

## KTA 3403

### Kabeldurchführungen im Reaktorsicherheitsbehälter von Kernkraftwerken

Fassung 2022-11

Frühere Fassungen der Regel: 1976-11 (BAnz. Nr. 38 vom 24. Februar 1977)  
1980-10 (BAnz. Nr. 44a vom 5. März 1981)  
2010-11 (BAnz. Nr. 199a vom 30. Dezember 2010)  
2015-11 (BAnz AT 29.04.2016 B2)

#### Inhalt

|                                                                                       | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Grundlagen .....                                                                      | 3     |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                             | 3     |
| 2 Begriffe .....                                                                      | 3     |
| 3 Räumliche Anordnung der Kabeldurchführungen an der Sicherheitsbehälterwandung ..... | 3     |
| 3.1 Einbaubereiche am Sicherheitsbehälter .....                                       | 3     |
| 3.2 Räumliche Trennung .....                                                          | 4     |
| 3.3 Reservekabeldurchführungen .....                                                  | 4     |
| 3.4 Zugänglichkeit zu den Kabeldurchführungen für Prüfung und Instandsetzung .....    | 4     |
| 3.5 Kennzeichnung .....                                                               | 4     |
| 4 Mechanische Anforderungen .....                                                     | 4     |
| 4.1 Allgemeines .....                                                                 | 4     |
| 4.2 Werkstoffe .....                                                                  | 4     |
| 4.3 Temperaturbeständigkeit in Sonderfällen .....                                     | 4     |
| 4.4 Einflüsse des Stromes .....                                                       | 4     |
| 4.5 Strahlenbeständigkeit .....                                                       | 4     |
| 4.6 Dekontaminierbarkeit .....                                                        | 4     |
| 4.7 Brandschutz .....                                                                 | 4     |
| 4.8 Druckbeständigkeit .....                                                          | 5     |
| 4.9 Gasdichtheit .....                                                                | 5     |
| 4.10 Abdeckhauben .....                                                               | 5     |
| 4.11 Befestigung der Kabeldurchführungen an der Sicherheitsbehälterwandung .....      | 5     |
| 4.12 Elektrische und optische Anschlüsse .....                                        | 5     |
| 4.13 Gasförmige Hilfsmedien .....                                                     | 5     |
| 5 Funktionale Anforderungen .....                                                     | 5     |
| 5.1 Anforderungen an Kabeldurchführungen mit elektrischen Leitern .....               | 5     |
| 5.2 Anforderungen an Kabeldurchführungen mit optischen Leitern .....                  | 6     |
| 6 Mechanische Prüfungen .....                                                         | 7     |
| 6.1 Vorprüfung .....                                                                  | 7     |
| 6.2 Bauprüfung .....                                                                  | 7     |
| 6.3 Montage und Prüfungen auf der Baustelle .....                                     | 9     |
| 6.4 Wiederkehrende Prüfungen .....                                                    | 9     |
| 6.5 Prüfungen nach Instandsetzung .....                                               | 9     |
| 6.6 Dokumentation .....                                                               | 9     |
| 7 Prüfungen an elektrischen Kabeldurchführungen .....                                 | 10    |
| 7.1 Vorprüfung .....                                                                  | 10    |
| 7.2 Bauprüfung .....                                                                  | 10    |
| 7.3 Montage und Prüfungen auf der Baustelle .....                                     | 11    |

|                                                                      |                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----|
| 7.4                                                                  | Wiederkehrende Prüfungen .....                                     | 12 |
| 7.5                                                                  | Prüfung nach Instandsetzung .....                                  | 12 |
| 7.6                                                                  | Dokumentation.....                                                 | 12 |
| 8                                                                    | Prüfungen an optischen Kabeldurchführungen .....                   | 12 |
| 8.1                                                                  | Vorprüfung .....                                                   | 12 |
| 8.2                                                                  | Bauprüfung .....                                                   | 12 |
| 8.3                                                                  | Montage und Prüfungen auf der Baustelle.....                       | 12 |
| 8.4                                                                  | Wiederkehrende Prüfungen .....                                     | 13 |
| 8.5                                                                  | Prüfung nach Instandsetzung .....                                  | 13 |
| 8.6                                                                  | Dokumentation.....                                                 | 13 |
| 9                                                                    | Anforderungen an das Personal für zerstörungsfreie Prüfungen ..... | 13 |
| Anhang A: Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird ..... |                                                                    | 14 |

## 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 getroffen ist (§ 7 Absatz 2 Nr. 3 Atomgesetz - AtG -), um die im AtG, im Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) 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) Die Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke enthalten in der Anforderung Nr. 3.6 „Anforderungen an den Sicherheitseinschluss“ sowie im Abschnitt 6 „Sicherheitsbehälter“ der Interpretation I-2 „Anforderungen an die Ausführung der Druckführenden Umschließung, der Äußeren Systeme sowie des Sicherheitsbehälters“ grundlegende Anforderungen an den Sicherheitsbehälter. Es wird unter anderem gefordert, dass Kabeldurchführungen durch den Sicherheitsbehälter denselben Auslegungsanforderungen genügen müssen, die für den Sicherheitsbehälter selbst gelten. Des Weiteren müssen Kabeldurchführungen gegen Folgeschäden durch ausströmende Medien, Reaktionskräfte und Bruchstücke geschützt sein. Die Funktionsfähigkeit der elektrischen und optischen Leiter von sicherheitstechnisch wichtigen Kabeldurchführungen muss auch unter Störfallbedingungen gewährleistet sein. Die Regel KTA 3403 dient zur Konkretisierung von Maßnahmen zur Erfüllung dieser Forderungen im Rahmen ihres Anwendungsbereichs. Hierzu wird auch eine Vielzahl im Einzelnen aufgeführter Regeln aus dem konventionellen Bereich der Technik, insbesondere DIN-Normen, mit herangezogen. Die genannten Sicherheitsanforderungen werden für Sicherheitsbehälter aus Stahl mit den Regeln

- KTA 3401.1 Werkstoffe und Erzeugnisformen
- KTA 3401.2 Auslegung, Konstruktion und Berechnung
- KTA 3401.3 Herstellung
- KTA 3401.4 Wiederkehrende Prüfungen
- KTA 3405 Dichtheitsprüfung des Reaktorsicherheitsbehälters
- sowie für die Durchführungen und Schleusen mit den Regeln
- KTA 3402 Schleusen am Reaktorsicherheitsbehälter von Kernkraftwerken - Personenschleusen
- KTA 3403 Kabeldurchführungen im Reaktorsicherheitsbehälter von Kernkraftwerken
- KTA 3407 Rohrdurchführungen durch den Reaktorsicherheitsbehälter
- KTA 3409 Schleusen am Reaktorsicherheitsbehälter von Kernkraftwerken - Materialschleusen
- und für Nachweise bezüglich der Komponentenlebensdauer mit der Regel
- KTA 3706 Sicherstellung des Erhalts der Kühlmittelverlust-Störfallfestigkeit von Komponenten der Elektro- und Leittechnik in Betrieb befindlicher Kernkraftwerke

somit umfassend konkretisiert.

Für die Abschließung der den Reaktorsicherheitsbehälter durchdringenden Rohrleitungen von Betriebssystemen im Falle einer Freisetzung von radioaktiven Stoffen in den Reaktorsicherheitsbehälter gilt KTA 3404.

(3) Durch Einhaltung der in dieser Regel getroffenen Festlegungen zu

- a) der räumlichen Anordnung der Kabeldurchführungen an der Sicherheitsbehälterwandung,
- b) mechanischen Anforderungen,
- c) funktionalen Anforderungen,

- d) mechanischen Prüfungen,
- e) Prüfungen an elektrischen Kabeldurchführungen,
- f) Prüfungen an optischen Kabeldurchführungen und
- g) Anforderungen an das Prüfpersonal

ist sichergestellt, dass die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Kabeldurchführungen im Reaktorsicherheitsbehälter während der Betriebszeit der Anlage erfüllt werden.

(4) Die allgemeinen Forderungen an die Qualitätssicherung sind in KTA 1401 geregelt. Die Anforderungen an die Prüfung einschließlich spezifischer Forderungen an die Qualitätssicherung von Kabeldurchführungen sind in der vorliegenden Regel in den Abschnitten 6.2, 6.3, 7.2, 7.3, 8.2 und 8.3 festgelegt.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Regel ist anzuwenden auf die Auslegung, Konstruktion, Berechnung, Werkstoffe, Herstellung, Montage, Prüfungen, Lagerung und den Transport von Kabeldurchführungen, die den Reaktorsicherheitsbehälter (im Regeltext Sicherheitsbehälter genannt) von ortsfesten Kernkraftwerken durchdringen.

## 2 Begriffe

### (1) Kabeldurchführung

Eine Kabeldurchführung ist die technisch gasdichte und druckfeste Durchführung eines Leiters oder mehrerer Leiter durch den Sicherheitsbehälter.

#### Hinweis:

Eine aus mehreren Kabeldurchführungen zusammengesetzte Kabeldurchführungseinheit wird bezüglich der Anforderungen dieser Regel als eine Kabeldurchführung betrachtet.

Zu einer Kabeldurchführung gehören:

- a) elektrische oder optische Leiter bis zu den nächstliegenden Verbindungsstellen innerhalb und außerhalb des Sicherheitsbehälters (Kabeldurchführungsleiter),
- b) Bestandteile zur elektrischen Isolierung dieser Leiter,
- c) Anschlusselemente an den Kabeldurchführungsleitern,
- d) Bestandteile zur druckfesten, gasdichten und temperaturbeständigen Umschließung dieser Leiteranordnung und Bestandteile zur Verbindung mit der Sicherheitsbehälterwandung und
- e) fest verbundene Dichtheits-Prüfvorrichtungen.

#### Hinweis:

Nicht zu einer Kabeldurchführung gehören:

- a) Bestandteile der Sicherheitsbehälterwandung zur Befestigung der Kabeldurchführungen, wie Dichtflächen zum Anschrauben oder Rohrstutzen zum Anschweißen,
- b) an die Kabeldurchführungsleiter anzuschließende Kabel und Leitungen,
- c) Anschlusselemente an den anzuschließenden Kabeln, wie Stecker, Kabelschuhe, Steckhülsen, Löthülsen, Crimphülsen und
- d) an Kabeldurchführungen temporär anzuschließende Dichtheits-Prüfvorrichtungen oder Absaugeinrichtungen.

