



Sicherheitstechnische Regel des KTA

KTA 3405 Dichtheitsprüfung des Reaktorsicherheitsbehälters

Fassung 2015-11

Frühere Fassungen der Regel: 1979-02 (BAnz. Nr. 133a vom 20. Juli 1979) Beilage 27/79
2010-11 (BAnz. Nr. 199a vom 30. Dezember 2010)

Inhalt

	Seite
Grundlagen	2
1 Anwendungsbereich	2
2 Begriffe	2
3 Anforderungen	3
3.1 Messsysteme	3
3.2 Prüfer	4
4 Prüfprogramm	4
4.1 Allgemeines	4
4.2 Prüfdruck	4
4.3 Beruhigungsdauer	4
4.4 Auswertzeitraum	4
4.5 Prüfzeitpunkt	4
5 Prüfungsvorbereitung	4
5.1 Messgeräte	4
5.2 Druckerzeuger	4
5.3 Prüfobjekt	5
5.4 Anlagenteile	5
6 Durchführung der Prüfung	5
7 Auswertung der Messergebnisse	5
7.1 Allgemeines	5
7.2 Berechnung der reduzierten Drücke	6
7.3 Berechnung der Leckrate	6
7.4 Berechnung der Vertrauensgrenzen der Leckrate	7
7.5 Umrechnung auf Auslegungsdruck	7
7.6 Umrechnung zulässiger Werte von einer Leckrate in eine Leckagerate	8
8 Bewertung des Ergebnisses	8
9 Dokumentation	8
9.1 Vor-Ort-Bericht	8
9.2 Abschlussbericht	8
Anhang A: Formelzeichen und Einheiten	9
Anhang B: Formblätter	10
Anhang C: Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird	34



KTA 3405 Seite 2

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 Abs. 2 Nr. 3 Atomgesetz - AtG -), um die im AtG und in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) festgelegten sowie in den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ (SiAnf) und den „Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ weiter konkretisierten Schutzziele zu erreichen.

(2) 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 die Dichtheit des Sicherheitsbehälters vor Aufnahme des ersten Leistungsbetriebes mit einer integralen Dichtheitsprüfung nachzuweisen ist. Des Weiteren müssen regelmäßig wiederkehrende Prüfungen bei solchen Drücken durchgeführt werden, bei denen ein ausreichender Rückschluss auf die Leckrate bei den Auslegungsbedingungen möglich ist. Die Regel KTA 3405 dient zur Konkretisierung von Maßnahmen zur Erfüllung dieser Forderungen im Rahmen ihres Anwendungsbereichs. Hierzu werden 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 Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl;
Teil 1: Werkstoffe und Erzeugnisformen,
- KTA 3401.2 Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl;
Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung,
- KTA 3401.3 Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl;
Teil 3: Herstellung
- KTA 3401.4 Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl;
Teil 4: Wiederkehrende Prüfungen

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

für Nachweise bezüglich der Komponentenlebensdauer

- 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) Anforderungen an das Prüfhandbuch sind in KTA 1202 festgelegt.

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

- a) den Anforderungen an Messsysteme und Prüfer,
- b) dem Prüfprogramm,

- c) den Prüfvorbereitungen,
- d) der Durchführung der Prüfung,
- e) der Auswertung der Messergebnisse,
- f) der Bewertung der Ergebnisse und
- g) der Dokumentation

ist sichergestellt, dass eine anforderungsgerechte Dichtheitsprüfung erfolgt.

1 Anwendungsbereich

Diese Regel gilt für die Dichtheitsprüfung (Prüfung der Barrierefunktion) des Reaktorsicherheitsbehälters (im Regeltext Sicherheitsbehälter genannt) für ortsfeste Kernkraftwerke nach einem Druckänderungsverfahren.

2 Begriffe

(1) Auflösung

Unter Auflösung wird die erforderliche Änderung der Messgröße verstanden, die gerade noch eine Änderung der Anzeige des Messgerätes bewirkt.

(2) Auswertezeitraum

Der Auswertezeitraum ist der zur Auswertung der Dichtheitsprüfung verwendete Abschnitt der Messung.

(3) Beruhigungsdauer

Die Beruhigungsdauer ist die Zeitdauer vom Erreichen des Prüfdruckes bis zum Beginn des Auswertezeitraums.

(4) Druckänderungsverfahren

Das Druckänderungsverfahren ist eine Methode zur Bestimmung der Dichtheit eines Prüflings. Bei diesem Messverfahren wird aus der zeitlichen Änderung des Prüfdruckes im Sicherheitsbehälter auf die Leckagerate geschlossen. Dabei sind Änderungen der Einflussfaktoren Temperatur, Feuchte und Füllstand zu berücksichtigen.

(5) Freies Volumen

Das freie Volumen des Sicherheitsbehälters ist der Rauminhalt des Sicherheitsbehälters abzüglich der Volumina aller Einbauten des Sicherheitsbehälters, die beim Druckaufbau nicht mit dem Prüfgas beaufschlagt werden können.

(6) Leckrate

Die Leckrate ist die Gasmasse, die pro Tag aus dem Sicherheitsbehälter entweicht, bezogen auf die zu Beginn des Auswertezeitraums vorhandene Gasmasse im Sicherheitsbehälter.

Hinweis:

In den Spezifikationen der Sicherheitsbehälter der deutschen Kernkraftwerke sind die Grenzwerte bezogen auf den Auslegungsdruck als zulässige Leckraten in der Dimension Volumenprozent pro Tag angegeben.

