

# Abschaltsysteme von Leichtwasserreaktoren

**DIN**  
**25 446**

Shut down systems for light-water-reactors

Diese Norm ist wortgleich mit der KTA-Regel 3103 (Fassung 03.84). Die KTA-Regel wurde im Auftrag des Kerntechnischen Ausschusses vom Normenausschuß Kerntechnik vorbereitet.

## Inhalt

|                                                    | Seite |                                                     | Seite |
|----------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------|-------|
| <b>Grundlagen</b> .....                            | 1     | <b>5 Funktionssicherheit</b> .....                  | 5     |
| <b>1 Anwendungsbereich</b> .....                   | 1     | 5.1 Allgemeines .....                               | 5     |
| <b>2 Begriffe</b> .....                            | 2     | 5.2 Aufbau und Funktion .....                       | 5     |
| <b>3 Aufgaben der Abschaltsysteme</b> .....        | 2     | 5.3 Eignungsprüfung am Prototyp .....               | 5     |
| 3.1 Allgemeines .....                              | 2     | 5.4 Betriebliche Bewährung .....                    | 6     |
| 3.2 Schnellabschaltsystem .....                    | 2     | <b>6 Prüfungen</b> .....                            | 6     |
| 3.3 Weiteres Abschaltsystem .....                  | 2     | 6.1 Begleitende Prüfung .....                       | 6     |
| <b>4 Auslegung</b> .....                           | 2     | 6.2 Wiederkehrende Prüfungen .....                  | 7     |
| 4.1 Übergeordnete Anforderungen .....              | 2     | Anhang A: Bestimmungen, auf die in dieser Norm ver- |       |
| 4.2 Steuerelemente und Steuerelementantriebe ..... | 3     | wiesen wird .....                                   | 9     |
| 4.3 Verfahrenstechnische Systeme .....             | 4     | Anhang B: Mechanische und thermische Auslegung      |       |
| 4.4 Weiteres Abschaltsystem zur Sicherstellung     |       | der Steuerelemente .....                            | 9     |
| der Abschaltung und der Unterkritikalität .....    | 5     |                                                     |       |

## Grundlagen

(1) Abschaltsysteme haben die sicherheitstechnische Aufgabe, den Reaktor im Anforderungsfall in den unterkritischen, leistungslosen Zustand zu überführen und dauerhaft unterkritisch zu halten.

(2) Sie sollen im Zusammenwirken mit den physikalischen Prozessen der nuklearen Leistungserzeugung und der Kernkühlung und mit anderen Systemen, zum Beispiel Reaktorschutzsystem, dazu beitragen, daß die übergeordneten Schutzziele der Erhaltung der Integrität der Barrieren gegen Aktivitätsfreisetzungen aus dem Reaktorkühlsystem erfüllt werden.

(3) Bei der Anwendung dieser Norm erfüllen die Abschaltsysteme in ihrer Gesamtheit die in den Sicherheitskriterien festgelegten allgemeinen Grundsätze der Sicherheitsvorsorge und die dort angegebenen Detailanforderungen.

## 1 Anwendungsbereich

(1) Diese Norm gilt für Abschaltsysteme von Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren. Sie gibt an, welche Anforderungen an die Einrichtungen zur Abschaltung eines Reaktors zu stellen sind, einschließlich der aktiven Stellglieder.

(2) Nicht zum Anwendungsbereich dieser Norm gehören

- a) die Einrichtungen zum Nachspeisen von Hilfsmedien wie Wasser und Stickstoff beim Siedewasserreaktor,
- b) die an Herstellung, Vorprüfung, Werkstoffprüfung, Bau-, Druck- und Abnahmeprüfungen der Boreinspeisesysteme zu stellenden Anforderungen,
- c) die leittechnischen Einrichtungen zur Sicherstellung einer ausreichenden Wirksamkeit der Abschalteinrichtungen,
- d) Anforderungen an die Reaktivitätswirksamkeit der Abschaltsysteme und die Reaktivitätsrate bei der Abschaltung, und
- e) die zur Beherrschung von Kühlmittelverluststörfällen vorgesehenen Nachwärmeabfuhrsysteme, die sowohl die Kühlung des Reaktorkerns als auch die Abschaltung durch Borierung sicherstellen, mit der Ausnahme, daß Anforderungen bezüglich Borsäurevorrat und Borsäureüberwachung unter diese Norm fallen.