### (2) Sachverständiger

Sachverständiger für die Prüfungen nach dieser Regel ist der nach § 20 des Atomgesetzes von der Genehmigungs- oder Aufsichtsbehörde zugezogene Sachverständige.

## 3 Räumliche Anordnung der Kabeldurchführungen an der Sicherheitsbehälterwandung

### 3.1 Einbaubereiche am Sicherheitsbehälter

Die Kabeldurchführungen sind gruppenweise in eigenen Bereichen in der Sicherheitsbehälterwandung anzuordnen. Sie müssen dort so angeordnet oder geschützt sein, dass durch

ausströmende Medien, Reaktionskräfte, Bruchstücke und Brand keine Beanspruchungen auftreten, die durch die Auslegung nicht abgedeckt sind.

### 3.2 Räumliche Trennung

Die räumliche Anordnung der Kabeldurchführungen muss den aus der Konzeption der Gesamtanlage resultierenden Forderungen nach räumlicher Trennung redundanter Systeme genügen.

### 3.3 Reservekabeldurchführungen

Für jede Redundanz sollen am Sicherheitsbehälter Reservekabeldurchführungen oder blindverschlossene Reserveöffnungen zur Nachmontage weiterer Kabeldurchführungen vorgesehen werden, um Erweiterungen ohne Änderung am Sicherheitsbehälter durchführen zu können.

### 3.4 Zugänglichkeit zu den Kabeldurchführungen für Prüfung und Instandsetzung

Die Anordnung muss so erfolgen, dass die Zugänglichkeit der Kabeldurchführungen sichergestellt ist, insbesondere auch unter dem Gesichtspunkt der Strahlenbelastung.

### 3.5 Kennzeichnung

Eine eindeutige Kennzeichnung der Kabeldurchführung muss eine zweifelsfreie Zuordnung ermöglichen. Hierzu sind Typenbezeichnung und Fabrikationsnummer auf der Kabeldurchführung und die Anlagenkennzeichnung am Einbauort der Kabeldurchführung anzugeben.

## 4 Mechanische Anforderungen

### 4.1 Allgemeines

(1) Kabeldurchführungen müssen den Auslegungsanforderungen des Sicherheitsbehälters genügen. Hierzu gehören z. B. statische und dynamische Belastungen, Temperaturbeständigkeit, Nutzungsdauer, Strahlenbeständigkeit, Dekontaminierbarkeit, Brandsicherheit, Druckbeständigkeit, Gasdichtheit, Erdbebensicherheit, Korrosionsbeständigkeit. Schutzmaßnahmen gemäß Abschnitt 3.1 können dabei berücksichtigt werden.

(2) Die während Lagerung und Transport auftretenden Beanspruchungen (z. B. thermische) sind zu berücksichtigen.

(3) Kabeldurchführungen mit Schweißnaht sollen so gestaltet sein, dass zerstörungsfreie Prüfungen von drucktragenden Schweißnähten möglich sind.

(4) Für Blindflansche gelten die gleichen mechanischen Anforderungen wie für Kabeldurchführungen.

### 4.2 Werkstoffe

Die zu verwendenden Werkstoffe, Schweißzusätze, Lötwerk- und Isolierstoffe aller für die Druckbeständigkeit und Gasdichtheit des Sicherheitsbehälters erforderlichen Teile der Kabeldurchführungen sind gemäß den Anforderungen zu wählen, die

a) an den Sicherheitsbehälter zu stellen sind und

b) aufgrund des vorgesehenen Einsatzzwecks der Kabeldurchführung zu stellen sind.

Hinweise:

(1) Anforderungen an den Sicherheitsbehälter sind in den Regeln KTA 3401.1, KTA 3401.2, KTA 3401.3 und KTA 3401.4 festgelegt.

(2) Bei Kabeldurchführungen werden zur Sicherstellung der Funktion zusätzlich zu den in diesen Regeln genannten

Werkstoffen spezielle Werkstoffe eingesetzt, z. B. Leiterwerkstoffe, Isolierstoffe, Dichtungen, Lote. Der Eignungsnachweis erfolgt für diese Werkstoffe durch die Prüfungen gemäß den Abschnitten 6 bis 8.

### 4.3 Temperaturbeständigkeit in Sonderfällen

Falls die mechanische Funktion der Kabeldurchführung bei der Auslegungstemperatur nicht sichergestellt ist, muss ein geeigneter Schutz des Kabeldurchführungsbereichs vorgesehen werden. Dann ist die im Schutzbereich noch maximal mögliche Temperatur als Auslegungsanforderung anzusehen.

### 4.4 Einflüsse des Stromes

Die Kabeldurchführungen sind so auszulegen, dass sie im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei Störfällen allen thermischen und mechanischen Belastungen standhalten, die sich in den Kabeldurchführungsleitern und Kabeln infolge der spezifizierten Ströme (z. B. Nennstrom, Kurzschlussstrom) ergeben.

### 4.5 Strahlenbeständigkeit

Veränderungen der Werkstoffeigenschaften durch ionisierende Strahlung sind bei der Werkstoffauswahl für die Kabeldurchführungen zu berücksichtigen. Dabei ist von der für die Auslegung des Sicherheitsbehälters zugrunde gelegten Strahlendosis auszugehen. Erforderlichenfalls ist eine Abschirmung des Kabeldurchführungsbereichs vorzusehen.

### 4.6 Dekontaminierbarkeit

Die Kabeldurchführungen mit den zugehörigen Abdeckhauben müssen gemäß den Anforderungen an den Sicherheitsbehälter dekontaminierbar sein.

### 4.7 Brandschutz

(1) Die Kabeldurchführung ist unter Verwendung geeigneter Werkstoffe so zu konstruieren, dass die erforderliche Integrität des Sicherheitsbehälters bei einem Brand nicht unzulässig beeinträchtigt wird. Hierbei sind die am Einbauort möglichen Brandeinwirkungen zu berücksichtigen. Die Brandlast ist möglichst gering zu halten.

(2) Werden an den Sicherheitsbehälter hinsichtlich des Feuerwiderstandes Anforderungen gestellt, so dürfen diese durch die Konstruktion der Kabeldurchführung nicht unzulässig eingeschränkt werden. Hierzu sind die erforderlichen bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweise vorzulegen.

(3) Bei Kabeldurchführungen mit nichtmetallischen Werkstoffen (z. B. Isolierstoffen) muss nachgewiesen werden, dass die Werkstoffe mindestens als schwer entflammbar, z. B. nach DIN 4102-1 Klasse B1, eingestuft werden. Hinsichtlich der Rauchentwicklung müssen sie DIN 4102-1 Klasse B1 entsprechen. Spezielle Isolierungen dürfen als Brandlast und hinsichtlich der Rauchentwicklung unberücksichtigt bleiben, wenn nachgewiesen ist, dass sie aufgrund von Art, Menge und Einbauzustand nur vernachlässigbar zum Brandgeschehen beitragen können.

Hinweis:

Solche speziellen Isolierteile können z. B. Steckerisolierteile oder sonstige Anschlussstücke mit besonderen elektrischen Eigenschaften sein, die bei einer detaillierten Nachweisführung einen unangemessen hohen Aufwand erfordern würden oder die Anforderungen nicht erfüllen, jedoch hinsichtlich der Brandlast unbedeutend sind.

(4) Ist die elektrische Funktion der Kabeldurchführungen während oder nach einem Brandereignis erforderlich, sind geeignete Prüfnachweise vorzulegen.

#### 4.8 Druckbeständigkeit

Bei der Auslegung der Kabeldurchführung sind der Auslegungsdruck und die Auslegungstemperatur des Reaktorsicherheitsbehälters zugrunde zu legen, wobei Auslegungsdruck und Auslegungstemperatur als gleichzeitig wirkend anzunehmen sind.

#### 4.9 Gasdichtheit

(1) Die Leckagerate einer Kabeldurchführung darf bei einer Druckdifferenz von 1 bar (0,1 MPa) nicht größer als  $1 \cdot 10^{-6} \text{ bar} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ( $1 \cdot 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), bezogen auf Helium, sein. Die Leckagerate der Dichtungssysteme zwischen Kabeldurchführung und Sicherheitsbehälterwandung darf bei 1 bar (0,1 MPa) Druckdifferenz nicht größer als  $1 \cdot 10^{-3} \text{ bar} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ( $1 \cdot 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), bezogen auf Helium, sein.

(2) Die Kabeldurchführung muss so konstruiert sein, z. B. mit einer Doppeldichtung, dass nach ihrem Einbau in die Sicherheitsbehälterwandung eine Einzeldichtheitsprüfung des Flanschdichtungssystems nach Abschnitt 6.3.7 möglich ist.

#### 4.10 Abdeckhauben

(1) An Abdeckhauben dürfen die bei einem Auslegungsstörfall auftretenden Kräfte keine unzulässigen Verformungen verursachen (z. B. hinsichtlich der Montageabstände). Hierzu darf ein Druckausgleich vorgesehen werden. Außerdem ist für Verhinderung oder Abführung von Kondenswasser zu sorgen.

(2) Als Schutzart ist mindestens IP 54 nach DIN EN 60529 vorzusehen.

#### 4.11 Befestigung der Kabeldurchführungen an der Sicherheitsbehälterwandung

##### 4.11.1 Allgemeines

Die Kabeldurchführungen sollen an der Innenseite der Sicherheitsbehälterwandung angebracht werden, da bei dieser Einbauart

- a) das Befestigungssystem bei störfallbedingtem Druckanstieg im Sicherheitsbehälter nicht zusätzlich beansprucht wird und
- b) der Anschlussbereich von störfallfesten Kabeldurchführungen für Montage und Inspektion gut zugänglich ist.