(7) Leckagerate

Die Leckagerate ist definiert als der pV-Durchfluss eines bestimmten Fluids, das unter festgelegten Bedingungen durch ein Leck fließt. Er wird in $[\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$ angegeben (siehe auch DIN EN 1779).

(8) Messfrequenz

Als Messfrequenz wird die Anzahl n der Messzyklen vermindert um eins pro Zeitintervall Δt definiert:

$$v = \frac{n - 1}{\Delta t}$$



(9) Prüfdauer

Die Prüfdauer setzt sich zusammen aus der Dauer für die Druckaufbringung, Beruhigung vor dem Auswertzeitraum, Auswertzeitraum und der Druckabsenkung.

(10) Prüfdruck

Der Prüfdruck ist der zur Dichtheitsprüfung vorgeschriebene Druck im Sicherheitsbehälter.

(11) Reduzierter Druck

Der reduzierte Druck ist der unter Berücksichtigung des freien Volumens und den Änderungen von Temperatur, Feuchte bezogen auf den Beginn des Auswertzeitraums umgerechnete Absolutdruck.

(12) Sachverständiger

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

(13) Teilleckrate

Die Teilleckrate ist die Leckrate einer einzelnen Leckstelle.

3 Anforderungen

3.1 Messsysteme

3.1.1 Allgemeines

Bei der Wahl von Art, Zahl und Verteilung der Messsysteme ist zu berücksichtigen, dass die Leckrate umso genauer bestimmbar ist, je

- kleiner die Standardabweichung s der reduzierten Drücke,
- größer der Auswertzeitraum Δt ,
- größer die Zykluszahl n ,
- größer das Leck und je
- größer der Prüfdruck p_a ist.

3.1.2 Gasdruckmessung

(1) Die Erfassung der Größe und der zeitlichen Änderung des Absolutdruckes im Sicherheitsbehälter muss durch Messung des Gasdruckes p_a erfolgen. Die verwendeten Messgeräte und -systeme müssen temperaturkompensiert sein und folgende Anforderungen erfüllen:

Auflösung	$\leq 0,01 \%$
Messunsicherheit	$\leq 0,03 \%$
Fehlergrenzen	$\leq 1 \%$

(2) Aus Gründen der Datensicherheit ist ein zweites Druckmessgerät einsatzbereit vorzuhalten.

(3) Unzulässige Auswirkungen auf die Messung von der Art und Auslegung der Wirkdruckleitung einschließlich des Messsystems sind auszuschließen.

3.1.3 Gastemperaturmessung

3.1.3.1 Allgemeines

(1) Die verwendeten Messgeräte und -systeme müssen folgende Anforderungen erfüllen:

Auflösung	$\leq 0,05 \text{ K}$
Messunsicherheit	$\leq 0,1 \text{ K}$
Fehlergrenzen	$\pm 3 \text{ K}$

(2) Die Messfühler sind gegen Wärmestrahlung abzuschirmen.

3.1.3.2 Anzahl und Verteilung der Messfühler

(1) Bei der Festlegung von Anzahl und Verteilung der Messfühler ist zu berücksichtigen, dass die Genauigkeit der Bestimmung der mittleren Gastemperatur vom messtechnischen Aufwand und von der Größe der zeitlichen Änderung des Temperaturfeldes abhängt. Dabei ist jedem Temperaturfühler ein repräsentatives Teilvolumen zuzuordnen. Es ist mindestens 1 Messfühler/3000 m³, jedoch sind nicht weniger als 10 Messfühler vorzusehen.

(2) Die Einzelfühler sind im Sicherheitsbehälter in Horizontalschichten annähernd gleicher Schichtdicke so anzuordnen, dass die Anzahl der Fühler je Schicht ungefähr proportional zum Schichtvolumen ist. Die Schichtdicke soll kleiner als oder gleich 5 m sein. Die Schichtdicke von kleiner als oder gleich 5 m gilt bei einem Größtwert des vertikalen Temperaturgradienten von 1,5 K/m. Bei gut isoliertem Sicherheitsbehälter vor Inbetriebnahme oder nach längerem Stillstand der Anlage mit Luftumwälzung sind größere Schichtdicken bis größer als oder gleich 10 m zulässig. Bei Schichten, in welchen nur 1 Fühler vorgesehen ist, ist dieser im Schwerpunkt der Schicht anzuordnen. Schichten mit mehreren Fühlern (in der gleichen Ebene) sind so zu unterteilen, dass je Fühler annähernd gleiche Teilvolumina entstehen. Die Fühler sind jeweils im Schwerpunkt des Teilvolumens anzuordnen. Die Toleranz der Lage des Messortes soll kleiner als oder gleich $\pm 0,5 \text{ m}$ sein. Wird der Temperaturausgleich durch Decken oder Wände behindert, sind die Messfühler in den einzelnen Räumen so anzuordnen, dass die mittlere Raumtemperatur erfasst wird. Dabei sind die vorher genannten Kriterien für die Anzahl und Verteilung der Fühler im Raum zu Grunde zu legen. Bei kleineren Räumen gleichen thermischen Verhaltens dürfen mehrere Räume je Fühler zusammengefasst werden. Räume mit Wärmequellen größer als 10 kW sind auch dann mit Messfühlern zu versehen, wenn ihr Raumvolumen kleiner als 1500 m³ ist.

