

Bericht
des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft
zum meldepflichtigen Ereignis
„Nichtverfügbarkeit von zwei Notstromdieselaggregaten“
vom 5. Juni 2019
im Kernkraftwerk Philippsburg, Block 2 (KKP 2)

(Stand: 07. Juni 2019)

(Ergänzung der Punkte 5 bis 8 – Stand März 2021)



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Inhaltsverzeichnis

1. Technische Grundlagen.....	3
2. Sachverhalt.....	5
3. Bewertung.....	7
4. Weiteres Vorgehen	8
5. Wiederanfahen der Anlage nach weiteren Schadensuntersuchungen	9
6. Weitere Untersuchungen bis zur Jahresrevision 2019.....	10
7. Abschluss der Untersuchungen.....	10
8. Abschließende Bewertung des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft	12

Bericht
des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft
zum meldepflichtigen Ereignis
„Nichtverfügbarkeit von zwei Notstromdieselaggregaten“
vom 5. Juni 2019
im Kernkraftwerk Philippsburg, Block 2 (KKP 2)
Stand: 7. Juni 2019
(Ergänzung der Punkte 5 bis 8 – Stand April 2021)

Im Kernkraftwerk Philippsburg, Block 2 (KKP 2) wurde am 5. Juni 2019 in einem Rohr zum Abgasturbolader eines Notstromdieselaggregats Kühlwasser festgestellt. Vor dem Hintergrund weiterer meldepflichtiger Ereignisse mit Schäden an Notstromdieselaggregaten in den vergangenen eineinhalb Jahren war damit eine systematische Fehlerursache nicht mehr auszuschließen, die potenziell bei allen baugleichen Dieselaggregaten vorliegen könnte. Das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft hatte bereits zuvor festgelegt, dass die Anlage abzufahren ist, sobald ein entsprechender Verdacht vorliegt. Der Betreiber hat am 5. Juni 2019 die Anlage abgefahren. Eine Einstellung des Leistungsbetriebs musste deshalb nicht behördlich angeordnet werden. Im Rahmen der Ursachenklärung wurde festgestellt, dass der betroffene Notstromdiesel seit dem letzten Probelauf am 22. Mai 2019 als „unverfügbar“ betrachtet werden muss. Da im Zeitraum vom 22. bis 27. Mai 2019 ein weiterer Notstromdiesel wegen eines anderen Schadens ebenfalls nicht verfügbar war, standen in diesen Tagen nur zwei von vier Notstromdieselaggregaten des Notstromnetzes D1 für den Anforderungsfall bereit.

Den Befund hat der Betreiber als Ereignis der Kategorie E (Eilt) gemeldet. Nach der internationalen INES-Skala wurde es in die Stufe 1 (Störung) eingestuft.

1. Technische Grundlagen

Zum besseren Verständnis des Ereignisses und der sicherheitstechnischen Bewertung werden zuerst die technischen Grundlagen bezüglich der Funktionen und Aufgaben des Notstromsystems und der Aufbau der Notstromdieselaggregate kurz dargestellt.

Notstromsystem KKP 2

Kernkraftwerke sind auf eine Versorgung mit elektrischer Energie angewiesen, da sie über zahlreiche elektrisch betriebene Systeme verfügen. Hierzu zählen auch für die Sicherheit wichtige Systeme. Für den Fall, dass die komplette externe Stromversorgung eines Kernkraftwerkes ausfällt, sind dafür Vorkehrungen getroffen. Das Kernkraftwerk kann sich in diesem Fall durch einen Lastabwurf auf Eigenbedarf selbst mit Strom versorgen. Gelingt dieser Lastabwurf nicht, so stehen in KKP 2 zwei Notstromnetze zur Verfügung. Das Notstromnetz D1 wird aus vier redundanten Notstromaggregaten, von denen zwei zur Störfallbeherrschung benötigt werden, versorgt. Für Notstandsfälle gibt es darüber hinaus unabhängig davon ein zweites Notstromnetz D2 mit ebenfalls vier Diesellaggregaten.

