

KTA 3303
Wärmeabfuhrsysteme für Brennelementlagerbecken von Kernkraftwerken mit
Leichtwasserreaktoren
Fassung 2015-11

Frühere Fassungen der Regel: 1990-06 (BAnz-Nr. 41a vom 28. Februar 1991)

Inhalt

	Seite
Grundlagen	2
1 Anwendungsbereich	2
2 Begriffe	2
3 Einsatzfälle und zugeordnete Aufgabenstellungen	2
3.1 Aufgabenstellung	2
3.2 Einsatzfälle	3
4 Auslegung	3
4.1 Bestimmung der abzuführenden Wärmeleistung	3
4.2 Einzuhaltende Beckenwassertemperaturen	3
4.3 Randbedingungen der Wärmesenke	4
5 Systemkonzept	4
5.1 Grundkonzept	4
5.2 Systemtechnische Verknüpfungen	5
5.3 Beckenwassereinspeisung	5
5.4 Reaktorsicherheitsbehälter-Durchdringung	5
5.5 Aktivitätsbarrieren zur Wärmesenke	5
6 Vorgaben für das Brennelementlagerbecken und die Komponenten der BLWA-Systeme	5
6.1 Auslegung	5
6.2 Anordnung	5
7 Betrieb und Überwachung	6
7.1 Betrieb	6
7.2 Überwachung	6
8 Instandhaltung	6
8.1 Instandsetzung	6
8.2 Wartung und Inspektion	6
9 Funktionsprüfungen	6
Anhang A Abdeckende Auslegungsanforderungen an die Brennelementlagerbecken-Wärmeabfuhrsysteme ..	7
Anhang B Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird	8

Grundlagen

(1) Die Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) haben die Aufgabe, sicherheitstechnische Anforderungen anzugeben, bei deren Einhaltung die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Errichtung und den Betrieb der Anlage (§ 7 Absatz 2 Nr. 3 Atomgesetz - AtG) getroffen ist, um die im AtG und in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) festgelegten sowie in den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ (SiAnf) und den „Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ weiter konkretisierten Schutzziele zu erreichen.

(2) Wesentlicher Bestandteil der Einrichtungen zur Lagerung und Handhabung von bestrahlten Brennelementen sind die Systeme zur Abfuhr der im Brennelementlagerbecken frei werdenden Nachzerfallswärme.

(3) Ereignisse mit Ausfällen bei der Kühlung des Brennelementlagerbeckens laufen bei niedrigen Temperaturen, Drücken und Nachzerfallsleistungen ab. Die Brennelementlagerbecken-Kühlung stellt zwar einen ständigen Anforderungsfall dar, aber bei ihrem Ausfall stehen bis zum Eintritt von unerwünschten Zuständen wesentlich längere Karenzzeiten zur Verfügung als bei der Anforderung von Sicherheitseinrichtungen bei Störfällen im Reaktor während des Leistungsbetriebs. Deshalb gelten für die Brennelementlagerbecken-Wärmeabfuhrsysteme, im weiteren Text kurz BLWA-Systeme genannt, abgestufte sicherheitstechnische Anforderungen im Vergleich zu Sicherheitseinrichtungen zur Beherrschung von Störfällen im Reaktor.

Hinweis:

Zu den BLWA-Systemen gehören alle Komponenten, die für die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken an eine Wärmesenke erforderlich sind. Dazu gehören ggf. auch die Bereiche anderer Systeme, z. B. der Nachwärmeabfuhrsysteme, die für die genannte Funktion mit herangezogen werden.

(4) Die Anforderungen an die BLWA-Systeme werden in der vorliegenden KTA 3303 konkretisiert; insbesondere werden die im Brennelementlagerbecken einzuhaltenden Temperaturen vorgegeben.

(5) Weitere Anforderungen an Lagerung, Handhabung und Brennelementwechsel sind in KTA 3602 „Lagerung und Handhabung von Brennelementen und zugehörigen Einrichtungen in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren“ und in KTA 3107 „Anforderungen an die Kritikalitätssicherheit beim Brennelementwechsel“ geregelt. In Ergänzung dazu werden in KTA 2502 die Anforderungen an die mechanische Auslegung von Brennelementlagerbecken, das heißt an den Maschinen- und Stahlbau und die Betonkonstruktion des Lagerbeckens gestellt. Soweit zwischen Systemen zur Wärmeabfuhr aus Brennelementlagerbecken und den Nachwärmeabfuhrsystemen, die die Nachwärme aus dem Reaktorkühlsystem an eine Wärmesenke abzuführen haben, ein systemtechnischer Zusammenhang besteht, ist für die Funktion der Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktorkern die Regel KTA 3301 „Nachwärmeabfuhrsysteme von Leichtwasserreaktoren“ heranzuziehen.