3.1.4 Gasfeuchtemessung

3.1.4.1 Allgemeines

Die verwendeten Messgeräte und -systeme müssen folgende auf den Wasserdampfdruck umgerechnete Forderungen erfüllen:

Auflösung	$\leq 0,3 \text{ hPa}$
Messunsicherheit	$\leq 0,5 \text{ hPa}$
Fehlergrenzen	$\pm 1 \%$ vom Prüfdruck

Der Kalibrierbereich der Gasfeuchtefühler muss im Vorfeld der Prüfung so groß gewählt werden, dass die während der Prüfung auftretenden Gasfeuchten durch den Kalibrierbereich abgedeckt werden.

3.1.4.2 Anzahl und Verteilung der Messfühler

(1) Die Anzahl der Messfühler soll 1 Gasfeuchtefühler je 10 Temperaturfühler, jedoch nicht weniger als 4 Gasfeuchtefühler betragen. Die Verteilung der Messfühler soll analog zur Verteilung der Temperaturfühler unter Berücksichtigung von Feuchtigkeitquellen erfolgen. Ein kalibrierter Messfühler ist als Ersatz vorzuhalten.

(2) Der Messfühler in der Kondensationskammer eines Siedewasserreaktors (SWR) darf durch ein Sprühen von mindestens 5 Minuten vor Beginn der Beruhigungszeit mit den betrieblichen Mitteln zur Herstellung 100%iger relativer Feuchte in der Atmosphäre der Kondensationskammer ersetzt werden. Jedem Messfühler ist ein repräsentatives Volumen zuzuordnen.



KTA 3405 Seite 4

3.1.5 Füllstand Kondensationskammer bei SWR

Die verwendeten Messgeräte und -systeme müssen folgende auf den Füllstand der Kondensationskammer umgerechnete Forderungen erfüllen:

Nichtlinearität $\leq 0,1\%$ F. S. (Full scale) oder 1,0 mm
(Der größere Wert ist zu verwenden.)

Reproduzierbarkeit $\leq 0,1\%$ F. S. oder 0,5 mm

Hysterese $\leq 0,1\%$ F. S. oder 0,5 mm

3.2 Prüfer

Der Prüfer muss für das zur Anwendung kommende Prüfverfahren entsprechend DIN EN ISO 9712 in Stufe 1 qualifiziert und zertifiziert sein und über eine entsprechende Berufserfahrung verfügen. Diese soll durch die Teilnahme an Dichtheitsprüfungen an Sicherheitsbehältern in Kernkraftwerken nachgewiesen werden. Eine Teilnahme umfasst die Prüfvorbereitung, den Prüfaufbau, die Prüfdurchführung und Auswertung der Messung und das Erstellen des Abschlussberichts.

4 Prüfprogramm

4.1 Allgemeines

Rechtzeitig vor der Prüfung ist eine Prüfanweisung nach KTA 1202 Abschnitt 3.4 zu erstellen. Diese muss insbesondere enthalten:

- Herstellung und Dokumentation des erforderlichen Zustandes der betroffenen Kernkraftwerkssysteme für die Prüfdurchführung,
Hinweis:
Hierzu gehört bei SWR die Prüfung, ob während des Auswertzeitraums ein Abpumpen aus der Kondensationskammer erforderlich ist.
- Dokumentation des Zustandes des Prüfobjektes vor, während und nach der Prüfung,
- Messfrequenz,
- Prüfzeitpunkt,
- Fahrdiagramm (Aufbringen des Prüfdrucks, Beruhigungsdauer, Auswertzeitraum, Druckänderungsgeschwindigkeit beim Aufpumpen oder Ablassen),
- Art und Umfang der Dokumentation,
- Maßnahmen zum Personenschutz insbesondere bei Begehung des Sicherheitsbehälters unter Prüfdruck,
- Maßnahmen zum Brandschutz.

4.2 Prüfdruck

4.2.1 Erstprüfung

Die Erstprüfung ist, ausgehend vom drucklosen Zustand, in zwei aufeinander folgenden Druckstufen durchzuführen und zwar bei mindestens um $0,5 \cdot 10^5$ Pa über dem Umgebungsdruck sowie dem Auslegungsdruck. Für Anlagen mit einem Auslegungsdruck kleiner als oder gleich $1,5 \cdot 10^5$ Pa ist der Prüfdruck mit der zuständigen Behörde oder einem beauftragten Sachverständigen festzulegen.

4.2.2 Wiederkehrende Prüfungen

Die wiederkehrende Prüfung (WKP) muss grundsätzlich beim Auslegungsdruck nach entsprechender Vorbereitung möglich sein. Die WKP ist ausgehend vom Absolutdruck im Sicherheitsbehälter vor dem Beginn der Prüfung mit einem Absolutdruck der mindestens um $0,5 \cdot 10^5$ Pa über dem Umgebungsdruck liegt zu beaufschlagen. Dieser Mindestdifferenzdruck von $0,5 \cdot 10^5$ Pa soll während des Auswertzeitraums nicht

unterschritten werden. Für Anlagen mit einem Auslegungsdruck kleiner als oder gleich $1,5 \cdot 10^5$ Pa ist der Prüfdruck mit der zuständigen Behörde oder einem beauftragten Sachverständigen festzulegen.

