Ablauf in der Prüfstrategie, nämlich die Bewertung von Anzeigen bezüglich der Schadenshypothese und der Verschlusskriterien bewerteten wir bereits im Jahr 2019 als sachgerecht und zielführend. Insbesondere die innerhalb der Strategie als notwendiger Teilschritt festgelegte Bewertung der Anzeigen hinsichtlich der bestehenden Schadenshypothese, die infolge der ME 03/2017 /U 3/ und ME 04/2018 /U 4/

aufgestellt wurde, ist erforderlich und weiterhin zielführend, um ggf. bei Feststellung der Nichtübereinstimmung weitere Untersuchungen abzuleiten.

Aus den Prüfergebnissen in der Revision 2020 lassen sich keine neuen Erkenntnisse ableiten, die eine Veränderung der Prüfstrategie erforderlich machen würden. Die Prüfergebnisse fügen sich in die aus den Revisionen 2017 bis 2019 vorliegenden Ergebnisse ein, wie in den Abschnitten 4.2 und 4.3.4 ausgeführt.

Zusammenfassend kommen wir zu dem Ergebnis, dass die von der Betreiberin im Jahr 2019 aufgestellte und auch in der Revision 2020 verfolgte Prüfstrategie sachgerecht und konsequent ist, eine umfängliche und zielführende Prüfung der DE-Heizrohre entsprechend dem aktuellen Kenntnisstand von W&T durchzuführen, den Zustand der DE-Heizrohre insbesondere im Bereich an und oberhalb der oberen Einwalzung des DE-Heizrohres zu ermitteln und die erforderlichen Maßnahmen zum Erhalt der Integrität der DE-Heizrohre abzuleiten.

4.1.2 Bewertung des Prüfumfangs

Der von der Betreiberin für die zerstörungsfreien Wirbelstromprüfungen an den DE-Heizrohren in der Revision 2020 gewählte Prüfumfang ergibt sich hinsichtlich der zu prüfenden Rohrpositionen und der dabei eingesetzten Prüfsensoren aus der angewendeten Prüfstrategie, die wir im Abschnitt 4.1.1 positiv bewertet haben. Der gewählte Prüfumfang bezogen auf die Heizrohlänge (siehe Abbildung 2) ergab sich aus dem im GKN II durch die Prüfungen erkannten Schadensbild. In den Revisionen 2017 und 2018 fanden Prüfungen an den DE-Heizrohren mittels der Suchtechnik Kombinations-sensor, bestehend aus Bobbin-Sensor und Array-Sensor (siehe Abschnitt 4.1.4), über die gesamte Rohrlänge statt. Die dabei erkannten Korrosionsschäden, die zu den meldepflichtigen Ereignissen 03/2017 /U 3/ und 04/2018 /U 4/ führten, wurden im Prüfbereich zwischen Rohrbodeneintritt und 1. Abstandshalter oberhalb des Rohrbodens detektiert. Dies deckt sich mit den internationalen Erfahrungen zu Korrosionsschäden an DE-Heizrohren /S 15/. Daher bewerten wir es als sachgerecht und ausreichend, dass die Betreiberin zur Detektion ggf. neu entstandener Korrosionsschäden und zur Verfolgung der Schadensentwicklung bei den aus vorherigen Prüfungen bereits bekannten, als zulässig bewerteten volumetrischen Anzeigen die Wirbelstromprüfungen mit dem Kombinationssensor ausschließlich in dem Bereich zwischen Rohrbodeneintritt und 1. Abstandshalter durchgeführt hat. Der an den DE-Heizrohren, bei deren Prüfung mittels Array-Sensor ein „gelbes Band“ erkannt wurde, als Such- und Analysetechnik zusätzlich verwendete MRPC-Sensor wurde nur im Bereich der oberen Einwalzung und der Rohrbodenoberkante (OEK \pm 50 mm) eingesetzt. Dies ist sachgerecht, da nur in diesem Bereich die Prüfaussage des ebenfalls verwendeten Array-Sensors ggf. eingeschränkt ist.

4.1.3 Bewertung der Festlegungen zu den Registrierschwellen, Bewertungsgrenzen und Zulässigkeitsgrenzen

Wir bewerteten es in unserer Stellungnahme /S 5/ als anforderungsgerecht, dass die Betreiberin für die Spezifizierung der Grenzen und Schwellen zur Bewertung von Anzeigen und den daraus abzuleitenden Fehlergrößen die für wiederkehrende Prüfungen an den Komponenten des Primärkreises maßgebende KTA 3201.4 /R 2/ zugrunde legt. Es ist sachgerecht, dass die Betreiberin hierbei berücksichtigt hat, dass beim Vorliegen veränderter Randbedingungen im konstruktiv bedingten Spalt für diesen Bereich ein veränderter Rauschpegel gegenüber den anderen Prüfbereichen vorliegt. Dementsprechend hatte sie unter Berücksichtigung eines erforderlichen Mindest-Signal-Rausch-Abstandes von ca. 3 dB für die verschiedenen Axialpositionen unterschiedliche Werte für die Registrierschwellen von Anzeigen sachlich richtig festgelegt. Unsere Bewertung hierzu aus der Stellungnahme /S 5/ ist in gleicher Weise für die in der Revision 2020 unverändert zugrunde gelegten Schwellen gültig.

Die KTA 3201.4 /R 2/ enthält für die DE-Heizrohre keine Vorgaben für die Zulässigkeit von Wanddickenschwächungen (WDS) und somit auch keine Vorgaben für das Verschließen von DE-Heizrohren beim Vorliegen von volumetrischen Anzeigen. Wir bewerteten es in unserer Stellungnahme /S 5/ als sicherheitsgerichtet, dass die Betreiberin die Zulässigkeitsgrenze für volumetrische Anzeigen unabhängig von den unterschiedlich hohen Rauschpegeln in den verschiedenen axialen Bereichen der DE-Heizrohre auf einen einheitlichen Wert von 30 % WDS festgelegt hat. Unsere diesbezügliche Bewertung aus der Stellungnahme /S 5/ ist in gleicher Weise für die in der Revision 2020 weiterhin zugrunde gelegten Grenzen gültig.

Es ist konform zur KTA 3201.4 /R 2/, dass die Betreiberin für lineare Anzeigen die Nachweisgrenze des Prüfverfahrens als Zulässigkeitskriterium festgelegt hat. Gemäß dieser Vorgabe war – wie auch in den Revisionen 2018 und 2019 – in der Revision 2020 jedes Heizrohr, für das die Prüfung lineare Anzeigen ergab, die auf rissartige Fehler hindeuten, zu verschließen.

4.1.4 Bewertung der eingesetzten Prüftechnik

Bezüglich der in 2020 eingesetzten Prüftechniken, die – mit Ausnahme der in diesem Jahr nicht eingesetzten Ultraschallprüftechnik – identisch zu den in der Revision 2019 eingesetzten und mit unserer Stellungnahme /S 5/ bewerteten Prüftechniken sind, ergeben sich unverändert nachfolgend zusammengefasste Bewertungen:

Der Innendurchlaufsensor (Bobbin-Sensor, Bobbin-Coil) wird zur Detektion von Fehlern über die gesamte DE-Heizrohlänge eingesetzt. Mit ihm können axiale wie auch umfangsorientierte Fehler sowie Wanddickenschwächungen (Fehlertiefenbestimmung

±10 % Genauigkeit) ab der gemäß KTA 3201.4 /R 2/ festgelegten Registriergrenze (WDS > 20 %) sicher detektiert werden. Prüfeinschränkungen bestehen bei der Erkennung von Fehlern (Risse, flächiger Abtrag, Lochfraß, Einschnürungen, Abtrag durch Reibkontakt) an den Einwalzungen der DE-Heizrohre im Rohrboden sowie im Bereich der Rohrbodenoberkante. Der Bobbin-Sensor ist nicht geeignet für die Detektion und Beschreibung von umfangsorientierten Fehlern (SCI/MCI) im Bereich der Rohrbodenoberkante.

Der Array-Sensor (X-Probe™-Sensor, Array-Pancake-Sensor) wird in Bereichen, für die der Bobbin-Sensor kein auswertbares Ergebnis liefert, wie z. B. im Bereich der Rohrbodenoberkante, im Rohrbodenbereich und in den Einwalzbereichen der DE-Heizrohre, als Suchtechnik eingesetzt. Bei niedrigen Prüffrequenzen (< 400 kHz) wurde jedoch als Prüfeinschränkung erkannt, dass bei der Prüfung beim Vorhandensein von korrosionsbedingten Veränderungen der Bedingungen im konstruktiv bedingten Spalt zwischen dem DE-Heizrohr und dem Rohrboden Anzeigensignale (Störsignale) erzeugt werden können, die die Nutzsignale aus der Rohrwandung überdecken können („gelbes Band“). Für die anderen Bereiche der DE-Heizrohre sowie für DE-Heizrohre, bei denen sich kein „gelbes Band“ ergibt, können mit dieser Prüftechnik WDS > 10 % sicher erkannt werden. Zudem kann dieser Sensor auch zur Analyse von Längs- und Querfehlern in den DE-Heizrohren eingesetzt werden. Zur Bestimmung von Fehlerlagen am Rohrumfang und deren Länge ist der Array-Sensor sehr gut geeignet (Mess-Genauigkeit von ca. ± 2 %).

