



Erhöhung der Zuverlässigkeit von Maßnahmen gegen den Absturz von Brennelementtransport- und Lagerbehältern in Kernkraftwerken

EMPFEHLUNG

INHALTSVERZEICHNIS

1	Anlass der Beratung	2
2	Beratungsgang	2
3	Ereignisablauf und administrative Vorsorgemaßnahmen	3
3.1	Sachverhalt	3
3.1.1	Ausführung und Handhabung des Lastanschlags für den TLB-Transport	3
3.1.2	Nicht hergestellte Verriegelung einer Innengehängelasche bei der CASTOR-Abfertigung (ME 23/026)	5
3.1.3	Schlussfolgerungen der Betreiber aus dem ME 23/026	7
3.2	Bewertungsmaßstab	8
3.3	Bewertung zur Zuverlässigkeit der Personalhandlungen	9
3.4	Maßnahmen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit von Handhabungsschritten	10
3.4.1	Zusätzliche technische Vorkehrungen	10
3.4.2	Schriftliche betriebliche Unterlagen	11
3.4.3	Zusätzliche Prüfschritte	12
3.4.4	Schulungen und Werkzeuge des professionellen Handelns	12
4	Einordnung eines TLB-Absturzes in das Sicherheitskonzept	13
4.1	Vorsorgemaßnahmen gegen den Absturz eines TLB	13
4.2	Robustheit	15
4.3	Bewertungsmaßstab	16
4.4	Bewertung	17
4.4.1	Fortbestand der Einordnung des TLB-Absturzes in das Sicherheitskonzept	17
4.4.2	Maßnahmen zur Beherrschung der Folgen eines unterstellten TLB-Absturzes	18
5	Zusammenstellung der Empfehlungen	19
6	Unterlagen	21

1 Anlass der Beratung

Am 14.07.2023 wurde im Kernkraftwerk Brokdorf (KBR) beim Ausheben eines Transport- und Lagerbehälters (TLB) aus dem Transportbehälterabsetzbecken (TBB) erkannt, dass die Verriegelungsfalle der auf der 270°-Seite angeschlagenen Innengehängelasche nicht ordnungsgemäß gesichert war. Beim anschließenden Abschlagen des Innengehänges vom TLB wurde festgestellt, dass die Bronzebuchse der Anschlaglasche eine Beschädigung aufwies. Die weitere Aufklärung des Sachverhalts zum meldepflichtigen Ereignis (ME) 23/026 (Block-Nr. 05/2023, KBR) führte zu der Schlussfolgerung, dass es auf der 270°-Seite aufgrund der nicht eingelegten Sicherung der Verriegelungsfalle im Zuge der Handhabungen beim Ein- und Ausheben des TLB in das TBB zu einem teilweisen Ausfädeln der Lasche gekommen war, derart, dass der Bund des Tragzapfens auf der Lasche auflag. In einer derartigen Konfiguration besteht das Potenzial für einen Absturz des TLB.

In der Systematik des deutschen kerntechnischen Regelwerks muss der Absturz eines TLB bei der Handhabung nicht als Störfall unterstellt werden, da er aufgrund getroffener Vorsorgemaßnahmen als verhindert gilt.

Die Besonderheit des ME 23/026 im KBR ist, dass wesentliche administrative Vorsorgemaßnahmen (VM) zur Verhinderung eines Lastabsturzes im Bereich des BE-Lagerbeckens und des TBB nicht umgesetzt wurden. Aus diesem Grund wurden zunächst der Ereignisablauf und die daraus abgeleiteten Maßnahmen beraten. Unter Berücksichtigung des Ergebnisses wurde anschließend auch die Einstufung eines potenziellen TLB-Absturzes im Reaktorgebäude vom RSK-Ausschuss REAKTORBETRIEB (RB) beraten.

Die Gesamtheit der bei einer TLB-Abfertigung durchzuführenden Schritte und zugehörigen Dokumente, z. B. zur Gewährleistung einer spezifikationsgemäßen Dichtigkeit, ist nicht Gegenstand der Beratungen gewesen und wird daher in der vorliegenden Empfehlung nicht adressiert.

Die Beratungen erfolgten auf Basis der Regelungen in den behälterspezifischen Ablaufplänen (BsA) für DWR-Anlagen und berücksichtigen die von der RSK in ihrer Stellungnahme „Bewertung der Umsetzung von RSK-Empfehlungen im Nachgang zu Fukushima“ vom 06.09.2017 [8] für DWR-Anlagen empfohlenen Notfallmaßnahmen zur Behandlung der Folgen eines als Sicherheitsebene 4-Ereignis postulierten TLB-Absturzes. Aufgrund vergleichbarer technischer und administrativer Maßnahmen für die TLB-Handhabung sind die in Abschnitt 3 abgeleiteten Empfehlungen E-1 bis E-5 auch für die SWR-Anlage KRB-II anwendbar, bei Empfehlung E-6 wird zwischen DWR und SWR unterschieden.

2 Beratungsgang

In der 288. Sitzung des Ausschusses RB vom 14.03.2024 wurde die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit gGmbH (GRS) zu der Weiterleitungsnachricht (WLN) 2024/01 „Nicht hergestellte Verriegelung einer Innengehängelasche bei der CASTOR®-Abfertigung“ [1], [2] gehört.

In der 290. RB-Sitzung (Sondersitzung) vom 29.08.2024 berichtete der Technische Verband der Energieanlagen-Betreiber (vgbe) zur Umsetzung der Empfehlungen aus der GRS-WLN 2024/01 zu den

Vorsorgemaßnahmen gegen Lastabsturz eines TLB und zu Bewertungen zum Lastabsturz eines TLB im Rahmen der RSK-Ad-hoc-Arbeitsgruppe „Robustheitsanalyse“ [3].

In der 291. RB-Sitzung vom 26.09.2024 berichteten die Betreiberin KBR [4] und die Sachverständigenorganisation ESN Sicherheit und Zertifizierung (ESN SZ) [5] zum Ablauf des ME 23/026 sowie zu den Ergebnissen der Ereignisanalyse und den daraus abgeleiteten Maßnahmen gegen Wiederholung. Darüber hinaus erläuterte die Betreiberin anhand eines Modells die Ausführung der Sicherung an den Innengehängelaschen [6].

In der 292. RB-Sitzung vom 14.11.2024 rief der Ausschuss die Ad-hoc Arbeitsgruppe „Vorsorgemaßnahmen bei Lastabsturz“ (AG VML) ins Leben, die einen Stellungnahmeentwurf zum Thema erarbeiten sollte. Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe hat in zwei Sitzungen am 18.12.2024 und 14.01.2025 einen Stellungnahmeentwurf erstellt. Er wurde in der 293. Sitzung des Ausschusses RB am 25.02.2025 beraten und einstimmig verabschiedet. Der Entwurf wurde anschließend der RSK in ihrer 546. Sitzung am 30.04.2025 zur weiteren Beratung vorgelegt.

3 Ereignisablauf und administrative Vorsorgemaßnahmen

3.1 Sachverhalt

3.1.1 Ausführung und Handhabung des Lastanschlags für den TLB-Transport

Zum besseren Verständnis des Sachverhalts werden einleitend die Handhabung des Innengehänges zur Aufnahme des TLB und die Details der Sicherung des Innengehänges gegen ein Herausrutschen des Tragzapfens des TLB aus der Innengehängelasche dargestellt.

Über das ca. 10 m lange Innengehänge wird der TLB für die notwendigen Handhabungsvorgänge bei der Abfertigung im Reaktorgebäude an den Reaktorgebäudekran angeschlagen. Beim Anschlagen des Innengehänges an den TLB werden die beiden Traglaschen, mit denen der TLB angehoben wird, über die beiden oberen Tragzapfen des TLB geführt („eingefädelt“). Wird das Innengehänge korrekt an den TLB angeschlagen, liegt im angehobenen Zustand der Tragzapfen unten auf der Bronzebuchse der Innengehängelasche auf, ein Herausrutschen des Tragzapfens des Behälters aus der Lasche wird durch den Bund des Tragzapfens verhindert (siehe Abbildung 1 für die im KBR gewählte Konstruktion mit einer Verriegelungsfalle).

Nach dem Absetzen des Behälters im TBB verbleiben die Laschen an den Tragzapfen des TLB, werden aber von der Traverse am Kranhaken abgeschlagen, da ansonsten eine Beladung des TLB nicht möglich wäre. Durch das Abschlagen der Laschen kommt es zu einer Lastumkehr. Aufgrund des Spiels zwischen dem Auge der Lasche und dem Tragzapfen würde sich die Lasche ohne Verriegelung absetzen und nunmehr oben auf dem Tragzapfen aufliegen. In Kombination mit den Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem Beladevorgang (Ab- und Anschlagen an der Traverse) kann es bei nicht gesicherter Verriegelungsfalle dazu kommen, dass sich die Lasche relativ zum Behälter nach auswärts verschiebt (in Abbildung 1 nach links), derart, dass beim Wiederanheben der Bund des Tragzapfens auf der Lasche aufliegt. Ein Herausrutschen des Behälters aus der Lasche wird in diesem Fall durch den Bund nicht mehr sicher verhindert (siehe Abbildung 2).