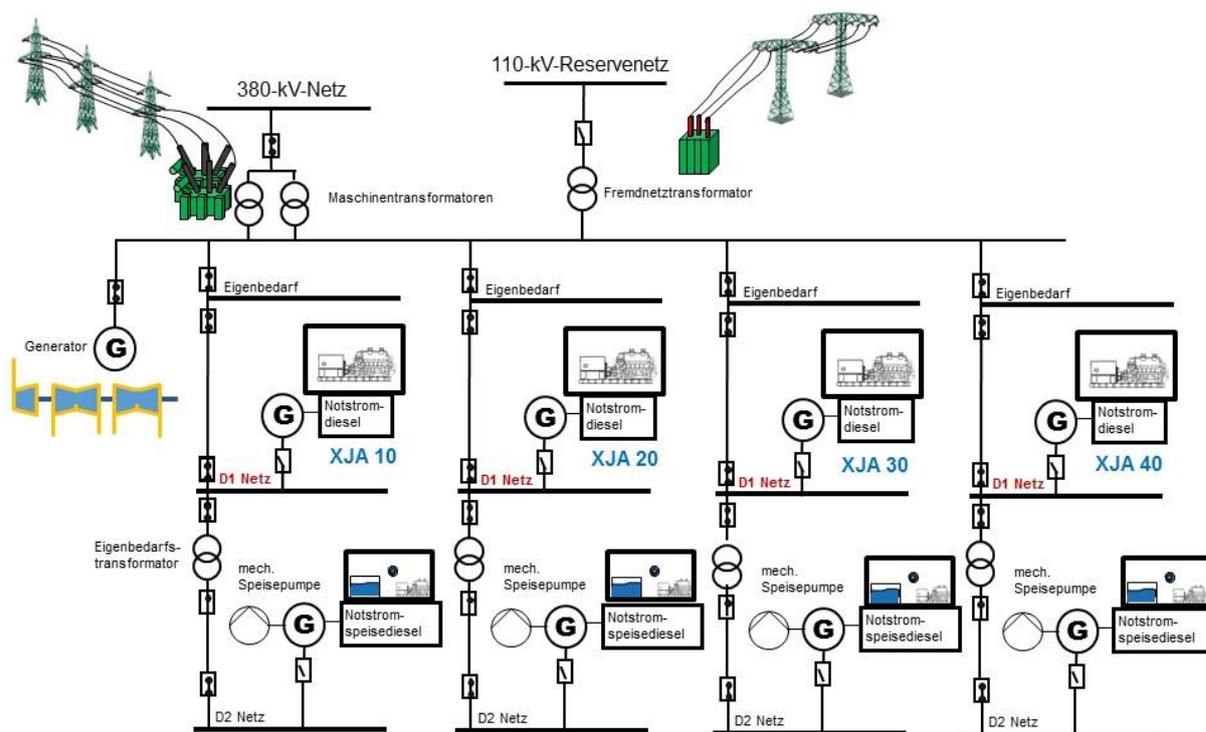


Abb. 1: Schema Notstromversorgung KKP 2

Notstromdieselaggregate KKP 2

Die vier Notstromdieselaggregate des Notstromnetzes D1 bestehen aus je einem Dieselmotor und einem Generator. Zur Leistungssteigerung verfügt jedes Dieselaggregat über zwei Abgas-turbolader. Um den sicheren Betrieb der Notstromdieselaggregate für Notstromfälle zu gewährleisten, werden verschiedene Parameter der Diesel überwacht. Um eine Zerstörung oder größere Schäden der für den Notstromfall wichtigen Diesel zu verhindern erfolgt z.B. eine Schutzabschaltung der Dieselaggregate, wenn der Kühlmittelstand zu niedrig ist. In diesem Fall steht der betroffene Diesel dann nicht mehr zur Verfügung.

Da die Notstromdieselaggregate wichtig für die Störfallbeherrschung sind, sind an ihre Verfügbarkeit für die verschiedenen Betriebsphasen im Betriebshandbuch zeitliche Anforderungen festgelegt. Wird z.B. im Leistungsbetrieb ein Schaden an einem Notstromdieselaggregat festgestellt, der zur Unverfügbarkeit des Diesels führt, so hat der Betreiber eine Frist von 14 Tagen, um den Schaden zu beheben. Andernfalls ist die Anlage abzufahren. Stehen zwei Notstromdieselaggregate nicht zur Verfügung, so ist die Anlage innerhalb von 24 Stunden abzufahren.

Außerdem ist der Betreiber verpflichtet, bei Schäden oder Ausfällen von Komponenten zu prüfen, ob ein Fehler auch zu einem Schaden bzw. Ausfall vergleichbarer Komponenten führen könnte. Solche Fälle werden als „systematischer Fehler“ bezeichnet.