Bei dem Wirbelstrom-Rotiersensor (rotierender Plus Point Sensor, MRPC [Motorized Rotating Pancake Coil]) wird der Plus Point Sensor mit (meist) zwei Pancake-Sensoren kombiniert. Er dient zur Analyse von Längs- und Querfehlern in DE-Heizrohren und wird zur Tiefenbestimmung von Fehlern herangezogen. In Versuchen zeigte sich, dass bei Fehlern im Bereich von 40 % bis 100 % WDS mit einer Genauigkeit von ca. ± 10 % zu rechnen ist. Bei Anzeigen mit kleinen Signalamplituden (< 20 % WDS – das Signal ist hier nur geringfügig größer als das elektronische Rauschen) kann es zu Überbewertungen kommen. Der MRPC-Sensor ist für die Detektion und Beschreibung von umfangsorientierten Fehlern im Bereich der Rohrbodenoberkante, im Rohrbodenbereich, in den Einwalzbereichen der DE-Heizrohre und im freien Rohrbereich sehr gut geeignet (Genauigkeit von ca. ± 2 %). Entsprechend der neuen Erkenntnis, dass der Array-Sensor in bestimmten Prüfbereichen eine Prüfeinschränkung aufweist, wurde der MRPC-Sensor dort sowohl als Such- als auch als Analysetechnik eingesetzt.

Die o. g. Wirbelstrom-Sensoren werden im Vorfeld der Prüfungen zur Einstellung der Prüfempfindlichkeit an Vergleichskörpern justiert, die für den Nachweis von rissartigen Fehlern Nuten und für den Nachweis von Wanddickenschwächungen Bohrungen enthalten. Diese Vorgehensweise erfolgt in Übereinstimmung mit den Anforderungen aus der KTA 3201.4 /R 2/.

Die in den Jahren 2018 und 2019 von der Betreiberin gewählte Vorgehensweise, eine Verifizierung von Prüfergebnissen und damit die Überprüfung der Nachweisfähigkeit des eingesetzten Wirbelstromprüfverfahrens mittels einer zweiten, diversitären Prüftechnik, dem Ultraschallprüfverfahren, durchzuführen, entspricht den Anforderungen der KTA 3201.4 /R 2/. Anhand der seinerzeit vorgelegten Prüfergebnisse bestätigten wir in unseren Stellungnahmen /S 3/ und /S 5/ die gute Übereinstimmung der Ergebnisse. Damit wurde die Nachweisfähigkeit für den zur Detektion und Analyse von Anzeigen eingesetzten MRPC-Sensor bestätigt. Auf Grundlage dieser Bewertung war eine erneute Verifizierung für die in der Revision 2020 mittels des MRPC-Sensors detektierten und analysierten Anzeigen nicht erforderlich.

Zusammenfassend bewerten wir die im GKN II in der Revision 2020 eingesetzten Prüfverfahren und die eingesetzten Prüftechniken sowie die Auswertemethoden zur Anzeigencharakterisierung als geeignet und bewährt. Mit dem Einsatz dieser Prüftechniken wurden die Vorgaben der KTA 3201.4 /R 2/ und der DIN 25435-6 /R 3/ für die Prüfung von DE-Heizrohren erfüllt. Die Prüftechniken entsprechen weiterhin dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik (W&T) hinsichtlich der DE-Heizrohr-Prüfung.

Mit der zusätzlich zur Prüfung mit der Innendurchlaufspule (Bobbin-Coil) bei allen zu prüfenden DE-Heizrohren erfolgten Prüfung mit dem Array-Sensor (X-Probe™) im Bereich zwischen Heizrohr-Eintritt an der Unterkante des Rohrbodens und erstem Abstandhalter (der den entsprechend der Befundlage kritischen Bereich einschließt) wurden die Prüfungen derart durchgeführt, wie es die RSK in der Empfehlung 1 sowie in der Empfehlung 3 c) ihrer Stellungnahme /S 8/ aufgeführt hat.

Mit der Festlegung, die DE-Heizrohre, für die die Prüfung mit dem Array-Sensor keine sicher auswertbaren Signale im Bereich des konstruktiv bedingten Spalts zwischen dem Heizrohr und dem Rohrboden ergab, zusätzlich mit dem MRPC-Sensor zu prüfen, entsprach die Betreiberin ebenfalls der Empfehlung 3 c) der RSK-Stellungnahme /S 8/ sowie der Empfehlung 6 der RSK-Empfehlung /S 7/.

Mit den an den von Befunden betroffenen DE-Heizrohren durchgeführten Analysen zur Bestimmung der Fehlerabmessungen (Länge, Tiefe) und deren Orientierung (axial, in Umfangsrichtung verlaufend) wurde der Empfehlung 3b) aus der RSK-Stellungnahme /S 8/ sowie der Empfehlung 9 d) der RSK-Empfehlung /S 7/ seitens der Betreiberin vollumfänglich entsprochen.

4.2 Bewertung der durchgeführten Prüfungen und Ergebnisse

Die Prüfdurchführung und -auswertung wurde von dem zugezogenen Sachverständigen TÜV SÜD ET überwacht.

Die sachliche Richtigkeit und die Übereinstimmung mit den Anforderungen der der Prüfung zugrundeliegenden Unterlagen wurde von der zuständigen Sachverständigenorganisation TÜV SÜD ET mit der Stellungnahme /S 9/, wie nachfolgend zusammengestellt, bestätigt:

In der Revision 2020 erfolgte eine Wirbelstromprüfung aller unverschlossenen Dampferzeugerheizrohre zwischen dem Dampferzeugerheizrohrboden und dem ersten Abstandshalter. Die Prüfungen wurden vom Sachverständigen begleitet.

Die Zusammenstellung der Prüfergebnisse erfolgte in den vom Sachverständigen geprüften Anzeigenlisten [...].

Aus Sicht des Sachverständigen entspricht die Auswertemethodik der Wirbelstrommessungen aus 2020 dem bewährten Vorgehen, das bereits in der Revision 2019 praktiziert wurde und damit dem derzeit aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik. [...]

Im Rahmen der zerstörungsfreien Prüfungen im Zuge der Revision 2020 wurden alle sicherheitstechnisch bedeutsamen Anzeigen an den DE-Heizrohren, die nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik mit dem Wirbelstromprüfverfahren technisch nachweisbar sind, gefunden.

Mit der gemäß der Prüfstrategie durchgeführten Prüfung aller nichtverschlossenen DE-Heizrohre entspricht die Betreiberin der Empfehlung 9 c) der RSK-Empfehlung /S 7/.

Wir haben darüber hinaus die von der Betreiberin vorgelegten Auswertungen der durchgeführten Wirbelstromprüfungen bezüglich

- der Länge und Tiefen der Anzeigen,
- der Lage der Anzeigen bezogen auf die Ablagerungsbereiche auf den Rohrböden,
- der Verteilung der von Anzeigen behafteten DE-Heizrohre bezogen auf den Rohrboden und
- der Veränderung der Tiefe des konstruktiven Spaltes zwischen den DE-Heizrohren und dem Rohrboden

geprüft. Wir bestätigen, dass die von der Betreiberin vorgenommenen Bewertungen, dass

- die Tiefen- und Umfangserstreckungen der in 2020 detektierten Anzeigen im Mittel geringer gegenüber den in 2018 und 2019 detektierten Anzeigen geworden sind,
- eine deutliche Zuordnung der Anzeigen zu den Ablagerungsbereichen auf den DE-Rohrböden möglich ist,

- sich alle 2020 detektierten Anzeigen hinsichtlich der Verteilung der von Anzeigen behafteten DE-Heizrohre bezogen auf den Rohrboden in die Systematik der 2018 und 2019 detektierten Anzeigen einordnen lassen und
- die in 2020 ermittelten Spalttiefen keine signifikanten Veränderungen gegenüber den in 2018 und 2019 ermittelten Spalttiefen erkennen ließen

nachvollziehbar und korrekt sind.

Wir bewerten das Vorgehen der Betreiberin, die Prüfergebnisse der Prüfungen in 2020 mit den Ergebnissen der Prüfungen in den Jahren 2017 bis 2019 im Hinblick auf eine Veränderung der Anzeigen zu vergleichen, konform zur KTA 3201.4 /R 2/. Ein solcher Vergleich ist erforderlich, um daraus Erkenntnisse für den weiteren Betrieb der Anlage abzuleiten.

Aus den in der Prüfdokumentation enthaltenen Rohrplänen geht nachvollziehbar hervor, dass die mittels MRPC-Sensor geprüften Bereiche in allen DE die Rohrpositionen vollständig abdeckten, für die anhand der Prüfung mit dem Array-Sensor „gelbe Bänder“ identifiziert wurden (siehe Abbildung 16 – beispielhaft für DE 20 (HL)).

Zudem bestätigen wir anhand der Einsichtnahme in die Prüfdokumentationen /U 1/, /U 6/, dass für die DE-Heizrohre, an denen in der Revision 2020 lineare Anzeigen detektiert wurden, keine Hinweise auf Beulen (Denting) vorgefunden wurden.

Mit den durchgeführten Auswertungen hinsichtlich der Veränderung von Spalttiefen und des Vorliegens von Beulen (Denting) entspricht die Betreiberin der Empfehlung 8 der RSK-Empfehlung /S 7/.