1 Anwendungsbereich

(1) Die Regel ist auf die Systeme zur Wärmeabfuhr aus wassergekühlten Brennelementlagerbecken in Reaktorgebäuden von Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren anzuwenden. Sie enthält die Anforderungen, die bei Auslegung, Ausführung und Betrieb dieser Systeme sowie des Brennelementlagerbeckens zu berücksichtigen sind, damit in allen anzunehmenden Anforderungsfällen eine ausreichende Lagerbeckenkühlung sichergestellt ist.

(2) Die Anforderungen dieser Regel sind auch auf Hilfs-, Versorgungs- und Energiesysteme einschließlich der zugehörigen

Leittechnik anzuwenden, soweit deren Funktionen für die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken erforderlich sind.

(3) Nicht Gegenstand dieser Regel sind Anforderungen an die Auslegung und konstruktive Gestaltung des Brennelementlagerbeckens und der Komponenten der BLWA-Systeme, soweit sich diese Anforderungen nicht aus systemtechnischen Vorgaben ergeben.

Hinweis:

Anforderungen für das Brennelementlagerbecken sind in KTA 2502 und KTA 3602 enthalten.

(4) Ebenfalls nicht Gegenstand dieser Regel sind Anforderungen an den anlageninternen Notfallschutz, die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken betreffend.

2 Begriffe

Hinweis:

Die Begriffe „Nachzerfallsleistung“, „Betriebszeit“, „Abklingzeit“ und „Leistungshistogramm“ werden entsprechend den Definitionen in DIN 25463-1 verwendet, die Begriffe „Brennelementwechsel“ und „Umsetzen von Brennelementen“ entsprechend den Definitionen in KTA 3602. Außerdem werden Begriffe aus KTA 3301 herangezogen.

(1) Beckenwassertemperatur

Die Beckenwassertemperatur ist die in Wandnähe in ausreichender Tiefe des Brennelementlagerbeckens vorhandene Mischtemperatur.

Hinweis:

Die im Brennelementlagerbecken und in der Entnahmeleitung zum Brennelementlagerbecken-Kühlsystem gemessenen Temperaturen unterscheiden sich nur geringfügig, so dass man für Auslegung und Steuerung von der gemessenen Beckenwassertemperatur ausgehen kann.

(2) Brennelement-Teilentlademenge

Die Brennelement-Teilentlademenge (BE-Teilentlademenge) ist die Anzahl jener Brennelemente, die am Ende eines Betriebszyklus nicht für den Einsatz im nächstfolgenden Betriebszyklus vorgesehen sind. Sie müssen deshalb beim Brennelementwechsel aus dem Reaktorkern in das Brennelementlagerbecken umgesetzt werden, um dort bis zum Abtransport oder Wiedereinsatz zu verbleiben.

(3) Ersatzmaßnahmen

Ersatzmaßnahmen sind Maßnahmen, die während der Dauer einer Unverfügbarkeit einer Einrichtung deren sicherheitstechnische Funktion anderweitig zuverlässig gewährleisten.

(4) Kernvollentladung

Die Kernvollentladung ist die Entladung aller Brennelemente des Reaktorkerns in das Brennelementlagerbecken.

3 Einsatzfälle und zugeordnete Aufgabenstellungen

3.1 Aufgabenstellung

(1) Die BLWA-Systeme haben die Aufgabe, bei Beladung des Brennelementlagerbeckens mit bestrahlten Brennelementen im Hinblick auf

- die Arbeitsbedingungen des Betriebspersonals hinsichtlich Raumklima und Strahlenexposition, insbesondere bei der Brennelement-Handhabung,
- den Erhalt der Brennelementlagerbecken-Integrität und
- den Aktivitätsrückhalt

für alle Anlagenzustände (Bestimmungsgemäßer Betrieb, Auslegungsfälle der Anlage und der BLWA-Systeme, Einwirkungen von Innen oder Außen sowie Notstandsfälle) eine ausreichende Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken sicherzustellen.

(2) Die BLWA-Systeme dürfen auch für andere Aufgaben eingesetzt werden, sofern auch dann die Anforderungen dieser Regel erfüllt sind.

3.2 Einsatzfälle

Die BLWA-Systeme sind für die folgenden Einsatzfälle zu dimensionieren:

a) Kernteilentladung (Leistungsbetrieb)

Kühlung der BE-Teilentlademengen, beginnend mit dem Setzen des Trennschützes, beim Anfahren, während des Leistungsbetriebes, beim Abfahren sowie beim Anlagenstillstand, endend mit dem Ziehen des Trennschützes.

b) Be- und Entladen

Beckenkühlung während des Be- und Entladens der Brennelemente, wobei das Brennelementlagerbecken mit dem Reaktordruckbehälter verbunden ist (gezogenes Trennschütz).

c) Kernvollentladung

Beckenkühlung nach Kernvollentladung, wobei das Brennelementlagerbecken vom Reaktordruckbehälter getrennt ist (gesetztes Trennschütz).

