

Wärmeabfuhrsysteme für Brennelementlagerbecken von Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren

DIN

25 484

Heat-Removal Systems for Fuel Element Storage Pools of Nuclear
Power Plants with Light Water Reactors

Mit DIN 25 452/04.92
Ersatz für DIN 25 428/08.76

Diese Norm ist wortgleich mit der KTA-Regel 3303, Fassung 06/90. Diese Norm wurde im Auftrag des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) vom Normenausschuß Kerntechnik (NKe) vorbereitet.

Inhalt

	Seite		Seite
Grundlagen	1	5.3 Kühlmittelnachspeisung	5
1 Anwendungsbereich	2	5.4 Reaktorsicherheitsbehälter-Durchdringung	6
2 Begriffe	2	5.5 Aktivitätsbarrieren zur Wärmesenke	6
3 Einsatzfälle und zugeordnete Aufgabenstellungen	2	6 Vorgaben für das Brennelementlagerbecken und die Komponenten der BLWA-Systeme	6
3.1 Allgemeine Aufgabenstellung	2	6.1 Auslegung	6
3.2 Bestimmungsgemäßer Betrieb der Anlage	3	6.2 Anordnung	6
3.3 Auslegungsfälle der Anlage	3	7 Leittechnik	6
3.4 Ereignisse mit geringer Eintrittshäufigkeit	3	7.1 Steuerung	6
3.5 Systemeigene seltene Ereignisse	3	7.2 Überwachung	7
3.6 Sonstige Einsatzfälle	3	8 Betrieb	7
4 Auslegung	3	8.1 Betriebsweise	7
4.1 Bestimmung der abzuführenden Wärmeleistung ..	3	8.2 Instandhaltung	7
4.2 Einzuhaltende Beckenwassertemperaturen in Abhängigkeit von den Einsatzfällen	4	Anhang A Zusammenfassende Darstellung der Auslegung der BLWA-Systeme	8
4.3 Randbedingungen der Wärmesenke	5	Anhang B Bestimmungen, auf die in dieser Norm verwiesen wird	9
5 Systemkonzept	5		
5.1 Grundkonzept	5		
5.2 Systemtechnische Verknüpfungen	5		

Grundlagen

(1) Die Regeln des 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 getroffen ist (§ 7 Abs. 2 Nr. 3 Atomgesetz), um die im Atomgesetz und in der Strahlenschutzverordnung festgelegten sowie in den „Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke“ und den „Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren gegen Störfälle im Sinne des § 28 Abs. 3 Strahlenschutzverordnung — Störfall-Leitlinien —“ weiter konkretisierten Schutzziele zu erreichen.

(2) Grundlagen für diese Regel sind:

- a) die „Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke“ des Bundesministers des Innern, insbesondere Kriterium 11.1, in dem gefordert wird: „Im Kernkraftwerk müssen Einrichtungen vorhanden sein, die eine sichere Handhabung, Einschließung und Lagerung der Kernbrennstoffe und sonstiger radioaktiver Stoffe ermöglichen. Diese Einrichtungen müssen so beschaffen, angeordnet und abgeschirmt sein, daß eine unzulässige Strahlenexposition des Personals und in der Umgebung, die Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung oder ein Kritikalitätsstörfall ausgeschlossen werden können. Die Einrichtung zur Lagerung bestrahlter

Fortsetzung Seite 2 bis 9

Normenausschuß Kerntechnik (NKe) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Kernbrennstoffe muß über ausreichende Lagerkapazität sowie angemessene und hinreichend zuverlässige Systeme zur Nachwärmeabfuhr im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei Störfällen verfügen.“

- b) die RSK-Leitlinien, insbesondere Kapitel 15 über die Handhabung und Lagerung von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen sowie Kapitel 22.1.2, soweit dort systemtechnische Vorgaben über Brennelementlagerbecken-Kühlsysteme enthalten sind.

(3) Ein wesentlicher Bestandteil der Einrichtungen zur Lagerung und Handhabung von bestrahlten Brennelementen sind die Systeme zur Abfuhr der im Brennelementlagerbecken frei werdenden Nachzerfallswärme. Diese gehören als solche nicht zu den Sicherheitssystemen der Reaktoranlage und tragen nicht zur Beherrschung von deren Störfällen bei. Sie gehören damit auch nicht zum Anwendungsbereich des Einzelfehlerkriteriums. Gleichwohl ist die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken ein wichtiger Beitrag zur Radioaktivitätsrückhaltung und hat damit eine sicherheitstechnische Bedeutung. Dabei ist jedoch zu beachten, daß die Brennelementlagerbecken-Kühlung zwar einen ständigen Anforderungsfall darstellt, aber bei ihrem Ausfall bis zum Eintritt von unerwünschten Zuständen viel längere Karenzzeiten zur Verfügung stehen als bei der Anforderung von Sicherheitssystemen bei Störfällen.