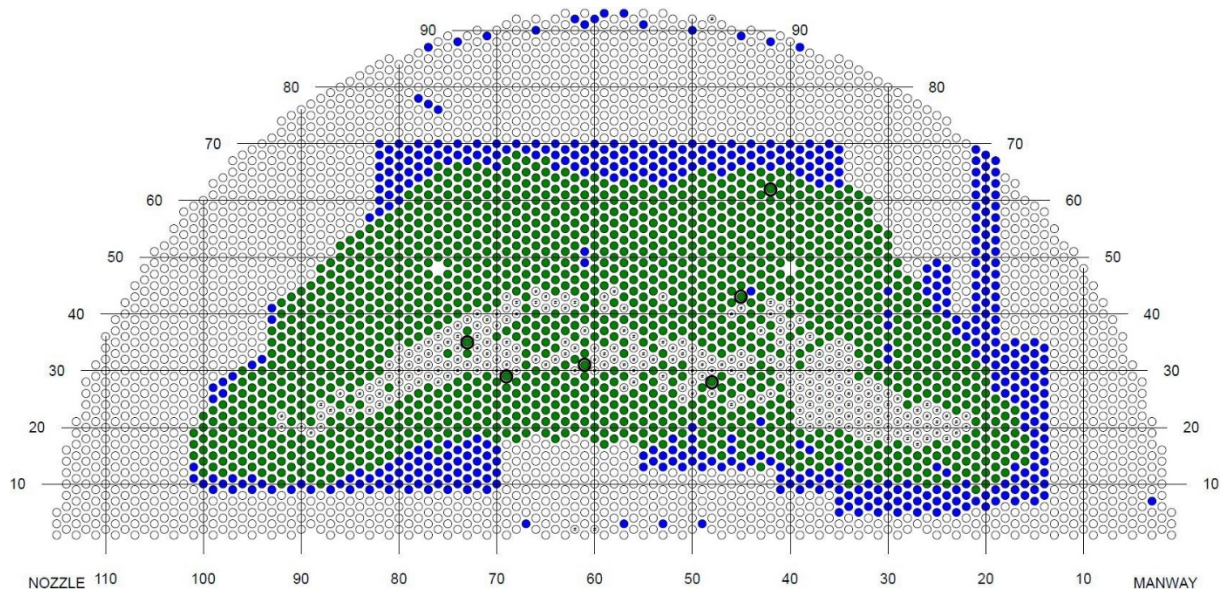


Abbildung 16 DE 20 (HL) – MRPC-Prüfumfang, Positionen mit „gelben Bändern“ und lineare Anzeigen in der Revision 2020 – aus /U 15/

Blauer und grüner Bereich – Prüfumfang für die Prüfung mit dem MRPC-Sensor (vgl. Abb. 3); Anmerkung: Die grauen Bereiche innerhalb des grünen Bereiches waren nicht prüfbar, da all diese Heizrohre bereits verschlossen sind.

Grüner Bereich – Heizrohrpositionen, für die „gelbe Bänder“ dokumentiert wurden

4.3 Bewertung der Schadenshypothese

4.3.1 Allgemeines

Ausgehend von dem Grundprinzip, dass nur beim gleichzeitigen Vorliegen der Grundvoraussetzungen

- empfindlicher Werkstoffzustand,
- korrosive Umgebungsbedingungen und
- Zugspannungen (nur bei Spannungsrisskorrosion)

ein Korrosionsangriff an den DE-Heizrohren möglich ist (vgl. Abbildung 17), bewerten wir nachfolgend die diesbezüglichen Einschätzungen der Betreiberin zu den Verhältnissen im GKN II dahingehend, ob die in der Revision 2020 vorgefundenen Anzeigen und die diesen Anzeigen zugrundeliegenden Fehler der in 2018 aufgestellten Schadenshypothese zugeordnet werden können.

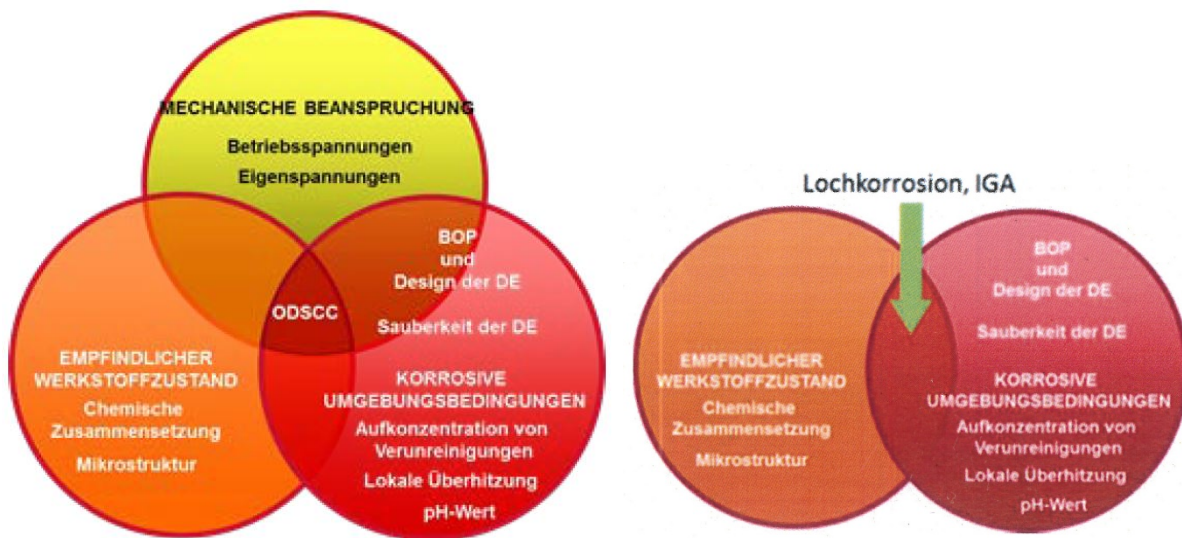


Abbildung 17 Voraussetzungen für das Auftreten von Korrosion an DE-Heizrohren für Spannungsrisskorrosion (ODSCC) und Lochkorrosion (IGA) (aus /U 12/)

Bei unserer Bewertung der Schadenshypothese im Jahr 2018 sind wir in unserer Stellungnahme /S 4/ zu folgenden Ergebnissen gekommen:

- *Wir bestätigen, dass der eingesetzte DE-Heizrohr-Werkstoff Incoloy 800 unter bestimmten Bedingungen anfällig für Spannungsrisskorrosion ist.*
- *Wir bestätigen ebenfalls, dass korrosiv wirkende Verunreinigungen in die DE eingetragen wurden, die sich im Bereich der festen und weichen, eisenhaltigen Ablagerungen oder auch in Spalten zwischen Rohrboden und Heizrohren in der Weise aufkonzentrieren konnten, dass korrosiv wirkende Bedingungen vorlagen.*
- *Auf Grundlage der Einsichtnahme in vorgelegte rechnerische Nachweise und eigener vergleichender Berechnungen bestätigen wir, dass axiale Zugspannungen im geschädigten Bereich der DE-Heizrohre unter den betrieblichen Bedingungen vorhanden sind.*

Mit dem Vorliegen dieser drei Voraussetzungen in bestimmten Bereichen der äußeren Oberflächen der DE-Heizrohre im GKN II sind die Bedingungen für das Auftreten von Spannungsrisskorrosion gegeben. Dies wird durch das Erscheinungsbild der bei der zerstörungsfreien Prüfung detektierten Anzeigen bestätigt.

Die Einflussgrößen „empfindlicher Werkstoffzustand“ und „Zugspannungen“ bewerten wir gegenüber dem Stand von 2018 und auch 2019 als unverändert. Die dritte Einflussgröße „korrosive Umgebungsbedingungen“ wird im Betrieb der DE hauptsächlich

von der betriebsabhängig variierenden Wasserchemie sowie der Bedeckung der Rohrböden mit Ablagerungen (Sludge) beeinflusst. Daher messen wir diesen beiden Aspekten eine besondere Bedeutung im Rahmen unserer Bewertung zu.

4.3.2 Bewertung der wasserchemischen Randbedingungen

4.3.2.1 Betriebszyklus 2019-2020

Im Rahmen der Bewertung des ME 04/2018 /U 4/ sowie der GRS-WLN 06/2018 /S 12/ wurden aus chemischer Sicht die Parameter „Eintrag von Eisenoxid“ und „Verschlechterung der wasserchemischen Parameter“ als ursächlich für die festgestellten Schädigungen identifiziert.

Die Darstellung der Betreiberin zum insgesamt positiven und anhaltenden Trend hinsichtlich des deutlich verminderten Eiseneintrags in die DE können wir nachvollziehen. Wir bewerten daher weiterhin die Einstellung der Sauerstoffdosierung als zielführend für die Reduzierung des Eisenoxideintrages.

Die Betreiberin teilte im Schreiben /U 2/ mit, dass die Sulfat-Konzentration im Speisewasser unterhalb der messtechnisch nachweisbaren Konzentration lag und hat daher eine, aus dem betrieblichen Schlupf aus den Mischbettfiltern der DE-Abschlammleitung abgeleitete Gesamtmenge für den Sulfat-Eintrag ermittelt und für die weiteren Betrachtungen verwendet. Dagegen bestehen keine Einwände. Die von der Betreiberin vorgenommene Abschätzung des kumulierten Sulfataustrags können wir so nicht bestätigen, da nach Aussage der Betreiberin die Werte der über die DE-Abschlammung betriebsbegleitend gemessenen Sulfatkonzentrationen überwiegend unterhalb der Nachweisgrenze lagen. Dies können wir somit auch nicht für die von der Betreiberin abgeleitete positive Sulfat-Bilanz zugunsten des Austrages aus den DE.

Die Werte für die integrale Leitfähigkeit haben sich im Zyklus 2019/2020 für alle vier DE gegenüber dem Vorzyklus verbessert. Über den gesamten Zyklus liegen die Werte deutlich unter der in dem Entwurf der VGB-Richtlinie /S 11/ eingeführten Schwelle für den Aktionsbereich AB1.

4.3.2.2 Messungen in der Revision 2020

Die im Rahmen der Revision 2020 gemäß Betriebsanweisung N-BAW-0258 /U 11/ durchgeführten Messungen der wasserchemischen Parameter (einschließlich der Untersuchungen zum HOR-Verhalten) wurden sowohl während des Abkühlprozesses der DE durchgeführt als auch bei den nachfolgenden Entleerungen sowie der Nasskon-

servierung der DE. Sie erfolgten nach einem vorher festgelegten Probenahmeprogramm. Der Verzicht auf den in den Vorjahren gesetzten Haltepunkt (bei 160 °C) beim Abkühlen der DE wegen mangelndem zusätzlichem Nutzen ist sachlich begründet.