Hinweis:

Für die Einsatzfälle a) und b) muss die Nachzerfallswärme sowohl aus dem Reaktordruckbehälter als auch aus dem Brennelementlagerbecken abgeführt werden. Für die Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktordruckbehälter gilt KTA 3301.

4 Auslegung

4.1 Bestimmung der abzuführenden Wärmeleistung

4.1.1 Zu berücksichtigende Wärmeleistung

(1) Bei der Ermittlung der in den verschiedenen Einsatzfällen abzuführenden Wärmeleistung ist jeweils der Zustand zugrunde zu legen, bei dem im Rahmen der maximal vorgesehenen Belegung die maximale Nachzerfallsleistung freigesetzt wird. Für die in 3.2 b) und c) genannten Einsatzfälle ist die freigesetzte Gesamtwärmeleistung zu berechnen aus der Nachzerfallsleistung des entladenen Kerns zuzüglich der Nachzerfallsleistung der im Brennelementlagerbecken vorhandenen Brennelement-Teilentlademengen.

(2) Der Wärmeeintrag durch Komponenten der BLWA-Systeme ist zu berücksichtigen. Die Wärmeabgabe aus dem Brennelementlagerbecken durch Verdunstung, Konvektion, Wärmestrahlung und -leitung darf in Ansatz gebracht werden.

4.1.2 Nachzerfallsleistung

4.1.2.1 Berechnungsverfahren

Die Berechnung der Nachzerfallsleistung der im Brennelementlagerbecken untergebrachten Brennelemente ist nach den Regeln der Reihe DIN 25463 durchzuführen. Dabei ist für den Beitrag der Spaltprodukte ein Fehlerzuschlag in Höhe der einfachen Standardabweichung (1 Sigma) zu berücksichtigen. Für Notstandsfälle ist für den Beitrag der Spaltprodukte kein Fehlerzuschlag anzusetzen.

4.1.2.2 Betriebsparameter

(1) Als Betriebszeit der Brennelemente ist deren Einsatzzeit im Reaktor jeweils bis zum Zyklusende vor der Entladung zu wählen. Für Leistungsverlauf und Verlauf der Brennstoffzusammensetzung (Leistungshistogramm) der Brennelemente ist von dem jeweiligen Brennstoff- und Beladekonzept auszugehen.

4.1.2.3 Abklingzeiten

(1) Zur Bestimmung der maßgebenden Abklingzeiten sind die - unter Ansetzung praxisnaher oder im Betriebshandbuch festzulegenden Randbedingungen - betriebstechnisch jeweils kürzestmöglichen Zeitspannen zwischen der Abschaltung und den auslegungsbestimmenden Zeitpunkten zugrunde zu legen.

(2) Die auslegungsbestimmenden Zeitpunkte zur Berechnung der Nachzerfallsleistung sind:

a) t_T (Trennschütz schließen nach Abschluss des BE-Wechsels)

Zeitpunkt der Abtrennung des Brennelementlagerbeckens durch Setzen des Trennschützes nach Abschluss des Brennelementwechsels.

b) t_L (Leistungsbetrieb)

Zeitpunkt der Wiederaufnahme des Leistungsbetriebes nach Brennelementwechsel. Bei Verknüpfung der BLWA-Systeme mit Nachwärmeabfuhrsystemen ist der ungünstigste Zeitpunkt für die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken zugrunde zu legen.

Hinweis:

Da sich die Nachzerfallsleistung im Reaktorkern mit dem Leistungsbetrieb aufbaut und die Leistung im Brennelementlagerbecken abfällt, kann der ungünstigste Zeitpunkt für die Wärmeabfuhr bei Verknüpfung auch einige Tage nach Beginn des Leistungsbetriebes auftreten.

c) t_{BEW} (Be- und Entladen)

Zeitpunkt der ungünstigsten Beckenbelegung bei noch gezogenem Trennschütz.

d) t_E (Kernvollentladung)

Ende der Brennelementumsetzung aus dem Reaktorkern in das Brennelementlagerbecken (geschlossenes Schütz) als Zeitpunkt der maximalen Wärmefreisetzung im Brennelementlagerbecken.

4.2 Einzuhaltende Beckenwassertemperaturen

4.2.1 Temperaturniveaus

(1) Für die Auslegung der BLWA-Systeme gelten folgende begrenzende Beckenwassertemperaturen:

a) $T_1 = 45 \text{ °C}$

b) $T_2 = 60 \text{ °C}$

c) $T_3 = 80 \text{ °C}$

Hinweise:

Die oben festgelegten Temperaturen T_1 , T_2 , T_3 sind identisch mit den in KTA 2502 genannten Temperaturen T_1 , T_2 , T_3 , und stellen die Auslegungsbasis für die mechanische Auslegung des Brennelementlagerbeckens nach KTA 2502 dar.