Abb. 2: ausgebautes Notstromdieselaggregat XJA20

2. Sachverhalt

Vorläuferereignisse

Zur Bewertung der sicherheitstechnischen Bedeutung des Ereignisses werden die bisherigen meldepflichtigen Ereignisse der letzten 1,5 Jahre an den betroffenen Notstromdieselaggregaten des D1-Netzes kurz beschrieben:

Meldepflichtiges Ereignis 1/2018 – Interne Kühlwasserleckage an einem Abgasturbolader des Notstromdiesels XJA10

Am 10.04.2018 wurde am Abgasturbolader des Notstromdieselmotors 10 eine interne Kühlwasserleckage festgestellt. Die nachfolgenden Untersuchungen haben gezeigt, dass die Kühlwasserleckage durch einen Riss im Gehäuse des Abgasturboladers verursacht wurde, der vermutlich durch wechselnde Temperaturbeanspruchungen entstanden ist. Bezüglich der Ursache dieses Ereignisses liegt der Aufsichtsbehörde noch kein abschließender Untersuchungsbericht der Materialuntersuchung des Gehäuses vor.



Abb. 3: Beispiel Abgasturbolader

Meldepflichtiges Ereignis 2/2018 – Schaden an der Ladeluftleitung des Notstromdiesels XJA 30

Am 04.05.2018 wurde am Notstromdiesel 30 (XJA30) die 4-wöchentliche Wiederkehrende Prüfung „Lastlauf parallel zum Netz“ durchgeführt. Nach einem plötzlichen Leistungsabfall wurde der Diesel von Hand abgeschaltet. Ursache für den Leistungsabfall war ein Versagen einer Flanschverbindung zwischen Ladeluftleitung und Turbolader. Als Ursache für das Ereignis wurde ein Montagefehler an der Verbindungsleitung identifiziert. Bei der nachfolgenden Untersuchung wurden Anrisse an Halterungen der Ladeluftleitungen mehrerer Notstromdieselaggregate festgestellt. Die Halterungen wurden ausgetauscht und werden seitdem regelmäßig inspiziert. Außerdem wurden vom zugezogenen Sachverständigen Schwingungsmessun-

gen gefordert, um auszuschließen, dass ungünstige Schwingungsverhältnisse Schäden im Bereich der Abgasturbolader verursachen können. Die Ergebnisse dieser Messungen wurden der Aufsichtsbehörde und dem Sachverständigen im Mai 2019 durch den Betreiber vorgelegt. Eine Bewertung durch den Sachverständigen wird derzeit durchgeführt.

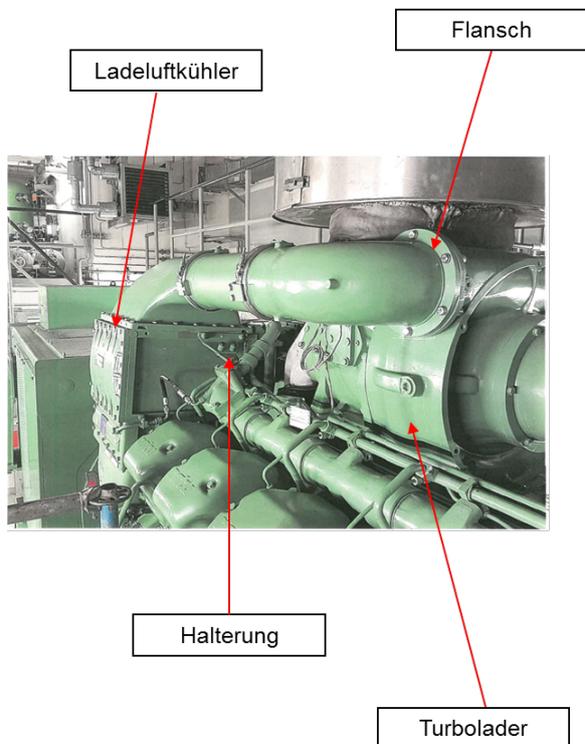


Abb. 4: Flanschverbindung zwischen Ladeluftleitung und Turbolader

Meldepflichtiges Ereignis 1/2019 – Schaden an einem Abgasturbolader des Notstromdiesels XJA20

Am 17.05.2019 kam es während einer wiederkehrenden Prüfung durch Ansprechen der Füllstandsüberwachung eines Kühlwasserausgleichsbehälters zur Schutzabschaltung des Notstromdieselmotors XJA20. Die Überprüfungen vor Ort ergaben einen Kühlwasseraustritt am Gehäuse des Abgasturboladers. Der komplette Notstromdieselmotor wurde gegen ein Reserveaggregat ausgetauscht. Der betroffene Abgasturbolader wurde zur Untersuchung zum Hersteller der Notstromdiesel gebracht. Bei der Erstuntersuchung wurden größere Schäden an der Läufergruppe des Abgasturboladers festgestellt. Es wurden verschobene bzw. lose Teile an der Läufergruppe des Abgasturboladers gefunden. Außerdem weist das Gehäuse des Abgasturboladers Risse auf. Die Untersuchungen laufen noch.