##### 4.11.2 Schraubverbindung

Kommen in der Kabeldurchführung Schraubverbindungen zum Einsatz, muss die Berechnung des maximalen Anzugsdrehmoments unter Berücksichtigung der jeweiligen Dichtungsart erfolgen. Maßnahmen zur Erhaltung der Vorspannung und gegen ein Selbstlockern der Schrauben sind vorzusehen. Die Bearbeitungsgüte der beidseitigen Dichtungsflächen ist der einzusetzenden Dichtungsart anzupassen.

##### 4.11.3 Schweißverbindung

Kommen in der Kabeldurchführung Schweißverbindungen zum Einsatz, sind die Kabeldurchführungen schweißgerecht auszuweisen und konstruktiv so zu gestalten, dass beim Anschweißen an die Sicherheitsbehälterwandung die Kabeldurchführungen, insbesondere ihre Isolierstoffe, nicht geschädigt werden können.

#### 4.12 Elektrische und optische Anschlüsse

Schraub- und Steckanschlüsse sind so zu sichern, dass ein Selbstlockern nicht möglich ist.

#### 4.13 Gasförmige Hilfsmedien

Werden für eine kontinuierliche Dichtheitskontrolle gasförmige Medien unter Überdruck eingesetzt, dann ist der Gasdruck an jeder Kabeldurchführung anzuzeigen. Die Unterschreitung des Druckgrenzwertes darf als Sammelmeldung für alle Kabeldurchführungen einer Redundanzgruppe erfasst werden. Der Taupunkt des Prüfgases muss unter der minimalen Betriebstemperatur liegen.

### 5 Funktionale Anforderungen

#### 5.1 Anforderungen an Kabeldurchführungen mit elektrischen Leitern

##### 5.1.1 Allgemeines

(1) Die Kabeldurchführungen müssen elektrisch so ausgelegt werden, dass beim bestimmungsgemäßen Betrieb und den damit für die Kabeldurchführung verbundenen Umgebungsbedingungen die elektrische Funktionsfähigkeit sichergestellt ist.

(2) Kabeldurchführungen, die während und nach den zu betrachtenden Störfällen zur Beherrschung dieser Störfälle notwendig sind, müssen unter den damit verbundenen Umgebungsbedingungen (z. B. Druck, Temperatur, Strahlung, Schwingungen, Feuchte) elektrisch funktionsfähig bleiben. Dies muss durch die Konstruktion der Kabeldurchführungen einschließlich der Anschlusselemente an Kabeln und die Auswahl geeigneter Isolierstoffe erreicht werden. Sind bei der Kabelmontage Maßnahmen zur Erreichung der Störfallfestigkeit erforderlich, sind diese bereits bei der Konstruktion so festzulegen, dass deren einwandfreie Durchführbarkeit sichergestellt wird und dass auch nach der Kabelmontage die geforderten Isolationswerte und die Spannungsfestigkeit eingehalten werden. Diese Maßnahmen müssen prüfbar sein.

(3) Veränderungen der elektrischen Eigenschaften durch ionisierende Strahlung sind bei der Werkstoffauswahl zu berücksichtigen (siehe Abschnitt 4.5).

(4) Elektrisch nicht störfallfeste Kabeldurchführungen dürfen nur verwendet werden, z. B. für betriebliche Verbraucher, wenn nachweislich Kurzschlüsse und Fehlsignale in und zwischen ihren Stromkreisen die Funktion des Sicherheitssystems unter Störfallbedingungen nicht unzulässig einschränken können.

##### 5.1.2 Kurzschlussfestigkeit

Für Kabeldurchführungen gemäß den Abschnitten 5.1.4 und 5.1.5 muss nachgewiesen werden, dass sie mindestens für die thermische und dynamische Kurzschlussbeanspruchung ausgelegt sind, die an der Einbaustelle unter Berücksichtigung der angeschlossenen Kabelstrecke und der vorgeschalteten Kurzschluss-Schutzeinrichtung bei ungünstigsten Umgebungsbedingungen auftritt.

##### 5.1.3 Zulässige Umgebungstemperatur und Strombelastbarkeit

Die dauernd zulässige maximale Umgebungstemperatur bei bestimmungsgemäßen Betrieb und die vorübergehend zulässige maximale Umgebungstemperatur unter Störfallbedingungen sind festzulegen. Hiervon ausgehend sind für Kabeldurchführungen gemäß den Abschnitten 5.1.4 und 5.1.5 die zulässigen Nennströme und die kurzzeitig zulässigen Überlastströme (z. B. für Anlaufvorgänge oder Kurzschlüsse) zu bestimmen. Die Alterung und die Erwärmung der beidseitigen Anschlusselemente unter Nennstrom und der Temperatureinfluss auf die angeschlossenen Kabel sind dabei zu berücksichtigen. Bei gleichzeitiger Belastung aller Leiter mit Nennstrom dürfen die

für die eingesetzten Werkstoffe und den Einbauort zulässigen Höchsttemperaturen nicht überschritten werden.

#### 5.1.4 Spezielle Forderungen an Kabeldurchführungen mit Nennspannungen über 1 kV

(1) Die Isolierstoffe sind so auszuwählen, dass die Anforderungen der elektrischen Systeme dauerhaft erfüllt werden. Einflüsse der Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur, energiereiche Strahlung, elektrisches Feld) sind zu berücksichtigen.

(2) Für die Bemessung der Isolation ist DIN EN 60071-1 zugrunde zu legen. Dabei ist der durch die „höchste Spannung für Betriebsmittel“ der zugehörigen Schaltanlage vorgegebene Isolationspegel einzuhalten.

#### 5.1.5 Spezielle Forderungen an Kabeldurchführungen mit Nennspannungen bis 1 kV

Die Luft- und Kriechstrecken sind so zu bemessen, dass nach Anschluss der vorgesehenen Kabel mindestens die Anforderungen an den Verschmutzungsgrad 3 und die Überspannungskategorie III gemäß DIN EN 60664-1 eingehalten werden. Bei der Auslegung der Luft- und Kriechstrecken ist mindestens eine Bemessungsspannung von 60 V (Effektivwert) zugrunde zu legen.

#### 5.1.6 Spezielle Forderungen an Kabeldurchführungen zur Signalübertragung einschließlich Steuerung und Messung

(1) Kabeldurchführungen zur Signalübertragung (z. B. Mess- und Steuerleitungsdurchführungen, insbesondere Koaxial- und Triaxialkabeldurchführungen) müssen auf die geforderten Eigenschaften des Übertragungssystems (z. B. Isolationswiderstand, Abschirmung, Wellenwiderstand) so abgestimmt werden, dass sich durch die Kabeldurchführungen oder den Kabelanschluss keine unzulässige Verschlechterung des gesamten Übertragungsverhaltens ergibt.

(2) Die Luft- und Kriechstrecken sind grundsätzlich nach DIN EN 61010-1 zu bemessen, wobei der Verschmutzungsgrad 3 zugrunde zu legen ist. Bei Durchführungen zur Signalübertragung, bei denen die geforderten Eigenschaften der Signalübertragung eine Abweichung vom Verschmutzungsgrad 3 erfordern, ist die ausreichende Dimensionierung im Einzelfall nachzuweisen. Bei der Auslegung der Luft- und Kriechstrecken ist mindestens eine Bemessungsspannung von 50 V zugrunde zu legen.

#### 5.1.7 Spezielle Forderungen an Thermoelement-Messleitungsdurchführungen

(1) Die Kabeldurchführungen müssen auf die geforderten Eigenschaften der Messkreise so abgestimmt werden, dass sich durch die Kabeldurchführungen keine unzulässige Verschlechterung der Messkreise ergibt. Sofern die Kabeldurchführung zwischen Thermoelement und Vergleichsstelle angeordnet ist, muss durch die Auswahl des Leitermaterials sichergestellt werden, dass keine Messwertverfälschung auftritt.

(2) Bei der Auslegung der Luft- und Kriechstrecken ist mindestens eine Bemessungsspannung von 50 V zugrunde zu legen.

#### 5.1.8 Abdeckhauben

(1) Die Abstände von Abdeckhauben und Anschlusskästen zu spannungsführenden Teilen sind nach den gleichen Grundsätzen zu bemessen wie bei der zugehörigen Kabeldurchführung. Die Anschlusselemente der Leiterverbindung und eventuelle Verformungen nach Abschnitt 4.10 sind dabei

zu berücksichtigen.

(2) Positions- und Passungenauigkeiten sind bei der Festlegung der Abstände so zu berücksichtigen, dass die geforderten Mindestabstände nach der Montage sicher eingehalten werden.

#### 5.1.9 Schutzmaßnahmen an Kabeldurchführungen und zugehörigen Abdeckhauben

(1) Erdungsmaßnahmen sind so auszuführen, dass der Personenschutz gegeben ist und elektrische Störungen vermieden werden.

(2) Bei Kabeldurchführungen mit Nennspannungen über 1 kV nach Abschnitt 5.1.4 sind Erdungsanschlüsse an der Kabeldurchführung und an den Abdeckhauben mit einem Schraubanschluss von mindestens M 12 vorzusehen. Die Erdleiterquerschnitte müssen gemäß DIN EN 50522 gewählt werden.

(3) Bei Kabeldurchführungen mit Nennspannungen bis 1 kV nach Abschnitt 5.1.5 sind Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag nach DIN VDE 0100-410 zu treffen. Dabei dürfen anstelle getrennter Schutzleiter auch Konstruktionsteile ausreichender Leitfähigkeit, z. B. Verschweißungen, gesicherte Verschraubungen und Metalledichtungen, eingesetzt werden.

(4) Bei der Bemessung des Schutzleiters oder der ersetzenden Konstruktionsteile muss beachtet werden, dass für Niederspannungssysteme die Bedingungen nach DIN VDE 0100-540 eingehalten werden.

(5) Bei Kabeldurchführungen zur Signalübertragung nach den Abschnitten 5.1.6 und 5.1.7 sind Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag nach DIN EN 61010-1 zu treffen. Bei Systemen mit Nennspannungen gegen Erde unter 50 V Wechselspannung oder 120 V Gleichspannung ist eine Schutzerdung nicht erforderlich, wenn die Anforderungen nach DIN VDE 0100-410 erfüllt sind. Die Prüfung der Ausführung soll die Übereinstimmung mit den Vorprüfungsunterlagen nach Abschnitt 7.1 nachweisen.