Wie die Betreiberin mitteilte, wurde aufgrund von aufgetretenen Abweichungen ein Teil der gemessenen Werte nicht für die Bilanzierung herangezogen., da diese Werte für die vorliegenden Verhältnisse nicht repräsentativ sind. Da es, z. B. durch zusätzliche Einträge von Sulfat-Ionen aus den Deionatbecken des Notspeisesystems bei der Neubefüllung der DE zu einer Überschätzung der Sulfat-Austräge hätte kommen können, bewerten wir dieses Vorgehen als sachgerecht. Die von der Betreiberin beabsichtigte Ergänzung der Betriebsanweisung /U 11/ um die verfahrenstechnische Möglichkeit, die DE über Schlauchleitungen direkt aus dem GHC-System mit Sulfat-freiem Deionat zu befüllen, bewerten wir somit als zielführend, die Repräsentativität zukünftiger Messungen zu verbessern.

Die in der Revision 2020 ermittelten Austragsmengen beim Spül- und Reinigungsprogramm (siehe Tabelle 4) und der Vergleich mit den entsprechenden Werten aus den Vorjahren (siehe Tabelle 5) weisen u.a. für die Parameter Calcium, Natrium und Chlorid deutlich niedrigere Werte auf. Auch wir sind der Auffassung, dass dies darauf zurückgeführt werden kann, dass im zurückliegenden Zyklus keine Kondensatorlecksagen mehr aufgetreten sind. Die Verringerung der in die DE eingetragenen ionalen Verunreinigungen bewerten wir als einen wesentlichen Beitrag für die Minderung der Korrosionsgefahr an den DE-Heizrohren.

Ein Rückgang des Sulfataustrags wird nur für den DE 10 beobachtet. Für die drei anderen DE (im Mittel um Faktor 1,5) und den Gesamtaustrag über alle vier DE ist gegenüber dem Vorjahr ein Anstieg festzustellen. Hinweise auf einen gegenüber dem Zyklus 2018-2019 erhöhten Eintrag von Sulfat sind dem Bericht /U 2/ jedoch nicht zu entnehmen.

Die Erklärung der Betreiberin, dass der erhöhte Sulfataustrag durch die noch vorhandenen Verunreinigungen in den konstruktiv bedingten Ringspalten zwischen den DE-Heizrohren und dem Rohrboden verursacht wurde, sehen wir als eine mögliche Ursache an. Ungeachtet dieser Bewertung bewerten wir die Ankündigung der Betreiberin in ihrem Bericht /U 2/, dass sie die Vermeidung von Sulfateinträgen während des Leistungsbetriebes sowie die möglichst umfassende Entfernung von Sulfat durch Reinigungs- und Spülprogramme auch in der Zukunft mit hoher Priorität verfolgen wird, als einen essentiellen Baustein zur weiteren Verbesserung der wasserchemischen Verhältnisse auf den DE-Sekundärseiten.

4.3.2.3 pH(T)-Wert-Berechnungen

Die aus den in der Revision 2020 aus den Messergebnissen der Entleerungsproben berechneten pH(T)-Werte (siehe Tabelle 6) weisen für die DE 30 und 40 eine Verschiebung in den stark sauren Bereich aus. Dies korreliert mit erhöhten Sulfat-Konzentrationen in den Entleerungsproben aus der Revision 2020 im Vergleich zur Revision 2019. Jedoch ist hier zu beachten, dass aufgrund der nicht mehr vorhandenen Kondensatorleckagen die Kationen Calcium, Magnesium und Natrium bei der Entleerung fehlen und dadurch der berechnete pH(T)-Wert in den sauren Bereich abfällt.

Wir bestätigen, dass dieser Effekt noch dadurch verstärkt wird, dass bei den niedrigen Temperaturen, bei denen die Erstentleerungen beprobt wurden, Verbindungen dieser Elemente in ungelöster Form vorliegen und somit nicht zur Bilanzierung beitragen.

Daher bewerten wir die Ergebnisse der pH(T)-Wert-Berechnungen aus den Ergebnissen der Hide-Out-Return-Messungen, für die die Probenahme beim Abfahren der Anlage bei hohen Temperaturen bis 160 °C erfolgt, als aussagekräftiger für die hier zu bewertenden Korrosionsbedingungen für die DE-Heizrohre im Bereich der Rohrbodenoberfläche.

Für diese Messungen kann festgestellt werden, dass für alle vier DE eine Entwicklung der für die HOR-Beprobung in der Revision 2020 berechneten pH(T)-Werte hin zum temperaturabhängigen Neutralwert ermittelt wurde. Wir bestätigen die diesbezügliche Feststellung der Betreiberin in /U 2/. Dieses Ergebnis korreliert mit der verringerten Anzahl von rissartigen Anzeigen in der Revision 2020 gegenüber den Prüfergebnissen aus der Revision 2019.

Mit den durchgeführten HOR-Messungen und den wasserchemischen Analysen entspricht die Betreiberin der Empfehlung 2 der RSK-Stellungnahme /S 8/ sowie der Empfehlung 3 der RSK-Empfehlung /S 7/.

4.3.2.4 Zusammenfassende Bewertung der wasserchemischen Randbedingungen

Die zur Ermittlung des wasserchemischen Zustandes des Speisewassers bzw. der DE-Wässer qualitativ und quantitativ durchgeführten Analysen bewerten wir als zielführend und geeignet, um aus den Ergebnissen sachgerechte Gegenmaßnahmen zur Verhinderung oder Minimierung weiterer Schäden an den DE-Heizrohren abzuleiten.

Wir stimmen der Einschätzung der Betreiberin zu, dass anhand der gegenüber 2018 und 2019 ermittelten verringerten Austragsmenge für die ionalen Verunreinigungen wie Natrium, Chloride und Calcium auf eine Verbesserung der wasserchemischen Be-

dingungen in den DE im Hinblick auf die Vermeidung weiter korrosiver Angriffe geschlossen werden kann. Die Ergebnisse der in 2020 durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen untermauern dies. Diese Einschätzung gilt auch, obwohl wir die von der Betreiberin vorgenommene Abschätzung des Sulfataustrags und die von ihr daraus abgeleitete positive Sulfat-Bilanz zugunsten des Austrages aus den DE nicht im Detail bestätigen können. Hierzu verweisen wir auf unsere Bewertung des erhöhten Sulfataustrags in 4.3.2.2.

Zusammenfassend stellen wir fest, dass die von der Betreiberin in der Revision 2018 eingeleiteten und mit der Erstellung der Betriebsanweisung N-BAW-0258 /U 11/ fortgeschriebenen Maßnahmen zur Verbesserung des chemischen Zustandes der DE insgesamt zielführend waren. Die Vorgaben zur integralen Messung der Leitfähigkeit im Entwurf der VGB-Richtlinie /S 11/ wurden beachtet und eingehalten.

Im Zusammenspiel mit den verbliebenen Verunreinigungen in den Ringspalten zwischen DE-Heizrohren und Rohrboden aus den zurückliegenden Betriebszyklen, die trotz umfangreicher Spül- und Reinigungsmaßnahmen auch in der Revision 2020 noch nicht entfernt werden konnten, ist nicht auszuschließen, dass in diesen Spalten weiterhin z. T. saure Bedingungen in nicht näher zu quantifizierendem Umfang vorliegen. Wir kommen jedoch zu der Bewertung, dass angesichts der in der Revision 2020 im Vergleich zu den Vorjahren deutlich verbesserten Befundsituation an den DE-Heizrohren und aus den Ergebnissen der HOR-Messungen beim Abfahren eine Verbesserung der korrosionschemischen Bedingungen in den Spalten der DE abgeleitet werden kann.

Da jedoch nicht ausgeschlossen werden kann, dass weiterhin relevante Restmengen der eingetragenen Verunreinigungen in den DE verblieben sind, sehen wir die Ableitung der Betreiberin, das in der Revision 2020 gemäß der Betriebsanweisung N-BAW-0258 /U 11/ durchgeführte Reinigungs- und Spülprogramm sowie das zugehörige Probenahmeprogramm auch für die kommende Revision beizubehalten, als zielführend an, das Korrosionspotenzial für die DE-Heizrohre weiter zu senken.

4.3.3 Bewertung der Sludgehöhen

Wir stellen fest, dass die in unserer Stellungnahme /S 3/ getroffenen grundsätzlichen Aussagen zur lokalen Ablagerung von eingetragenen Verunreinigungen oder Fremdstoffen auf den Rohrböden der DE weiterhin gültig sind. Die für diese Bauart von DE typische nierenförmige Ausprägung des Sludges ist auch in der Revision 2020 anhand der Wirbelstromprüfungen wieder nachgewiesen worden (siehe beispielhaft Abbildungen 5 und 7 mit den dazugehörigen Änderungen der Sludgehöhen in 2020 in den Abbildungen 6 und 8). In diesen Bereichen können sich ggf. Verunreinigungen weiterhin ansammeln und durch Verdampfungsprozesse aufkonzentrieren.

In unserer Stellungnahme /S 5/ zu der in der Revision 2019 durchgeführten visuellen Prüfung der sekundärseitigen Rohrböden kamen wir zu dem Ergebnis, dass die erkannten Ablagerungen hinsichtlich Ablagerungshöhe, Konsistenz und Verteilung einem Ausmaß entsprachen, welches uns auch aus anderen Anlagen bekannt ist. Aus einem Vergleich der in den Revisionen 2019 und 2020 bezüglich der Sludge-/Belagshöhen ausgewerteten Wirbelstromdaten (z. B. Abbildungen 6 und 8) ergeben sich keine Hinweise darauf, dass die vorhandenen Ablagerungen signifikant zugenommen haben. Basierend auf dieser Bewertung ergab sich in der Revision 2020 für uns nicht die Notwendigkeit für eine erneute mechanische Rohrbodenreinigung, zumal keine Hinweise auf vorhandenen Soft Sludge (z. B. Schlämme) gefunden wurden, für die wir das korrosionstechnische Potential im Hinblick auf die DE-Heizrohr-Integrität deutlich kritischer bewerten. Aus der Empfehlung 5 der RSK-Empfehlung /S 7/ ergibt sich somit aus unserer Sicht kein weiterer Handlungsbedarf.