Meldepflichtiges Ereignis 2/2019 „Nichtverfügbarkeit von zwei Notstromdieselaggregaten“

Am 03.06.2019 hat der Betreiber der Anlage KKP 2 die Aufsichtsbehörde darüber informiert, dass am Notstromdiesel 10 ein geringer Abfall des Füllstands am Kühlwasserausgleichsbehälter festgestellt wurde (ca. 2 mm pro Tag). Der Betreiber hat daraufhin die Messung überprüft und den Notstromdiesel in Übereinstimmung mit den Betriebsregelungen und mit Zustimmung der Aufsichtsbehörde zur weiteren Ursachenklärung frei geschaltet. Das Untersuchungsprogramm wurde mit der Aufsichtsbehörde und dem Sachverständigen abgestimmt. Im Rahmen der Untersuchung hat der Betreiber am 5. Juni 2019 in einem Rohr zum Abgasturbolader des Notstromdiesels Kühlwasser festgestellt. Vor dem Hintergrund des Schadens am anderen Abgasturbolader des gleichen Notstromdiesels 10 vom April 2018 (ME 1/2018) hat sich der Betreiber daher entschieden, die Anlage aus Sicherheitsgründen vorsorglich abzufahren. Im Rahmen der Ursachenklärung wurde festgestellt, dass der betroffene Notstromdiesel 10 seit dem letzten Probelauf am 22.5.2019 als „unverfügbar“ betrachtet werden muss. Da zu diesem Zeitpunkt auf Grund des Austausches des Notstromdieselaggregates 20 dieser ebenfalls nicht zur Verfügung stand, waren über einen Zeitraum von fünf Tagen zwei von vier redundante Notstromdieselaggregate nicht verfügbar. Daher hat der Betreiber das Ereignis am 5. Juni 2019 der Aufsichtsbehörde fristgerecht als Ereignis der Kategorie E (Eilt) nach der AtSMV und der INES-Stufe 1 der internationalen Bewertungsskala gemeldet. Im Rahmen der weiteren Ursachenklärung wurde festgestellt, dass bei dem betroffenen Abgasturbolader der gleiche Schaden (Riss im Gehäuse) vorliegt, wie bei dem anderen Abgasturbolader des gleichen Notstromdiesels 10 beim meldepflichtigen Ereignis 1/2018.

3. Bewertung

Block 2 des Kernkraftwerks Philippsburg befand sich im Vollastbetrieb. Der betroffene Notstromdiesel ist eine Sicherheitsteileinrichtung des vierfach redundant aufgebauten Notstromnetzes D1 und ist damit Teil des Sicherheitssystems. Von den vier Notstromdieseln werden zwei für die Notstromversorgung der Anlage benötigt, falls die reguläre Stromversorgung ausfällt. Die sicherheitstechnische Bedeutung besteht darin, dass durch die Unverfügbarkeit von zwei Notstromdieselaggregaten nur noch die zwei mindestens zur Störfallbeherrschung benötigten Notstromdieselaggregate zur Verfügung standen. Solange die Ursachen für alle vier meldepflichtigen Ereignisse noch nicht abschließend geklärt sind, kann eine systematische Fehlerursache, die zur Unverfügbarkeit der Notstromdiesel des D1-Netzes führen kann, nicht ausgeschlossen werden.

Das vorsorgliche Abfahren der Anlage KKP 2 zur weiteren Ursachenklärung ist sicherheitsgerichtet und wird im Sinne einer hohen Sicherheitskultur positiv bewertet.