#### 5.2 Anforderungen an Kabeldurchführungen mit optischen Leitern

(1) Kabeldurchführungen mit optischen Leitern (optische Kabeldurchführungen) müssen so ausgelegt werden, dass beim bestimmungsgemäßen Betrieb und den damit für die Kabeldurchführung verbundenen Umgebungsbedingungen die optische Funktionsfähigkeit sichergestellt ist.

(2) Kabeldurchführungen, die während und nach den zu betrachtenden Störfällen zur Beherrschung dieser Störfälle notwendig sind, müssen unter den damit verbundenen Umgebungsbedingungen (z. B. Druck, Temperatur, Strahlung, Schwingungen, Feuchte) optisch funktionsfähig bleiben. Dies muss durch die Konstruktion der Kabeldurchführungen einschließlich der Anschlusselemente erreicht werden. Sind bei der Herstellung der Lichtwellenleiterverbindung Maßnahmen zur Erreichung der Störfallfestigkeit erforderlich, sind diese bereits bei der Konstruktion so festzulegen, dass deren einwandfreie Durchführbarkeit sichergestellt wird, und dass die geforderten Dämpfungswerte nach der Montage eingehalten werden. Diese Maßnahmen müssen prüfbar sein.

(3) Die Kabeldurchführungen müssen auf die geforderten Eigenschaften der Signalkreise so abgestimmt werden, dass sich durch die Kabeldurchführungen keine unzulässige Verschlechterung der Signale ergibt.

(4) Der Lichtwellenleitertyp ist so auszuwählen, dass die Anforderungen des Übertragungssystems dauerhaft erfüllt werden. Einflüsse der Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur, Strahlung) sind zu berücksichtigen.

## 6 Mechanische Prüfungen

### 6.1 Vorprüfung

#### 6.1.1 Unterlagen

Dem Sachverständigen sind folgende Unterlagen vorzulegen:

- Technische Spezifikation nach Abschnitt 6.1.2,
- Ausführungsunterlagen nach Abschnitt 6.1.3,
- Festigkeitsnachweise nach Abschnitt 6.1.4,
- Nachweis der Auslegung gegen dynamische Belastung nach Abschnitt 6.1.5,
- Werkstoff- und Bauprüfpläne nach Abschnitt 6.1.6,
- Pläne für Schweiß-, Löt- und Klebeverbindungen nach Abschnitt 6.1.7 und
- Montagefolgepläne nach Abschnitt 6.1.8.

#### 6.1.2 Technische Spezifikation

Die technische Spezifikation (Liefer- und Abnahmebedingungen) soll im Wesentlichen enthalten:

- Beschreibung,
- Angabe der mechanischen Anforderungen,
- Angaben zur Detailauslegung und zu den Berechnungsverfahren und
- Prüfpläne, Prüfvorschriften, Abnahmebedingungen.

#### 6.1.3 Ausführungsunterlagen

Ausführungsunterlagen müssen enthalten:

- Zeichnungen mit Angabe der Abmessungen,
- Beschreibung der Produkteigenschaften,
- Angaben über Werkstoffe, Korrosionsschutz und
- Unterlagen zur räumlichen Anordnung.

#### 6.1.4 Festigkeitsnachweise

Es muss nachgewiesen werden, dass die druckbeanspruchten Teile der Kabeldurchführungen den statischen, dynamischen und thermischen Belastungen gemäß den Anforderungen in Abschnitt 4.1 entsprechen. Es sollen insbesondere die Anforderungen an den Sicherheitsbehälter zugrunde gelegt werden. Nachweise über die qualifizierte Lebensdauer sind vorzulegen.

#### 6.1.5 Nachweis der Auslegung gegen dynamische Belastung

Es ist nachzuweisen, dass durch die am Einbauort anzunehmenden Schwingungen, z. B. durch Erdbeben, die mechanische und elektrische Funktion der Kabeldurchführung im zugehörigen Frequenzbereich nicht beeinträchtigt wird.

#### 6.1.6 Werkstoff- und Bauprüfpläne

Der Prüfumfang für die ausgewählten Werkstoffe ist nach den Anforderungen festzulegen, welche aufgrund des vorgesehenen Einsatzzwecks und der hierfür spezifizierten Beanspruchung an die Werkstoffe zu stellen sind. Der Umfang der Bauprüfungen ist nach den Anforderungen des Abschnitts 6.2 festzulegen.

#### 6.1.7 Pläne für Schweiß-, Löt- und Klebeverbindungen

Für Schweiß-, Löt- und Klebeverbindungen, die für die Druckfestigkeit oder Gasdichtheit der Kabeldurchführung wesentlich sind, müssen Schweißpläne, Lötpläne und sonstige Arbeitspläne gemäß den Anforderungen an den Sicherheitsbehälter erstellt werden. Ein geeignetes Prüfprogramm zur Sicherung der Fertigungsqualität ist in diese Pläne einzuarbeiten.

### 6.1.8 Montagefolgepläne

Die bei der Montage der Kabeldurchführungen auf der Baustelle erforderlichen Arbeitsgänge und Prüfungen sind mit ihrer zeitlichen Reihenfolge festzulegen.

### 6.2 Bauprüfung

#### 6.2.1 Allgemeines

Die Prüfung der Ausführung soll die Übereinstimmung mit den Vorprüfungsunterlagen nach Abschnitt 6.1 nachweisen.

#### 6.2.2 Typ- und Eignungsprüfung

##### 6.2.2.1 Allgemeines

(1) Zum Nachweis der Funktionsfähigkeit eines Typs einer Kabeldurchführung sind Typprüfungen durchzuführen. Hierfür ist ein Prüfprogramm, bestehend aus Prüfplan und Prüfanweisungen, zu erarbeiten und mit dem Sachverständigen abzustimmen. Die Prüfreihefolge und die Teilnahme des Sachverständigen an den einzelnen Prüfungen sind im Prüfplan festzulegen.

(2) Werden für den Einsatz in Kernkraftwerken sicherheitstechnische Eigenschaften (z. B. Störfallfestigkeit) verlangt, die durch die Typprüfungen nicht erfasst werden, sind besondere Eignungsprüfungen durchzuführen. Typ- und Eignungsprüfungen sind an Mustern der Fertigung nach abgeschlossener Entwicklung des Typs durchzuführen.

(3) Die Typ- und Eignungsprüfung ist je Kabeldurchführungstyp an drei Prüflingen durchzuführen. Bei Kabeldurchführungstypen bauartgleicher Ausführung ist es zulässig, die Typ- und Eignungsprüfung an einem die Bauart abdeckenden Referenztyp durchzuführen. Der Referenztyp ist mit dem Sachverständigen zu bestimmen. Je Referenztyp sind drei Prüflinge zu prüfen. Die Referenztypen müssen hinsichtlich der Anforderungen im Betrieb und unter Störfallbedingungen abdeckend für alle Typen der bauartgleichen Ausführung sein.

(4) Typ- und Eignungsprüfungen sind nur für bauartgleiche Ausführungen und bei einer Überwachung durch ein Qualitätssicherungssystem hinsichtlich der Werkstoffe, Fertigungsverfahren und Abmessungen gültig.

(5) Das Prüfergebnis ist vom Sachverständigen zu bestätigen.

(6) Ein Prüfschritt gilt als nicht bestanden, wenn die in der Prüfvorschrift vorgegebenen Mindestwerte nicht eingehalten werden. Für dieses Versagen eines Prüflings ist eine Versagensanalyse zu erstellen und dem Sachverständigen zur Beurteilung vorzulegen.

(7) Zeigt die Versagensanalyse bei einem Prüfschritt, dass kein systematischer Fehler vorliegt, darf der ausgefallene Prüfling instandgesetzt und der Prüfschritt wiederholt werden. Die weiteren Prüfschritte dürfen dann mit den drei Prüflingen fortgesetzt werden. Falls mehr als einer der drei Prüflinge bei einem Prüfschritt versagt, ist wie bei einem systematischen Fehler vorzugehen.

Zeigt die Versagensanalyse dagegen, dass ein systematischer Fehler vorliegt, dann ist der Typ der Kabeldurchführung in geeigneter Weise zu ändern und eine erneute Typprüfung durchzuführen.

(8) Werden bei Strom-Erwärmungsprüfungen mit den nach Abschnitt 5.1.3 gewählten Nenn- und Überlastströmen oder bei Schwingungsprüfungen die spezifizierten Anforderungen nicht eingehalten, darf eine Wiederholung des Prüfschrittes unter veränderten Solldaten mit dem Sachverständigen vereinbart werden. Die veränderten Daten sind in der technischen Spezifikation und Prüfvorschrift festzuhalten.

(9) Die bei einer Typ- und Eignungsprüfung verwendeten Kabeldurchführungen dürfen im Sicherheitsbehälter nicht eingesetzt werden.

(10) Im Rahmen der Typ- und Eignungsprüfungen müssen zuerst die nach den Abschnitten 6.2.3 (bei elektrischen und optischen Kabeldurchführungen) und 7.2.3 (bei elektrischen Kabeldurchführungen) oder 8.2.3 (bei optischen Kabeldurchführungen) vorgesehenen Stückprüfungen durchgeführt werden.

(11) Die Gültigkeitsdauer der Prüfbescheinigungen ist nach erfolgreichem Abschluss der theoretischen und experimentellen Prüfungen auf 3 Jahre zu begrenzen.

Die Prüfbescheinigungen behalten für Komponenten, die nach Ablauf dieser 3 Jahre neu gefertigt werden, weiter ihre Gültigkeit, wenn

- a) anlagenbezogen im Rahmen der Vorprüfung oder
- b) anlagenübergreifend in Abständen von jeweils 3 Jahren, z. B. durch Qualitätsaudits in Anlehnung an KTA 3507,

bestätigt wird, dass keine Änderungen gegenüber den Prüfbescheinigungen (einschließlich Prüfbericht) vorgenommen worden sind, die die geprüften Eigenschaften beeinträchtigen.