T_1 ist die im Normalbetrieb einzuhaltende und im Hinblick auf die Arbeitsbedingungen des Betriebspersonals festgelegte Lagerbeckentemperatur, bei der ein uneingeschränktes Arbeiten am und im Lagerbecken möglich und zulässig ist.

T_2 ist die Temperatur bei gestörtem Lagerbeckenkühlbetrieb. Für T_2 wurde 60 °C festgelegt, da bis 60 °C und entsprechenden Dampffechten davon ausgegangen werden kann, dass die Funktion der Lüftungssysteme gewährleistet ist und ggf. erforderliche Arbeiten durchgeführt werden können.

T_3 ist die Temperatur, die bei Störfällen und EVA-/EVI-Ereignissen einzuhalten ist. Für Notstandsfälle siehe Abschnitt 4.2.6.

(2) Abweichend von (1) darf die Temperatur T_3 bei entsprechender mechanischer Auslegung des Lagerbeckens (Beton, Beckenwandstahlauskleidung) und der BLWA-Systeme einschließlich nicht absperibar verbundener angrenzender Systeme auch höher als 80 °C sein.

4.2.2 Bestimmungsgemäßer Betrieb

4.2.2.1 Normalbetrieb

(1) Die BLWA-Systeme sind so auszulegen, dass eine Beckenwassertemperatur kleiner oder gleich T_1 eingehalten wird.

(2) Vorgeplante Inspektions- und Wartungsmaßnahmen, die zur Unverfügbarkeit eines oder mehrerer Stränge führen, sind nur dann zulässig, wenn nachgewiesen wird, dass die Temperatur T_1 eingehalten wird.

4.2.2.2 Anomaler Betrieb

Für die gemäß SiAnf unterstellten Ereignisse auf der Sicherheitsebene 2 muss eine Beckenwassertemperatur von kleiner oder gleich T_2 eingehalten werden.

4.2.3 Auslegungsstörfälle des Reaktors

(1) Es muss eine Beckenwassertemperatur von kleiner oder gleich T_3 eingehalten werden.

(2) Es ist anzunehmen, dass ein Strang, an dem während des normalen Systemzustands Inspektions- und Wartungsarbeiten vorgenommen werden sollen, nicht funktionsbereit ist.

4.2.4 Auslegungsstörfälle der BLWA-Systeme

(1) Für die gemäß SiAnf unterstellten Ereignisse auf der Sicherheitsebene 3 in den BLWA-Systemen muss eine Beckenwassertemperatur kleiner oder gleich T_3 eingehalten werden.

Hinweis:

Anders als bei Auslegungsstörfällen, deren Auftreten für den Reaktor im Leistungsbetrieb unterstellt wird, gelten für die unterstellten Ausfälle der BLWA-Systeme abgestufte sicherheitstechnische Anforderungen. Ereignisabläufe der Reaktoranlage erfordern die unmittelbare Verfügbarkeit von Einrichtungen zur Sicherstellung der Unterkritikalität und zur Abfuhr der Speicher- und Nachwärme. Dem gegenüber laufen Transienten nach Ausfällen der BLWA-Systeme bei niedrigen Drücken und Temperaturen langsam ab. Zum Beheben von ereignisunabhängig auftretenden Einzelfehlern in den BLWA-Systemen steht daher immer eine deutlich längere Karenzzeit zur Verfügung, als beispielsweise bei ereignisunabhängig auftretenden Einzelfehlern in den Nachwärmeabfuhrsystemen der Reaktoranlage. Zudem stellt die Funktion der Lagerbeckenkühlung einen permanenten, betrieblichen Anforderungsfall dar, in dessen Folge die Verfügbarkeit der Lagerbeckenkühlung laufend gezeigt ist.

(2) Kann für die Auslegungsstörfälle der BLWA-Systeme unter Anwendung des Einzelfehlerkonzepts eine Karenzzeit von mindestens 10 Stunden bis zum Erreichen von T_3 nachgewiesen werden, so darf nach Ablauf von 10 Stunden einer der unverfügbaren Stränge dann als wieder verfügbar angenommen werden, wenn dargelegt wird, dass ausreichende Ressourcen (ausreichend und qualifiziertes Instandhaltungspersonal, Ersatzteilbevorratung, usw.) auf der Anlage vorhanden sind.

(3) Sind zur Gewährleistung der Funktionsfähigkeit von Lagerbeckenkühlsystemen Wartungen erforderlich, können diese bei Einhaltung der nachstehenden Bedingungen gemäß SiAnf, Anhang 4, Ziffer 3.3.2, in allen Betriebsphasen durchgeführt werden:

- die Wartungsmaßnahme erfordert nur die kurzzeitige Unverfügbarkeit eines Lagerbeckenkühlstranges und
- der Lagerbeckenkühlstrang kann im Anforderungsfall (Ereignisse auf der Sicherheitsebene 3 in den BLWA-Systemen) rasch in den Betriebszustand zurückversetzt werden.