4.3.4 Bestätigung der Schadenshypothese

Bei der von der Betreiberin aufgestellten und von uns in der Stellungnahme /U 3/ bestätigten Schadenshypothese spielen verschiedene Korrosionsmechanismen am ferritischen Rohrbodenwerkstoff und letztendlich auch am austenitischen Heizrohrwerkstoff eine Rolle. Infolge einer Freilegung von eigenspannungsbelasteten Einwalzbereichen am DE-Heizrohr kann sich die Korrosion dort vornehmlich rissartig ausbreiten. In Heizrohr-Bereichen, in denen keine Zugspannungen vorliegen, kann ein Korrosionsangriff nur derart stattfinden, dass sich die Schädigung punktuell in die Tiefe ausbreitet. Dies wird in den meisten Fällen an DE-Heizrohr-Bereichen oberhalb des Rohrbodens beobachtet.

Mit der Erkenntnis, dass weiterhin korrosiv wirkende Umgebungsbedingungen im rohrbodennahen Bereich einzelner DE-Heizrohre vorherrschen, und der unveränderten Einschätzung zum empfindlichen Werkstoffzustand sowie zum vorliegenden Spannungsniveau sehen wir es als gegeben an, dass die notwendigen Voraussetzungen zur Entstehung und zum Fortschritt von Korrosionsschäden im GKN II im Betriebszyklus 2019/2020 vorlagen.

In der Revision 2020 wurden an einigen DE-Heizrohren im Bereich der oberen Einwalzkante umfangsorientierte Anzeigenmuster erkannt, die eine grundsätzlich gleichartige Ausprägung und Lage besitzen, wie die in 2018 und 2019 dokumentierten Anzeigenmuster, für die aus dieser Charakteristik der Schadensmechanismus der interkristallinen Spannungsrisskorrosion abgeleitet wurde (siehe Abbildung 17 – dort als ODSCC – Outer Diameter Stress Corrosion Cracking bezeichnet).

Auch die in der Revision 2020 festgestellten sowie in den zurückliegenden Revisionen in 2017, 2018 und 2019 detektierten Anzeigenmuster der volumetrischen Anzeigen

sind hinsichtlich ihrer Ausprägung und Lage gleichartig. Hierfür wurde der Schadensmechanismus Lochkorrosion/Intergranular Attack (IGA) abgeleitet (siehe Abbildung 17).

Die Bestätigung der Vergleichbarkeit gilt auch, obwohl sich in den entsprechenden bildlichen Darstellungen (C-Scans) Unterschiede hinsichtlich der Höhe der Spannungsamplituden, die sich in den Anzeigenmustern als „Berge“ darstellen (siehe Abbildung 18 für die linearen, umfangsorientierten Anzeigen), welche jedoch meist kein Maß für die Anzeigentiefe sind, ersichtlich sind.

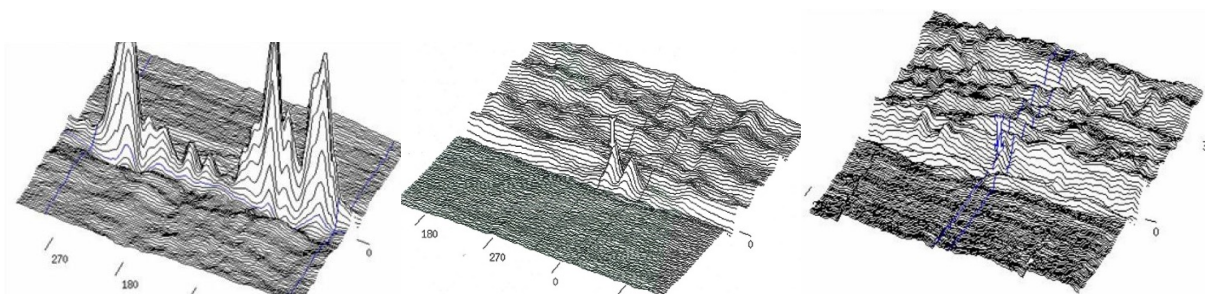


Abbildung 18 Typische Anzeigenmuster für die in 2018 (links), 2019 (Mitte) und 2020 (rechts) detektierten Anzeigenmuster für lineare umfangsorientierte Anzeigen, resultierend aus den MRPC-Prüfungen

Die Tatsache, dass die rissartigen Korrosionsschäden im Zyklus 2019/2020 überwiegend an Heizrohren im DE 20 und nur in einem Fall im DE 40 auftraten, lässt sich mit der beobachteten, verschiedenartigen Ablagerung von Verunreinigungen auf den DE-Rohrböden erklären. Bereits bei den Prüfungen in den Revisionen 2018 und 2019 wurden im DE 20 weitaus mehr infolge interkristalliner Spannungsrisskorrosion geschädigte Heizrohre als im DE 40 festgestellt.

Somit bestätigen wir aufgrund

- der Ausprägung der Anzeigen,
 - der Lage (Position im Heizrohr) der Anzeigen,
 - der Position der geschädigten Heizrohre im DE
- sowie unter Berücksichtigung
- der vorhandenen wasserchemischen Randbedingungen,
 - des vorhandenen empfindlichen Werkstoffzustandes und
 - des in den Heizrohren vorhandenen Spannungszustandes,

dass die im Jahr 2018 aufgestellte Schadenshypothese hinsichtlich der Entstehung von linearen umfangsorientierten Anzeigen und der volumetrischen Anzeigen auch für

die in der Revision 2020 detektierten Schäden weiterhin gültig ist. Hinweise darauf, dass andere Schadensmechanismen gewirkt und entsprechende Schädigungen an den Bauteilen verursacht haben, ergaben sich nicht. Mit der vorgenommenen Einordnung der festgestellten Anzeigen in die für GKN II bekannten Korrosionsmechanismen wird der Empfehlung 9 a) und 9 b) der RSK-Empfehlung /S 7/ entsprochen.

Aufgrund dieser Bewertung ergab sich für uns auch in der Revision 2020 nicht das Erfordernis zum Heraustrennen von Heizrohrabschnitten mit Befundanzeigen zu weiteren Untersuchungen bezüglich der Schadensanalyse. Damit wurden die Empfehlung 3 a) der RSK-Stellungnahme /S 8/ sowie der diesbezügliche Aspekt in der Empfehlung 9 b) der RSK-Empfehlung /S 7/ berücksichtigt.

4.4 Bewertung der Behebung der Schäden, der Maßnahmen gegen eine Wiederholung und des Integritätskonzeptes für den Betriebszyklus 2020/2021

4.4.1 Bewertung der Behebung der Schäden

Die Reparatur der geschädigten DE-Heizrohre erfolgte – wie auch in den Jahren 2017 bis 2019 – durch das Setzen von reversiblen Walzstopfen, um einen Übertritt von Primärkühlmittel in den Sekundärkreislauf für den Fall, dass es an den DE-Heizrohren bei einem weiteren Fortschreiten der Wanddickenschwächungen zu wanddurchdringenden Fehlern kommt, zu verhindern. Zur Vorsorge dagegen, dass es durch DE-Heizrohre, die von rissartigen Schädigungen betroffenen sind, zu Folgeschäden an benachbarten intakten DE-Heizrohren kommt, wurden alle von diesen Schädigungen betroffenen DE-Heizrohre im Bereich der Schäden, also heißseitig, zusätzlich mit Füllstopfen stabilisiert.

Für das Einwalzen von Heizrohren in DE-Rohrböden sind in der KTA 3201.3 /R 1/, Abschnitt 6.7 Anforderungen enthalten. Diese Anforderungen sind auch in den für das Verschließen anzuwendenden Vorprüfunterlagen festgeschrieben worden. Das im GKN II seit einigen Jahren angewendete Verfahren zum Verschluss von anzeigenbehafteten DE-Heizrohren mittels Walzstopfen ist hinsichtlich seiner Durchführung und Wirksamkeit qualifiziert worden. Wir bewerten es weiterhin zum Verschluss von DE-Heizrohren als bewährt und geeignet.

Das Einsetzen der Füllstopfen wurde in 2018 für den Anwendungsfall im GKN II neu qualifiziert. Wir kamen in unserer Stellungnahme /S 3/ zu dem Ergebnis, dass die geplante Maßnahme zielführend zur Sicherstellung der Integrität der DE-Heizrohre ist.

Auf der Basis der vom TÜV SÜD ET bestätigten Anzeigenliste haben wir geprüft, ob die Betreiberin das Verschließen der in 2020 von Anzeigen betroffenen DE-Heizrohre

mittels Walz- oder mit Füll- und Walzstopfen sachgerecht auf der Grundlage der festgelegten Verschlusskriterien vorgesehen hat. Unsere Prüfung ergab, dass der von der Betreiberin festgelegte Verschlussumfang den festgelegten Verschlusskriterien entspricht.

Die ordnungsgemäße Durchführung der Reparaturarbeiten in 2020 wurde vom zugezogenen Sachverständigen TÜV SÜD ET überwacht. Der Abschluss des Stopfensetzens wurde vom zugezogenen Sachverständigen in den Verschlusslisten /U 13/ und in seiner Stellungnahme /S 10/ bestätigt.

Mit den durchgeführten Reparaturmaßnahmen stellte die Betreiberin sicher, dass die geschädigten und nunmehr verschlossenen DE-Heizrohre nicht mehr Bestandteil der Druckführenden Umschließung sind und daher nicht weiter die an die DFU gestellten Anforderungen bezüglich des Einschlusses des Primärkühlmittels erfüllen müssen. Wir bewerten die eingesetzten Reparaturverfahren weiterhin als geeignet, dies unabhängig von den zu unterstellenden Beanspruchungen und Lastfällen sicher zu gewährleisten.

Mit der umgesetzten Reparaturmaßnahme, wurden

- alle – unter Berücksichtigung der Nachweisgrenze/Messgenauigkeit der eingesetzten ZfP-Prüfverfahren – von rissartigen Anzeigen betroffenen DE-Heizrohre und
- das von einer volumetrischen Anzeige mit einer Wandschwächung $\geq 30\%$ betroffene DE-Heizrohr

verschlossen.