4. Weiteres Vorgehen

Bevor die Anlage KKP 2 wieder angefahren werden kann, hält das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft folgende Voraussetzungen für erforderlich:

Die Klärung der Ursachen für alle vier meldepflichtigen Ereignisse (ME) ist abzuschließen und durch den Sachverständigen zu bestätigen. Dazu gehören:

- Vorlage und gutachterliche Bewertung eines Untersuchungsberichtes hinsichtlich der Ursache für die Risse an den beiden Abgasturboladern des Notstromdiesels 10 (ME 1/2018 und ME 2/2019). Dazu gehören Untersuchungsberichte der Befundung incl. metallurgischer Untersuchungen. Eine Übertragbarkeit der Ursache der Risse auf die Abgasturbolader der anderen Notstromdiesel 20, 30 und 40 ist auszuschließen.
- Vorlage und gutachterliche Bewertung eines Untersuchungsberichtes hinsichtlich der Ursache des Schadens am Abgasturbolader des Notstromdiesels 20 (ME 1/2019). Dazu gehört der Untersuchungsbericht der Befundung incl. metallurgischer Untersuchungen. Es ist nachzuweisen, dass der Schaden nicht durch einen Riss am Gehäuse des Abgasturboladers verursacht wurde. Wenn der Schaden durch einen Fehler ausgehend von der Läufergruppe des Abgasturboladers verursacht wurde, ist nachzuweisen, dass dieser Fehler bei den Abgasturboladern der Notstromdiesel 10, 30 und 40 nicht vorliegt.
- Gutachterliche Bewertung des Berichts über die im Zusammenhang mit dem Schaden am Notstromdiesel 30 vorgelegten Schwingungsmessungen. Es ist auszuschließen, dass die Schäden an den Abgasturboladern oder Ladeluftleitungen der vier Notstromdieselaggregate durch ungünstige Schwingungsverhältnisse im Bereich der Abgasturbolader verursacht werden können.

Teil 2 - Ergänzung des Berichts und Abschluss der Untersuchungen (Stand: April 2021)

5. Wiederanfahren der Anlage nach weiteren Schadensuntersuchungen

Die Schäden wurden untersucht und dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft mehrere Untersuchungsberichte vorgelegt.

Für die Ermittlung der genauen Ursache für die Risse an den Abgasturboladern des Notstromdiesels 10 (ME 1/2018 und ME 2/2019) waren längerfristig aufwendige Untersuchungen notwendig. Es wurden daher vorsorglich die Einströmgehäuse der Abgasturbolader aller vier Notstromdieselaggregate gegen neue geprüfte Bauteile ausgetauscht. Die Untersuchungen der betroffenen Abgasturbolader sowie die Reparatur- und Austauscharbeiten erfolgten im Beisein von Sachverständigen und der Aufsichtsbehörde.

Es wurde nachgewiesen, dass der Schaden am Notstromdiesel 20 (ME 1/2019) nicht durch einen Riss am Gehäuse des Abgasturboladers verursacht wurde.

Bezüglich der Schadensursache am Notstromdiesel 30 (ME 2/2018) wurden Montagefehler an der Verbindungsleitung zwischen Ladeluftleitung und Turbolader identifiziert. Aufgrund der Schadensursache resultierte keine Übertragbarkeit auf die anderen Notstromdiesel durch ungünstige Schwingungsverhältnisse.

Zusammenfassend hatte der Sachverständige bestätigt, dass eine Übertragbarkeit der einzelnen Schadensursachen auf die jeweils anderen Notstromdiesel nicht zu unterstellen ist. Mit dem Einbau der neuen Einströmgehäuse der Abgasturbolader und den anschließend durchgeführten Funktions- und Abnahmeprüfungen sowie erfolgreichen Testläufen aller vier Notstromdieselaggregate war ein sicherer Anlagenbetrieb bis zur Jahresrevision im Juli 2019 gegeben. Der Betreiber hatte den Block 2 des Kernkraftwerks Philippsburg am 16. Juni wieder angefahren und mit dem Stromnetz synchronisiert.

6. Weitere Untersuchungen bis zur Jahresrevision 2019

Bis zum Ende der Jahresrevision am 14. August 2019 wurden die Untersuchungen zur Schadensursache fortgeführt. Die Möglichkeit, dass es sich bei den festgestellten Rissen in den Einströmgehäusen der Abgasturbolader des Notstromdiesels 10 um einen Alterungseffekt handelt, der nach einer bestimmten Anzahl von Startzyklen auftreten kann, konnte bis dahin nicht ausgeschlossen werden. Daher passte der Betreiber das Prüfkonzept für alle vier Notstromdieselaggregate an. In einer Prüfanweisung legte er fest, dass nach einer festgelegten Anzahl von Startzyklen die Einströmgehäuse der Abgasturbolader getauscht werden. Damit war die Verfügbarkeit der vier Notstromdieselaggregate längerfristig sichergestellt und die Anlage konnte am 14. August 2019 wieder angefahren werden.