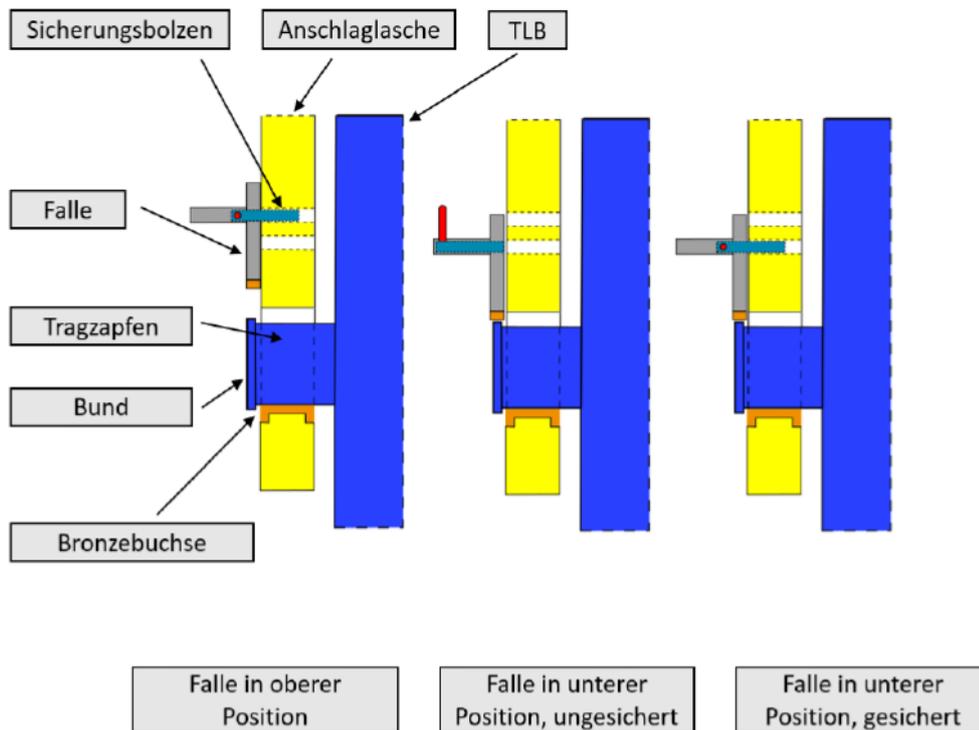


Abbildung 1: Lage der KBR Verriegelungsfalle bei korrekt angeschlagenem TLB (Bund des Tragzapfens liegt außerhalb der Lasche), Abbildung aus [2].

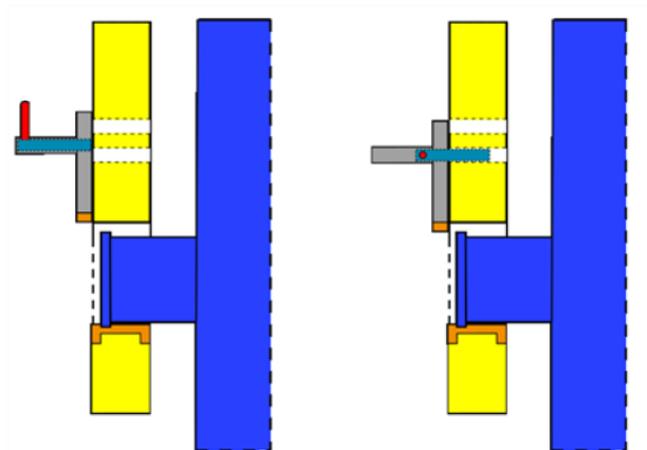


Abbildung 2: Lage der KBR Verriegelungsfalle bei falsch angeschlagenem TLB (Bund des Tragzapfens liegt auf der Bronzebuchse auf), Abbildung aus [2].

Die Aufgabe der Verriegelung ist es, nach dem Aufliegen des Tragzapfens auf der Bronzebuchse der Lasche diese Position zu fixieren, um damit beim Abschlagen der Lasche von der Krantraverse ein Absetzen der Lasche auf dem Tragzapfen und somit letztlich auch ein Ausfädeln zu verhindern. Wenn sich die Lasche aufgrund der Verriegelung nicht absetzen kann, unterbindet der Bund des Tragzapfens eine Auswärtsbewegung der Lasche. Hierbei unterscheiden sich entsprechend den Ausführungen des vgb in der 290. RB-Sitzung die Ausführungen der Verriegelungen zwischen den einzelnen Anlagen [3]. Teilweise werden, statt den im KBR und im GKN II eingesetzten Verriegelungsfällen, in den Freiraum zwischen Tragzapfen und

Lasche Bauteile so eingebracht und verspannt, dass sich die Lasche nicht mehr axial auf dem Tragzapfen verschieben kann.

3.1.2 Nicht hergestellte Verriegelung einer Innengehängelasche bei der CASTOR-Abfertigung (ME 23/026)

Nachfolgend werden wesentliche Aspekte des Ereignisablaufs, wie er auf Basis der von der Betreiberin KBR veranlassten Ereignisanalyse [4] und aus deren Bewertung durch die Sachverständigenorganisation ESN SZ [5] ermittelt worden ist, dargestellt.

Vor Aufnahme der 13. CASTOR®-Beladekampagne hatte Anfang 2023 ein Treffen zwischen der Anlagenleitung des KBR und der Geschäftsführung der Gesellschaft für Nuklear-Service (GNS) stattgefunden, in dem seitens KBR vor dem Hintergrund von Auffälligkeiten im Zuge von früheren Ereignissen bei der Abfertigung von CASTOR®-Behältern die Erwartungshaltung an die Zuarbeiten der GNS kommuniziert wurde. Daraufhin habe die GNS dem KBR für die 13. Beladekampagne besonders erfahrenes Personal bereitgestellt.

Zu Beginn der 13. Kampagne erfolgte laut der Betreiberin am 11.07.2023 ein umfangreiches Kampagnenbriefing zu den bevorstehenden Arbeiten, welches u. a. die einzelnen Handlungsschritte sowie die interne und externe Betriebserfahrung aus vorangegangenen Beladekampagnen und den dabei aufgetretenen Ereignissen beinhaltete. Diese Einweisung war identisch für das Eigen- und auch das überlassene Fremdpersonal. Dabei wurden die im Rahmen der Abfertigungskampagne eingesetzten „Aufsichtsführenden vor Ort“ (AvO) durch den „Verantwortlichen für die Durchführung der Arbeit“ (VDA) unterwiesen (alle KBR-Eigenpersonal).

Am 13.07.2023 sollte das Innengehänge von der Spätschicht an den TLB angeschlagen und die beiden Laschen des Innengehänges mittels je einer Verriegelungsfalle gegen ein Ausfädeln des Tragzapfens gesichert werden. Auf der 90°-Seite des TLB wurde dieser Vorgang vom Anschläger 1 durchgeführt. Auf der 270°-Seite sollte diese Tätigkeit vom Anschläger 2 durchgeführt werden, der eine weitere Person diesbezüglich schulen sollte. Da das Setzen der Verriegelungsfalle auf der 270°-Seite nicht im ersten Versuch gelang, begab sich Anschläger 1 ebenfalls auf die 270°-Seite, um den Kollegen diesbezüglich zu unterstützen. Bei den beiden Anschlägern handelte es sich um geschultes Personal einer Fremdfirma (tätig im Rahmen einer Arbeitnehmerüberlassung) mit mehrjähriger diesbezüglicher Erfahrung, das bereits an der 12. CASTOR®-Kampagne im KBR beteiligt war. Nach Aussage der Betreiberin haben die beiden Anschläger die entsprechenden Tätigkeiten bereits in verschiedenen Anlagen ausgeführt.

Nach Aussage der Betreiberin in der 291. RB-Sitzung am 26.09.2024 sei es nicht ungewöhnlich, dass das korrekte Positionieren der zur Verriegelung dienenden Falle mit Einschleiben des Sicherungsbolzens nicht beim ersten Versuch gelingt.

Der AvO beobachtete die Tätigkeiten der Anschläger aus seiner Position zwischen der 90°- und 270°-Seite des TLB. Dabei befand er sich auf einer für die notwendige Kontrolle der Tätigkeiten an der 270°-Seite ungünstigen Beobachtungsposition. Das Anschlagen und Sichern der beiden Laschen wurde vom AvO im BsA bestätigt, ohne dass er die korrekte Positionierung von Falle und Sicherungsbolzen direkt vor Ort

kontrolliert hatte. Des Weiteren erfolgte die im BsA geforderte Bestätigung des Schritts durch eine Vertreterin der dafür zuständigen Sachverständigenorganisation, dies ebenfalls ohne direkte Inaugenscheinnahme vor Ort.

Sodann wurden die weiteren Schritte des BsA abgearbeitet, darunter der Transport des TLB zum TBB, das Absenken in das TBB und das Beladen. Beim Ausheben des TLB aus dem TBB stellte ein Anschläger fest, dass sich der Sicherungsbolzen der Falle auf der 270°-Seite nicht in der korrekten Lage befand, woraufhin er diesen spontan einschob. Auf Basis der im Nachgang durchgeführten Analysen ist jedoch davon auszugehen, dass zu diesem Zeitpunkt die Falle vor dem Bund des Tragzapfens lag und somit das Einschieben als Sicherungsmaßnahme unwirksam war.¹ Die Vorbedingung, dass die Verriegelungsfalle korrekt auf dem Bund aufliegen muss, wurde beim Einschieben des Sicherungsbolzens durch den Anschläger nicht überprüft, sodass auch die inkorrekte Lage der Anschlaglasche nicht erkannt wurde.