Fortsetzung Seite 2 bis 14

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

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

## 2 Begriffe

### (1) Abschaltssystem

Ein Abschaltssystem ist ein System, welches in der Lage ist, den Reaktor in den unterkritischen Zustand zu überführen und in diesem Zustand zu halten.

### (2) Bestimmungsgemäßer Betrieb

- a) Betriebsvorgänge, für die die Anlage bei funktionsfähigem Zustand der Systeme (ungestörter Zustand) bestimmt und geeignet ist (Normalbetrieb);
- b) Betriebsvorgänge, die bei Fehlfunktion von Anlageteilen oder Systemen (gestörter Zustand) ablaufen, soweit hierbei einer Fortführung des Betriebs sicherheitstechnische Gründe nicht entgegenstehen (anormaler Betrieb);
- c) Instandhaltungsvorgänge (Inspektion, Wartung, Instandsetzung).

### (3) Betriebssystem

Das Betriebssystem umfaßt alle Einrichtungen, Kreisläufe und Hilfsanlagen, die nur für den bestimmungsgemäßen Betrieb notwendig sind.

### (4) Sicherheitssystem

Das Sicherheitssystem ist die Gesamtheit aller Einrichtungen einer Reaktoranlage, die die Aufgabe haben, die Anlage vor unzulässigen Beanspruchungen zu schützen und bei auftretenden Störfällen deren Auswirkungen auf das Betriebspersonal, die Anlage und die Umgebung in vorgegebenen Grenzen zu halten.

### (5) Störfall

Ein Störfall ist ein Ereignisablauf, bei dessen Eintreten der Betrieb der Anlage oder die Tätigkeit aus sicherheitstechnischen Gründen nicht fortgeführt werden kann und für den die Anlage ausgelegt ist oder für den bei der Tätigkeit vorsorglich Schutzvorkehrungen vorgesehen sind.

Hinweis:

Für Anlagen nach § 7 AtG ist unter „Störfall“ ein Ereignisablauf zu verstehen, bei dessen Eintreten der Betrieb der Anlage aus sicherheitstechnischen Gründen nicht fortgeführt werden kann und für den die Anlage ausgelegt ist.

## 3 Aufgaben der Abschaltssysteme

### 3.1 Allgemeines

(1) Die Abschaltssysteme in ihrer Gesamtheit müssen folgende sicherheitstechnische Funktionen erfüllen:

- a) den Reaktor in den unterkritischen, leistungslosen Zustand überführen und

Hinweis:

Leistungslos heißt, daß die Spaltleistung im Vergleich zur Nachwärmeleistung vernachlässigbar klein ist.

- b) den Reaktor bei dem ungünstigsten Zustand, der unter den in Betracht zu ziehenden Umständen möglich ist, dauerhaft unterkritisch zu halten.

(2) Für die sicherheitstechnische Funktion nach Abschnitt 3.1 (1) a) sind zwei voneinander unabhängige und verschiedenartige Systeme vorzusehen:

1. Ein Schnellabschaltssystem, das für sich allein in der Lage ist, den Reaktor aus dem bestimmungsgemäßen Betrieb sowie bei den in Betracht zu ziehenden Störfällen hinreichend schnell leistungslos und unterkritisch zu machen und hinreichend lange unterkritisch zu halten.

Hinweis:

Die erforderliche Schnelligkeit der Abschaltung und die erforderliche Dauer der Unterkritikalität ergeben sich aus Ereignisablaufanalysen (z. B. Störfallanalysen).

2. Ein weiteres Abschaltssystem, das in der Lage ist, den Reaktor aus allen Zuständen des bestimmungsgemäßen Betriebs heraus, die keine schnellen Reaktivitätsänderungen erfordern, leistungslos und unterkritisch zu machen.