4.3 Beruhigungsdauer

Nach mittleren Druckänderungsgeschwindigkeiten größer als 50 hPa/h muss eine Beruhigungsdauer von mindestens 6 Stunden eingehalten werden, damit Störeinflüsse, z. B. die Gasspeicherung in Betonporen und instationäre Gaszustände infolge der Einspeisung komprimierter Luft abgeklungen sind.

4.4 Auswertzeitraum

4.4.1 Erstprüfung

Der Auswertzeitraum soll 36 Stunden betragen, darf jedoch bis auf 18 Stunden verkürzt werden, wenn die Bedingung der Formel 7-6 erfüllt ist.

4.4.2 Wiederkehrende Prüfung

Der Auswertzeitraum muss, unter der Bedingung, dass die Vorgabe der Formel 7-25 eingehalten wird, mindestens 10 Stunden betragen.

4.5 Prüfzeitpunkt

4.5.1 Erstprüfung

Die Erstprüfung darf erst durchgeführt werden, wenn der Sicherheitsbehälter gegen Temperatureinflüsse von außen geschützt ist und die Druckprüfung nach Betriebssicherheitsverordnung durchgeführt wurde.

4.5.2 Wiederkehrende Prüfung

(1) Die WKP sind in den für den Sicherheitsbehälter nach KTA 3401.4 festgelegten Prüfintervallen durchzuführen.

(2) Der Zeitpunkt der Prüfung ist so festzulegen, dass sich die Anlage in einem ausgekühlten, möglichst isothermen Zustand befindet, z. B. vor dem Wiederanfahren am Ende einer Revision oder nach längerem Stillstand der Anlage.

5 Prüfungsvorbereitung

5.1 Messgeräte

(1) Die Messwerterfassung soll zentral außerhalb des Sicherheitsbehälters erfolgen. Dazu muss ein klimatisierbarer und ausreichend staubfreier Raum zur Verfügung stehen. Ort und Zugänglichkeit des Messraumes müssen den einschlägigen Bestimmungen genügen.

(2) Lage und Funktionsfähigkeit der Messfühler sind zu prüfen. Das Ergebnis ist in den Formblättern des **Anhangs B** zu protokollieren.

(3) Die Kalibrierung der Druck- und Feuchtefühler soll nicht länger als 1 Jahr zurück liegen.

(4) Die Richtigkeit der Messwerte der installierten Messsysteme ist stichprobenartig auf Plausibilität zu überprüfen.

(5) Ein Verlust der automatisch erfassten Messdaten ist durch geeignete Maßnahmen zu vermeiden.

5.2 Druckerzeuger

(1) Bei der Bedienung der Druckerzeuger zur Herstellung des Prüfdruckes ist sicherzustellen, dass der Prüfdruck und die zulässige Druckänderungsgeschwindigkeit entsprechend Prüfprogramm nicht überschritten werden.



(2) Ölabscheider, Luftkühler und Filter von Kompressoren sind so auszuwählen, dass ein möglichst geringer Feuchte- und Ölgehalt in der einzuspeisenden Luft gewährleistet ist.

(3) Es ist durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen, dass eine Rückströmung aus dem Sicherheitsbehälter über die Aufpumpleitung in die Umgebung verhindert wird (z. B. durch Rückschlagarmaturen, Meldekettchen). Nach dem Erreichen des Prüfdrucks sind die Druckerzeuger vom Prüfobjekt zu trennen.

5.3 Prüfobjekt

(1) Grundsätzlich müssen für die Erstprüfung alle Durchdringungen des Sicherheitsbehälters bis zum ersten inneren oder äußeren Festpunkt sowie ihre ersten inneren oder äußeren Absperrrichtungen vorhanden sein.

(2) Die Durchdringungen des Sicherheitsbehälters sind durch die vorgesehenen Absperrrichtungen mit betriebsgerechtem Antrieb abzuschließen. Hiervon ausgenommen sind Systeme, die nach den Vorgaben des Betriebshandbuchs in diesem Betriebszustand der Anlage in Betrieb sein müssen. Bei der Erstprüfung dürfen ausnahmsweise an Systemen, die im späteren Betrieb nicht mit der Atmosphäre des Sicherheitsbehälters in Verbindung stehen, dann Blindverschlüsse verwendet werden, wenn nachgewiesen werden kann, dass der Einfluss auf das Prüfergebnis der Erstprüfung vernachlässigbar ist.

(3) Die inneren Schleusentore sind zu öffnen, die äußeren Schleusentore sind zu schließen und unter Verwendung der betriebsmäßigen Mechanik zu verriegeln.

5.4 Anlagenteile

(1) Es ist sicherzustellen, dass alle Räume, Systeme und Komponenten im Sicherheitsbehälter, soweit sicherheitstechnisch zulässig und technisch möglich, mit dem Prüfdruck beaufschlagt werden können.

(2) Es ist zu prüfen, ob Anlagenteile (z. B. Behälter, Betriebsinstrumentierung, Beleuchtung) durch den Prüfdruck beschädigt werden können oder ob die Betriebsinstrumentierung falsche Werte liefert (z. B. Feuermelder). Gegebenenfalls sind Maßnahmen zu treffen, durch die derartige Auswirkungen verhindert werden.

(3) Die Beleuchtung im Sicherheitsbehälter soll auf ein notwendiges Maß reduziert werden.

(4) Die Systeme der Nachwärmeabfuhr sind während der Prüfung stationär zu betreiben. Strangumschaltungen sind, soweit möglich, zu vermeiden.