Nach Einschätzung des durchführenden Personals vor Ort lag keine sicherheitsrelevante Abweichung vor. Die Abweichung, dass die Falle beim Ausheben des TLB aus dem TBB nicht korrekt gesichert vorgefunden wurde, führte nicht zur Unterbrechung der Tätigkeiten (nicht erfolgte Umsetzung des STOP-Prinzips). Der VDA wurde vom AvO auch nicht über das nachträgliche Einschieben des Sicherungsbolzens informiert, was ebenso wie die Fortsetzung der Arbeiten einen Verstoß gegen betriebliche Vorgaben darstellte.

Nach dem Abstellen des beladenen TLB auf dem Beckenflur erfolgte das Abschlagen des Innengehänges. Hierbei wurde eine Bronzebuchse, die vor dem Anschlagen des Innengehänges an die Tragzapfen in die Laschen einzubringen ist, beschädigt vorgefunden. Daraufhin erfolgte eine Information des VDA. Diese Information war jedoch zunächst hinsichtlich der insgesamt festgestellten Abweichungen unvollständig.

Die Mitarbeitenden der durch KBR beauftragten Fremdfirma (Anschläger), die das Anschlagen der Innengehängelaschen an die Tragzapfen des TLB durchführten, und der AvO waren nach Aussage der Betreiberin dieselben, die den Sicherungsbolzen der Falle beim Ausheben des TLB aus dem TBB einschoben, die Arbeiten ohne Unterbrechung fortsetzten und den VDA zunächst nicht und später nur unvollständig informierten.

Im Zuge der Ereignisanalyse wurde von den Anschlägern angegeben, dass beim Anschlagen des TLB die Lasche und die Falle auf der 270°-Seite korrekt positioniert und die Falle durch Einschieben des Sicherungsbolzens ordnungsgemäß verriegelt worden sei.

Im Nachgang zum Ereignis durch die Betreiberin und die Sachverständigenorganisation TÜV NORD EnSys (TNE) durchgeführte Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, dass eine „Entsicherung“ der Falle im Zuge der Handhabungsvorgänge technisch ausgeschlossen ist. Vor diesem Hintergrund und auf Basis des Schadensbildes folgern die Betreiberin KBR und die beteiligten Sachverständigen, dass die Lasche auf der 270°-Seite beim Anschlagen zunächst zwar korrekt positioniert,

¹ Aus Sicht der RSK lässt sich in diesem Zusammenhang auch nicht abschließend ausschließen, dass die Lasche auf der 270°-Seite bereits beim Anschlagen nicht vollständig eingefädelt worden war und sich die Falle ggf. nicht sichern ließ. Aufgrund des Schadensbildes wäre dann zu schlussfolgern, dass sich die Lasche nach der Lastumkehr beim Abstellen des TLB im TBB so weit verschob, dass sie beim Ausheben aus dem TBB (und nicht beim Einheben) korrekt eingefädelt war. Für die abgeleiteten Empfehlungen ist diese Restunsicherheit jedoch nicht relevant.

die Falle aber nicht ordnungsgemäß gesichert worden war. Aufgrund der nicht erfolgten Sicherung verschob sich die Lasche im TBB im entlasteten Zustand nach außen (Lastumkehr, siehe Abschnitt 3.1, Abbildung 2).

3.1.3 Schlussfolgerungen der Betreiber aus dem ME 23/026

Von der GRS wurde im Februar 2024 die Weiterleitungsnachricht (WLN) 2024/01 zum ME 23/026 herausgegeben [1]. Diese enthält zwei technische und vier administrative Empfehlungen. Die Betreiber kommen im Hinblick auf diese Empfehlungen zu folgenden Bewertungen [3]:

- Die verwendeten Anschlagssicherungen sind betriebsbewährt. Es lassen sich keine ergonomischen/technischen Defizite erkennen. Änderungen der ergonomischen Gestaltung an den aktuell verwendeten Anschlagmitteln sind nicht vorgesehen.
- Technische Änderungen (z. B. eine leittechnische Überwachung der Anschläge und eine Einbindung in die Kransteuerung) sind nicht geplant, da sich die vorhandene konstruktive Lösung, bei korrekt eingelegter Sicherung zum Ausschluss eines fehlerhaften Anschlages, bewährt hat. Durch regelmäßige Unterweisung und das Vier-Augen-Prinzip wird die Sicherstellung der Verriegelung administrativ gewährleistet.
- Im Hinblick auf die Aufnahme von detaillierteren Anweisungen zur Sicherung der Innengehängelaschen in die BsA wenden die Betreiber ein, dass im Rahmen der Abfertigung eines TLB eine Vielzahl von Schritten umzusetzen sind, die mit dem Anschlagen von Traversen an zu hebende Bauteile und an Kranhaken verbunden sind. Aus Gründen der Konsistenz müsste eine Detaillierung der zu erfolgenden Prüfungen dann für sämtliche dieser Arbeitsschritte erfolgen. Aus Sicht der Betreiber ist die aktuelle Detaillierung des BsA angemessen, da die konkrete Umsetzung der Arbeitshandlungen somit der Fachkunde und der Sorgfalt der handelnden Personen unterliegt. Dies trägt stärker zu einer hohen Qualität der Arbeit bei, als eine weitere Präzisierung/Detaillierung einzelner Vorgaben im BsA.
- Die an der TLB-Abfertigung beteiligten Personen (Fremd- und Eigenpersonal) wurden bisher geschult und über aktuelle Erfahrungen/Ereignisse informiert. In diesen Schulungen werden insbesondere die kampagnenbedingten Randbedingungen, die Erwartungshaltung, Vorgehensweise und Anwendung der Werkzeuge des professionellen Handels (wie z. B. Einhaltung von Regelungen und Vorgaben, STOP bei Abweichungen, Vier-Augen-Prinzip, sichere Kommunikation) thematisiert. In Auswertung der bisher vorliegenden Erkenntnisse aus dem ME 23/026 wurde nochmals die Bedeutung klarer Anweisungen und gewissenhafter Kontrolle herausgehoben.

Darüber hinaus nehmen die einzelnen Anlagen eine Bewertung möglicher Maßnahmen zur Überprüfung des ordnungsgemäßen Anschlages und der korrekten Laschensicherung vor dem Ausheben des TLB aus dem TBB (z. B. kameragestützte Inspektion im TBB, Kontrolle von Höhenmarkierungen an den Innengehängelaschen) vor [6].

Zum Prüfkonzept für die Lastanschlagmittel führen die Betreiber in [6] aus, dass das gesamte Innengehänge für die TLB (inkl. aller mechanischen Bauteile) wiederkehrend mit einer Funktions- und Sichtprüfung gemäß

KTA 3903 überprüft wird. Zusätzlich werden die beim Behältertransport im Kraftfluss liegenden Bauteile einer gesonderten Prüfung (Oberflächenrissprüfung, Ultraschallprüfung) unterzogen.

Hinsichtlich der bestehenden Vorsorgemaßnahmen gegen einen TLB-Absturz schlussfolgern die Betreiber, dass mit den getroffenen Vorkehrungen gegen Fehlhandlungen ein Lastabsturz des TLB mit unzulässigen Folgen sicher verhindert werden kann [3]. Die im Erfahrungsrückfluss aus dem ME 23/026 und der WLN 2024/01 abgeleiteten Erkenntnisse wurden bei den durchgeführten bzw. werden bei den geplanten Kampagnen der TLB-Beladungen berücksichtigt.

Besonderes Augenmerk wurde/wird dabei auf Schulungen für Eigen- und Fremdpersonal vor den TLB-Beladekampagnen gelegt. Die Arbeits- und Prüfschritte des anlagenspezifischen BsA und die Vorgehensweise sowie die Anwendung der „Werkzeuge des professionellen Handels“ sind Schwerpunkt-themen der Schulungen.

3.2 Bewertungsmaßstab

Die im Nachgang zu dem Ereignis im Kernkraftwerk Brokdorf vorgenommenen Analysen haben keinen Hinweis darauf geliefert, dass sie auf ein technisches Versagen der eingesetzten Einrichtungen zurückzuführen waren. Die vorzunehmenden Bewertungen beziehen sich daher auf die Zuverlässigkeit administrativer Maßnahmen zur Verhinderung eines TLB-Absturzes.

Gemäß Nummer 4.1 (4) der Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke (SiAnf) [11] können für definierte Ereignisse optional Nachweise dahingehend geführt werden, dass durch spezielle Vorsorgemaßnahmen der Eintritt dieser Ereignisse als verhindert bewertet werden kann. Dies ist im Hinblick auf den Absturz eines TLB im Bereich des BE-Lagerbeckens und des TBB der Fall, siehe dazu im Detail Abschnitt 4.

In Anhang 3 der SiAnf sind Anforderungen an VM spezifiziert. Gemäß Nummer 2 (2) sollen Vorsorgemaßnahmen vorrangig auf passiven Einrichtungen basieren. Ist eine hinreichend zuverlässige Vermeidung unzulässiger Folgewirkungen durch passive Einrichtungen nicht gegeben, so sind zuverlässige aktive Einrichtungen vorzusehen. Im Falle der Einbeziehung administrativer Maßnahmen ist ein Zuverlässigkeitsnachweis gemäß Nummer 2 (6) erforderlich. Sofern im Ausnahmefall Vorsorgemaßnahmen ausschließlich auf administrativen Maßnahmen beruhen, ist deren Zuverlässigkeit gesondert zu begründen.