(4) Die Anforderungen an die Systeme zur Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken werden in der vorliegenden Norm DIN 25 484 behandelt; insbesondere werden die im Brennelementlagerbecken einzuhaltenden Temperaturen übergreifend für die im folgenden genannten KTA-Regeln vorgegeben. Die „Lagerung und Handhabung von Brennelementen, Steuerelementen und Neutronenquellen in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren“ wird in KTA 3602 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 Primärkühlsystem an eine Wärmesenke abzuführen haben, ein systemtechnischer Zusammenhang besteht, wird auf die Regel KTA 3301 „Nachwärmeabfuhrsysteme von Leichtwasserreaktoren“ verwiesen.

1 Anwendungsbereich

(1) Die Norm ist auf die Systeme zur Wärmeabfuhr aus wassergekühlten Brennelementlagerbecken in Reaktorgebäuden von Kernkraftwerken mit Leichtwassereaktoren (Brennelementlagerbecken-Wärmeabfuhrsysteme, im weiteren Text kurz BLWA-Systeme genannt) 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.

Hinweis: Zu den BLWA-Systemen gehören nicht nur Brennelementlagerbecken-Kühlsysteme, sondern alle Systeme, die für die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken an eine Wärmesenke erforderlich sind. Ferner zählen dazu auch die Bereiche anderer Systeme, z. B. der Nachwärmeabfuhrsysteme, die für die genannte Funktion mit herangezogen werden.

(2) Die Anforderungen dieser Norm sind auch auf Hilfs-, Versorgungs- und Energiesysteme anzuwenden, soweit deren Funktionen für die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken erforderlich sind.

(3) Nicht Gegenstand dieser Norm sind Anforderungen an die Auslegung und konstruktive Gestaltung des Brennelementlagerbeckens und der Komponenten, soweit sie sich nicht aus systemtechnischen Vorgaben ergeben.

Hinweis: Diese Anforderungen werden für das Brennelementlagerbecken in KTA 2502 und KTA 3602, für die Komponenten in KTA 3211 (in Vorbereitung) geregelt.

2 Begriffe

Hinweis: Die Begriffe Nachzerfallsleistung, Betriebszeit, Abklingzeit und Leistungshistogramm werden entsprechend den Definitionen in DIN 25 463 Teil 1 verwendet, die Begriffe Brennelementwechsel und Umsetzen von Brennelementen entsprechend den Definitionen in KTA 3602. Außerdem werden Begriffe aus KTA 3301 herangezogen, wie aktive Komponenten, Ausfall, bestimmungsgemäßer Betrieb, Funktionsbereitschaft, Instandhaltung, passive Komponenten, Redundante, Redundanz, Störfall.

2.1 Beckenwassertemperatur

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

Hinweis: Erfahrungsgemäß unterscheiden sich die im Brennelementlagerbecken und in der Entnahmelleitung zum Brennelementlagerbecken-Kühlsystem gemessenen Temperaturen nur geringfügig, so daß man für Auslegung und Steuerung von der gemessenen Beckenwassertemperatur ausgehen kann.

2.2 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 und deshalb beim Brennelementwechsel aus dem Reaktorkern in das Brennelementlagerbecken umgesetzt werden müssen, um dort bis zum Abtransport oder Wiedereinsatz zu verbleiben.

2.3 Kernentladung

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

3 Einsatzfälle und zugeordnete Aufgabenstellungen

3.1 Allgemeine Aufgabenstellung

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

- die Arbeitsbedingungen des Betriebspersonals hinsichtlich Raumklima und Strahlenexposition bei der Brennelement-Handhabung,
 - die Brennelementlagerbecken-Integrität und
 - die Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung
- für alle Anlagenzustände eine ausreichende Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken sicherzustellen.

3.2 Bestimmungsgemäßer Betrieb der Anlage

(1) Während des bestimmungsgemäßen Betriebes der Anlage ist der Einsatz der BLWA-Systeme für folgende Fälle erforderlich:

Fall A: Beckenkühlung während des Brennelementwechsels, wobei das Brennelementlagerbecken während des Umsetzens von Brennelementen mit dem Reaktordruckbehälter verbunden ist (offenes Trennschütz) und maximal der ganze Reaktorkern entladen wird.

Fall B: Beckenkühlung nach Kernentladung, wobei das Brennelementlagerbecken vom Reaktordruckbehälter getrennt ist (geschlossenes Trennschütz).

Fall C: Kühlung der BE-Teilentlademengen, beginnend mit dem Schließen des Trennschützes beim Anfahren, während des Leistungsbetriebes, beim Abfahren sowie beim Anlagenstillstand, endend mit dem Öffnen des Trennschützes.

(2) Die BLWA-Systeme müssen dabei in der Lage sein, die im Hinblick auf die Arbeitsbedingungen des Betriebspersonals festgelegte Beckenwassertemperatur unter Berücksichtigung anzunehmender Ausfälle einzuhalten.