#### 6.2.2.2 Prüfung auf thermische Alterungsbeständigkeit

(1) Die zu prüfenden Kabeldurchführungen sind einer thermischen Alterung zu unterziehen, die der zu qualifizierenden Lebensdauer entspricht.

(2) Kommen Werkstoffe zum Einsatz, deren thermisches Alterungsverhalten nicht bekannt ist, sind an diesen Wärmealterungsversuche durchzuführen. Dabei ist nachzuweisen, dass sich die mechanischen und elektrischen Eigenschaften der Werkstoffe unter den Bedingungen, die während des Einsatzes der Kabeldurchführungen auftreten können, nicht unzulässig verändern.

(3) Bei ausschließlicher Verwendung von Werkstoffen, deren thermisches Alterungsverhalten unter Bezug auf die zu qualifizierende Lebensdauer keinen negativen Einfluss auf die geforderten Eigenschaften hat, darf die Prüfung auf thermische Alterungsbeständigkeit entfallen.

#### 6.2.2.3 Prüfung auf Strahlenbeständigkeit

(1) Die zu prüfenden Kabeldurchführungen sind einer Bestrahlungsprüfung zu unterziehen, die der Belastung während der zu qualifizierenden Lebensdauer zuzüglich der zu unterstellenden Störfalldosis entspricht.

(2) Kommen Werkstoffe zum Einsatz, deren Strahlenbeständigkeit nicht bekannt ist, sind diese einer Bestrahlungsprüfung zu unterziehen. Dabei ist nachzuweisen, dass sich die mechanischen und elektrischen Eigenschaften der Werkstoffe unter den Bedingungen, die während des Einsatzes der Kabeldurchführung (einschließlich einer zu unterstellenden Störfalldosis) auftreten können, nicht unzulässig verändern.

(3) Die Dosisleistung während der künstlichen Bestrahlung ist unter Berücksichtigung der Dosisleistung im Betrieb und der zu erwartenden Dosisleistung im Störfall festzulegen. Sie soll beim Aufbringen der Betriebsdosis 500 Gy/h nicht überschreiten.

#### 6.2.2.4 Prüfung auf Korrosionsbeständigkeit

Es ist nachzuweisen, dass durch die im Betrieb und bei Störfallbedingungen auftretenden chemischen Einwirkungen keine Korrosion auftritt, die die Funktionsfähigkeit der Kabeldurchführung unzulässig verändert.

#### 6.2.2.5 Schwingungsprüfung

(1) Für die Kabeldurchführung einschließlich der Abdeckhaube sowie der Anschlusselemente und Kabel bis zur nächstliegenden Halterung ist eine Schwingungsprüfung durchzuführen, die die Bedingungen nach Abschnitt 6.1.5 abdeckt.

(2) Hinsichtlich der elektrischen oder optischen Funktionsfähigkeit ist während der Prüfung nachzuweisen, dass die Verbindung zwischen Kabeldurchführungsleitern und angeschlossenen Kabeln keine Unterbrechung oder Kurzschlüsse erleidet. Während der Schwingungsprüfung ist bei elektrischen Kabeldurchführungen eine Prüfung auf elektrische Schlüsse mit 1,2facher Nennspannung und eine Prüfung auf Unterbrechung des Stromdurchganges durchzuführen. Die Prüfung auf elektrische Schlüsse darf entfallen, wenn ein theoretischer Nachweis geführt wird, dass elektrische Schlüsse konstruktionsbedingt nicht möglich sind.

(3) Nach der Schwingungsprüfung sind eine Sichtprüfung auf mechanische Beschädigung, eine Dichtheitsprüfung nach den Abschnitten 6.2.3.5 und 6.3.7 sowie die Stückprüfung nach Abschnitt 7.2.3 oder 8.2.3 zu wiederholen.

#### 6.2.2.6 Dichtheits- und Druckprüfung unter Störfallbedingungen

(1) Für die Kabeldurchführung und für das Dichtungssystem zwischen Kabeldurchführung und Sicherheitsbehälterwandung ist nachzuweisen, dass die in Abschnitt 4.9 festgelegten Leckageraten eingehalten werden. Dazu sind der 1,3fache Auslegungsüberdruck des Sicherheitsbehälters und die bei Störfallbedingungen auf die Kabeldurchführung und Dichtung einwirkende maximale Temperatur mittels Sattedampf über die Dauer von mindestens 1 Stunde aufzubringen.

(2) Druck- und Temperaturanstieg in der Prüfeinrichtung sollen den Belastungen aus dem anzusetzenden Störfallverlauf entsprechen. In Fällen mit besonders hohen, nur kurzzeitig einwirkenden Temperaturspitzen darf der Temperaturverlauf simuliert werden, wobei die Bedingungen mit dem Sachverständigen festzulegen sind.

(3) Die Leckagerate ist mindestens am Ende der Belastung und nach der Abkühlung zu messen.

#### 6.2.3 Stückprüfung

##### 6.2.3.1 Zweck und Prüfumfang

Die Stückprüfung dient dazu, etwa vorhandene Werkstoff- und Fertigungsfehler festzustellen. Sie ist an jedem Stück einer Liefermenge bei Raumtemperatur vorzunehmen. Das Prüfergebnis ist vom Sachverständigen zu bestätigen. Jedes geprüfte Stück ist zu kennzeichnen.

##### 6.2.3.2 Werkstoffkennzeichnung

Der Nachweis der geforderten Werkstoffeigenschaften und die Kennzeichnung haben gemäß den Anforderungen an den Sicherheitsbehälter zu erfolgen.

##### 6.2.3.3 Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen

(1) Die druckbeanspruchten Verbindungen sind einer Oberflächenprüfung und einer Ultraschallprüfung zu unterziehen. Soweit die geometrischen Gegebenheiten eine Ultraschallprüfung nicht zulassen, ist eine Durchstrahlungsprüfung durchzuführen. Dies ist nur in Ausnahmefällen zulässig und bedarf der Zustimmung des Sachverständigen.

(2) Die Prüfungen müssen den Anforderungen, die an die Prüfungen des Sicherheitsbehälters zu stellen sind, genügen.



#### 6.2.3.4 Druckprüfung

Die Kabeldurchführungen sind nach Abschluss der Fertigung einer Druckprüfung mit dem 1,3fachen Auslegungsüberdruck des Sicherheitsbehälters zu unterziehen.

#### 6.2.3.5 Dichtheitsprüfung

Die Kabeldurchführungen sind nach Abschluss der Fertigung einer Dichtheitsprüfung, z. B. Helium-Lecktest gemäß DIN EN 1779, zu unterziehen. Die auftretende Leckagerate bei 1 bar (0,1 MPa) Druckdifferenz darf  $1 \cdot 10^{-6} \text{ bar} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ( $1 \cdot 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), bezogen auf Helium, nicht überschreiten.

### 6.3 Montage und Prüfungen auf der Baustelle

#### 6.3.1 Räumliche Anordnung

Die räumliche Anordnung der Kabeldurchführungen im Sicherheitsbehälter ist auf Übereinstimmung mit den vorgeprüften Unterlagen nach Abschnitt 6.1 zu überprüfen.

#### 6.3.2 Montagestellen

Die Befestigungsstellen an der Sicherheitsbehälterwandung sind auf Einhaltung der für das Befestigungssystem zulässigen Toleranzen gemäß den vorgeprüften Unterlagen zu überprüfen.

#### 6.3.3 Montage der Kabeldurchführungen

(1) Die Kabeldurchführungen sind auf Transportschäden zu kontrollieren.

(2) Der Einbau muss nach den vorgeprüften Montagefolgeplänen, den Montageanweisungen und nach den Belegungsplänen erfolgen.

(3) Nach der Montage sind die Kabeldurchführungen (außer Ausführungen mit geeignetem Stecker) mittels der vorgesehenen Abdeckhauben zu schützen und die Öffnungen, z. B. für Kabeleinführungen, sind geschlossen zu halten.

#### 6.3.4 Schraubverbindung

Die Befestigungsteile, z. B. Bolzen, Muttern, Nachspannfedern, Dichtungen und das Anzugsdrehmoment sind auf Übereinstimmung mit den vorgeprüften Unterlagen zu überprüfen.

#### 6.3.5 Schweißverbindung

Die Einbauteile, das Schweißverfahren und die Schweißzusätze sind auf Übereinstimmung mit den vorgeprüften Unterlagen zu überprüfen.

#### 6.3.6 Integrale Druck- und Leckageratenprüfung

Die Druckbeständigkeit und die Dichtheit der im Sicherheitsbehälter eingesetzten Kabeldurchführungen sind im Rahmen der Druckprüfung und Leckageratenbestimmung des Sicherheitsbehälters zu prüfen. An Kabeldurchführungen, die nach dieser Prüfung des Sicherheitsbehälters eingesetzt werden, ist eine Einzeldichtheitsprüfung nach Abschnitt 6.3.7 durchzuführen.

#### 6.3.7 Einzeldichtheitsprüfung

(1) Die nach der Druckprüfung und Leckageratenbestimmung des Sicherheitsbehälters eingebauten Kabeldurchführungen sind einer Einzeldichtheitsprüfung des Dichtsystems der Kabeldurchführung zum Sicherheitsbehälter oder alternativ

der gesamten Kabeldurchführung einschließlich des Dichtsystems zum Sicherheitsbehälter nach DIN EN 1779 zu unterziehen. Die zulässige Leckagerate einer Kabeldurchführung einschließlich des Dichtungssystems zum Sicherheitsbehälter ist dabei von der zulässigen Leckagerate des Sicherheitsbehälters abhängig, soll jedoch bei 1 bar (0,1 MPa) Druckdifferenz nicht größer sein als  $1 \cdot 10^{-3} \text{ bar} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ( $1 \cdot 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) bezogen auf Helium.

(2) Als Prüfmethode kommen z. B. in Frage

- a) Schnüffelpprüfung (Helium-Gas-Überdruckprüfung) mit Schnüffeltestetektor auf der Gegenseite,
- b) Vakuumverfahren (Gas-Halogen-Unterdruck-Detektormessung) mit Testgasbesprühlung auf der Gegenseite,
- c) Druckanstiegsprüfung (Unterdruck-Zeitprüfung) und
- d) Druckabfallprüfung (Überdruck-Zeitprüfung).