Zusätzlich entschied sich die Betreiberin, vor dem Hintergrund der von der RSK in /S 7/ formulierten Empfehlung 9 e), vier weitere DE-Heizrohre im DE 20, die keine Anzeigen aufwiesen, vorsorglich mittels Walzstopfen zu verschließen (siehe Abbildung 14). Dies bewerten wir hinsichtlich der Schadensvorsorge als sicherheitsgerichtet, da die betreffenden Heizrohrpositionen inmitten des am stärksten geschädigten Bereiches angeordnet sind und die Wahrscheinlichkeit dafür, dass hier in den kommenden Betriebszyklen ebenfalls Schädigungen entstehen, als am größten einzuschätzen war.

Mit den durchgeführten Verschlussmaßnahmen entspricht die Betreiberin der Empfehlung 3 d) der RSK-Stellungnahme /S 8/ sowie der Empfehlung 9 e) und f) der RSK-Empfehlung /S 7/.

Aufgrund des geringen Anteils der nunmehr verschlossenen Heizrohre – im diesbezüglich als führend anzusehenden DE 20 sind es insgesamt 275 ($\cong 6,7\%$) – ist die sichere Wärmeabfuhr über den DE 20 weiterhin in keiner Weise gefährdet (siehe auch unsere Bewertung in /S 5/). Diese Aussage gilt in abdeckender Weise auch für die

übrigen DE, bei denen nur 38 (DE 10), 9 (DE 30) und 49 (DE 40) Heizrohre verschlossen sind.

4.4.2 Bewertung der Spül- und Konservierungsmaßnahmen in den Dampferzeugern

Die im Rahmen der Revision 2020 durchgeführten Spül- und Konservierungsmaßnahmen dienten dem Ziel, die im Zyklus 2019/2020 neu eingetragenen sowie die nach der Revision 2019 weiterhin vorhandenen korrosionsfördernden Verunreinigungen weitgehend aus den DE auszutragen. Den Verzicht auf den in den Vorjahren gesetzten Haltepunkt (bei 160 °C) beim Abkühlen der DE haben in Abschnitt 4.3.2.2 bewertet.

Für das Reinigungs- und Spülprogramm hat die Betreiberin die aus den Erfahrungen der Revision 2019 abgeleiteten Maßnahmen:

- die Notspeisebecken zum wirksamen Wasseraustausch während der Revision komplett zu entleeren und mit frischem Deionat wieder zu befüllen und
- für die Befüllung der DE zur Konservierung nur Deionat aus den Notspeisebecken zu verwenden, für die ein Wasserwechsel vorgenommen wurde

berücksichtigt und in der Revision 2020 umgesetzt.

Das Reinigungs- und Spülprogramm und dessen Anwendung bewerten wir als sachgerechte Grundlage und zielführend für die Reinigung der DE im GKN II in Bezug auf die hier zu betrachtenden Verunreinigungen. Mit der Durchführung des Spül- und Konservierungsprogramms sowie den in diesem Zuge umgesetzten Probenahmen zur Überwachung der Wirksamkeit dieser Maßnahmen entspricht die Betreiberin der Empfehlung 4 der RSK-Empfehlung /7/.

Unter der Voraussetzung, dass die Kondensatorberohrung aufgrund der durchgeführten Vorsorgemaßnahmen weiterhin dicht bleibt, ist zu erwarten, dass in der weiteren Betriebszeit die vorhandenen Verunreinigungen in den DE weiter sukzessive reduziert werden.

Unsicher bleibt – wie auch schon in den Revisionen 2018 und 2019 – die Aussage, ob die durchgeführten Reinigungs- und Konservierungsmaßnahmen in den konstruktiv vorhandenen oder durch Korrosion des Rohrbodenwerkstoffes veränderten Spalten zwischen Rohrboden und DE-Heizrohren ebenso effektiv waren. Die nach dem Zyklus 2019/2020 nun vorliegenden ZfP-Prüfergebnisse zeigen, dass die Korrosionsangriffe hinsichtlich der Zahl der betroffenen DE-Heizrohre deutlich und hinsichtlich der Ausprägung der Angriffe bezüglich der resultierenden integralen Wanddickenschwächungen weiter leicht abgenommen haben. Es ist jedoch angesichts der Tatsache, dass weiterhin korrosionsbedingte Schädigungen im Zyklus 2019/2020 neu entstanden

sind, zu unterstellen, dass in den konstruktiv vorhandenen oder durch Korrosion des Rohrbodenwerkstoffes veränderten Spalten zwischen Rohrboden und DE-Heizrohren immer noch Restverunreinigungen in Konzentrationen vorhanden sind, durch die ein zukünftiger korrosiver Angriff an DE-Heizrohren nicht gänzlich auszuschließen ist.

Mit dem vorsorglichen Verschließen von vier weiteren DE-Heizrohren im DE 20 (HL) wurden die aufgrund der Betriebserfahrungen hinsichtlich eines korrosiven Angriffs am stärksten gefährdeten Positionen verschlossen. Dennoch können wir nicht ausschließen, dass es auch im nächsten Zyklus ausgehend von lokalen Korrosionsangriffen an einzelnen DE-Heizrohren zu einer Rissbildung an diesen Bauteilen und in der Folge möglicherweise zu einem Rissfortschritt bis hin zu einem wanddurchdringenden Riss kommen kann.

4.4.3 Bewertung der durchgeführten Kondensatorreparaturen

Die im elektronischen Schreiben /U 10/ dargelegten Maßnahmen zur Lecksuche in den Kondensatoren sowie zum Verstopfen von Rohren erfolgten in Betreibereigenverantwortung. Anforderungen aus dem Regelwerk, die eine Beteiligung des Sachverständigen für derartige Maßnahmen oder Prüfungen vorsehen, liegen nicht vor.

Auf Basis einer Einsichtnahme in die Dokumentationen bestätigen wir, dass ein vorsorgliches Verschließen von Rohren zum Zwecke des Prallschutzes erfolgte (siehe Abbildung 15).

Wir bewerten diese Verschlussmaßnahmen als zielführend und geeignet, die Wahrscheinlichkeit von Kondensatorleckagen und somit den Eintrag von korrosionsfördernden Verunreinigungen weiter zu reduzieren.

Mit den durchgeführten Maßnahmen entspricht die Betreiberin der Empfehlung 2 der RSK-Empfehlung /S 7/.

4.4.4 Bewertung der Einstellung der Sauerstoffdosierung in den Heizdampf der Zwischenüberhitzer

Die erfolgte Einstellung der Sauerstoffdosierung in den ZÜ-Dampf vor Beginn der Betriebsperiode 2018/2019 führte zu einer signifikanten Reduktion der Einträge von Eisen-Verbindungen in die DE (siehe auch Abschnitt 4.3.2.1). Dies wurde anhand der betriebsbegleitenden Messungen und der Analysen in der Revision 2020 erneut bestätigt.

4.4.5 Bewertung der wasserchemischen Überwachungsmaßnahmen zur zeitnahen Detektion erneuter Kondensat-Verunreinigungen

Während der Betriebsphase 2018/2019 hatte die Betreiberin Anpassungen im Betriebsreglement vorgenommen, um in Auswertung des ME 04/2018 /U 4/ niedrigere Grenzwerte und Aktionsschwellen für bestimmte wasserchemische Gehalte für die Wässer im Wasser-Dampf-Kreislauf des GKN II festzulegen. Insbesondere wurden Änderungen in den BHB-Kapiteln 4-6.6, Abschn. 15 und 5-QUC, Abschn. 2 und 3 vorgenommen. Aufgrund der weiterhin positiven Entwicklung im Hinblick auf den „Verschmutzungsgrad“ der sekundärseitigen Wässer sehen wir auch für den kommenden Zyklus 2020/2021 keinen Bedarf für weitere Änderungen.

Mit den vorgenommenen Änderungen entspricht die Betreiberin der Empfehlung 1 der RSK-Empfehlung /S 7/.

4.4.6 Bewertung der Wirksamkeit der sekundärseitigen Aktivitätsüberwachung im Hinblick auf rissartige Schädigungen

Da eine erneute korrosionsbedingte Rissbildung nicht vollständig ausgeschlossen werden kann (siehe Abschnitt 4.4.2), ist im Sinne eines gestaffelten Sicherheitskonzeptes auch für den Fall eines sich möglicherweise daraus entwickelnden Durchrisses eine geeignete Vorsorge hinsichtlich der sicheren Detektion eines Aktivitätsübertritts durch die sekundärseitige Aktivitätsüberwachung zu treffen. Bezüglich der Erkennbarkeit eines DE-Heizrohrlecks wurde für GKN II nachgewiesen, dass mit der sekundärseitigen Aktivitätsüberwachung eine infolge eines wanddurchdringenden Risses an einem DE-Heizrohr auftretende Leckage sicher detektiert werden kann, für die der zugehörige Durchrisswinkel weit unterhalb des kritischen Durchrisswinkels für den abdeckenden Lastfall ATWS bei einer angenommenen integralen Wanddickenschwächung von 50 % ist. Der einer Leckagerate von 40 g/h, die im BHB als Abschaltwert festgeschrieben ist, zuzuordnende Durchrisswinkel ist ebenfalls immer deutlich kleiner als die für den abdeckenden Lastfall ATWS bestimmte kritische Durchrisslänge bei der angenommenen integralen Wanddickenschwächung von 50 %. Siehe hierzu auch unsere Schreiben /S 13/ und /S 14/.

Mit den durchgeführten rechnerischen Analysen zu den Leckausströmraten, den durchgeführten Betrachtungen zur Detektierbarkeit des Aktivitätsübertritts in das DE-Wasser und den getroffenen Festlegungen im BHB entspricht die Betreiberin der Empfehlung 7 der RSK-Empfehlung /S 7/.