(5) Behälter mit hohem Gasinnendruck, deren Druck nicht auf Umgebungsdruck abgesenkt werden kann, sind vor WKP mit geeigneten Mitteln auf Dichtheit zu prüfen.

(6) Anlagenteile im Sicherheitsbehälter sind, soweit nach BHB und Prüfanweisung zulässig, außer Betrieb zu nehmen.

(7) Der Zustand der Anlagenteile im Sicherheitsbehälter ist entsprechend **Anhang B** zu protokollieren.

6 Durchführung der Prüfung

(1) Die Prüfung ist entsprechend der Prüfanweisung durchzuführen. Der Zustand der Sicherheitsbehälter-Absperrrichtungen, insbesondere der Schleusen, darf während des Auswertungszeitraums nur nach den Vorgaben der Prüfanweisung verändert werden.

(2) Es ist eine Messfrequenz von mindestens 6/h zu wählen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein längerer Auswertungszeit-

raum oder eine höhere Messfrequenz die Genauigkeit der Ergebnisse verbessert.

(3) Bei Ausfall des Messsystems von mehr als einer Stunde ist die Messzeit um die Ausfallzeit zu verlängern.

(4) Während der Messung sind alle elektrischen Messgrößen in die zugehörigen physikalischen Größen zu überführen und die Zustandsgrößen des Gasgemisches im Sicherheitsbehälter zu bestimmen.

(5) Die Zustandsgrößen und der ermittelte reduzierte Druck sind zur laufenden Überwachung während der Prüfung zeitnah grafisch darzustellen.

(6) Bei Ausfall von einzelnen Messfühlern ist das weitere Vorgehen mit dem Sachverständigen festzulegen. Ist aus dem vorausgegangenen Messwertverlauf erkennbar, dass der Einfluss der Messwerte der ausgefallenen Fühler auf das Messergebnis vernachlässigbar ist, darf die Prüfung fortgesetzt werden.

(7) Lässt sich während der Prüfzeit die Zufuhr von Gasen von außen in den Sicherheitsbehälter nicht vermeiden, oder wird Gas über ein Leckabsaugesystem abgeführt, so ist der Massenstrom durch Messung des Volumenstromes und des Gaszustandes (Druck, Temperatur) zu bestimmen. Eine Rückspeisung in den Sicherheitsbehälter ist nicht zulässig.

(8) Der Füllstand des Brennelementbeckens von Druckwasserreaktoren (DWR) und der Kondensationskammer von SWR ist während der Prüfung konstant zu halten oder Füllstandsänderungen sind auf das kleinste, unvermeidbare Maß zu reduzieren.

(9) Die Temperatur des Kühlmittels im Brennelementbecken sollte während der Prüfung gleich sein mit der Temperatur der umgebenden Atmosphäre oder geringfügig darunter liegen. Dazu ist rechtzeitig vor Beginn der Prüfung das Rückkühlsystem des Brennelementbeckens entsprechend einzustellen. Liegt die Temperatur des Kühlmittels im Brennelementbecken während des Auswertungszeitraums weit über der Temperatur der umgebenden Atmosphäre, ist die Beeinflussung des Messergebnisses hierdurch durch den Betreiber und den Sachverständigen zu bewerten.

(10) Ist bei SWR ein Abpumpen aus der Kondensationskammer nach Abschnitt 4.1 a) erforderlich, soll der Abpumpvorgang etwa in der Mitte des Auswertungszeitraums durchgeführt werden. Nach erfolgtem Abpumpen ist die Messung mindestens zwei Stunden fortzusetzen. Tritt ein Versatz zwischen den beiden Kurvenabschnitten (jeweils gleiche Dauer) vor und nach dem Abpumpen auf, ist dies zu bewerten.

Hinweis:

Ziel des Abpumpens ist, dass am Ende des Auswertungszeitraums wieder der gleiche Füllstand wie zu Beginn des Auswertungszeitraums gegeben ist.

(11) Ist während der Prüfung absehbar, dass das Prüfziel nicht erreicht werden kann, ist durch den Prüfer der Verantwortliche des Betreibers zu informieren. Die erforderliche Lecksuche ist entsprechend **Formblatt 19 Anhang B** durchzuführen. Die Lecksuche darf parallel durch mehrere Gruppen erfolgen. Maßnahmen zur Reduzierung der Leckrate sind einzeln und nach Freigabe auszuführen. Nach dem Ausführen einer einzelnen Maßnahme ist ein eventueller Einfluss auf die Leckrate abzuwarten. Erst danach sollen weitere Maßnahmen ergriffen werden.

7 Auswertung der Messergebnisse

7.1 Allgemeines

(1) Folgende Messgrößen sind zu bestimmen:



KTA 3405 Seite 6

- a) Prüfdruck p_a
- b) Gastemperatur T_r
- c) Partialdruck p_d
- d) Volumenverhältnis V/V_0

(2) Einzelne Messwerte (Ausreißer) dürfen bei der Auswertung entfallen, wenn erkennbar ist, dass der einzelne Messwert nicht plausibel oder auf Störeinflüsse zurückzuführen ist. Der Auswertzeitraum muss wegen einzelner verworfener Messwerte nur dann verlängert werden, wenn eine Gesamtausfallzeit von einer Stunde überschritten wird.

(3) Die Auswertung ist in folgenden Schritten durchzuführen:

- a) Berechnung der reduzierten Drücke,
- b) Berechnung der Leckrate,
- c) Berechnung der Vertrauensgrenzen der Leckrate,
- d) Berechnung der Leckagerate,
- e) Berechnung der Vertrauensgrenzen der Leckagerate.