#### 6.3.8 Durchführung der Prüfungen

(1) Die Prüfungen sind in Anwesenheit des Sachverständigen von geeignetem Prüfpersonal durchzuführen.

(2) Für die Nachweise nach Abschnitt 6.3.4 ist eine stichprobenartige Überprüfung durch den Sachverständigen ausreichend.

### 6.4 Wiederkehrende Prüfungen

#### 6.4.1 Prüfumfang

(1) Die Prüfung ist an drucktragenden Schweißnähten und Schraubverbindungen erforderlich, für die nach Abschnitt 6.1.1 Unterlagen vorgelegt werden müssen.

(2) Die Schraubverbindungen sind auf einwandfreien Sitz und auf Einhaltung der vorgeschriebenen Schraubenspannung (mittels Drehmomentschlüssel) zu überprüfen. Die Prüfung darf entfallen, wenn anhand von Sicherungselementen erkennbar ist, dass gegenüber dem Einbauzustand keine Veränderungen vorliegen.

(3) Eine Dichtheitsprüfung der Schweiß- oder Flanschverbindungen ist entweder mittels geeigneter Verfahren nach DIN EN 1779, wie in Abschnitt 6.3.7 (2) beschrieben, oder als integraler Test im Zusammenhang mit der Prüfung des Sicherheitsbehälters durchzuführen.

#### 6.4.2 Durchführung der Prüfungen

Die Durchführung der wiederkehrenden Prüfungen muss nach einem Prüfplan, in dem alle Prüfschritte aufgeführt sind, erfolgen. Die Prüfungen sollen in Abstimmung mit dem Sachverständigen durchgeführt werden.

#### 6.4.3 Prüfumfang und Prüfzeiten

Der Prüfumfang und die Prüfzeiten sind im Zusammenhang mit denjenigen des Sicherheitsbehälters festzulegen.

### 6.5 Prüfungen nach Instandsetzung

Nach erfolgter Instandsetzung oder Montagearbeiten an Kabeldurchführungen müssen Prüfungen gemäß Abschnitt 6.3 durchgeführt werden, wenn die Arbeiten sich nicht ausschließlich auf Funktionselemente beschränkten, welche die Dichtheit nicht beeinflussen.

### 6.6 Dokumentation

Alle Prüfungen und Prüfergebnisse sind zu dokumentieren.

## 7 Prüfungen an elektrischen Kabeldurchführungen

### 7.1 Vorprüfung

#### 7.1.1 Unterlagen

Dem Sachverständigen sind folgende Unterlagen vorzulegen:

- Technische Spezifikation nach Abschnitt 7.1.2,
- Ausführungsunterlagen nach Abschnitt 7.1.3,
- Nachweis der elektrischen Funktionsfähigkeit unter Störfallbedingungen nach Abschnitt 7.1.4 und
- Nachweis der Eignung der verwendeten Isolierstoffe nach Abschnitt 7.1.5.

#### 7.1.2 Technische Spezifikation

Die technische Spezifikation (Liefer- und Abnahmebedingungen) soll im Wesentlichen enthalten:

- Beschreibung,
- Angabe der elektrischen Anforderungen im bestimmungsgemäßen Betrieb und unter Störfallbedingungen,
- Angaben zur Detailauslegung und zu den Berechnungsverfahren und
- Prüfpläne, Prüfvorschriften, Abnahmebedingungen.

#### 7.1.3 Ausführungsunterlagen

- Ausführungsunterlagen müssen Angaben enthalten über:
  - Elektrische Nennwerte und zulässige Anschlussquerschnitte und
  - Anschlusstechnik (z. B. Schraub-, Steck- oder Löttechnik).
- Die Ausführungsunterlagen sollen identisch sein mit den Unterlagen, die für die Vorprüfung nach Abschnitt 6.1.3 verlangt werden.

#### 7.1.4 Nachweis der elektrischen Funktionsfähigkeit unter Störfallbedingungen

Unterlagen zum Nachweis der elektrischen Funktionsfähigkeit unter Störfallbedingungen gemäß den Anforderungen in Abschnitt 5.1 sind vorzulegen, wenn eine elektrische Funktion unter diesen Bedingungen gefordert wird.

#### 7.1.5 Nachweis der Eignung der verwendeten Isolierstoffe

Es ist nachzuweisen, dass die verwendeten Isolierstoffe gegenüber der elektrischen Beanspruchung unter den zu erwartenden Betriebsbedingungen in der vorgesehenen Komponentenlebensdauer und, soweit erforderlich, für die Beanspruchung unter Störfallbedingungen nach maximal zu erwartender thermischer und radiologischer Alterung ausreichend beständig sind.

### 7.2 Bauprüfung

#### 7.2.1 Zweck

Die Prüfung der Ausführung soll die Übereinstimmung mit den vorgeprüften Unterlagen nach Abschnitt 7.1 nachweisen.

#### 7.2.2 Typ- und Eignungsprüfung beim Hersteller

##### 7.2.2.1 Allgemeines

- Es gelten die in Abschnitt 6.2.2.1 genannten Forderungen.
- Soweit Sondermaßnahmen zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit im Auslegungsfall getroffen werden, sind die Forderungen nach Abschnitt 5.1.1 zu berücksichtigen.

##### 7.2.2.2 Kabeldurchführungen mit Nennspannungen über 1 kV

(1) Zum Nachweis des Isoliervermögens bei Stoßspannungen ist eine Prüfung mit der Bemessungs-Blitzstoßspannung gemäß DIN EN 60071-1 Tabelle 2 durchzuführen.

(2) Durch eine Strom-Erwärmungsprüfung bei Raumtemperatur ist nachzuweisen, dass die Forderungen nach Abschnitt 5.1.3 im Nennbetrieb, Überlastfall und Kurzschlussfall eingehalten werden.

##### 7.2.2.3 Kabeldurchführungen mit Nennspannungen bis 1 kV

Durch eine Strom-Erwärmungsprüfung bei Raumtemperatur ist nachzuweisen, dass die Forderungen nach Abschnitt 5.1.3 im Nennbetrieb, Überlastfall und Kurzschlussfall eingehalten werden.

##### 7.2.2.4 Kabeldurchführungen zur Signalübertragung einschließlich Steuerung und Messung

Sofern die Kabeldurchführung für den Anschluss eines Zählrohres verwendet wird, ist für den Innenleiter mit einem angeschlossenen Kabelstück die Sprühfreiheit (z. B. Störimpulse bei 5 kV kleiner 50  $\mu$ V gemessen von Spitze zu Spitze) und ein Isolationswiderstand von mindestens  $10^{11} \Omega$  Innen- gegen Außenleiter bei 1000 V Messspannung nachzuweisen. Hierbei ist die Umgebungsbedingung an der Sicherheitsbehälterwandung beim bestimmungsgemäßen Betrieb zugrunde zu legen, jedoch mindestens 50 °C und mindestens 80 % relative Feuchte.

##### 7.2.2.5 Elektrische Prüfungen unter Störfallbedingungen

###### 7.2.2.5.1 Allgemeines

(1) Für Kabeldurchführungen, die während oder nach einem Auslegungsfall auch elektrisch funktionsfähig bleiben müssen, ist durch Prüfungen der Nachweis der elektrischen Funktionsfähigkeit zu erbringen. Hierzu sind die Prüflinge auf der dampfbeaufschlagten Seite zu bestücken:

- mit der Abdeckhaube, es sei denn, eine Prüfung ohne Abdeckhaube stellt nachweislich keine Erleichterung der Prüfbedingungen dar, und
- mit in der spezifizierten Anschlusstechnik angeschlossenen Kabeln.

(2) Die Anordnung der Prüflinge muss bei der Prüfung für die Einbaulage im Sicherheitsbehälter repräsentativ sein.

(3) Wird die elektrische Funktionsfähigkeit erst durch Maßnahmen nach der Kabelmontage hergestellt, dann müssen bei der Typprüfung nach den Abschnitten 7.2.2.5.2 und 7.2.2.5.3 diese Bedingungen simuliert werden.

(4) Druck-, Temperaturverlauf und Feuchte müssen repräsentativ für die Störfallverlaufskurve sein und sind ebenso wie die Prüfdauer mit dem Sachverständigen abzustimmen. Die chemische Zusammensetzung des Dampfes oder seine Wirkung ist dabei zu simulieren.

###### 7.2.2.5.2 Nachweis des Isoliervermögens unter Störfallbedingungen

(1) Durch eine Spannungsprüfung und Messung des elektrischen Widerstands unter Störfallbedingungen ist das Isoliervermögen der Kabeldurchführungen nachzuweisen. Dazu ist über die Prüfzeit - jedoch nicht während der Erwärmungsprüfung nach Abschnitt 7.2.2.5.3 - an die Leiter die 1,2fache Nennspannung anzulegen.

(2) Der Isolationswiderstand aller Leiter ist mindestens am Anfang und am Ende der Prüfung zu messen. Bei Kabeldurchführungen mit mehr als 9 Leitern ist an einem Leiter während

der gesamten Prüfzeit der Isolationswiderstand zu messen. Der Isolationswiderstand muss den Mindestanforderungen der anzuschließenden Systeme entsprechen und soll 1 k $\Omega$  je V der spezifizierten Nennspannung nicht unterschreiten. Die Messgleichspannung muss bei Kabeldurchführungen mit Nennspannungen kleiner als oder gleich 60 V (Wechselspannung) sowie kleiner als oder gleich 75 V (Gleichspannung) mindestens 100 V betragen, bei Kabeldurchführungen mit höheren Nennspannungen mindestens 500 V.

(3) Bei Kabeldurchführungen gemäß den Abschnitten 5.1.4 und 5.1.5 ist

a) nachzuweisen, dass das thermische und radiologische Alterungsverhalten sowie die Beständigkeit der eingesetzten Isolierstoffe unter den spezifizierten Betriebs- und Störfallbedingungen zu keiner Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit führen,

und

b) sicherzustellen, dass die geforderten Luft- und Kriechstrecken im betriebsbereiten Zustand mit hinreichender Genauigkeit überprüft werden können.