- (3) Die sicherheitstechnische Funktion nach Abschnitt 3.1 (1) b) wird im bestimmungsgemäßen Betrieb sowie bei den in Betracht zu ziehenden Störfällen von den Abschaltssystemen in ihrer Gesamtheit erfüllt. Aus allen Zuständen des bestimmungsgemäßen Betriebs heraus, die keine schnellen Reaktivitätsänderungen erfordern, muß die sicherheitstechnische Funktion nach Abschnitt 3.1 (1) b) ohne Mitwirkung des Schnellabschaltssystems erfüllt werden können.

### 3.2 Schnellabschaltssystem

Das Schnellabschaltssystem ist Bestandteil des Sicherheitssystems.

Die reaktivitätsbindenden Stellglieder sind neutronenabsorbierende Steuerelemente.

Hinweis:

Beim Siedewasserreaktor ist das hydraulische Antriebssystem Bestandteil des Schnellabschaltssystems.

### 3.3 Weiteres Abschaltssystem

- (1) Das weitere Abschaltssystem verwendet als reaktivitätsbindende Stellmittel im Kühlmittel lösliche Borverbindungen sowie beim Siedewasserreaktor zusätzlich die Steuerelemente mit einem zum Schnellabschaltssystem diversitären elektromechanischen Antrieb.

- (2) Das weitere Abschaltssystem muß in der Lage sein, den Reaktor aus allen Zuständen des bestimmungsgemäßen Betriebs heraus, die keine schnellen Reaktivitätsänderungen erfordern, unterkritisch zu machen und unterkritisch zu halten.

Hinweis:

Für diese Funktion können alternativ oder zusammen auch mehrere Boreinspeisesysteme herangezogen werden.

- (3) Läßt sich die sicherheitstechnische Funktion nach Abschnitt 3.1 (1) b) nach Eintreten von Störfällen und in anomalen Betriebszuständen nicht allein durch das Schnellabschaltssystem erfüllen, so sind die zur Erfüllung der sicherheitstechnischen Funktion nach Abschnitt 3.1 (1) b) vorgesehenen Boreinspeisesysteme Bestandteil des Sicherheitssystems. Der Zeitpunkt ihres Einsatzes sowie die Entscheidung, ob ihr Einsatz von Hand eingeleitet werden kann oder automatisch eingeleitet werden muß, sind aufgrund der Ereignisablaufanalysen unter Berücksichtigung der Wirksamkeit des Schnellabschaltssystems festzulegen.

## 4 Auslegung

### 4.1 Übergeordnete Anforderungen

- (1) Abschaltssysteme sind so auszulegen, daß sie ihre Funktion sicher ausführen. Sie sind reparatur-, prüf-, wartungsfreundlich aufzubauen. Sie sind so zu gestalten, daß Bedienung, Wartung und Reparatur und wiederkehrende Prüfungen unter möglichst geringer Strahlenbelastung des Personals erfolgen können.

- (2) Das Schnellabschaltssystem muß auch bei Auftreten eines Einzelfehlers, zum Beispiel Versagen des reaktivitätswirksamen Steuerelements, seine unter Abschnitt 3.1 (1) a) beschriebene sicherheitstechnische Funktion erfüllen.

- (3) Die Abschaltssysteme, die Teil des Sicherheitssystems sind, müssen in ihrer Gesamtheit in der Lage sein, den Reaktor auch bei Auftreten eines Einzelfehlers beliebig lange unterkritisch zu halten.

(4) Die Abschaltsysteme können ganz oder teilweise zur betrieblichen Steuerung herangezogen werden. In diesem Fall ist sicherzustellen, daß für die sicherheitstechnischen Anforderungen jederzeit eine ausreichende Wirksamkeitsreserve vorhanden ist und daß die sicherheitstechnischen Anforderungen Vorrang vor den betrieblichen Anforderungen haben. Es muß sichergestellt sein, daß eine Funktion der betrieblichen Steuerung oder ein Fehler im System zur Steuerung die sicherheitstechnische Funktion der Abschaltsysteme nicht beeinträchtigen kann.