Wenn administrative Maßnahmen und daraus abgeleitete Personalhandlungen in Vorsorgemaßnahmen einbezogen werden, ist deren Wirksamkeit und Zuverlässigkeit durch Methoden wie Fehlereffekt- oder Gefahrenanalyse nachzuweisen (Anhang 3, Nummer 2 (6) der SiAnf). Insbesondere sind dabei systematische Fehler zu berücksichtigen. Folgende Bedingungen sind gemäß Anhang 3 der SiAnf zu gewährleisten:

- Es sind eindeutige organisatorische Vorgaben hinsichtlich Zuständigkeit und Verantwortung für die Durchführung und Kontrolle der Vorsorgemaßnahmen zu treffen. Das mit der Durchführung und der Kontrolle von Vorsorgemaßnahmen betraute Personal ist entsprechend der sicherheitstechnischen Bedeutung der Vorsorgemaßnahmen besonders zu qualifizieren.

- Es müssen eindeutige Ablaufprozeduren sowie Arbeitsanweisungen für die Durchführung und die Kontrolle der Vorsorgemaßnahmen vorhanden sein. Art und Anzahl der Kontrollen sind entsprechend den Vorgaben an die Zuverlässigkeit der jeweiligen Vorsorgemaßnahme festzulegen. Für die Kontrollen sind eindeutige, mess- und quantifizierbare Kriterien festzulegen. Identifizierte Abweichungen von Anforderungen bedürfen der sicherheitstechnischen Bewertung.
- Die Durchführung der Kontrollen und die erzielten Ergebnisse sind lückenlos zu dokumentieren. Die jeweils beteiligten Personen sind anzugeben.
- Es muss ausreichend Zeit für die Durchführung der Kontrollen der Vorsorgemaßnahmen zur Verfügung stehen.
- Die Durchführung und Kontrolle der Vorsorgemaßnahmen dürfen durch die Umgebungsbedingungen nicht beeinträchtigt sein.
- Die Randbedingungen, unter denen die mit der Durchführung der Vorsorgemaßnahmen betrauten Personen handeln, sind so zu gestalten, dass die Voraussetzungen für ein möglichst fehlerfreies Verhalten vorliegen. Die ergonomischen Anforderungen gemäß Nummer 3.1 (13) der SiAnf sind zu beachten.
- Mögliche Fehler und deren Auswirkungen sind bei der Schulung des Personals zu berücksichtigen.

3.3 Bewertung zur Zuverlässigkeit der Personalhandlungen

Bei der Handhabung des TLB im Kernkraftwerk ist unter Berücksichtigung der in den Anlagen verwendeten technischen Einrichtungen eine Einbeziehung administrativer Maßnahmen in die Vorsorgemaßnahmen nicht zu vermeiden, insbesondere da ein mehrfaches An- und Abschlagen der jeweiligen Gehänge an den Reaktorgebäudekran und den TLB durch Personal erforderlich ist. Die korrekte Positionierung wird nicht durch technische Einrichtungen erfasst und z. B. in Verriegelungen des Hebezeugs eingebunden.

In den Jahren 2017 und 2018 war es im KBR zu zwei Ereignissen im Zusammenhang mit der TLB-Abfertigung gekommen (Fehlmontage von Schrauben und einer Dichtung am Sekundärdeckel). Um Fehlhandlungen bei der im Sommer 2023 anstehenden 13. CASTOR®-Beladekampagne zu vermeiden, fand im Vorfeld ein Gespräch der KBR-Anlagenleitung mit der GNS statt. Hierbei wurde seitens GNS zugesichert, für die Durchführung der Kampagne erfahrenes Personal zur Verfügung zu stellen. Das Anschlagen des Innengehänges an den TLB stand nach Kenntnis der RSK dabei nicht im Fokus, zumal die Anschläger nicht von der GNS gestellt wurden, sondern einer Fremdfirma angehörten und im Rahmen einer Arbeitnehmerüberlassung für die Betreiberin tätig waren

Im Hinblick auf das ME 23/026 stellt die RSK fest, dass folgende zur Verhinderung eines Fehlanschlagens vorgesehenen Maßnahmen ihren Zweck nicht erfüllt haben:

- Schulung des eingesetzten Personals unmittelbar vor der Kampagne, auch im Hinblick auf KBR-spezifische Aspekte;

- Einsatz von Anschlägern mit mehrjähriger Erfahrung;
- Abarbeitung der Tätigkeiten anhand eines klar strukturierten Schrittfolgeplans (BsA);
- Anschlagen des Innengehänges an den TLB als in technischer Hinsicht einfache Tätigkeit;
- Verwendung einer Verriegelungsfalle mit technisch einfach zu bedienender Mechanik;
- Unabhängige Überprüfung des BsA-Schritts „anschlagen und sichern“ und Bestätigung (abzeichnen) im BsA, Beides durch den AvO;
- Unabhängige Überprüfung des BsA-Schritts „anschlagen und sichern“ und Bestätigung (abzeichnen) im BsA, Beides durch eine Sachverständigenorganisation.

Im Rahmen der Ereignisanalyse konnte nicht geklärt werden, warum das Innengehänge trotz des Versuchs von zwei Anschlägern, die Verriegelungsfalle auf der 270°-Seite korrekt zu positionieren und zu sichern, letztlich nicht vorschriftsgemäß angeschlagen wurde.

Das spontane Einschieben des Sicherungsbolzens beim Ausheben des TLB aus dem TBB durch die Anschläger in Anwesenheit des AvO deutet darauf hin, dass zumindest situativ kein vollständiges Verständnis im Hinblick auf die Funktionsweise der Verriegelungsfalle und ihrer Sicherungseinrichtung vorlag. In diesem Zusammenhang erscheint die Konstruktion der Verriegelungsfalle insofern nicht ausreichend anwendungssicher, als der Sicherungsbolzen auch eingeschoben werden kann, wenn die Falle nicht auf dem Bund des Tragzapfens aufliegt.

Vor diesem Hintergrund empfiehlt die RSK die in Kapitel 3.4 abgeleiteten Maßnahmen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit der Maßnahmen gegen einen Absturz von TLB.

3.4 Maßnahmen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit von Handhabungsschritten

3.4.1 Zusätzliche technische Vorkehrungen

Als technische Maßnahmen kommen z. B. leittechnische Verriegelungen in Betracht, die verhindern, dass der TLB angehoben wird, wenn Tragmittel und Lastaufnahmemittel (im Sinne der Regel KTA 3902) nicht ordnungsgemäß an das Hebezeug und den TLB angeschlagen sind (dies beinhaltet auch die Sicherung der mechanischen Verriegelungen).

Aus Sicht der RSK würde eine zusätzliche leittechnische Überwachung die Zuverlässigkeit des bislang ausschließlich administrativ überwachten Anschlagens von Tragmitteln, Lastaufnahmemitteln und TLB erhöhen.

Allerdings führen die im Folgenden dargestellten Empfehlungen nach Auffassung der RSK zu einer deutlichen Verbesserung der Handhabungssicherheit bei der TLB-Handhabung. Zusammen mit der empfohlenen Aufrechterhaltung bzw. Erweiterung der bereits etablierten Maßnahmen zur Behandlung der

Folgen eines als SE 4 Ereignis postulierten TLB-Absturzes wird aus Sicht der RSK ein für die verbleibenden TLB-Kampagnen ausreichendes Sicherheitsniveau erreicht.

3.4.2 Schriftliche betriebliche Unterlagen

Die BsA enthalten im Hinblick auf die in Rede stehenden Personalhandlungen lediglich die Vorgabe, dass das Vertikalgehänge an die kopfseitigen Tragzapfen anzuschlagen und zu sichern ist. Eine genauere Beschreibung der Tätigkeit fehlt ebenso wie die explizite Vorgabe eines diesbezüglichen Prüfschritts. Sowohl von den Betreibern [3] als auch vom Sachverständigen [5] ist vorgebracht worden, dass im Rahmen der Abfertigung eines TLB mehrere Schritte stattfinden, die mit dem Anschlagen an den TLB und dem Einlegen der Verriegelung vergleichbar sind. Aus Gründen der Konsistenz müsste eine zusätzliche Detaillierung der vor dem Abzeichnen der jeweiligen Schritte im BsA vorzunehmenden Prüfungen dann für sämtliche dieser Arbeitsschritte erfolgen. Der Sachverständige sieht generell die Gefahr einer „ereignisspezifischen Unwucht“, sofern Ereignisse zum Anlass genommen werden, einzelne Schritte detaillierter darzustellen als die Gesamtheit der ca. 400 Schritte der BsA [5].

Die beim ME 23/026 unterlassene Vor-Ort-Kontrolle der korrekten Sicherung der Verriegelungsfalle durch den AvO weist aus Sicht des Sachverständigen auf ein unzureichendes Verständnis der bestehenden Vorgaben des BsA zum Setzen des Erledigungsvermerks bei den bei diesem Arbeitsschritt anwesenden Mitarbeitern und der Organisation hin [5]. In diesem Zusammenhang ist als Abhilfemaßnahme eine Konkretisierung des Abschnitts „Abzeichnung und Protokollierung“ im BsA dahingehend erfolgt, dass ein Erledigungsvermerk im BsA nur dann zu setzen ist, wenn sich der Unterzeichnende objektiv von der ordnungsgemäßen Durchführung des Schritts überzeugt hat. Diese Konkretisierung soll gemäß [5] dahingehend wirken, dass bei allen an der TLB-Beladekampagne beteiligten Mitarbeitenden ein vergleichbares Verständnis bzgl. der Verifikation der ordnungsgemäßen Ausführung eines Arbeitsschritts vor Unterzeichnung des Erledigungsvermerks im BsA besteht.