Können diese Nachweise nicht vollständig erbracht werden, ist eine Stoßspannungsprüfung gemäß DIN EN 60664-1 Abschnitt 6.1.2.2.1 durchzuführen. Diese Stoßspannungsprüfung hat sowohl unter Störfallbedingungen, bei Erreichen der Maximalwerte für Druck, Temperatur und Feuchte zu erfolgen, als auch im Anschluss an die Störfall-Beanspruchung. Alternativ darf die Stoßspannungsprüfung durch eine Wechsel- oder Gleichspannungsprüfung gemäß DIN EN 60664-1 Abschnitt 6.1.2.2.2 ersetzt werden.

(4) Die nach (3) a) geforderte Beständigkeit der eingesetzten Isolierstoffe darf dann als zweifelsfrei nachgewiesen gelten, wenn die materialspezifischen Parameter zur Nachbildung der Wirkung der radiologischen und thermischen Alterung bekannt sind oder auf der Basis funktionsrelevanter Parameter ermittelt wurden sowie die in den Abschnitten 6.2.2.2 und 6.2.2.3 definierten Randbedingungen eingehalten wurden.

#### 7.2.2.5.3 Erwärmungsprüfung unter Störfallbedingungen

(1) Für Kabeldurchführungen gemäß den Abschnitten 5.1.4 und 5.1.5 ist eine Strom-Erwärmungsprüfung vorzunehmen. Sie ist nach Erreichen des Maximums der Temperatur in der Prüfeinrichtung durchzuführen. Bei dieser Prüfung müssen alle Leiter den Nennstrom führen (mit Ausnahme des Leiters für die dauernde Isolationswiderstandsmessung).

(2) Bei Kabeldurchführungen gemäß den Abschnitten 5.1.4 und 5.1.5 ist im Anschluss an die Strom-Erwärmungsprüfung zusätzlich der nach Abschnitt 5.1.3 bestimmte Überlaststrom aufzubringen.

(3) Die nach Abschnitt 5.1.3 festzulegenden Höchsttemperaturen dürfen nicht überschritten werden.

### 7.2.3 Stückprüfung beim Hersteller

#### 7.2.3.1 Zweck und Prüfumfang

(1) Die Stückprüfung dient dazu, etwa vorhandene Werkstoff- und Fertigungsfehler aufzufinden. Sie ist an jedem Stück einer Liefermenge bei Raumtemperatur vorzunehmen. Nach Abschluss der Stückprüfung hat der Sachverständige die Durchführung der vorgesehenen Prüfungen zu bestätigen.

(2) Jedes geprüfte Stück ist zu kennzeichnen.

(3) Spannungsprüfungen zum Nachweis des Isoliervermögens sind wie folgt durchzuführen. Zu prüfen ist:

a) jeder Leiter gegen umgebendes geerdetes Bauteil

und, falls die Leiter nicht durch ein geerdetes Bauteil voneinander getrennt sind, zusätzlich

b) jeder Leiter gegen benachbarte Leiter.

#### 7.2.3.2 Kabeldurchführungen mit Nennspannungen über 1 kV

Der Nachweis des Isoliervermögens ist durch eine Prüfung mit der Bemessungs-Kurzzeit-Wechselspannung gemäß DIN EN 60071-1 Tabelle 2 zu erbringen. Außerdem ist nachzuweisen, dass der Ableitstrom den Wert von 0,5 mA je 1000 V Prüfspannung je Leiter nicht überschreitet. Der Isolationswiderstand zwischen Leiter und Leiter sowie zwischen Leiter und Masse soll 10<sup>9</sup>  $\Omega$  nicht unterschreiten. Die Messgleichspannung bei der Messung des Isolationswiderstands muss mindestens 1000 V betragen.

#### 7.2.3.3 Kabeldurchführungen mit Nennspannungen bis 1 kV

Der Nachweis des Isoliervermögens ist durch eine Spannungsprüfung (Isolationsprüfung) gemäß DIN EN IEC 60947-1 Tabelle 19 zu erbringen. Außerdem ist nachzuweisen, dass der Ableitstrom den Wert von 0,5 mA je 1000 V Prüfspannung je Leiter nicht überschreitet. Der Isolationswiderstand zwischen Leiter und Leiter sowie zwischen Leiter und Masse soll 10<sup>8</sup>  $\Omega$  nicht unterschreiten. Die Messgleichspannung bei der Messung des Isolationswiderstands soll bei Kabeldurchführungen mit Nennspannungen bis 500 V mindestens 500 V und bei Kabeldurchführungen mit Nennspannungen über 500 V mindestens 1000 V betragen.

#### 7.2.3.4 Kabeldurchführungen zur Signalübertragung einschließlich Steuerung und Messung

(1) Der Nachweis des Isoliervermögens ist durch eine Gleichspannungsprüfung mit folgenden Werten zu erbringen:

a) Bei Nennspannung bis 1 kV:

Bemessungsspannung: 3fache Nennspannung, mindestens 500 V

b) Bei Nennspannung über 1 kV:

Bemessungsspannung: 1,5fache Nennspannung, mindestens 3 kV

(2) Der Nachweis des Isoliervermögens darf auch nach DIN EN 61010-1 erbracht werden.

(3) Der Isolationswiderstand soll 10<sup>8</sup>  $\Omega$  nicht unterschreiten. Die Messgleichspannung bei der Messung des Isolationswiderstands muss mindestens 100 V betragen.

(4) Wird eine Kabeldurchführung zur Signalübertragung für den Anschluss eines Zählrohres oder einer Ionisationskammer eingesetzt, muss der Isolationswiderstand des Innenleiters gegen den Außenleiter mindestens 10<sup>11</sup>  $\Omega$  betragen. Die Messung des Isolationswiderstands muss bei mindestens 50 % relativer Luftfeuchtigkeit, mindestens 23 °C und mit 1000 V Mess-Spannung durchgeführt werden.

#### 7.2.3.5 Thermoelement- und Messleitungskabeldurchführungen

(1) Der Nachweis des Isoliervermögens ist durch eine Gleichspannungsprüfung mit 3facher Nennspannung, mindestens jedoch 500 V, oder alternativ nach DIN EN 61010-1 zu erbringen.

(2) Der Isolationswiderstand soll 10<sup>8</sup>  $\Omega$  nicht unterschreiten. Die Messgleichspannung bei der Messung des Isolationswiderstands muss mindestens 100 V betragen.

### 7.3 Montage und Prüfungen auf der Baustelle

(1) Der Anschluss der Kabel an den Kabeldurchführungsleitern hat nach den vorgeprüften Montageanweisungen mit den

vorgeschriebenen Anschlusselementen zu erfolgen. Dabei sind die festgelegten Montageabstände einzuhalten. Die nach Abschnitt 5.1.9 erforderlichen Erdungsmaßnahmen sind zu beachten.

(2) Zur Feststellung der elektrischen Funktionsfähigkeit sind Abnahme- und Funktionsprüfungen im Rahmen der Abnahme- und Funktionsprüfungen des jeweiligen elektrischen Systems durchzuführen. Dies setzt voraus, dass die Kabel beidseitig angeschlossen sind und der gesamte Stromkreis, Steuerkreis oder Messkreis hergestellt ist.

(3) Sondermaßnahmen nach der Kabelmontage (nach Abschnitt 5.1.1) sind zu überprüfen.

#### 7.4 Wiederkehrende Prüfungen

Soweit die Funktionsfähigkeit der Kabeldurchführung nicht während des Betriebs der zugehörigen elektrischen Systeme überwacht wird, muss sie durch die für die elektrischen Systeme vorgeschriebenen wiederkehrenden Prüfungen festgestellt werden. Der Erhalt der zur Funktionsfähigkeit unter Störfallbedingungen getroffenen Maßnahmen ist festzustellen. Dies soll durch Sichtprüfungen erfolgen.

##### Hinweis:

Weitere Einzelheiten sind in KTA 3401.4 festgelegt.

#### 7.5 Prüfung nach Instandsetzung

Nach Abschluss einer Instandsetzung müssen die zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit unter Betriebs- und, falls gefordert, unter Störfallbedingungen getroffenen Maßnahmen überprüft werden.

#### 7.6 Dokumentation

Alle Prüfungen und Prüfergebnisse sind zu dokumentieren.

### 8 Prüfungen an optischen Kabeldurchführungen

#### 8.1 Vorprüfung

##### 8.1.1 Unterlagen

Dem Sachverständigen sind folgende Unterlagen vorzulegen:

- Technische Spezifikation nach Abschnitt 8.1.2,
- Ausführungsunterlagen nach Abschnitt 8.1.3 und
- Nachweis der optischen Funktionsfähigkeit unter Störfallbedingungen nach Abschnitt 8.1.4.

##### 8.1.2 Technische Spezifikation

Die technische Spezifikation (Liefer- und Abnahmebedingungen) soll im Wesentlichen enthalten:

- Beschreibung,
- Angabe der optischen Anforderungen (z. B. maximal zulässige Durchgangsdämpfung),
- Angaben zur Detailauslegung und zu den Berechnungsverfahren und
- Prüfpläne, Prüfvorschriften, Abnahmebedingungen.

##### 8.1.3 Ausführungsunterlagen

(1) Ausführungsunterlagen müssen Angaben enthalten über:

- Lichtwellenleitertyp und optische Nennwerte,
- Anschluss technik (z. B. Schraubtechnik, Stecktechnik).

(2) Die Ausführungsunterlagen sollen identisch sein mit den Unterlagen, die für die Vorprüfung nach Abschnitt 6.1.3 verlangt werden.

#### 8.1.4 Nachweis der optischen Funktionsfähigkeit unter Störfallbedingungen

Unterlagen zum Nachweis der optischen Funktionsfähigkeit unter Störfallbedingungen gemäß den Anforderungen in Abschnitt 5.2 sind vorzulegen, wenn eine optische Funktion unter diesen Bedingungen gefordert wird.

#### 8.2 Bauprüfung

##### 8.2.1 Zweck

Die Prüfung der Ausführung soll die Übereinstimmung mit den vorgeprüften Unterlagen nach Abschnitt 8.1 nachweisen.