## 4.2 Steuerelemente und Steuerelementantriebe

### 4.2.1 Allgemeine Anforderungen

(1) Die aus den Betriebs- und Störfallbedingungen folgenden Anforderungen an

- a) Fahrweg,
- b) Fahrgeschwindigkeit,
- c) Abschaltzeit und
- d) Zahl der Fahrschritte

hängen vom jeweiligen Reaktor ab und müssen für die mechanische Auslegung vorliegen.

(2) Die Bauteile werden in folgende Gruppen eingeteilt:

- a) druckabschließende Wandung der Steuerelementantriebe,
- b) druckführende Teile der Antriebsmediensysteme,
- c) druckführende Teile innerhalb der druckführenden Umschließung (Siedewasserreaktor),
- d) Bauteile des Antriebs,
- e) Strukturteile des Steuerelementes,
- f) Absorberstäbe.

(3) Die Anforderungen an die Auslegung dieser Komponenten werden in den Abschnitten 4.2.2.1 bis 4.2.2.6 behandelt. Die Konstruktion der Bestandteile des Schnellabschaltsystems ist darüber hinaus so vorzunehmen, daß bei ihrem Zusammenwirken mit angrenzenden Bauteilen anderer Komponenten die sicherheitstechnische Aufgabe der Steuerelemente und Steuerelementantriebe nach Abschnitt 3 im Anforderungsfall erfüllt wird.

Dazu ist auch der Nachweis des freien Steuerelementweges für die erforderliche Anzahl der Steuerelemente unter Berücksichtigung der Konstruktion angrenzender Bauteile zu erbringen, und zwar wie folgt:

- a) für den bestimmungsgemäßen Betrieb für alle Steuerelemente
- b) für Störfälle entsprechend der Analyse für die erforderliche Anzahl der Steuerelemente.

Hinweis:

Zu den Bauteilen, die den freien Steuerelementweg beeinflussen, jedoch keine Bauteile des Abschaltsystems sind, gehören:

- Stützenfeld im Reaktordruckbehälterboden (SWR),
- Stützenfeld im Reaktordruckbehälterdeckel (DWR),
- Oberes und unteres Kerngitter (SWR),
- Steuerelementführungsrohre (SWR),
- Oberes und unteres Kerngerüst (DWR),
- Steuerelementführungseinsätze (DWR),
- Brennelementkasten (SWR) und
- Brennelemente (DWR).

(4) Für die verwendeten Werkstoffe ist die Eignung nachzuweisen. Die erforderlichen Herstellungs- und Verarbeitungsschritte, wie zum Beispiel Verformen, Schweißen und Wärmebehandlung sind in die Nachweisführung einzubeziehen. Die zu verwendenden Werkstoffe müssen den im

Einsatz erwarteten chemischen, mechanischen, thermischen und strahlungsbedingten Belastungen standhalten.

Hinweis:

Siehe auch Abschnitte 6.1.2 (2) b) und c) und 6.1.3.

### 4.2.2 Auslegung der Komponenten

#### 4.2.2.1 Druckabschließende Wandung der Steuerelementantriebe

(1) Die Teile der druckabschließenden Wandung der Steuerelementantriebe umfassen Druckgehäuse, Dichtungsgehäuse und Magnetschaltergehäuse (Siedewasserreaktor), Druckrohr und Druckrohrverschluß (Druckwasserreaktor).

(2) Für Werkstoffe, Auslegung, Konstruktion und Berechnung, Herstellung und wiederkehrende Prüfungen und Betriebsüberwachung gelten die Anforderungen nach KTA 3201.1 bis KTA 3201.4.

#### 4.2.2.2 Druckführende Teile der Antriebsmediensysteme des Siedewasserreaktors

Zu den druckführenden Teilen der Antriebsmediensysteme des Siedewasserreaktors gehören Druckspeicher, Armaturen und Rohrleitungen. Für Werkstoffe, Auslegung, Konstruktion und Berechnung, Herstellung und wiederkehrende Prüfungen und Betriebsüberwachung gelten die Anforderungen nach KTA 3201.1 bis KTA 3201.4.