(4) Ersatzmaßnahmen oder Maßnahmen zum Wiederverfügbarmachen dürfen in der Ereignisanalyse dann berücksichtigt werden, wenn diese Maßnahmen ereignisspezifisch vor Erreichen von T_3 durchgeführt werden können.

4.2.5 Naturbedingte Einwirkungen von Außen (EVA) und Einwirkungen von Innen (EVI)

(1) Es muss eine Beckenwassertemperatur kleiner oder gleich T_3 eingehalten werden.

(2) Ansonsten gelten die Anforderungen 4.2.4 (2) bis (4).

4.2.6 Notstandsfälle

(1) Für Notstandsfälle, die aufgrund ihrer geringen Eintrittshäufigkeit keine Auslegungsstörfälle sind, für die aber Maßnahmen zur Risikominimierung vorzusehen sind (z. B. Flugzeugabsturz, Explosionsdruckwelle), soll eine Beckenwassertemperatur kleiner oder gleich T_3 eingehalten werden.

(2) Ein Einzelfehler ist grundsätzlich nicht zu unterstellen. Nur für Funktionen, die innerhalb der ersten 30 Minuten angefordert werden und deren Wirksamkeit für die Erreichung und Aufrechterhaltung eines kontrollierten Anlagenzustandes während der 10 h-Autarkiezeit erforderlich ist, ist ein Einzelfehler zu unterstellen.

(3) Wartungsmaßnahmen müssen nicht unterstellt werden.

4.3 Randbedingungen der Wärmesenke

4.3.1 Wärmeabgabe an Gewässer

Bei Wärmeabgabe an Gewässer (Frischwasserkühlung) ist als auslegungsbestimmende Kühlwasserentnahmetemperatur die höchste Monatsmitteltemperatur zugrunde zu legen, die in einem mehrjährigen Beobachtungszeitraum ermittelt wurde.

4.3.2 Wärmeabgabe an die Atmosphäre

Bei Wärmeabgabe an die Atmosphäre über Nasskühlurmanlagen ist für die Auslegung der Systeme der Tageshöchstwert der Feuchthetermometer-temperatur zu wählen, der im langjährigen Mittel an zwanzig Tagen pro Jahr erreicht wurde. Bei Wärmeabgabe über Trockenkühlurmanlagen ist die Referenztemperatur entsprechend zu wählen.

4.3.3 Verfügbarkeit der Wärmesenken

Hinsichtlich der Verfügbarkeit der Wärmesenken gelten die Anforderungen der KTA 3301, Abschnitt 6.3.1 bis 6.3.4.

5 Systemkonzept

5.1 Grundkonzept

(1) Die BLWA-Systeme sind mindestens zweisträngig auszuliegen.

(2) Übereinstimmend mit dem strangweisen Aufbau der BLWA-Systeme sollen auch die erforderlichen leittechnischen Einrichtungen, Hilfs-, Versorgungs- und Energiesysteme strangweise aufgebaut werden.

(3) Wenn Systeme sowohl für die Not- oder Nachkühlung des Reaktorkerns als auch für die Brennelementlagerbeckenkühlung verwendet werden, muss ein zusätzlicher Brennelementlagerbeckenkühlstrang vorhanden sein. Dieser muss allein in der Lage sein, das Brennelementlagerbecken nach Kühlmittelverluststörfällen im Reaktorkühlkreislauf zu kühlen.

(4) Bei der Planung des Systemkonzepts, insbesondere im Hinblick auf die Verknüpfung mit anderen Systemen sowie bei der leittechnischen Ausrüstung der Systeme, darf eine zeitlich begrenzte Unterbrechung der Beckenkühlung berücksichtigt werden. Die Karenzzeit ergibt sich aus dem Aufheizevorgang

von der betrieblich vorgesehenen Maximaltemperatur, z. B. gekennzeichnet durch eine Warnmeldung „Temperatur hoch“, bis zur jeweils zulässigen Beckenwassertemperatur T_2 oder T_3 .

5.2 Systemtechnische Verknüpfungen

(1) Eine systemtechnische Verknüpfung der Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken mit anderen Funktionen, insbesondere mit anderen Wärmeabfuhrfunktionen und mit der Brennelementlagerbecken-Reinigung, ist zulässig, wenn dabei die Anforderungen dieser Regel erfüllt sind.