##### 8.2.2 Typ- und Eignungsprüfung beim Hersteller

###### 8.2.2.1 Allgemeines

- Es gelten die in Abschnitt 6.2.2.1 genannten Forderungen.
- Soweit Sondermaßnahmen zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit im Auslegungsfall getroffen werden, sind die Forderungen nach Abschnitt 5.2 zu berücksichtigen.

###### 8.2.2.2 Optische Übertragungsqualität

- Durch eine Überprüfung der optischen Übertragungseigenschaften ist der Nachweis zu erbringen, dass die Anforderungen gemäß Abschnitt 5.2 eingehalten werden.
- Die Prüfung hat durch Messung der Durchgangsdämpfung bei Auslegungstemperatur zu erfolgen. Das Prüfverfahren (z. B. nach DIN EN 61300-3-4) ist in der Vorprüfung festzulegen.
- Für ausschließlich betrieblich genutzte Kabeldurchführungen ist es zulässig, die Prüfung bei Raumtemperatur durchzuführen.

##### 8.2.3 Stückprüfung beim Hersteller

###### 8.2.3.1 Zweck und Prüfumfang

- Die Stückprüfung dient dazu, etwa vorhandene Werkstoff- und Fertigungsfehler aufzufinden. Sie ist an jedem Stück einer Liefermenge bei Raumtemperatur vorzunehmen. Nach Abschluss der Stückprüfung hat der Sachverständige die Durchführung der vorgesehenen Prüfungen zu bestätigen.
- Jedes geprüfte Stück ist zu kennzeichnen.

###### 8.2.3.2 Prüfung der optischen Übertragungsqualität

- Durch eine Überprüfung der optischen Übertragungseigenschaften ist der Nachweis zu erbringen, dass die geforderten Funktionseigenschaften eingehalten werden.
- Die Prüfung hat durch Messung der Durchgangsdämpfung bei Raumtemperatur zu erfolgen. Das Prüfverfahren (z. B. nach DIN EN 61300-3-4) ist in der Vorprüfung festzulegen.

#### 8.3 Montage und Prüfungen auf der Baustelle

(1) Der Anschluss der Kabel an den Kabeldurchführungsleitern hat nach den vorgeprüften Montageanweisungen mit den vorgeschriebenen Anschlusselementen zu erfolgen.

(2) Zur Feststellung der optischen Funktionsfähigkeit sind Abnahme- und Funktionsprüfungen im Rahmen der Abnahme- und Funktionsprüfungen des jeweiligen optischen Systems durchzuführen. Dies setzt voraus, dass die Kabel beidseitig angeschlossen sind.

#### 8.4 Wiederkehrende Prüfungen

Soweit die Funktionsfähigkeit der Kabeldurchführung nicht während des Betriebs der zugehörigen optischen Systeme überwacht wird, muss sie durch die für die optischen Systeme vorgeschriebenen wiederkehrenden Prüfungen festgestellt werden. Der Erhalt der zur Funktionsfähigkeit unter Störfallbedingungen getroffenen Maßnahmen ist festzustellen. Dies soll durch Sichtprüfungen erfolgen.

**Hinweis:**

Weitere Einzelheiten sind in KTA 3401.4 festgelegt.

#### 8.5 Prüfung nach Instandsetzung

Nach Abschluss einer Instandsetzung müssen die zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit unter Betriebs- und, falls gefordert, unter Störfallbedingungen getroffenen Maßnahmen überprüft werden.

#### 8.6 Dokumentation

Alle Prüfungen und Prüfergebnisse sind zu dokumentieren.

### 9 Anforderungen an das Personal für zerstörungsfreie Prüfungen

- (1) Die Prüfaufsicht muss für die zur Anwendung kommenden Prüfverfahren in den zutreffenden Produkt- oder Industrie-sektoren gemäß DIN EN ISO 9712 mindestens in Stufe 2 qualifiziert und zertifiziert sein.
- (2) Die Prüfer müssen in der Lage sein, die geforderten Prüfungen durchzuführen. Sie müssen für die zur Anwendung kommenden Prüfverfahren in den zutreffenden Produkt- oder Industrie-sektoren gemäß DIN EN ISO 9712 qualifiziert und zertifiziert sein.

## Anhang A

### 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)<br>Atomgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2153) geändert worden ist       |
| StrSchG                          |           | Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz)<br>Strahlenschutzgesetz vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966), das zuletzt durch die Bekanntmachung vom 3. Januar 2022 (BGBl. I S. 15) geändert worden ist                                                |
| StrlSchV                         |           | Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung)<br>Strahlenschutzverordnung vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036; 2021 I S. 5261), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 8. Oktober 2021 (BGBl. I S. 4645) geändert worden ist |
| SiAnf                            | (2015-03) | Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012, Neufassung vom 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B2), die zuletzt mit Bekanntmachung des BMUV vom 25. Februar 2022 (BAnz AT 15.03.2022 B3) geändert worden ist                                                                      |
| Interpretationen                 | (2015-03) | Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012, vom 29. November 2013 (BAnz AT 10.12.2013 B4), geändert am 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B3)                                                                                                            |
| KTA 1401                         | (2017-11) | Allgemeine Anforderungen an die Qualitätssicherung                                                                                                                                                                                                                                                   |
| KTA 3401.1                       | (1988-09) | Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl; Teil 1: Werkstoffe und Erzeugnisformen                                                                                                                                                                                                                         |
| KTA 3401.2                       | (2016-11) | Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl; Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung                                                                                                                                                                                                                 |
| KTA 3401.3                       | (1986-11) | Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl; Teil 3: Herstellung                                                                                                                                                                                                                                            |
| KTA 3401.4                       | (2022-11) | Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl; Teil 4: Wiederkehrende Prüfungen                                                                                                                                                                                                                               |
| KTA 3402                         | (2022-11) | Schleusen am Reaktorsicherheitsbehälter von Kernkraftwerken - Personenschleusen                                                                                                                                                                                                                      |
| KTA 3404                         | (2017-11) | Abschließung der den Reaktorsicherheitsbehälter durchdringenden Rohrleitungen von Betriebssystemen im Falle einer Freisetzung von radioaktiven Stoffen in den Reaktorsicherheitsbehälter                                                                                                             |
| KTA 3405                         | (2015-11) | Dichtheitsprüfung des Reaktorsicherheitsbehälters                                                                                                                                                                                                                                                    |
| KTA 3407                         | (2022-11) | Rohrdurchführungen durch den Reaktorsicherheitsbehälter                                                                                                                                                                                                                                              |
| KTA 3409                         | (2022-11) | Schleusen am Reaktorsicherheitsbehälter von Kernkraftwerken - Materialschleusen                                                                                                                                                                                                                      |
| KTA 3507                         | (2022-11) | Werkprüfungen, Prüfungen nach Instandsetzung und Nachweis der Betriebsbewährung der Baugruppen und Geräte der Sicherheitsleittechnik                                                                                                                                                                 |
| KTA 3706                         | (2000-06) | Sicherstellung des Erhalts der Kühlmittelverlust-Störfallfestigkeit von Komponenten der Elektro- und Leittechnik in Betrieb befindlicher Kernkraftwerke                                                                                                                                              |
| DIN VDE 0100-410<br>VDE 0100-410 | (2018-10) | Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 4-41: Schutzmaßnahmen - Schutz gegen elektrischen Schlag (IEC 60364-4-41:2005, modifiziert + A1:2017, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-4-41:2017 + A11:2017                                                                                     |
| DIN VDE 0100-540<br>VDE 0100-540 | (2012-06) | Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel - Erdungsanlagen und Schutzleiter (IEC 60364-5-54:2011); Deutsche Übernahme HD 60364-5-54:2011                                                                                                  |
| DIN EN 1779                      | (1999-10) | Zerstörungsfreie Prüfung - Dichtheitsprüfung - Kriterien zur Auswahl von Prüfmethoden und -verfahren; Deutsche Fassung EN 1779:1999; Berichtigung 2005-02                                                                                                                                            |
| DIN 4102-1                       | (1998-05) | Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen                                                                                                                                                                                               |
| DIN EN ISO 9712                  | (2022-09) | Zerstörungsfreie Prüfung - Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung (ISO 9712:2012); Deutsche Fassung EN ISO 9712:2012                                                                                                                                           |

|                              |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DIN EN 50522<br>VDE 0101-2   | (2011-11) | Erdung von Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV;<br>Deutsche Fassung EN 50522:2010                                                                                                                                                                                         |
| DIN EN 60071-1<br>VDE 0111-1 | (2010-09) | Isolationskoordination - Teil 1: Begriffe, Grundsätze und Anforderungen<br>(IEC 60071-1:2006 + A1:2010); Deutsche Fassung EN 60071-1:2006 + A1:2010                                                                                                                                         |
| DIN EN 60529<br>VDE 0470-1   | (2014-09) | Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) (IEC 60529:1989 + A1:1999 + A2:2013);<br>Deutsche Fassung EN 60529:1991 + A1:2000 + A2:2013;<br>Berichtigung 1:2017-02; Berichtigung 2:2019-06                                                                                                          |
| DIN EN 60664-1<br>VDE 0110-1 | (2008-01) | Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen -<br>Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen (IEC 60664-1:2007);<br>Deutsche Fassung EN 60664-1:2007                                                                                                |
| DIN EN 60947-1               | (2022-03) | Niederspannungsschaltgeräte - Teil 1: Allgemeine Festlegungen (IEC 60947-1:2020);<br>Deutsche Fassung EN IEC 60947-1:2021                                                                                                                                                                   |
| DIN EN 61010-1<br>VDE 0411-1 | (2020-03) | Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Labor-<br>geräte - Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 61010-1:2010 + COR:2011 +<br>A1:2016, modifiziert + A1:2016/COR1:2019); Deutsche Fassung EN 61010-1:2010 +<br>A1:2019 + A1:2019/AC:2019; Berichtigung 1:2022-02 |
| DIN EN 61300-3-4             | (2013-11) | Lichtwellenleiter - Verbindungselemente und passive Bauteile - Grundlegende<br>Prüf- und Messverfahren - Teil 3-4: Untersuchungen und Messungen - Dämpfung<br>(IEC 61300-3-4:2012); Deutsche Fassung EN 61300-3-4:2013                                                                      |