#### 4.2.2.3 Druckführende Teile innerhalb der druckführenden Umschließung (Siedewasserreaktor)

Die Analyse des mechanischen Verhaltens der druckführenden Teile des Siedewasserreaktor-Steuerelementantriebs (Hohlkolben, Drosselbuchse und Abdeckbuchse) ist nach KTA 3204 durchzuführen.

#### 4.2.2.4 Bauteile des Antriebs

(1) Die ausreichende Festigkeit der Bauteile des Antriebs muß durch rechnerische oder experimentelle Untersuchungen nachgewiesen werden. Wenn die Funktionsfähigkeit und der Verschleiß für diese Teile dimensionsbestimmend sind, ist deren Nachweis im Rahmen einer experimentellen Typenprüfung zulässig.

(2) Wird eine rechnerische Analyse des mechanischen Verhaltens der Bauteile des Antriebs durchgeführt, so sind die in KTA 3204 angegebenen Beanspruchungsgrenzen zugrunde zu legen.

(3) Für den Statorkühlmantel (Druckwasserreaktor) ist der Festigkeitsnachweis nach den AD-Merkblättern B0 (02.77), B1 (02.77) und B6 (02.77) zu führen.

#### 4.2.2.5 Strukturteile des Steuerelements

Die Strukturteile des Steuerelements sind nach Anhang B auszulegen.

#### 4.2.2.6 Absorberstäbe

Die Absorberstäbe sind nach Anhang B auszulegen.

### 4.2.3 Instrumentierung der Steuerelemente

(1) Für jedes Steuerelement ist eine Stellungsanzeige und eine Endlagenerfassung vorzusehen.

(2) Beim Siedewasserreaktor sind Geber am Steuerelementantrieb, die zur Erkennung der Trennung des Steuerelements vom Antrieb dienen, zweifach auszuführen.

(3) Die Energieversorgung für die Anzeigen ist zu überwachen. Der Ausfall ist zu signalisieren. Die erforderliche Energie ist durch eine unterbrechungslose Notstromversorgung bereitzustellen. Diese Energieversorgung ist durch Anzeigen und durch Gefahrenmeldung bei Ausfall zu überwachen.

(4) Wird die Instrumentierung für Schutz- und Zustandsbegrenzungen herangezogen, so muß sie den Anforderun-

gen nach KTA 3501 genügen. Die Instrumentierung muß ohne Eingriffe in die Verdrahtung wiederkehrend prüfbar sein.

### 4.3 Verfahrenstechnische Systeme

#### 4.3.1 Allgemeines

Verfahrenstechnische Systeme der Abschaltssysteme sind:

- a) Antriebsmedienversorgung der Steuerelementantriebe für das Schnellabschaltssystem beim Siedewasserreaktor
- b) Boreinspeisesysteme als Bestandteil des Sicherheitssystems beim Druckwasserreaktor.

#### 4.3.2 Einzelfehlerkonzept

##### 4.3.2.1 Ereigniskombination und Redundanz

Für die Auslegung sind folgende anlageninterne Ereignisse zugrunde zu legen, die – gleichzeitig oder auch zeitlich versetzt – auftreten können:

- a) der zu beherrschende Anforderungsfall und mögliche Folgefehler,
- b) Ausfall der Eigenbedarfsversorgung (Notstromfall),
- c) ein Einzelfehler an einer beliebigen Komponente der verfahrenstechnischen Systeme.

Folgeausfälle sind zu betrachten. Sie sollen auf die Redundante beschränkt bleiben, in der der Einzelfehler auftritt,

- d) Nichtverfügbarkeit einer Redundanten wegen Instandhaltungsmaßnahmen.

Ausnahmen hierzu werden in den Abschnitten 4.3.2.2, 4.3.2.3 und 4.3.2.4 aufgeführt.

##### 4.3.2.2 Maßnahmen bei Nichtverfügbarkeit von Redundanten

- (1) Bei Ausfall einer Komponente mit sicherheitstechnischer Funktion ist unverzüglich nach dem Erkennen mit der Instandsetzung zu beginnen, es sei denn, die Ereigniskombinationen a) bis d) nach Abschnitt 4.3.2.1 werden trotz Ausfall weiterhin beherrscht.