Hinweis:

Dies trifft beispielsweise für folgende Verknüpfungen zu, die einen gleichzeitigen oder zeitlich versetzten Betrieb ermöglichen:

- Verknüpfung der Brennelementlagerbecken-Kühlung mit anderen Wärmeabfuhrsystemen während des Leistungsbetriebes
- Verknüpfung der Brennelementlagerbecken-Kühlung mit dem Nachkühlsystem und Nutzung von dessen Kühlkapazität während der Brennelementwechselphase
- Verknüpfung der Brennelementlagerbecken-Kühlung mit Nachwärmeabfuhr-Funktionen, z. B. für die Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktorkern nach Einwirkungen von Außen
- Verknüpfung der Stromversorgung für die NWA- und die BLWA-Systeme bei Ausfall der Eigenbedarfsversorgung

(2) Soweit die BLWA-Systeme einschließlich der zugehörigen Hilfs-, Versorgungs- und Energiesysteme sowie der zugehörigen Leittechnik mit Systemen verknüpft sind, bei denen für bestimmte Ereignisse Ausfallannahmen (z. B. nach Einzelfehlerkonzept oder KTA 3301) getroffen werden, sind die als nicht funktionsbereit eingestuft Systemteile auch für die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken als ausgefallen zu betrachten. In diesem Fall muss für die BLWA-Systeme kein zusätzlicher Ausfall angenommen werden.

(3) Der alternierende Einsatz einer aktiven Komponente für mehrere Funktionen soll vermieden werden.

5.3 Beckenwassereinspeisung

(1) Die Ergänzung von Wasserverlusten durch Verdunstung, betriebliche Leckagen (z. B. Stopfbuchsen, Beckenauskleidung) oder Betriebsvorgänge ist so vorzunehmen, dass der Mindestwasserstand eingehalten wird.

(2) Zum Wiederauffüllen nach Leckstörfällen ist eine Einspeisemöglichkeit vorzusehen. Hierbei dürfen Ersatzmaßnahmen oder Maßnahmen zum Wiederverfügbarmachen berücksichtigt werden, wenn diese Maßnahmen ereignisspezifisch vor Erreichen von T_3 durchgeführt werden können.

Hinweis:

Regelungen zur Borkonzentration im Lagerbecken sind in KTA 3602, Abschnitt 4.2.6 enthalten.

(3) Ein Schutz gegen unbeabsichtigte Überspeisung ist vorzusehen, z. B. durch ausreichende Überlaufquerschnitte oder leittechnische Überwachung (siehe 7.2).

5.4 Reaktorsicherheitsbehälter-Durchdringung

(1) Rohrleitungen der BLWA-Systeme, die den Reaktorsicherheitsbehälter durchdringen und nach Kühlmittelverluststörfällen der Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken dienen, sind mit Absperrvorrichtungen gemäß KTA 3404 auszurüsten.

(2) Rohrleitungen, die nach Kühlmittelverluststörfällen keine BLWA-Funktion haben und die außerhalb des Reaktorsicherheitsbehälters an die unter (1) angeführten Rohrleitungen der BLWA-Systeme anschließen, sind in den Durchdringungsabschluss gemäß KTA 3404 einzubeziehen.

5.5 Aktivitätsbarrieren zur Wärmesenke

(1) Eine Aktivitätsabgabe über die BLWA-Systeme an die Wärmesenke ist zu verhindern.

Hinweis:

In der Praxis ist es üblich zwei Aktivitätsbarrieren einzusetzen. Als erste Barriere kann beispielsweise eine passive Komponente (Wärmetauscher), als zweite Barriere eine zweite passive Komponente oder eine entsprechende Druckstaffelung vorgesehen sein.

(2) Eine Überwachung auf Leckagen und auf den Gehalt an radioaktiven Stoffen ist gemäß KTA 1504 vorzusehen.

6 Vorgaben für das Brennelementlagerbecken und die Komponenten der BLWA-Systeme

6.1 Auslegung

(1) Bei der Auslegung des Brennelementlagerbeckens und der Komponenten der BLWA-Systeme sind die Festlegungen aus Abschnitt 4 zugrunde zu legen. Dabei ist von den Rand- und Umgebungsbedingungen auszugehen, mit denen bei den verschiedenen Einsatzfällen zu rechnen ist. Ereignisbedingt erhöhte Betriebsdrücke und Temperaturen sowie geänderte Umgebungsbedingungen sind zu beachten.

(2) Für die mechanische Auslegung des Brennelementlagerbeckens gemäß KTA 2502 ist der ungünstigste zeitliche Temperaturverlauf (sowohl für die Aufheizung als auch die Abkühlung) anzusetzen.

(3) Die Auslegung der elektrischen Antriebe ist entsprechend KTA 3504 vorzunehmen.

(4) Den Erfordernissen, die sich aus den Eigenschaften der Kühlmedien (z. B. Radioaktivität, Bor- und Sauerstoffgehalt) und ihren Wechselwirkungen mit den Werkstoffen ergeben, ist Rechnung zu tragen.

(5) Komponenten, deren Funktion zur Beherrschung von Einwirkungen von Außen gefordert ist, sind gegen die hieraus folgenden Beanspruchungen auszuliegen. Abzweigende Rohrleitungen, die nicht gegen diese Einwirkungen ausgelegt sind, müssen unter den gegebenen Bedingungen absperrbar sein. Räumliche Trennung der Redundanten kann als Schutz ausreichend sein, wenn die Beanspruchungen auf Teilbereiche der Anlage begrenzt bleiben.