Die RSK bekräftigt hierzu, dass ein Erledigungsvermerk im BsA nur dann gesetzt werden darf, wenn sich die hierfür verantwortliche Person, sei es Personal vom Betreiber, Dienstleister oder Sachverständiger, objektiv von der ordnungsgemäßen Durchführung des Schrittes überzeugt hat. Dies gilt im Übrigen auch für alle anderen Tätigkeiten, bei denen die Durchführung einer Kontrolle bestätigt wird.

Aus den Anforderungen in Anhang 3 der SiAnf ist abzuleiten, dass administrativen Maßnahmen, die Bestandteil von Vorsorgemaßnahmen sind, eine hervorgehobene sicherheitstechnische Bedeutung zukommt. In den BsA ist im Hinblick auf die VM gegen Absturz des TLB nur eine begrenzte Zahl von Schritten betroffen, deren hervorgehobene sicherheitstechnische Bedeutung anhand der Darstellung im BsA jedoch nicht erkennbar ist.

Für eine systematische Erfassung aller Tätigkeiten, die im Hinblick auf die Verhinderung eines TLB-Absturzes bei der Handhabung relevant sind, empfiehlt die RSK, dass die Gesamtheit der hier zu beachtenden Handlungs- und Kontrollschritte identifiziert und in einer Unterlage dokumentiert wird. Hierbei sind auch die anlagenspezifischen Besonderheiten, z. B. im Hinblick auf die eingesetzten Verriegelungskonzepte, zu

berücksichtigen.² Die Zuständigkeiten für die Durchführung der einzelnen Handlungsschritte und der Kontrollen sind auszuweisen, ebenso Art und Umfang der jeweiligen Kontrollen. Die Unterlage ist für die Schulungen des eingesetzten Personals sowie für die Briefings vor der TLB-Handhabung heranzuziehen und für entsprechende Schritte im BsA zu referenzieren (Empfehlung 1 (E-1)).

Im Hinblick auf eine Kennzeichnung der zur Verhinderung eines TLB-Absturzes relevanten Tätigkeiten im BsA empfiehlt die RSK, dass für alle diesbezüglichen Schritte im BsA ein entsprechender Hinweis ergänzt wird (z. B. in der Form „VM gegen TLB-Absturz!“) (Empfehlung 2 (E-2)).

3.4.3 Zusätzliche Prüfschritte

Wie in Abschnitt 3.1 dargestellt, kann es für den Fall, dass eine Innengehängelasche nicht gegen Axialbewegungen relativ zum Tragzapfen verriegelt ist, im Zuge der Handhabungen im TBB zu einem (teilweisen) Ausfädeln der Lasche kommen. Somit trägt eine vor dem Ausheben des TLB aus dem TBB erfolgende Kontrolle, ob die Innengehängelaschen verriegelt sind und das Innengehänge korrekt positioniert ist, zu einer Erhöhung der Gesamtzuverlässigkeit der Maßnahmen gegen den Absturz eines TLB bei.

Die RSK empfiehlt vor diesem Hintergrund, dass vor dem Ausheben des TLB aus dem TBB durch eine geeignete zusätzliche Prüfung unter Wasser mittels Kamera bestätigt wird, dass die Innengehängelaschen korrekt positioniert und verriegelt sind. Im BsA ist ein entsprechender Schritt zu ergänzen (Empfehlung 3 (E-3)).

3.4.4 Schulungen und Werkzeuge des professionellen Handelns

Gemäß Darstellung der Betreiber [3] werden von der GNS für Beladepersonal Erst- und Wiederholungsschulungen durchgeführt (Dauer zwei Wochen bzw. eine Woche). Darüber hinaus werden Schulungen vor TLB-Beladekampagnen für Eigen- und Fremdpersonal durchgeführt, die die Arbeits- und Prüfschritte des BsA und die Vorgehensweise sowie die Anwendung der „Werkzeuge des professionellen Handelns“ beinhalten.

Die Betreiberin KBR hat gemäß [4] aus dem ME 23/026 verschiedene Schulungsmaßnahmen für Anschläger, Kranfahrer, AvO und GNS-Mitarbeitende zur Vorkehrung gegen Wiederholung abgeleitet und zugehörige Wirksamkeitskontrollen festgelegt. Zu letzteren gehören schriftliche Lernzielkontrollen. Des Weiteren sind u. a. Tätigkeitsbeobachtungen erfolgt. Die RSK geht davon aus, dass die genannten und nach dem ME 23/026 angepassten Schulungen auf hohem Niveau fortgeführt werden und dabei auch die Wirksamkeit kontinuierlich mittels Lernzielkontrollen und Tätigkeitsanalysen evaluiert wird (zu Methoden für die Wirksamkeitskontrolle siehe auch die RSK-Empfehlung [13]).

² Für die im GKN II und KBR eingesetzte Verriegelungsfalle ist hierbei bspw. auch darzustellen, dass der Sicherungsbolzen der Falle auch dann eingeschoben werden kann, wenn der Bund des Tragzapfens auf der Lasche aufliegt, somit auch eine Kontrolle der korrekten Lage des Bundes relativ zur Lasche erforderlich ist.

Die RSK empfiehlt, dass die Betreiber, die noch TLB-Beladekampagnen durchführen, vergleichbare Schulungen und Wirksamkeitskontrollen wie im KBR durchführen (Empfehlung 4 (E-4)).

Im Rahmen eines von KBR initiierten Peer-Reviews durch KBR-fremde Experten sowie eine Meta-Analyse von KBR, die der Identifikation möglicher gemeinsamer Ursachen mit weiteren Ereignissen dienten, wurden Defizite hinsichtlich der nachhaltigen Wirksamkeit von Maßnahmen in den Bereichen Pre-Job-Briefing und Debriefing festgestellt [5]. Vor diesem Hintergrund wurden von KBR die weitere Formalisierung und Ausgestaltung der Pre-Job-Briefings vor jedem Schichtwechsel und der entsprechenden Debriefings nach jedem Schichtwechsel als Maßnahmen abgeleitet sowie das Schichtübergabeprotokoll diesbezüglich angepasst.

Um für alle zukünftigen TLB-Abfertigungen sicherzustellen, dass

- die Mitarbeiter der kommenden TLB-Abfertigungsschicht hinreichend auf die in ihrer Schicht anstehenden Tätigkeiten und Besonderheiten bei diesen Tätigkeiten vorbereitet und sensibilisiert sind sowie
- die im Rahmen der Tätigkeiten der gehenden TLB-Abfertigungsschicht aufgetretenen Besonderheiten und Lessons Learned an die kommende Schicht kommuniziert werden,

empfiehlt die RSK den Betreibern bei TLB-Handhabungen die Durchführung eines formalisierten (Formblatt-/Checklisten-gestützten) Schicht-Briefings (Pre-Job-Briefing vor und Debriefing nach jeder Schicht), bei Schichtwechsel entsprechend als Schichtübergabe-Briefing.

Der Mindest-Teilnehmerkreis für die Briefings sollte AvO, Mitarbeiter aus dem Bereich Strahlenschutz und verantwortliche Vertreter der einbezogenen Fremdfirmen umfassen. Sofern von Schichtmitgliedern bezüglich der Ausführung bestimmter Schritte zusätzlicher Erläuterungsbedarf gesehen wird oder Besonderheiten auftraten bzw. zu erwarten sind, ist der VDA hinzuziehen (Empfehlung 5 (E-5)).

4 Einordnung eines TLB-Absturzes in das Sicherheitskonzept

4.1 Vorsorgemaßnahmen gegen den Absturz eines TLB

Spezifische Einrichtungen zur Beherrschung eines TLB-Absturzes sind in den DWR-Anlagen, in denen gegenwärtig noch TLB gehandhabt werden, nicht vorhanden. Wie in [7] und [12] dargestellt, waren in älteren Anlagen als Maßnahmen zur Beherrschung eines TLB-Absturzes noch Stoßdämpfer im Transportbehälter-Absetzbecken und Barrieren am Rand des Absetzbeckens installiert, letztere, um ein Abkippen des TLB in das BE-Lagerbecken zu verhindern.

Auf diese Vorkehrungen wurde bei den neueren Anlagen verzichtet, da sich in den 1980er Jahren der Ansatz etabliert hatte, dass aufgrund der Auslegung und des Betriebs der Hebezeuge (darunter maßgeblich des Reaktorgebäudekrans) gemäß den Anforderungen in den Regeln KTA 3902 und 3903 ein Absturz des TLB nicht mehr unterstellt werden muss. Für diese Bewertung wurden auch Zuverlässigkeitsanalysen zur Handhabung des TLB herangezogen. Kernpunkt der entsprechenden Betrachtungen waren Fehlerbaumanalysen mit quantitativen/qualitativen Auswertungen und Abschätzungen zu Absturzhäufigkeiten eines TLB

in das BE-Lagerbecken oder das TBB [3], [12]. Hierbei wurden auch die Schritte bei der Behälterabfertigung, die das An- und Abschlagen und Heben des TLB beinhalten, analysiert.