7.2 Berechnung der reduzierten Drücke

(1) Da sich die Zustandsgrößen Temperatur, Feuchte und das Behältervolumen gegenüber dem Bezugszustand zeitlich ändern können, sind die Drücke auf diesen umzurechnen. Der so reduzierte Druck ist dann:

$$p_b = (p_a - p_d) \frac{V \cdot T_0}{V_0 \cdot T} \quad (7-1)$$

(2) Zur Bestimmung des Partialdruckes ist die relative Feuchte φ_j auf den Wasserdampfdruck p_{d_j} nach folgenden Gleichungen umzurechnen

$$p_{d_j} = \varphi_j \cdot p_{s_j} \quad (7-2)$$

$$\ln p_{s_j} = 56,88 - \frac{6891,3}{T_{r_j}} - 5,32 \cdot \ln T_{r_j} \quad (7-3)$$

(p_s in hPa).

(3) Die mittlere absolute Gastemperatur des Gasgemisches im Sicherheitsbehälter ist durch massenproportionale Mittelung nach folgender Gleichung zu bestimmen:

$$T_r = \frac{\sum V_j}{\sum \frac{V_j}{T_{r_j}}} \quad (7-4)$$

(4) Der mittlere Wasserdampfdruck ist nach folgender Gleichung volumenproportional zu ermitteln:

$$p_d = \frac{\sum V_j \cdot p_{d_j}}{\sum V_j} \quad (7-5)$$

(5) Bei den geltenden Auslegungsbedingungen (z.B. Konstruktionsform und Werkstoffwahl) darf die druckabhängige Volumenänderung des Sicherheitsbehälters vernachlässigt werden.

(6) Treten bei der Erstprüfung beim reduzierten Druck Abweichungen vom linearen Verlauf auf, muss in jedem Fall geprüft werden, ob für 2 unmittelbar aneinander anschließende Berechnungsabschnitte (1) und (2) von je mindestens 5 Stunden Auswertzeitraum mit gleicher Messfrequenz und gleicher Anzahl von Messzyklen [$n(1) = n(2) = n$] die Neigungen der Ausgleichsgeraden B (1) und B (2) übereinstimmen. Die folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$\frac{|B(1) - B(2)|}{\sqrt{(s(1))^2 + (s(2))^2}} \cdot \sqrt{\sum t_i^2 - \frac{1}{n} (\sum t_i)^2} < t_{\alpha_1} \quad (7-6)$$

Die Faktoren für t_{α_1} sind der **Tabelle 7-1** zu entnehmen.

Anzahl n der Messzyklen je Berechnungsabschnitt	Wert für t_{α_1}
3	4,30
4	2,80
5	2,40
6	2,30
7	2,20
10	2,10
20	2,03
30	2,00
50	1,98
100	1,97
über 100	1,96

Tabelle 7-1: Statistischer Faktor t_{α_1} für verschiedene Messzyklenzahlen

Bei Nichterfüllung der Bedingung der Formel 7-6 müssen aus dem Gesamtverlauf der reduzierten Druckwerte zwei Abschnitte herausgegriffen werden, die diese Bedingung erfüllen. Beide Abschnitte müssen sich über insgesamt 36 Stunden erstrecken und in zeitlicher Folge drei aufeinander folgende volle Halbwellen erfassen. Falls nach Auswahl des Abschnittes die Bedingung noch nicht erfüllt ist, muss der Auswertzeitraum um mindestens 12 Stunden verlängert werden.

7.3 Berechnung der Leckrate

(1) Die nach Abschnitt 7.2 ermittelten reduzierten Druckwerte sind linear auszugleichen, da bei Leckraten kleiner als oder gleich 5%/d der zeitliche Druckabfall so gering ist, dass der exponentielle Druckverlauf durch einen linearen Druckverlauf angenähert werden kann.

(2) Die Steigung B und der Ordinatenabschnitt A der Ausgleichsgeraden sind nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate nach folgenden Gleichungen (nach A. Linder, Statistische Methoden, Birkhauser Verlag, Basel 1964) zu bestimmen:

$$B = \frac{n \cdot \sum (t_i \cdot p_{b_i}) - \sum t_i \cdot \sum p_{b_i}}{n \cdot \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2} \quad (7-7)$$

$$A = \frac{1}{n} (\sum p_{b_i} - B \cdot \sum t_i) \quad (7-8)$$

(3) Aus Steigung und Ordinatenabschnitt der Ausgleichsgeraden ist die Leckrate nach folgender Formel zu bestimmen:

$$L_{\text{integral}} = -\frac{B}{A} \quad (7-9)$$

(4) Bei der Dichtheitsprüfung werden gemessene Teilleckraten berücksichtigt. Die Massenänderung Δm ist entsprechend folgender Formel umzurechnen:

$$L_{\text{Teil}} = \frac{1}{\Delta t} \frac{\Delta m}{m} \quad (7-10)$$



(5) Werden Volumenströme gemessen, darf folgende Formel verwendet werden:

$$L_{\text{Teil}} = \frac{\dot{V}_{\text{Gz}} \cdot \bar{p}_{1,\text{Gz}} \cdot \bar{T}_{\text{SB}}}{V_{\text{SB}} \cdot \bar{p}_{1a} \cdot \bar{T}_{\text{Gz}}} \quad (7-11)$$

(6) Dabei muss das freie Volumen des Sicherheitsbehälters bekannt sein. Die Unsicherheit darf höchstens $\pm 5\%$ betragen.