- (2) Während kurzzeitiger Nichtverfügbarkeit einer Redundanten braucht ein zusätzliches Auftreten eines Einzelfehlers nicht unterstellt zu werden, wenn sich wegen der Instandhaltungsvorgänge kein bestimmender Einfluß auf die Nichtverfügbarkeit und Ausfallwahrscheinlichkeit ergibt.

- (3) Der Leistungsbetrieb darf fortgeführt werden, wenn die Instandsetzung schneller erfolgen kann als die Überführung der Anlage in den kalten Zustand.

- (4) Ein in Prüfung befindlicher Strang ist nur dann als ausgefallen zu betrachten, wenn die Funktionsbereitschaft im Anforderungsfall nicht innerhalb einer zu begründenden sicherheitstechnisch unbedenklichen Zeit wieder hergestellt werden kann. Die Zeit ist im Betriebshandbuch festzuhalten.

- (5) Beim Siedewasserreaktor darf auf eine Abschaltung der Anlage außerdem verzichtet werden, wenn

- a) die Ereigniskombinationen a) bis d) nach Abschnitt 4.3.2.1 durch Einfahren des betroffenen Steuerelements beherrscht wird und die Einhaltung der spezifizierten Grenzwerte für den Reaktorkern weiter gewährleistet ist oder
- b) nachgewiesen worden ist, daß das betroffene Steuerelement im Anforderungsfall so schnell nachgefahren wird, daß der Reaktor ausreichend schnell kalt unterkritisch wird.

##### 4.3.2.3 Einzelfehler bei passiven Komponenten

Für passive Systemteile ist das Versagen dann nicht zu unterstellen, wenn nachgewiesen wird, daß sie gegen die bei allen für sie zu unterstellenden Anforderungsfällen maximal zu erwartenden Beanspruchungen unter Berücksichtigung der im Betriebszeitraum vorhersehbaren Veränderungen der Werkstoffeigenschaften mit ausreichenden Sicherheitszuschlägen ausgelegt sind, aus einem für den Verwendungszweck geeigneten Werkstoff gefertigt werden und unter einer umfassenden Qualitätssicherung hergestellt, montiert, errichtet, geprüft und betrieben werden, so daß eine ausreichende Zuverlässigkeit gesichert ist. Die hierbei anzuwendenden Maßnahmen und die Sicherheitszuschläge sind auch entsprechend der sicherheitstechnischen Bedeutung der Sicherheitseinrichtungen festzulegen.

##### 4.3.2.4 Einwirkungen von außen

Einwirkungen von außen sind in bezug auf Versagensannahmen und Redundanzanforderungen grundsätzlich den anlageninternen Störfällen gleichzusetzen. Eine Ausnahme hiervon bilden die Einwirkungen von außen mit sehr geringer Eintrittswahrscheinlichkeit, zum Beispiel Flugzeugabsturz, Explosionsdruckwelle. Für den Einsatz der dafür vorgesehenen Abschaltssysteme unter Einschluß der Hilfs- und Versorgungssysteme und der Energieversorgung ist von folgenden Ereignissen auszugehen, die – gleichzeitig oder auch zeitlich versetzt – auftreten können:

- a) der zu beherrschende Anforderungsfall und mögliche Folgefehler,
- b) Ausfall der Eigenbedarfsversorgung (Notstromfall).

##### 4.3.3 Anordnung und Anlagenkonstruktion

Gegen zu betrachtende störfallbedingte Belastungen, wie Reaktions-, Strahl- und Geschoßkräfte, Überflutung und Brand, Erschütterung und Druckwelle sowie veränderte Umgebungsbedingungen, zum Beispiel Feuchtigkeit, Druck, Temperatur, Strahlung, sind soweit erforderlich Maßnahmen vorzusehen, zum Beispiel:

- a) räumlich getrennte Anordnung der Redundanten,
- b) konstruktive Maßnahmen (Ausschlagsicherungen, Abdeckungen, Verstärkungen, Stoßbremsen),
- c) bauliche Maßnahmen (Abkammerungen, Wände, erhöhte Fundamente),
- d) entsprechende Auslegung der Komponenten.