Diese Untersuchungen führten zu folgenden wesentlichen Schlussfolgerungen [3], [7], [12]:

- Die Eintrittshäufigkeit für den Absturz eines TLB über dem BE-Lagerbecken oder über dem TBB wurde in der Größenordnung $10^{-6}/a$ ermittelt. Die Zahl von $10^{-6}/a$ wurde auf der Basis von Lastabstürzen bei konventionellen Krananlagen ermittelt und stellt eine konservative Abschätzung dar. Bei einer durchgehenden Auslegung nach KTA 3902 sei die Absturzhäufigkeit kleiner.
- Durch konstruktive Gegebenheiten der Lastanschlagpunkte und -mittel sei ein Fehlschlagen des TLB sehr unwahrscheinlich. Ein dennoch unterstelltes Fehlschlagen wäre sofort erkennbar, da die Last schief hängt oder zum sofortigen Abreißen außerhalb des Bereichs des Lager- oder des Absatzbeckens führen würde.
- Ein Fehlfahren der Last werde durch die Fahrwegverriegelungen verhindert. Der Handhabungsvorgang werde von vier bis fünf Personen vorgenommen und überwacht, die ein Fehlfahren sofort feststellen würden.
- Eine einzige menschliche Fehlhandlung könne nicht zu einem Absturz des TLB führen, weil Handmaßnahmen durch von der Konstruktion fest vorgegebene Bedienungsschritte zwangsläufig kontrolliert würden und infolge zusätzlicher automatischer Verriegelung nur in einem sicheren Bereich durchgeführt werden könnten.

Dieser Ansatz wurde Mitte der 1980er Jahre von der RSK akzeptiert [7] und der Absturz eines TLB wird deshalb als durch Vorsorgemaßnahmen verhindert eingestuft. Gegenwärtig bestehen die Vorsorgemaßnahmen im Wesentlichen aus

- der Auslegung, dem Betrieb und der Prüfung der eingesetzten Hebezeuge und der Lastanschlagpunkte am TLB gemäß den Vorgaben in den Regeln KTA 3902, 3903 und 3905,
- einer geringen Hubhöhe über dem Beckenflur, so dass auf dem Beckenflur auch bei einem einseitigen Versagen (oder fehlerhaften Anschlagen) des Innengehänges kein Umkippen erfolgt³,
- leittechnischen Verriegelungen, um eine Handhabung des TLB außerhalb des vorgegebenen Fahrbereichs zu verhindern (insbesondere kein An- oder Überfahren des BE-Lagerbeckens),
- der Abfertigung auf Basis der behälterspezifischen Ablaufpläne (BsA) mit Festlegung der einzelnen Arbeits- und Handhabungsschritte und zugehörigen Kontrollen und
- dem Einsatz geschulten Personals und Briefings zu den durchzuführenden Tätigkeiten.

³ Dass es nicht zum Umkippen kommt, haben diesbezügliche Betrachtungen aufgezeigt [3].

4.2 Robustheit

Wie zuvor ausgeführt, wird in der bestehenden Systematik des deutschen kerntechnischen Regelwerks der Absturz eines TLB aufgrund getroffener Vorsorgemaßnahmen nicht als Ereignis der Sicherheits-ebene 3 (SE 3) unterstellt. Nach dem Reaktorunfall in Fukushima wurde im Zuge der RSK-Beratungen zur Robustheit ein TLB-Absturz als ein im auslegungsüberschreitenden Bereich (Sicherheitsebene 4, SE 4) zu unterstellendes Ereignis diskutiert, soweit der Absturz nicht als „ausgeschlossen“ eingestuft werden kann.⁴ In diesem Zusammenhang sollten Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie mögliche Folgen eines unterstellten TLB-Absturzes in dem Maße beherrscht werden können, dass es nicht zu massiven Brennelementschäden kommt [8].

Im Zuge der diesbezüglichen Beratungen wurde mittels vereinfachter ingenieurmäßiger Betrachtungen festgestellt, dass es bei einem unterstellten Absturz des TLB in das TBB ggf. zu einer Beschädigung der Stahlbetonstruktur kommen könnte, aber zu erwarten ist, dass die Schwelle zwischen dem TBB und dem BE-Lagerbecken intakt bleibt [8].⁵ Diese ist so hoch, dass bei Abfließen des Wassers über das Leck im TBB kein Füllstandsabfall unter die Oberkante der Brennelemente erfolgt. Mittels der Einspeisung von Flutbeckeninventar in das BE-Lagerbecken (Maßnahme der SE 3) oder mittels Notfallmaßnahmen zur Wassernachspeisung in das BE-Lagerbecken (Maßnahmen der SE 4), darunter die im Zuge der Robustheitsbetrachtungen neu installierten Einspeisemöglichkeiten, ist es dann möglich, eine Freilegung der BE zu verhindern. Ab einem ausreichend großen Wasseranfall im Reaktorgebäudesumpf wäre es dann auch möglich, mittels Sumpfrückförderung über die beiden verknüpften Beckenkühlstränge (Einrichtungen der SE 3)⁶ dauerhaft und langfristig eine ausreichende Überdeckung und Kühlung der BE im BE-Lagerbecken sicherzustellen.

Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen hat die RSK in ihren Stellungnahmen zu BE-Lagerbeckenkühlung im Restbetrieb [9], [10] den Erhalt der Möglichkeit zur Sumpfrückförderung gefordert.

Nicht abgedeckt von diesen Betrachtungen wäre ein unterstelltes Versagen der Hebezeuge in dem Moment, in dem das TBB angefahren wird, derart, dass der TLB in das BE-Lagerbecken abkippt. Diesbezüglich hatte die RSK in [8] gefolgert:

⁴ Das Eintreten eines Ereignisses oder Ereignisablaufs oder Zustands kann als ausgeschlossen angesehen werden, wenn das Eintreten physikalisch unmöglich ist oder wenn mit einem hohen Maß an Aussagesicherheit das Eintreten als extrem unwahrscheinlich angesehen werden kann.

⁵ Auszug Teil F in [8]: „Würde beim Absenken des TB in das Transportbehälterbecken ein Absturz unterstellt, läge die Fallhöhe beim DWR bei maximal ca. 15 m. Es ist nicht zu erwarten, dass die resultierende Stoßlast vom Boden des Transportbehälterbeckens ohne erhebliche Rissbildung abgetragen wird. Für das eigentliche BE-Lagerbecken ist aufgrund der massiven Stahlbetonstrukturen zwischen BE-Lagerbecken und dem Transportbehälterbecken, die sich auf eine darunter angeordnete Querwand abstützen (...), nicht damit zu rechnen, dass im BE-Lagerbecken (Lagerbeckensohle und Wände) Risse mit Leckagen auftreten könnten, die für die Kühlung nicht überspeisbar wären (...).“

Ein Auslaufen des Wassers aus dem BE-Lagerbecken über das beschädigte Transportbehälterbecken wird dadurch ausreichend begrenzt, dass die bauliche Schwelle zwischen Transportbehälterbecken und BE-Lagerbecken einen Füllstandsabfall im BE-Lagerbecken bis unter Oberkante BE ausschließt.“

⁶ Zur Definition des Begriffs „verknüpfte Beckenkühlstränge“ vgl. die RSK-Empfehlung „Anforderungen an die Brennelement-Lagerbeckenkühlung“, verabschiedet in der 479. Sitzung der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) am 09.12.2015.

„Ein Absturz des BE-Transportbehälters ins BE-Lagerbecken wird von den Betreibern dabei ausgeschlossen, da ein Fahren über das BE-Lagerbecken durch Verriegelungen und administrative Vorgaben verhindert werde und eine Kombination von einem dennoch angenommenen Fehlfahren mit einem gleichzeitigen Versagen des Hebezeugs nicht zu unterstellen sei.

Aus Sicht der RSK kann jedoch der Absturz des BE-Transportbehälters ins BE-Lagerbecken mit Blick auf das Verhindern von Cliff-Edge-Effekten noch nicht mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden, da neben technischen auch administrative Vorsorgemaßnahmen erforderlich sind. Die RSK empfiehlt daher weiterhin, die Auswirkungen des Falls eines BE-Transportbehälters in das Brennelement-Lagerbecken im Hinblick auf einen Verlust an Beckenwasser zu analysieren. Die Überspeisbarkeit von auftretendem Verlust an Beckenwasser ist zu überprüfen, ggf. sind spezifische Notfallmaßnahmen zu schaffen. Alternativ ist detaillierter darzulegen, durch welche Maßnahmen ein Fallen oder Kippen eines BE-Transportbehälters in das BE-Lagerbecken so sicher verhindert wird, dass es bzgl. Cliff-Edge-Effekten ausgeschlossen werden kann.“

4.3 Bewertungsmaßstab

Gemäß Nummer 4.1 (4) der SiAnf [11] können für definierte Ereignisse optional Nachweise dahingehend geführt werden, dass durch spezielle Vorsorgemaßnahmen der Eintritt dieser Ereignisse als verhindert bewertet werden kann. Die Qualität und Zuverlässigkeit der zu treffenden Vorsorgemaßnahmen hat sich an den potenziellen Auswirkungen zu orientieren. Bei Ereignissen, deren Eintreten bei Vorhandensein spezieller Vorsorgemaßnahmen verhindert ist, ist die Nachweisführung auf die Einhaltung der Anforderungen an die Wirksamkeit und Zuverlässigkeit der hierzu realisierten Vorsorgemaßnahmen zu beziehen.