4.4.7 Bewertung der vorgesehenen ZfP-Prüfungen in der Revision 2021

Die Betreiberin sieht vor, in der nächsten Revision im Jahr 2021 erneut alle nichtverschlossenen DE-Heizrohre mit einer nach Stand von W&T geeigneten Prüf- und Auswertetechnik zu prüfen. Wir bewerten diese Vorgehensweise als geeignet, den Nachweis für die Integrität der DE-Heizrohre zu erbringen und die Wirksamkeit der festgelegten Maßnahmen gegen eine Wiederholung des Ereignisses festzustellen. Damit entspricht die Betreiberin der Empfehlung 3 f) der RSK-Stellungnahme /S 8/ sowie der Empfehlung 9 h) und i) der RSK-Empfehlung /S 7/.

4.5 Zusammenfassende Bewertung der Behebung der Schäden und des Integritätskonzeptes für den Betriebszyklus 2020/2021

Für die Komponenten der Druckführenden Umschließung (DFU) besteht die Anforderung der Sicherstellung der Integrität. Dazu stellt die KTA 3201.4 /R 2/ das entsprechende Integritätskonzept bereit. Die hier in Rede stehenden DE-Heizrohre sind Bestandteil der DFU. Somit ist dieses Konzept anzuwenden. Das Konzept der KTA 3201.4 /R 2/ geht von einer erforderlichen Qualität der DE-Heizrohre aus, behandelt die Überwachung der Ursachen und Folgen möglicher Schädigungsmechanismen, fordert die Bewertung von Prüfergebnissen und die Festlegung von Maßnahmen sowie die Berücksichtigung eines geänderten Kenntnisstandes.

Hinsichtlich der Gesamtheit aller getroffenen Maßnahmen gegen eine Wiederholung des Ereignisses kommen wir zu folgendem Ergebnis:

- Die an den DE durchgeführten Reparaturmaßnahmen bewerten wir als geeignet, die von den Schäden betroffenen DE-Heizrohre hydraulisch dicht zu verschließen und jeglichen schädigenden Einfluss auf benachbarte DE-Heizrohre auszuschließen. Gegen den von der Betreiberin durchgeführten vorsorglichen Verschluss von vier DE-Heizrohren bewerten wir als sicherheitsgerichtet.
- Mit den durchgeführten Maßnahmen zur Spülung und Reinigung der DE entsprechend einem Reinigungs- und Spülprogramm, das die Betreiberin auf der Basis einer neuen Betriebsanweisung und den Erfahrungen aus der Revision 2019 aufgestellt hat, wurden die Gehalte von korrosionsfördernden Verunreinigungen in den DE weiter reduziert.
- Das von der Betreiberin durchgeführte vorsorgliche Verschließen von weiteren Kondensatorrohren, die als Prallschutz wirken sollen, trägt dazu bei, die Gefahr erneuter Leckagen an Kondensatorrohren zu reduzieren und somit den Eintrag von korrosiv wirkenden Stoffen in den Wasser-Dampf-Kreislauf weiter zu vermindern.

- Durch die bereits nach der Revision 2018 erfolgte Einstellung der Sauerstoffdosierung wurde der Eintrag von Eisenoxiden in die DE signifikant reduziert und somit der Ausbildung ausgeprägter Ablagerungen auf den Rohrböden entgegengewirkt.
- Die von der Betreiberin zur Überwachung der wasserchemischen Bedingungen umgesetzten und festgeschriebenen Maßnahmen sind geeignet, eine nachteilige Veränderung der wasserchemischen Werte besser zu erkennen.

Wir bewerten die Gesamtheit der durchgeführten und geplanten Maßnahmen als geeignet, die Gefahr, dass sich erneut korrosionsfördernde Bedingungen im Bereich der DE-Heizrohre einstellen, wirksam zu reduzieren. Wir können jedoch nicht ausschließen, dass es ausgehend von nicht entfernbaren, noch vorhandenen Verunreinigungen oder einem nicht gänzlich auszuschließenden Neueintrag ionaler Verunreinigungen wieder zu korrosionsbedingten Schäden an den DE-Heizrohren kommen kann. Ein dadurch verursachter wanddurchdringender Riss kann nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Die von der Betreiberin 2018 eingereichten Festigkeitsnachweise, die die Auswirkungen des o. g. Schädigungsmechanismus berücksichtigen, sind auch für die Bewertung der in 2020 detektierten Schäden weiterhin abdeckend, da keine anderen Schadensmechanismen erkannt wurden und das Ausmaß der Schädigung bzgl. Tiefe und Ausdehnung im Mittel viel geringer ist als 2018.

Da eine erneute korrosionsbedingte Rissbildung nicht vollständig ausgeschlossen werden kann, ist im Sinne eines gestaffelten Sicherheitskonzeptes auch für den Fall eines sich möglicherweise daraus entwickelnden Durchrisses eine geeignete Vorsorge hinsichtlich der sicheren Detektion eines Aktivitätsübertritts durch die sekundärseitige Aktivitätsüberwachung zu treffen. Bezüglich der Erkennbarkeit eines DE-Heizrohrlecks wurde für GKN II nachgewiesen, dass mit der sekundärseitigen Aktivitätsüberwachung eine infolge eines wanddurchdringenden Risses an einem DE-Heizrohr auftretende Leckage sicher detektiert werden kann, für die der zugehörige Durchrisswinkel weit unterhalb des kritischen Durchrisswinkels für den abdeckenden Lastfall ATWS bei einer angenommenen integralen Wanddickenschwächung von 50 % ist. Der einer Leckagerate von 40 g/h, die im BHB als Abschaltwert festgeschrieben ist, zuzuordnende Durchrisswinkel ist ebenfalls immer deutlich kleiner als die für den abdeckenden Lastfall ATWS bestimmte kritische Durchrisslänge bei der angenommenen integralen Wanddickenschwächung von 50 %.

Aufgrund der in der Revision 2020 festgestellten Schädigungen an DE-Heizrohren und dem daraufhin erfolgten Verschluss von insgesamt 12 DE-Heizrohren ergibt sich keine signifikante Änderung gegenüber der in 2019 vorgenommenen Bewertung zur gesicherten Wärmeabfuhr bei einem Störfall. Somit hat unsere Aussage, dass die Störfallbeherrschung durch die Verminderung der Wärmeübertragungsflächen in den DE von

derzeit maximal 6,7 % im DE 20 infolge des Verschleißens von DE-Heizrohren nicht unzulässig beeinträchtigt wird, weiterhin Bestand

Unsere Bewertung der Aussage der Betreiberin, dass ein gesicherter Betrieb der Anlage bis zur Revision 2021 gewährleistet ist, kommt zu folgendem Ergebnis:

Mit den von der Betreiberin erbrachten Nachweisen, durchgeführten Maßnahmen und den bestehenden Festlegungen im Betriebsreglement bezüglich der Überwachung der Wasserchemie und -radiologie im Wasser-Dampf-Kreislauf werden die Anforderungen an das geschlossene Integritätskonzept gemäß KTA 3201.4 /R 2/ für den Betrieb der DE im GKN II für die nächste Betriebsperiode bis zur Revision 2021 im Hinblick auf die ME 03/2017 /U 3/ und 04/2018 /U 4/ erfüllt.

Darüber hinaus stellen wir fest, dass mit den erbrachten Nachweisen, durchgeführten Maßnahmen und den bestehenden Festlegungen im Betriebsreglement bezüglich der Überwachung der Wasserchemie und -radiologie im Wasser-Dampf-Kreislauf auch den Empfehlungen der RSK-Stellungnahme aus dem Jahr 2010 /S 8/ sowie den Empfehlungen der RSK-Empfehlung aus dem Jahr 2019 /S 7/ entsprochen wird.

5 Unterlagen und Regelwerke

Unterlagen

- /U 1/ EnBW Kernkraft GmbH
Kernkraftwerk Neckarwestheim, Block II
Arbeitsbericht
Prüfung der Dampferzeugerheizrohre GKN II in der Revision 2020 und Bewertung der Ergebnisse
Unterl./Kurz-ID: LNMQ/2020/08
Rev. a vom 13.07.2020
- /U 2/ EnBW Kernkraft GmbH
Kernkraftwerk Neckarwestheim, Block II
Arbeitsbericht
Bewertung des chemischen Zustands der Dampferzeuger anhand der chemischen Betriebsüberwachung während des Zyklus 2019/2020 und der Revision 2020
Unterl./Kurz-ID: LZU2-2020-006
Rev. a vom 13.07.2020

- /U 3/ EnBW Kernkraft GmbH
GKN-2 - Neckarwestheim-2
Meldung eines meldepflichtigen Ereignisses in Anlagen nach § 7 AtG zur Spaltung von Kernbrennstoffen (Meldeformular)
Block-Vorkommnis 03/2017
„Anzeigen bei Wirbelstromprüfung von Dampferzeugerheizrohren“
Vorläufige Meldung vom 25.09.2017
- /U 4/ EnBW Kernkraft GmbH
GKN-2 - Neckarwestheim-2
Meldung eines meldepflichtigen Ereignisses in Anlagen nach § 7 AtG zur Spaltung von Kernbrennstoffen (Meldeformular)
Block-Vorkommnis 04/2018
„Lineare Anzeigen bei Wirbelstromprüfung von Dampferzeugerheizrohren“
Vorläufige Meldung vom 14.09.2018
- /U 5/ EnBW Kernkraft GmbH
Kernkraftwerk Neckarwestheim, Block II
Arbeitsbericht
GKN II – Prüf- und Bewertungsstrategie bei der Dampferzeugerheizrohrprüfung in Revision 2019
Unterl./Kurz-ID LNM/2019/04
Index a vom 23.09.2019
- /U 6/ Framatome Inc.
Engineering Information Record
Document No.: 51-9315218-00
GKN-2 Crevice analysis using bobbin probe data from 2020
20004-025 (02/27/2018)
- /U 7/ EnBW Kernkraft GmbH
Kernkraftwerk Neckarwestheim, Block II
Sachstands-Bericht
ME 04/2018 „Ursachenanalyse und Integritätsnachweis“
Unterl./Kurz-ID LNMQ/2018/10
Index a vom 15.10.2018