6.2 Anordnung

(1) Die Komponenten der BLWA-Systeme sind möglichst außerhalb des Reaktorsicherheitsbehälters anzuordnen, so dass sie im Bedarfsfall zur Betätigung und für Instandhaltungsmaßnahmen zugänglich sind.

Hinweis:

Im Hinblick auf die Instandsetzung nach einem Kühlmittelverluststörfall sind die Planungsvorgaben aus KTA 1301.1, Abschnitt 9.2.3 zu beachten.

(2) Ansaug- und Einspeisestutzen des Brennelementlagerbecken-Kühlsystems sind so anzuordnen und auszuführen, dass die Zirkulation im Brennelementlagerbecken unterstützt und eine Kurzschlussströmung vermieden wird.

(3) Eine Wirbelbildung mit Luftansaugen ist zu verhindern.

(4) Die Saugleitungen des Brennelementlagerbecken-Kühlsystems sind so anzuordnen, dass ereignisspezifisch einwandfreie Zulaufverhältnisse für die Pumpen gegeben sind.

(5) Ansaug- und Einspeisestutzen sind so auszuführen, dass die Strömungsgeschwindigkeit im Hinblick auf Wellenbildung nicht zu groß wird, um die Durchsichtigkeit des Wassers nicht zu beeinträchtigen

(6) Zum Erhalt der Kühlkapazität bei Leckfällen und für Instandsetzungen an den ersten Absperrarmaturen ist eine Absperrmöglichkeit der Ansaug- und Einspeisestutzen vom Brennelementlagerbecken aus oder eine gleichwertige Ersatzmaßnahme vorzusehen.

(7) Rohrleitungen, die nicht der Kühlung des Brennelementlagerbeckens dienen, sind so an dieses anzuschließen, dass ihr Versagen die Kühlung nicht beeinträchtigt.

(8) Rohrleitungen innerhalb des Brennelementlagerbeckens sind so anzuordnen oder mit Einrichtungen zu versehen, dass durch Saugheberwirkung keine unzulässige Füllstandsabsenkung möglich ist.

(9) Die Komponenten der BLWA-Systeme sind so anzuordnen, dass die Lagerbeckenkühlung im Falle

- a) mechanischer Einwirkungen (z. B. durch Versagen benachbarter hochenergetischer Rohrleitungen oder durch Transportvorgänge),
- b) eines anlageninternen Brandes oder
- c) einer internen Überflutung

sichergestellt ist.

7 Betrieb und Überwachung

7.1 Betrieb

(1) Für die BLWA-Systeme ist eine manuelle Steuerung zulässig. Die Steuerung darf komponentenweise - Einzelbetätigung - und für funktionell zusammenhängende Gruppen von Komponenten gruppenweise - Gruppenbetätigung - erfolgen.

(2) Die Betätigungselemente für die BLWA-Systeme sind in der Warte vorzusehen. Bei einem Ausfall der Warte müssen die erforderlichen Betätigungselemente zur Sicherstellung der Lagerbeckenkühlung anderenorts, z. B. in der Notsteuerstelle oder in einem örtlichen Leitstand, vorhanden sein.

7.2 Überwachung

(1) Die Messstellen „Temperatur des Wassers im Brennelementlagerbecken“ und „Füllstand im Brennelementlagerbecken“ sind gemäß den Anforderungen von KTA 3502 auszulegen. Bei Überschreiten der Grenztemperatur T_1 , und bei Erreichen der betrieblichen Füllstandsgrenzwerte sind Gefahrenmeldungen der Klasse 2 gemäß KTA 3501 zu bilden. Bei Überschreiten der Grenztemperatur T_2 ist eine Gefahrenmeldung der Klasse 1 gemäß KTA 3501 zu bilden, ebenso bei Absinken des Beckenfüllstandes auf den Mindestwasserstand.

(2) Für die betriebliche Überwachung der Wirksamkeit der Beckenkühlung sind weitere geeignete Zustandsgrößen zu erfassen.

8 Instandhaltung

8.1 Instandsetzung

Bei Ausfall einer Komponente der BLWA-Systeme soll die Instandsetzung unmittelbar nach der Ausfallerkennung durchgeführt werden.

8.2 Wartung und Inspektion

(1) Bei Wartungs- und Inspektionsarbeiten ist die Temperatur T_1 einzuhalten.

(2) Wartungs- und Inspektionsarbeiten, die zur Unterbrechung der Funktionsbereitschaft einer Komponente führen, sollen vorzugsweise dann vorgenommen werden, wenn die abzuführende Wärmeleistung aus dem Brennelementlagerbecken möglichst gering ist, z. B. gegen Ende des Betriebszyklus der Anlage.

9 Funktionsprüfungen

An allen aktiven Komponenten sind regelmäßig Funktionsprüfungen vorzunehmen. Diese sollen alle vier bis acht Wochen durchgeführt werden. Diese Prüfungen dürfen auch durch betriebliche Strangumschaltungen erfolgen.