In Anhang 3 der SiAnf sind Anforderungen an VM spezifiziert. Gemäß Nummer 2 (2) sollen Vorsorgemaßnahmen vorrangig auf passiven Einrichtungen basieren. Im Falle der Einbeziehung administrativer Maßnahmen ist ein Zuverlässigkeitsnachweis gemäß Nummer 2 (6) erforderlich. Sofern im Ausnahmefall Vorsorgemaßnahmen ausschließlich auf administrativen Maßnahmen beruhen, ist deren Zuverlässigkeit gesondert zu begründen.

Gemäß Nummer 2 (5) müssen Vorsorgemaßnahmen, die zur Verhinderung von Ereignissen der SE 3 sowie infolge von Einwirkungen von Innen und Außen sowie von Notstandsfällen vorgesehen sind, so beschaffen sein, dass sie bei zu unterstellenden Störungen oder Schäden an ihnen oder bei Fehlbedienung/Fehlhandlung die bestimmungsgemäße Funktion des Sicherheitssystems, der Notstandseinrichtungen und weiterer für die Sicherheit erforderlicher Einrichtungen nicht beeinträchtigen.

Gemäß Nummer 3.2.5 (2) sind als Ursache für Abstürze von Lasten auch Bedienungs- sowie Instandhaltungsfehler am Hebezeug sowie an dessen Trag-, Lastaufnahme- und Lastanschlagmitteln zu betrachten. Ein Lastabsturz mit unzulässigen Folgen ist laut Nummer 3.2.5 (3) zu verhindern.

Könnte der Absturz eines TLB nicht als durch VM verhindert nachgewiesen werden, müssten die Folgen auf der SE 3 beherrscht werden. Es dürfte dann insbesondere nicht zu einer Beschädigung benötigter sicherheitstechnisch wichtiger Systeme kommen. Die Kühlbarkeit der Brennelemente im BE-Lagerbecken

und ggf. im TLB müsste gewährleistet bleiben und die radiologischen Grenzwerte müssten eingehalten werden.

4.4 Bewertung

4.4.1 Fortbestand der Einordnung des TLB-Absturzes in das Sicherheitskonzept

Wie in Abschnitt 4.1 dargestellt, ist der in den 1980er Jahren etablierte Ansatz, dass aufgrund der Auslegung und des Betriebs der Hebezeuge (darunter maßgeblich der Reaktorgebäudekran) gemäß den Anforderungen in den Regeln KTA 3902 und 3903 ein Absturz des TLB nicht mehr unterstellt werden muss, seinerzeit durch Zuverlässigkeitsanalysen zur Handhabung des TLB untermauert worden [12].

In dem KWU-Arbeitsbericht [12] werden deterministische und probabilistische Untersuchungen zur Absturzhäufigkeit eines TLB angestellt. Es wird ausgeführt, dass die Möglichkeit für ein zum Lastabsturz führendes Versagen des Innengehänges auf Basis der vorhandenen Anschlagtechnik als sehr gering eingeschätzt werden müsse. Richtiges Anschlagen sei bei den jeweiligen Arbeitsschritten konstruktiv abgesichert, Fehlan schlagen sei nur schwer vorstellbar. Zusätzlich würde jedes Fehlan schlagen (z. B. als einseitiges Anschlagen) spätestens beim Aufheben der Last bemerkt, so dass der Bedienungsmannschaft genügend Gelegenheit gegeben werde, eine Fahrt über den Gefahrenbereich zu verhindern. Hinzu komme, dass bei Fehlan schlagen in den meisten Fällen nur noch eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit bestehe, dass der Kran den Gefahrenbereich mit Last erreicht.

Die Struktur der Fehlerbäume zeige, dass alle Handmaßnahmen nur durch mehrfache, von verschiedenen Personen verursachte Fehler zu Gefährdungssituationen führen können. Überdies seien Fehler beim Anschlagen des TLB nur schwer vorstellbar, da konstruktiv ein Fehlan schlagen und damit ein Versagen des Ladegeschirrs so gut wie ausgeschlossen sind. Aufgrund der bei der Auslegung des Krans, des TLB und der TLB-Geschirre getroffenen Maßnahmen sowie der Vorkehrungen gegen Fehlbedienungen sei der Absturz des TLB praktisch ausgeschlossen.

Aus Sicht der RSK berücksichtigen die in [12] dargestellten Analysen Faktoren, die bei dem ME 23/026 relevant waren, nur unzureichend. Dies gilt insbesondere für den Umstand, dass es im Zuge der Tätigkeiten nach dem Absetzen des TLB im TBB zu einem (teilweisen) Ausfädeln der Lasche kommen kann, wenn die Verriegelung gegen eine Axialbewegung der Lasche nicht ordnungsgemäß gesichert wird. Für diesen Fall treffen einzelne Argumente aus [12] nicht zu.

Wie in Abschnitt 3.3 dargestellt, hat beim ME 23/026 eine Vielzahl von Maßnahmen, die das Ziel hatten, eine hohe Zuverlässigkeit der Personalhandlungen bei der TLB-Handhabung zu erreichen, nicht gegriffen. Vor diesem Hintergrund kommt die RSK zu dem Ergebnis, dass die Einschätzungen in [12] zur hohen Zuverlässigkeit der Personalhandlungen für den betrachteten Ereignisablauf widerlegt wurden. Somit entfällt eine der Grundlagen für die Bewertung der RSK im Jahr 1984, wonach der Absturz des TLB aufgrund der

getroffenen Vorsorgemaßnahmen in einem Restrisikobereich liegt, so dass zusätzliche Maßnahmen sicherheitstechnisch nicht mehr gerechtfertigt sind [7].⁷

Aus Sicht der RSK lässt sich bei konsequenter Umsetzung der von den Betreibern vorgesehenen Maßnahmen [3] sowie der obigen Empfehlungen E-1 bis E-5 eine relevante Erhöhung der Zuverlässigkeit der Personalhandlungen im Hinblick auf die Vermeidung eines TLB-Absturzes erreichen. Aus Sicht der RSK kann jedoch derzeit nicht bestätigt werden, dass aufgrund der getroffenen Vorsorgemaßnahmen die Zuverlässigkeit der Personalhandlungen bei der TLB-Handhabung so hoch ist, dass der Absturz eines TLB als „verhindert“ bewertet werden kann. Dies gilt insbesondere, da es in der Betriebserfahrung immer wieder Ereignisse mit einem Mehrfachversagen administrativer Barrieren gegeben hat. Vor diesem Hintergrund empfiehlt die RSK zusätzliche Maßnahmen zur Beherrschung der Folgen eines unterstellten TLB-Absturzes.

4.4.2 Maßnahmen zur Beherrschung der Folgen eines unterstellten TLB-Absturzes

Wie zuvor dargestellt, kann aus Sicht der RSK derzeit nicht bestätigt werden, dass aufgrund der getroffenen Vorsorgemaßnahmen die Zuverlässigkeit der Personalhandlungen bei der TLB-Handhabung so hoch ist, dass der Absturz eines TLB als „verhindert“ bewertet werden kann.

Die RSK empfiehlt daher, zur Beherrschung der Folgen eines postulierten TLB-Absturzes bis zur BE-Freiheit des BE-Lagerbeckens folgende Maßnahmen (Empfehlung 6 (E-6)), wobei E-6 a) bis c) aufgrund der bestehenden systemtechnischen Randbedingungen nur für den DWR gelten, E-6 d) sowohl für den DWR als auch für den SWR:

- a) Beibehaltung der Verfügbarkeit von beiden verknüpften Beckenkühlsträngen⁸ und der zugehörigen Flutbeckeninventare zur redundanten Einspeisung von Kühlmittel mit hohem Massenstrom und zur redundanten Sumpfrückförderung;
- b) Freihaltung der Sumpfansaugkammern der verknüpften Beckenkühlstränge von negativen Einflüssen aus dem Rückbau der Anlage;
- c) Erhalt der Rückhaltefunktion des Reaktorsicherheitsbehälters (Gebäudeabschluss Lüftung und Schleusbetrieb kurzfristig herstellbar) im Hinblick auf mögliche Aktivitätsfreisetzungen bei Brennelementschäden und die Gewährleistung eines ausreichenden Kühlmittelinventars im Sumpf;
- d) Beibehaltung der Notfallmaßnahmen zur Bespeisung des BE-Lagerbeckens.

Damit werden entsprechende Empfehlungen aus den Stellungnahmen zur Lagerbeckenkühlung [9] und [10] erweitert.

⁷ Ebenso entfällt die Grundlage für die Bewertung der RSK in [8], wonach der Absturz des TLB in das BE-Lagerbecken beim SWR ausgeschlossen werden kann. Hintergrund ist, dass die von der RSK in [8] kreditierten technischen Maßnahmen gegen einen Absturz des TLB nach einem unterstellten Aufsetzen auf dem Rand des Transportbehälterbeckens und Aushängen des TLB ebenfalls auf den in der vorliegenden RSK-Empfehlung diskutierten administrativen Maßnahmen basieren.