(7) Teilleckraten, die einen Massenzuwachs im Sicherheitsbehälter bewirken, erhalten ein positives Vorzeichen. Teilleckraten, die einen Massenverlust im Sicherheitsbehälter bewirken, dürfen nur dann berücksichtigt werden, wenn die Leckstellen nach der Prüfung dauerhaft beseitigt werden. Sie erhalten ein negatives Vorzeichen. Die Leckrate ist aus folgender Gleichung zu bestimmen:

$$L = L_{\text{integral}} + \sum L_{\text{Teil}} \quad (7-12)$$

7.4 Berechnung der Vertrauensgrenzen der Leckrate

7.4.1 Vertrauensgrenzen der Leckrate

(1) Die Standardabweichung der reduzierten Drücke ist (nach A. Linder, 1964) nach folgenden Formeln zu berechnen:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (A + B \cdot t_i - p_{b_i})^2}{n - 2}} \quad (7-13)$$

für die Steigung der Ausgleichsgeraden

$$s_B = s \cdot \sqrt{\frac{n}{n \cdot \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}} \quad (7-14)$$

für den Ordinatenabschnitt der Ausgleichsgeraden

$$s_A = s \cdot \sqrt{\frac{\sum t_i^2}{n \cdot \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}} \quad (7-15)$$

(2) Der Vertrauensbereich für die nach Abschnitt 7.3 errechnete Leckrate ist zweimal s_L und berechnet sich nach folgender Gleichung:

$$s_L = \left(1 + \frac{s_A}{A} \cdot \frac{|B|}{s_B} \right) \cdot \frac{s_B}{A} \cdot t_{\alpha_2} \quad (7-16)$$

Ist $\frac{s_A}{A} \cdot \frac{|B|}{s_B} \ll 1$ darf $s_L = \frac{s_B}{A} \cdot t_{\alpha_2}$ (7-17)

als Näherung angenommen werden. Die Faktoren für t_{α_2} sind der **Tabelle 7-2** zu entnehmen.

Die Vertrauensgrenzen sind wie folgt zu berechnen:

$$L + s_L \text{ und } L - s_L \quad (7-18)$$

7.4.2 Vertrauensgrenzen des Leckratenwertes

(1) Die Vertrauensgrenzen der Leckrate sind aus dem Vertrauensbereich für die Leckrate und dem Fehler der Teilleckraten-Messung zu berechnen:

$$\frac{s_{L_{\text{Teil}}}}{L_{\text{Teil}}} = \left[\left(\frac{G(V_{\text{Gz}})}{V_{\text{Gz}}} \right)^2 + \left(\frac{G(V_{\text{SB}})}{V_{\text{SB}}} \right)^2 + \left(\frac{G(p_{1,\text{Gz}})}{p_{1,\text{Gz}}} \right)^2 + \left(\frac{G(p_{1a})}{p_{1a}} \right)^2 + \left(\frac{G(T_r)}{T_r} \right)^2 + \left(\frac{G(T_{\text{Gz}})}{T_{\text{Gz}}} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (7-19)$$

$$s_L = \sqrt{(s_{L_{\text{integral}}})^2 + (s_{\text{Teil}})^2} \quad (7-20)$$

Anzahl n der Messzyklen	Wert für t_{α_2}
4	13.10
6	5.60
8	4.30
10	3.83
15	3.37
20	3.20
30	3.05
50	2.94
100	2.87
200	2.84
500	2.82
über 500	2.81

Tabelle 7-2: Statistischer Faktor t_{α_2} für verschiedene Messzyklenzahlen

7.5 Umrechnung auf Auslegungsdruck

(1) Neben der zulässigen Leckrate $L_{1,\text{zul}}$ beim Auslegungsdruck $p_{ü1}$ ist die Leckrate $L_{2,\text{zul}}$ beim Druck $p_{ü2}$ nach folgender Beziehung zu bestimmen:

Falls $\frac{L_2}{L_1} \leq \left(\frac{p_{ü2}}{p_{ü1}} \right)^{1/2}$ ist, ergibt sich für

$$L_{2,\text{zul}} = L_{1,\text{zul}} \cdot \frac{L_2}{L_1} \quad (7-21)$$

Falls $\frac{L_2}{L_1} > \left(\frac{p_{ü2}}{p_{ü1}} \right)^{1/2}$ ist, ergibt sich für

$$L_{2,\text{zul}} = L_{1,\text{zul}} \cdot \left(\frac{p_{ü2}}{p_{ü1}} \right)^{1/2} \quad (7-22)$$

wobei L_2 die bei der Erstprüfung beim Druck der WKP gemessene Leckrate, L_1 die bei der Erstprüfung bei Auslegungsdruck gemessene Leckrate, $p_{ü2}$ der Druck der WKP und $p_{ü1}$ der Auslegungsdruck ist.