- /U 8/ EnBW Kernkraft GmbH
Kernkraftwerk Neckarwestheim, Block II
Arbeitsbericht
Prüfung der Dampferzeugerheizrohre GKN II in der Revision 2019 und Bewertung der Ergebnisse
Unterl./Kurz-ID LNMQ/2019/11
Index a vom 09.10.2019
- /U 9/ EnBW Kernkraft GmbH
Kernkraftwerk Neckarwestheim, Block II
Arbeitsbericht
Bewertung des chemischen Zustands der Dampferzeuger anhand der chemischen Betriebsüberwachung während des Zyklus 2018/2019 und der Revision 2019
Berichts-Nr.: LZU2-2019-011
Index 0 vom 02.09.2019
- /U 10/ EnBW Kernkraft GmbH
E-Mail
von: [REDACTED]
gesendet: Montag, 09.07.2020, 16:59
Betreff: ***Signed_Message*** WG: Maßnahmen Kondensator MAG10 in Rev. 2020
- /U 11/ EnBW Kernkraft GmbH
Kernkraftwerk Neckarwestheim II
Betriebsanweisung N-BAW-0258
Reinigungs- und Spülprogramm der Dampferzeuger während der Revisionen und begleitendes chemisches Messprogramm
Stand 11.10.2019
- /U 12/ Framatome
Foliensatz
DE-Heizrohre GKN II
Schädigungsmechanismus und Übertragbarkeitsbetrachtungen zu bisher vorliegenden Betriebserfahrungen
[REDACTED]
Köln, 05/11/2018

- /U 13/ EnKK Kernkraft GmbH
Kernkraftwerk Neckarwestheim Block 2 (GKNII)
Revision 2020
WS-Prüfung, DE-Heizrohre, JEA10/20/30/40 BC001
Verschlussliste für lineare und voluminöse Anzeigen
vom 09.07.2020
- /U 14/ EnBW Kernkraft GmbH - Kernkraftwerk Neckarwestheim (GKN II)
Meldung eines meldepflichtigen Ereignisses in Anlagen nach § 7 AtG zur
Spaltung von Kernbrennstoffen (Meldeformular)
Block-Vork. Nr.: 05/2020
„Überschreitung der Druckauslegung einzelner Systemabschnitte des Not-
speiseteilsystems LAR10“
Meldeformular der vorläufigen Meldung vom 01.07.2020
- /U 15/ EnBW Kernkraft GmbH
E-Mail
von: [REDACTED]
gesendet: Montag, 12.07.2020, 16:18
Betreff: Maps SG20 HL YB
- /U 16/ Framatome
Wiederkehrende Prüfung
Kernkraftwerk Neckarwestheim 2 (GKN-II)
Prüfübersichtsplan WKP-P-01-DE10
Rev. A vom 17.04.2020

Sonstige Unterlagen

- /S 1/ Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
Auftragsbekanntmachung 2017/S 023-039707 bezüglich Sachverständi-
gentätigkeit gemäß § 20 AtG in Aufsichtsverfahren über Kernkraftwerke
und Zwischenlager in Baden-Württemberg; Zuschlagserteilung
Ihr Angebot auf das Los 1 vom 02.03.2017
vom 01.08.2017

- /S 2/ TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG
Kernkraftwerk Neckarwestheim, Block 2 (GKN II)
Stellungnahme
Meldepflichtiges Ereignis 03/2017 „Anzeigen bei Wirbelstromprüfung von Dampferzeugerheizrohren“
Hier: Erststellungnahme
GKN II-02 vom 23.10.2017
- /S 3/ TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG
Kernkraftwerk Neckarwestheim, Block 2 (GKN II)
Stellungnahme
Meldepflichtiges Ereignis 04/2018
„Lineare Anzeigen bei Wirbelstromprüfung von Dampferzeugerheizrohren“
Hier: Stellungnahme zum Wiederanfahren
KBW-02 GKN II 20181106 vom 06.11.2018
- /S 4/ TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG
Kernkraftwerk Neckarwestheim, Block 2 (GKN II)
Stellungnahme
Meldepflichtiges Ereignis 04/2018 „Lineare Anzeigen bei Wirbelstromprüfung von Dampferzeugerheizrohren“
Hier: Erststellungnahme
KBW-02 GKN II 20190218 vom 18.02.2019
- /S 5/ TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG
Kernkraftwerk Neckarwestheim, Block 2 (GKN II)
Prüfbericht
Meldepflichtiges Ereignis 03/2017 „Anzeigen bei der Wirbelstromprüfung von Dampferzeugerheizrohren“
Meldepflichtiges Ereignis 04/2018 „Lineare Anzeigen bei Wirbelstromprüfung von Dampferzeugerheizrohren“
Hier: Stellungnahme zum Wiederanfahren nach der Revision 2019
KBW-02 GKN II 20190912 vom 12.09.2019
- /S 6/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH
Weiterleitungsnachricht zu meldepflichtigen Ereignissen in Kernkraftwerken der Bundesrepublik Deutschland (WLN 2018/06a)
Ergänzung zur Weiterleitungsnachricht 2018/06
Anzeigen bei Wirbelstromprüfungen von Dampferzeugerheizrohren in den Kernkraftwerken Emsland (KKE) und Neckarwestheim-2 (GKN-2) im Jahr 2019“
Köln, 12.11.2019

- /S 7/ Reaktor-Sicherheitskommission
RSK-Empfehlung
(512. Sitzung der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) am
22./23.10.2019)
Schäden an Dampferzeuger(DE)-Heizrohren durch Spannungsrissskorro-
sion – Maßnahmen zur Sicherstellung der Integrität der Heizrohre
EMPFEHLUNG
- /S 8/ Reaktor-Sicherheitskommission
Anlage zum Ergebnisprotokoll der 428. Sitzung der Reaktor-Sicherheits-
kommission am 15.07.2010
Schäden an Dampferzeuger(DE)-Heizrohren durch Spannungsrissskorro-
sion – Ursachen und Nachweis
Stellungnahme
- /S 9/ TÜV SÜD Energietechnik
Stellungnahme
GKN II
ME 03/2017 – Anzeigen bei der Wirbelstromprüfung von Dampferzeuger-
heizrohren
ME 04/2018 – Lineare Anzeigen bei Wirbelstromprüfung von Dampferzeu-
gerheizrohren
Zerstörungsfreie Prüfungen in der Revision 2020
MAN-ETK1-20-0124
vom 13.07.2020
- /S 10/ TÜV SÜD Energietechnik
Stellungnahme
GKN II
ME 03/2017, ME 04/2018
Montage von DE-Füll- und Walzstopfen an auffälligen Rohren der Dampf-
erzeuger JEA10/20/30/40 BC001
Bezug: /U 1/
MAN-ETK1-20-0122
vom 09.07.2020
- /S 11/ VGB PowerTech e.V.
Richtlinie für das Wasser in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren
VGB-R 401 J
Entwurf 2020

- /S 12/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH
Weiterleitungsnachrichten zu meldepflichtigen Ereignissen in Kernkraftwerken der Bundesrepublik Deutschland (WLN 2018/06) vom 04.12.2018
„Anzeigen bei Wirbelstromprüfungen von Dampferzeugerheizrohren im Kernkraftwerk Neckarwestheim-2 (GKN-2), gemeldet am 25.09.2017 und 14.09.2018“
Köln, 04.12.2018
- /S 13/ TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG
Kernkraftwerk Neckarwestheim, Block 2 (GKN II)
Prüfbericht
Meldepflichtiges Ereignis 04/2018 „Lineare Anzeigen bei Wirbelstromprüfung von Dampferzeugerheizrohren“
hier: Erfüllung der Forderung F-7 aus der Stellungnahme zum Wiederaufahren nach der Revision 2018 vom 06.11.2018
KBW-GKNII-ME-20200423 vom 12.09.2019
- /S 14/ TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG
Sachverständigentätigkeit gemäß § 20 Atomgesetz in Aufsichtsverfahren über Kernkraftwerke und Zwischenlager gemäß Anlagen 1, 4 und 5 der AtSMV in Baden-Württemberg
GKN II: ME 04/2018 „Lineare Anzeigen bei Wirbelstromprüfung von Dampferzeugerheizrohren“
- Verifizierung der Annahmen für Leck-vor-Bruch-Berechnungen
- Ergänzende Unterlagen
KBW-GKNII-ME-20200712 vom 12.07.2020
- /S 15/ J. A. Gorman
(Dominion Engineering, Inc, Reston, VA, United States)
“Corrosion problems affecting steam generator tubes in commercial water cooled nuclear power plants”

Regelwerk

- /R 1/ Sicherheitstechnische Regel des KTA
KTA 3201.3
Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren
Teil 3: Herstellung
Fassung 2017-11, mit Berichtigung vom Apr. 2019

-
- /R 2/ Sicherheitstechnische Regel des KTA
KTA 3201.4
Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren
Teil 4: Wiederkehrende Prüfungen und Betriebsüberwachung
Fassung 2016-11
- /R 3/ DIN 25435-6
Wiederkehrende Prüfungen der Komponenten des Primärkreises
von Leichtwasserreaktoren
Teil 6: Wirbelstromprüfung von Dampferzeuger-Heizrohren
Januar 2014
- /R 4/ Sicherheitstechnische Regel des KTA
KTA 3206
Nachweise zum Bruchausschluss für druckführende Komponenten in
Kernkraftwerken
Fassung 2014-11, mit Berichtigungen vom Nov. 2015 und Dez. 2019
- /R 5/ Sicherheitstechnische Regel des KTA
KTA 1503.3
Überwachung der Ableitung gasförmiger und an Schwebstoffen gebunde-
ner radioaktiver Stoffe
Teil 3: Überwachung der nicht mit der Kaminfortluft abgeleiteten radioakti-
ven Stoffe
Fassung 2017-11
- /R 6/ Sicherheitstechnische Regel des KTA
KTA 1504
Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser
Fassung 2017-11