##### 4.3.4 Funktionsbereitschaft

- (1) Zur Sicherstellung der Funktionsbereitschaft sollen bei Funktionsauslösung wenige aktive Schalthandlungen erforderlich sein, zum Beispiel sollen Armaturen in Bereitschaftsstellung stehen. Die Systeme sollen so ausgelegt sein, daß eine Funktionsprüfung aller Komponenten der Systeme durchführbar ist.

- (2) Die Systeme dürfen für betriebliche oder andere als hier spezifizierte sicherheitstechnische Zwecke verwendet werden, wenn hierbei sichergestellt ist, daß

- a) betriebliche Steuerungsbefehle die Sicherheitsfunktion nicht beeinträchtigen,
- b) sich hierbei kein bestimmender Einfluß auf die Nichtverfügbarkeit und Ausfallwahrscheinlichkeit der Systeme ergibt.

- (3) Überwacht werden muß:

beim Druckwasserreaktor:

Füllstand in den Borsäurebehältern der Boreinspeisesysteme und die Armaturenstellung,

beim Siedewasserreaktor:

Füllstand und Druck in den Abschalttanks, Armaturenstellung und Feuchte.

(4) Aus der Meßeinrichtung zur Funktionsüberwachung ist eine Gefahrenmeldung Klasse I nach KTA 3501 abzuleiten. Die Meßeinrichtung zur Funktionsüberwachung muß prüfbar sein.

(5) Beim Druckwasserreaktor muß sichergestellt sein, daß das Auskristallisieren von Bor verhindert wird. Es sind Einrichtungen vorzusehen, die es ermöglichen, die Borkonzentration des Borsäurevorrats regelmäßig zu prüfen.

Die Bestimmung der Borkonzentration muß nach Probenahme im Kontrollbereich des Kraftwerks möglich sein.

#### 4.3.5 Borsäurevorrat und Einspeiserate der Boreinspeisesysteme beim Druckwasserreaktor

Die aus den Betriebs- und Störfallbedingungen folgenden Anforderungen an

- a) Borsäurevorrat und
- b) Einspeiserate

der Boreinspeisesysteme hängen vom jeweiligen Reaktor ab und müssen für die Auslegung vorliegen.

#### 4.3.6 Energiebereitstellung der Antriebsmediensysteme beim Siedewasserreaktor

Der Energievorrat muß ausreichen, um bei den ungünstigsten Ausgangsbedingungen der Steuerelemente diese so schnell einschließen zu können, daß der Reaktor aus dem bestimmungsgemäßen Betrieb und aus jeder Störfallsituation heraus in einer aus der Störfallanalyse begründeten Zeit unterkritisch gemacht werden kann.

Hinweis:

Als ungünstigste Ausgangsbedingungen für die Antriebsmediensysteme sind anzunehmen:

- alle Steuerelemente sind voll ausgefahren,
- unterer und oberer Grenzwert des Wasservolumens und
- die unteren Grenzwerte des Gasdruckes.

#### 4.4 Weiteres Abschaltsystem zur Abschaltung und Sicherstellung der Unterkritikalität

(1) Die Funktion der Abschaltung und Sicherstellung der Unterkritikalität aus allen Zuständen des bestimmungsgemäßen Betriebs heraus, die keine schnellen Reaktivitätsänderungen erfordern, wird beim Druckwasserreaktor durch die Gesamtheit der Boreinspeisesysteme und beim Siedewasserreaktor durch das Vergiftungssystem sowie die Steuerelemente mit elektromotorischem Antrieb erfüllt.

(2) Der Borsäurevorrat muß ausreichen, um den Reaktor aus dem Normalbetrieb heraus unterkritisch zu machen und bei der ungünstigsten Temperatur langfristig unterkritisch zu halten. Dabei ist die ungünstigste Steuerelementstellung des Normalbetriebs im Hinblick auf Reaktivitätsfreisetzung bei Abkühlung des Reaktorkerns zugrunde zu legen.