Anhang A

Abdeckende Auslegungsanforderungen an die Brennelementlagerbecken-Wärmeabfuhrsysteme (BLWA-Systeme)

Systemzustände	Einsatzfall	Auslegungsbestimmender Zeitpunkt ¹	Einzuhaltende Beckenwassertemperatur ²
Normalbetrieb	Kernteilentladung	t_r	T_1
	Be- und Entladen	t_{BEW}	
	Kernvollentladung	t_E	
Anomaler Betrieb	Kernteilentladung	t_r	T_2
	Be- und Entladen	t_{BEW}	
	Kernvollentladung	t_E	
Störfälle, EVI, EVA, Notstandsfälle (Sollvorgabe)	Kernteilentladung	t_T oder t_L	T_3
	Be- und Entladen	t_{BEW}	
	Kernvollentladung	t_E	

¹ Es bedeuten:

t_{BEW} : Zeitpunkt der ungünstigsten Beckenbelegung bei noch gezogenem Trennschütz

t_E : Ende der Brennelementumsetzung aus dem Reaktorkern in das Brennelementlagerbecken (geschlossenes Schütz) als Zeitpunkt der maximalen Wärmefreisetzung im Brennelementlagerbecken

t_L : Zeitpunkt der Wiederaufnahme des Leistungsbetriebes nach Brennelementwechsel. Bei Verknüpfung der BLWA-Systeme mit Nachwärmeabfuhrsystemen ist der ungünstigste Zeitpunkt für die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken zugrunde zu legen.

t_r : Zeitpunkt der Abtrennung des Brennelementlagerbeckens durch Setzen des Trennschützes nach Abschluss des Brennelementwechsels

² Die Temperaturniveaus T_1 , T_2 , und T_3 sind in 4.2.1 (1) festgelegt. Es gilt $T_1 = 45 \text{ °C}$; $T_2 = 60 \text{ °C}$ sowie $T_3 = 80 \text{ °C}$, wobei die Temperatur T_3 gemäß 4.2.1 (2) höher als 80 °C sein darf, sofern das Lagerbecken (Beton, Beckenwandstahlauskleidung) und die BLWA-Systeme selbst für die höhere Temperatur ausgelegt sind.

Anhang B

Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird

(Die Verweise beziehen sich nur auf die in diesem Anhang angegebene Fassung. Darin enthaltene Zitate von Bestimmungen beziehen sich jeweils auf die Fassung, die vorlag, als die verweisende Bestimmung aufgestellt oder ausgegeben wurde.)

AtG		Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 307 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I 2015, Nr. 35, S. 1474) geändert worden ist
StrlSchV		Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), die zuletzt durch Artikel 5 der Verordnung vom 11. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2010) geändert worden ist
SiAnf	(2015-03)	Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B2)
Interpretationen zu den SiAnf	(2015-03)	Interpretationen zu den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012, geändert am 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B3))
KTA 1504	(2015-11)	Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser
KTA 2502	(2011-11)	Mechanische Auslegung von Brennelementlagerbecken in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren
KTA 3107	(2012-11)	Anforderungen an die Kritikalitätssicherheit beim Brennelementwechsel, Regelentwurf
KTA 3211.1	(2015-11)	Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises; Teil 1: Werkstoffe
KTA 3211.2	(2013-11)	Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises; Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung
KTA 3211.3	(2012-11)	Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises; Teil 3: Herstellung
KTA 3211.4	(2013-11)	Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises; Teil 4: Wiederkehrende Prüfungen und Betriebsüberwachung
KTA 3301	(2015-11)	Nachwärmeabfuhrsysteme von Leichtwasserreaktoren
KTA 3404	(2013-11)	Abschließung der den Reaktorsicherheitsbehälter durchdringenden Rohrleitungen von Betriebssystemen im Falle einer Freisetzung von radioaktiven Stoffen in den Reaktorsicherheitsbehälter
KTA 3501	(2015-11)	Reaktorschutzsystem und Überwachung von Sicherheitseinrichtungen
KTA 3502	(2012-11)	Störfallinstrumentierung
KTA 3504	(2006-11)	Elektrische Antriebe des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken
KTA 3602	(2003-11)	Lagerung und Handhabung von Brennelementen und zugehörigen Einrichtungen in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren
DIN 25463-1	(2014-02)	Berechnung der Zerfallsleistung der Kernbrennstoffe von Leichtwasserreaktoren - Teil 1: Uranoxid-Kernbrennstoff für Druckwasserreaktoren
DIN 25463-2	(2014-02)	Berechnung der Zerfallsleistung der Kernbrennstoffe von Leichtwasserreaktoren - Teil 2: Uran-Plutonium-Mischoxid (MOX)-Kernbrennstoff für Druckwasserreaktoren