⁸ Zur Definition des Begriffs „verknüpfte Beckenkühlstränge“ vgl. die RSK-Empfehlung „Anforderungen an die Brennelement-Lagerbeckenkühlung“, verabschiedet in der 479. Sitzung der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) am 09.12.2015.

5 Zusammenstellung der Empfehlungen

- E-1 Für eine systematische Erfassung aller Tätigkeiten, die im Hinblick auf die Verhinderung eines TLB-Absturzes bei der Handhabung relevant sind, empfiehlt die RSK, dass die Gesamtheit der Handlungs- und Kontrollschritte identifiziert und in einer Unterlage dokumentiert wird. Hierbei sind auch die anlagenspezifischen Besonderheiten, z. B. im Hinblick auf die eingesetzten Verriegelungskonzepte, zu berücksichtigen.⁹ Die Zuständigkeiten für die Durchführung der einzelnen Handlungsschritte und der Kontrollen sind auszuweisen, ebenso Art und Umfang der jeweiligen Kontrollen. Die Unterlage ist für die Schulungen des eingesetzten Personals sowie für die Briefings vor der TLB-Handhabung heranzuziehen und für entsprechende Schritte im BsA zu referenzieren.
- E-2 Im Hinblick auf eine Kennzeichnung der zur Verhinderung eines TLB-Absturzes relevanten Tätigkeiten im BsA empfiehlt die RSK, dass für alle diesbezüglichen Schritte im BsA ein entsprechender Hinweis ergänzt wird (z. B. in der Form „VM gegen TLB-Absturz!“).
- E-3 Eine vor dem Ausheben des TLB aus dem TBB erfolgende Kontrolle, ob die Innengehängelaschen verriegelt sind und das Innengehänge korrekt positioniert ist, trägt zu einer Erhöhung der Gesamtzuverlässigkeit der Maßnahmen gegen den Absturz eines TLB bei.

Die RSK empfiehlt vor diesem Hintergrund, dass vor dem Ausheben des TLB aus dem TBB durch eine geeignete zusätzliche Prüfung unter Wasser mittels Kamera bestätigt wird, dass die Innengehängelaschen korrekt positioniert und verriegelt sind. Im BsA ist ein entsprechender Schritt zu ergänzen.

- E-4 Die Betreiberin KBR hat gemäß [4] aus dem ME 23/026 verschiedene Schulungsmaßnahmen für Anschläger, Kranfahrer, AvO und GNS-Mitarbeitende zur Vorkehrung gegen Wiederholung abgeleitet und zugehörige Wirksamkeitskontrollen festgelegt. Zu letzteren gehören schriftliche Lernzielkontrollen. Des Weiteren sind u. a. Tätigkeitsbeobachtungen erfolgt.

Die RSK empfiehlt, dass die Betreiber, die noch TLB-Beladekampagnen durchführen, vergleichbare Schulungen und Wirksamkeitskontrollen durchführen.

- E-5 Um für alle zukünftigen TLB-Abfertigungen sicherzustellen, dass
- die Mitarbeiter der kommenden TLB-Abfertigungsschicht hinreichend auf die in ihrer Schicht anstehenden Tätigkeiten und Besonderheiten bei diesen Tätigkeiten vorbereitet und sensibilisiert sind sowie
 - die im Rahmen der Tätigkeiten der gehenden TLB-Abfertigungsschicht aufgetretenen Besonderheiten und Lessons Learned an die kommende Schicht kommuniziert werden,

⁹ Für die im GKN II und KBR eingesetzte Verriegelungsfalle wäre hierbei bspw. auch darzustellen, dass der Sicherungsbolzen der Falle auch dann eingeschoben werden kann, wenn der Bund des Tragzapfens auf der Lasche aufliegt, somit auch eine Kontrolle der korrekten Lage des Bundes relativ zur Lasche erforderlich ist.

empfiehlt die RSK den Betreibern bei TLB-Handhabungen die Durchführung eines formalisierten (Formblatt-/Checklisten-gestützten) Schicht-Briefings (Pre-Job-Briefing vor und Debriefing nach jeder Schicht), bei Schichtwechsel entsprechend als Schichtübergabe-Briefing.

Der Mindest-Teilnehmerkreis für die Briefings sollte AvO, Mitarbeiter aus dem Bereich Strahlenschutz und verantwortliche Vertreter der einbezogenen Fremdfirmen umfassen. Sofern von Schichtmitgliedern bezüglich der Ausführung bestimmter Schritte zusätzlicher Erläuterungsbedarf gesehen wird oder Besonderheiten auftraten bzw. zu erwarten sind, ist der VDA hinzuziehen.

E-6 Die RSK empfiehlt, zur Beherrschung der Folgen eines postulierten TLB-Absturzes bis zur BE-Freiheit des BE-Lagerbeckens folgende Maßnahmen (hierbei gelten E-6 a) bis c) aufgrund der bestehenden systemtechnischen Randbedingungen nur für den DWR, E-6 d) sowohl für den DWR als auch für den SWR):

a) Beibehaltung der Verfügbarkeit von beiden verknüpften Beckenkühlsträngen¹⁰ und der zugehörigen Flutbeckeninventare zur redundanten Einspeisung von Kühlmittel mit hohem Massenstrom und zur redundanten Sumpfrückförderung;

b) Freihaltung der Sumpfansaugkammern der verknüpften Beckenkühlstränge von negativen Einflüssen aus dem Rückbau der Anlage;

c) Erhalt der Rückhaltefunktion des Reaktorsicherheitsbehälters (Gebäudeabschluss Lüftung und Schleusbetrieb kurzfristig herstellbar) im Hinblick auf mögliche Aktivitätsfreisetzungen bei Brennelementschäden und die Gewährleistung eines ausreichenden Kühlmittel-inventars im Sumpf;

d) Beibehaltung der Notfallmaßnahmen zur Bespeisung des BE-Lagerbeckens.

¹⁰ Zur Definition des Begriffs „verknüpfte Beckenkühlstränge“ vgl. die RSK-Empfehlung „Anforderungen an die Brennelement-Lagerbeckenkühlung“, verabschiedet in der 479. Sitzung der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) am 09.12.2015.

6 Unterlagen

- [1] Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit gGmbH (GRS); Weiterleitungsnachricht zu meldepflichtigen Ereignissen in Kernkraftwerken der Bundesrepublik Deutschland (WLN 2024/01); „Nicht hergestellte Verriegelung einer Innengehängelasche bei der CASTOR-Abfertigung“ im Kernkraftwerk Brokdorf

- [2] Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit gGmbH (GRS); WLN 2024/01; „Nicht hergestellte Verriegelung einer Innengehängelasche bei der CASTOR-Abfertigung“; Vortragsfolien aus der 288. Sitzung des RSK-Ausschusses REAKTORBETRIEB vom 14.03.2024

- [3] vgbe energy e. V.; „Berichterstattung des VGBe zu Vorsorgemaßnahmen (VM) zum Lastabsturz“; Vortragsfolien aus der 290. Sitzung des RSK-Ausschusses REAKTORBETRIEB vom 29.08.2024

- [4] PreussenElektra GmbH; „Nicht hergestellte Verriegelung einer Innengehängelasche bei der CASTOR-Abfertigung“; Vortragsfolien aus der 291. Sitzung des RSK-Ausschusses REAKTORBETRIEB vom 26.09.2024

- [5] ESN Sicherheit und Zertifizierung GmbH; „Abschließende Bewertung zum KBR ME 05/2023“; Vortragsfolien aus der 291. Sitzung des RSK-Ausschusses REAKTORBETRIEB vom 26.09.2024

- [6] vgbe energy e. V.; „Berichterstattung des VGBe zu Vorsorgemaßnahmen (VM) zum Lastabsturz – Nachtrag vom 26.09.2024“; Vortragsfolien aus der 291. Sitzung des RSK-Ausschusses REAKTORBETRIEB vom 26.09.2024

- [7] RSK Stellungnahme „Interpretation der RSK-Leitlinien Kap.15 § (6) Handhabung eines Brennelementtransportbehälters“; 197. Sitzung der REAKTOR-SICHERHEITSKOMMISSION vom 19.09.1984

- [8] RSK Stellungnahme „Bewertung der Umsetzung von RSK-Empfehlungen im Nachgang zu Fukushima“; 496. Sitzung der REAKTOR-SICHERHEITSKOMMISSION (RSK) vom 06.09.2017

- [9] RSK-Stellungnahme „Anforderungen bei einer passiven Kühlung der Brennelemente im Lagerbecken“; 509. Sitzung der REAKTOR-SICHERHEITSKOMMISSION (RSK) vom 27.03.2019

- [10] RSK-Stellungnahme „Anforderungen an die Kühlung der Brennelemente im Lagerbecken im Restbetrieb“ (revidierte Fassung vom 13.12.2023); 539. Sitzung der REAKTOR-SICHERHEITSKOMMISSION (RSK) vom 13.12.2023

- [11] Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke; veröffentlicht im Bundesanzeiger am 22.11.2012, Neufassung vom 03.03.2015, geändert am 25.02.2022

- [12] Kraftwerk Union AG; Arbeitsbericht R 614/84/0009 „Probabilistische und deterministische Untersuchungen zum Wegfall der Stoßbarriere und des Schockabsorbers“ vom 22.08.1984

- [13] RSK-Empfehlung „Bewertung der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Vermeidung der Wiederholung von Ereignissen“, 512. Sitzung der REAKTOR-SICHERHEITSKOMMISSION vom 22./23.10.2019