### 5 Funktionssicherheit

#### 5.1 Allgemeines

(1) Die Funktionssicherheit ist für Abschaltsysteme, die zum Sicherheitssystem gehören, zu beurteilen

- a) bei nicht betriebsbewährten Systemen, zum Beispiel bei Neuentwicklungen,
- b) bei wesentlichen Änderungen betriebsbewährter Systeme,
- c) zur Abschätzung der zulässigen Reparaturzeiten an Komponenten.

(2) Bei der Beurteilung der Funktionssicherheit sind

- a) die Funktionszuverlässigkeit der Abschaltsysteme insgesamt mit der Funktionszuverlässigkeit bereits ausgeführter Systeme gleicher oder ähnlicher Bauart und Betriebsweise zu vergleichen,

- b) Abweichungen in der geplanten Detailausführung von betriebsbewährten Systemen zu bewerten,
- c) Folgen des unterstellten Versagens einzelner Komponenten zu analysieren.

(3) Die Funktionssicherheit der Abschaltsysteme ist aufgrund von

- a) Aufbau und Funktion,
- b) Eignungsprüfung am Prototyp und
- c) betrieblicher Bewährung zu beurteilen.

#### 5.2 Aufbau und Funktion

(1) Zur Beurteilung von Aufbau und Funktion sind Unterlagen vorzulegen, aus denen hervorgeht, inwieweit die vorgesehenen Systeme denen entsprechen oder von denen abweichen, für die Prototypenproben oder Betriebserfahrungen vorliegen.

(2) Die Unterlagen müssen Angaben enthalten über

- a) Fahrgeschwindigkeit,
- b) Einfall- oder Einschießzeit,
- c) Förderleistung des Boreinspeisesystems,
- d) Anzahl der Anforderungen (Schutzanregungen, Fahrschritte, Fahrfolge),
- e) Wirksamkeit des Absorbers,
- f) Aufbau des Systems (Schemata, Schaltbilder) und
- g) konstruktive Lösungen (Übersichtszeichnungen).

Sie müssen ferner enthalten

- h) Beschreibung der mechanischen Komponenten und
- i) Beschreibung der elektrischen Geräte.

#### 5.3 Eignungsprüfung am Prototyp

Bei neu konzipierten Abschaltsystemen sind Eignungsprüfungen am Prototyp erforderlich. Dabei sind, soweit zutreffend, zu untersuchen:

- a) Einfluß von Druck und Temperatur,
- b) Strömungsverhältnisse im Reaktordruckbehälter,
- c) hydraulische Auslegung, zum Beispiel dynamische Auslegung des Schnellabschaltsystems des Siedewasserreaktors und Pumpen der Boreinspeisesysteme,
- d) Wasserqualität (korrosive Bestandteile, Schmutz),
- e) Einfluß von Toleranzen und Versatz,
- f) Lebensdauer-Prüfprogramm entsprechend der Auslegung oder den nach dem Regelkonzept zu erwartenden Fahrschritten und Fahrfolge,
- g) Einfluß von Störungen, zum Beispiel von Kühlung oder Spülung,
- h) Ausfall oder Fehlfunktion elektrotechnischer Komponenten,
- i) Auswirkungen von Störungen in der Leittechnik und
- k) Erprobung von Montagevorgängen einschließlich der Werkzeuge, wie zum Beispiel Kuppeln und Entkuppeln von Steuerelement und Steuerelementantrieb sowie Ein- und Ausbau von Steuerelementantrieben.

Hinweis:

Die Zuverlässigkeitsanalyse kann die Eignungsprüfung am Prototyp einer geänderten oder neuen Ausführung ergänzen oder einzelne Untersuchungen ersetzen. Dies ist besonders dann der Fall, wenn das System aus Komponenten aufgebaut ist, deren Einzelzuverlässigkeit und Zusammenwirken beurteilbar ist, zum Beispiel bei Kreisläufen und Kreislaufabschnitten von Boreinspeisesystemen.