(3) Bei anomalem Systemzustand der BLWA-Systeme, z. B. auch bei Ausfall der Eigenbedarfsversorgung, ist eine höhere Temperatur zulässig.

3.3 Auslegungsstörfälle der Anlage

(1) Bei den Störfällen, die der Auslegung der Anlage zugrunde zu legen sind, müssen die BLWA-Systeme in der Lage sein, unter Berücksichtigung anzunehmender Ausfälle die für diese Störfälle im Hinblick auf die Integrität des Brennelementlagerbeckens und eine Radioaktivitätsfreisetzung zulässige Beckenwassertemperatur einzuhalten. Diese darf höher sein als die für den bestimmungsgemäßen Betrieb festgelegten Temperaturen.

(2) Abweichend davon darf die Temperatur in den Fällen, in denen eine Beeinträchtigung der Einsatzfähigkeit oder der Wirksamkeit der BLWA-Systeme als Folge des Störfalles nicht eintreten kann, höchstens ein Niveau erreichen, das für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Anlage — anomaler Systemzustand (siehe Abschnitt 3.2, Absatz 3) — vorgegeben ist.

3.4 Ereignisse mit geringer Eintrittshäufigkeit

Bei den Ereignissen, die wegen ihrer geringen Eintrittshäufigkeit keine Auslegungsstörfälle sind (z. B. Flugzeugabsturz, Druckwelle aus chemischen Reaktionen), für die aber Maßnahmen zur Risikominimierung vorzusehen sind, gelten in bezug auf die Aufgabenstellung dieselben Forderungen wie bei Auslegungsstörfällen (siehe Abschnitt 3.3, Absatz 1), jedoch sind im Gegensatz dazu keine Ausfälle zu unterstellen.

3.5 Systemeigene seltene Ereignisse

Systemeigene seltene Ereignisse (siehe Abschnitt 4.2.4) müssen durch vorbereitete Maßnahmen (z. B. Abdichtung von Anschlußstutzen des Brennelementlagerbeckens) beherrscht werden können. Diese Maßnahmen müssen so konzipiert sein, daß die bei Auslegungsstörfällen (siehe Abschnitt 3.3, Absatz 1) zulässige Beckenwassertemperatur mit Hilfe der BLWA-Systeme eingehalten werden kann.

3.6 Sonstige Einsatzfälle

Die BLWA-Systeme dürfen auch für andere Aufgaben eingesetzt werden, z. B. für die Nachwärmeabfuhr entsprechend KTA 3301 oder die Brennelementlagerbecken-Reinigung, sofern auch dann die Anforderungen dieser Norm an die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken für die vorgenannten Einsatzfälle erfüllt sind.

4 Auslegung

4.1 Bestimmung der abzuführenden Wärmeleistung

4.1.1 Zu berücksichtigende Wärmeleistungen

(1) Bei der Ermittlung der in den verschiedenen Einsatzfällen abzuführenden Wärmeleistungen ist jeweils der Zustand zugrunde zu legen, bei dem im Rahmen der vorgesehenen Belegung die maximale Nachzerfallsleistung freigesetzt wird. Für die Brennelementwechsel-Phase (Fälle A und B) ist die freigesetzte Gesamtwärmeleistung zu berechnen aus der Nachzerfallsleistung des entladenen Kerns zuzüglich der Nachzerfallsleistung der aus bereits im Brennelementlagerbecken bei maximaler Belegung 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 DIN 25463 Teil 1 durchzuführen. Dabei ist für den Beitrag der Spaltprodukte ein Fehlerzuschlag in Höhe der einfachen Standardabweichung ($1 \times \text{Sigma}$) zu berücksichtigen. Für Brennelemente aus rezykliertem Kernbrennstoff ist eine gesonderte Berechnung der Nachzerfallsleistung erforderlich.

Hinweis: Das Verfahren zur Berechnung der Nachzerfallsleistung für Brennelemente aus rezykliertem Kernbrennstoff wird in einer Norm aufgeführt, die in Vorbereitung ist.

4.1.2.2 Betriebsparameter

(1) Als Betriebszeit der Brennelemente (zusammengefaßt in Gruppen mit gleicher Betriebsgeschichte) ist deren Einsatzzeit im Reaktor jeweils bis zum Zyklusende vor der Entladung zu wählen. Für Leistungsverlauf und Verlauf der Brennstoffzusammensetzung (Leistungshistogramm) des Reaktorkerns ist von dem Brennstoff- und Beladekonzept auszugehen, das der Planung der jeweiligen Anlage zugrunde liegt.

(2) Bei einer Abweichung von den der Planung zugrunde gelegten Betriebsparametern (z. B. Zyklusdauer, Entladeabbrand), die zu einer Erhöhung der abzuführenden Nachzerfallsleistung führen würde, ist unter Berücksichtigung der jeweils aktuellen Randbedingungen nachzuweisen, daß die nach Abschnitt 4.2 zulässigen Beckenwassertemperaturen eingehalten werden können.

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.