7. Abschluss der Untersuchungen

Am 31.12.2019 wurde die Anlage KKP 2 endgültig abgeschaltet. Auch nach der Abschaltung müssen die für die Sicherheit wichtigen Systeme weiterhin mit Strom versorgt werden. Die beiden Notstromnetze haben für den Fall, dass die komplette externe Stromversorgung ausfällt, weiterhin eine hohe Bedeutung. Gemäß Stilllegungs- und Abbaugenehmigung bleibt daher die sicherheitstechnische Einstufung der vier redundanten Notstromaggregate des D1-Netzes und von zwei Dieselaggregaten der D2-Netzes erhalten, bis die Brennelemente aus der Anlage entfernt werden.

Die werkstofftechnischen Untersuchungen zur Ermittlung der Ursache für die Risse in den Einströmgehäusen der Abgasturbolader des Notstromdiesels 10 wurden fortgeführt. Der Betreiber und die Herstellerfirma werteten Betriebserfahrungen aus und führten instrumentierte Probeläufe der Notstromdieselaggregate sowie wärmetechnische Untersuchungen und numerischen Analysen durch. Als Schadenursache wurde für beide Einströmgehäuse Werkstoffermüdung durch hohe thermisch induzierte Beanspruchungen festgestellt.



Abb. 5: Rissanzeige in einem Steg des Abgaseinströmgehäuses des Abgasturboladers des Diesels 10

Bei der Auswertung der Betriebshistorie des Notstromdiesels 10 wurde festgestellt, dass im November 2016 bei einem Lastlauf die Motorkühlwasserdrücke hinter den motorinternen Kühlwasserpumpen unterhalb der üblichen Werte lagen. Eingeleitete Inspektionen sowie Testläufe zeigten, dass sich ein Fremdkörper in der Leitung vom Kühlwasserausgleichsbehälter zu den Motorkühlwasserpumpen befand. Dieser Fremdkörper wurde entfernt, beim anschließenden Probelauf befanden sich die Motorkühlwasserdrücke wieder im Normalbereich. Der Fremdkörper in der Leitung 2016 hatte jedoch die Behinderung einer gleichmäßigen Wärmeabfuhr und damit eine Erhöhung der Bauteiltemperaturen in den Abgaseinströmgehäusen des Abgasturboladers zur Folge. Die Start-Stopp-Zyklen der Testläufe und der nachfolgenden wiederkehrenden Prüfungen des Diesels führten zur Entstehung der Risse bis hin zu den internen Kühlwasserleckagen. Dies wurde durch umfangreiche wärmetechnische Untersuchungen und numerischen Analysen bestätigt. Es konnte gezeigt werden, dass die Übertragbarkeit der Ursache der Risse des Diesels 10 auf die Abgasturbolader der anderen Notstromdiesel ausgeschlossen werden kann. Der Sachverständige hat dies durch eigene Vergleichsrechnungen bestätigt.

8. Abschließende Bewertung des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft

Das vorsorgliche Abfahren der Anlage KKP 2 zur weiteren Ursachenklärung war sicherheitsgerichtet und Zeichen einer hohen Sicherheitskultur. Die Ursachen für zwei der vier meldepflichtigen Ereignisse konnten kurzfristig geklärt werden. Durch den Einbau neuer Einströmgehäuse der Abgasturbolader und den anschließend durchgeführten Funktions- und Abnahmeprüfungen war ein sicherer Anlagenbetrieb bis zur Jahresrevision im Juli 2019 gewährleistet. Die Festlegung, die Gehäuse nach einer bestimmten Anzahl von Start-Stopp-Zyklen auszutauschen, ermöglichte auch nach der Revision 2019 eine langfristige Verfügbarkeit der vier Notstromdieselaggregate. Mit den weiteren Untersuchungen und Programmen konnte der Betreiber zeigen, dass die Risse in den Abgaseinströmgehäusen der Abgasturbolader nicht durch einen systematischen Alterungseffekt verursacht wurden. Das ist auch für andere Kernkraftwerke mit dem gleichen Typ von Notstromdieselaggregaten von Bedeutung. Die Untersuchungen und Bewertungen zu den vier meldepflichtigen Ereignissen sind damit abgeschlossen.

Impressum

Herausgeber:

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Kernerplatz 9

70182 Stuttgart

Tel.: 0711 126-0

Fax: 0711 126-2881

Internet: www.um.baden-wuerttemberg.de

E-Mail: poststelle@um.bwl.de