(2) Der Vertrauensbereich darf bei der Erstprüfung 4 % der zulässigen Leckrate $L_{1,\text{zul}}$ nicht überschreiten d.h.

$$\text{bei Auslegungsdruck } \frac{s_{L_1}}{L_{1,\text{zul}}} \leq 0,02 \quad (7-23)$$

beim Druck wiederkehrender Prüfung

$$\frac{s_{L_2}}{L_{1,\text{zul}}} \leq 0,02 \quad (7-24)$$

(3) Der Vertrauensbereich darf bei der WKP 60 % der zulässigen Leckrate $L_{2,\text{zul}}$ nicht überschreiten, d.h.

$$\frac{s_L}{L_{2,\text{zul}}} \leq 0,3 \quad (7-25)$$

Hinweis:

Wenn eine der gemessenen Leckraten (L_1 , L_2) oder beide gemessenen Leckraten sehr klein sind ($\leq 0,01\%/d$), müssen Sondervereinbarungen zwischen den Beteiligten getroffen werden.



KTA 3405 Seite 8

7.6 Umrechnung zulässiger Werte von einer Leckrate in eine Leckagerate

7.6.1 Bestimmung des Grenzwertes für die WKP

Die Umrechnung des Dichtheitskriteriums von den Ausleungsbedingungen auf die Prüfbedingungen hat nach Abschnitt 7.5 zu erfolgen. Die Leckagerate q_L ist nach folgender Formel zu bestimmen:

$$q_{L, \text{Prüfdruck}} = \frac{L_{2, \text{zul}} \cdot V \cdot p_a}{8,64 \cdot 10^6} [\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (7-26)$$

$L_{2, \text{zul}}$ [%/d],

V [m^3],

p_a [Pa] mittlerer Prüfdruck des Auswertzeitraums

7.6.2 Umrechnung des Messergebnisses von einer Leckrate in eine Leckagerate

7.6.2.1 Messwertumrechnung

Die Umrechnung der gemessenen Leckrate L in eine Leckagerate q_L ist nach folgender Formel durchzuführen:

$$q_{L, \text{Prüfdruck}} = \frac{L \cdot V \cdot p_a}{8,64 \cdot 10^6} [\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (7-27)$$

L [%/d],

V [m^3],

p_a [Pa] mittlerer Prüfdruck des Auswertzeitraums

7.6.2.2 Umrechnung des Vertrauensbereichs

Die Umrechnung des Vertrauensbereichs ist nach folgender Formel durchzuführen:

$$q_{L, \text{Vertrauensgrenze}} = \frac{\pm s_L \cdot V \cdot p_a}{8,64 \cdot 10^6} [\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (7-28)$$

8 Bewertung des Ergebnisses

Die Prüfung gilt als erfolgreich abgeschlossen, wenn folgende Anforderung erfüllt ist:

$$q_{L, \text{Prüfdruck}} + q_{L, \text{Vertrauensgrenze}} \leq q_{L, \text{Prüfdruck}}$$

9 Dokumentation

9.1 Vor-Ort-Bericht

Direkt nach dem Ende der Messung ist vom Prüfer ein Vor-Ort-Bericht zu erstellen. Dieser muss mindestens enthalten:

- Ort, Zeit und Dauer der Messung,
- ermittelte Leckagerate einschließlich des Vertrauensbereichs,
- zulässige Leckagerate,
- graphische Darstellung des Verlaufs des reduzierten Druckes und der Leckagerate,
- Ausdruck der wesentlichen Eingangsparameter des Auswertprogramms,
- Besonderheiten im Prüfablauf (z. B. Ausfallzeiten, Begehung des SHB, Gründe für Verlängerung der Messzeiten).

9.2 Abschlussbericht

(1) Es ist vom Prüfer ein Abschlussbericht zu erstellen. Dieser muss enthalten:

- Formblätter nach **Anhang B**,
- Kalibrierunterlagen der verwendeten Messgeräte,
- Qualitätssicherungsschritte beim Versuchsaufbau,
- für das Messergebnis relevante Besonderheiten und damit verbundene Maßnahmen,
- Maßnahmen, die im Zusammenhang mit einer eventuell erforderlichen Lecksuche durchgeführt wurden.

(2) Die Formblätter 1 bis 19 sind vom Betreiber der Anlage auszufüllen. Die Formblätter 20 bis 28 sind vom Prüfer auszufüllen.

(3) Der Abschlussbericht ist dem Auftraggeber innerhalb von drei Monaten nach Abschluss der WKP vorzulegen.

(4) Der Umfang der Dokumentation ist nach KTA 1404 festzulegen.



Anhang A

Formelzeichen und Einheiten

Formelzeichen	Bezeichnung	Einheit
A	Ordinatenabschnitt der Ausgleichsgeraden	Pa
B	Steigung der Ausgleichsgeraden	Pa/h
G	Fehlergrenze	
L, L _{Teil}	Leckrate, Teilleckrate	%/d
L ₁	Leckrate bei Auslegungsdruck	%/d
L ₂	Leckrate bei Prüfdruck	%/d
q _L	Leckagerate	Pa m ³ /s
m, Δm	Gasmasse, Gasmassendifferenz	kg
n	Anzahl der Messzyklen	-
p _a	Absolutdruck gegenüber Vakuum (Prüfdruck)	Pa
p _b	reduzierter Druck	Pa
p _d	Wasserdampfpartialdruck	Pa
p _s	Sättigungsdruck	Pa
p _ü	Druck gegenüber Atmosphärendruck	hPa
s	Standardabweichung der reduzierten Drücke	hPa
s _A	Standardabweichung von A	hPa
s _B	Standardabweichung von B	hPa/h
s _L	Vertrauensbereich Leckrate	%/d
t, Δt	Zeit, Zeitdifferenz	h, d
t _α	statistischer Faktor	-
T, ΔT	Temperatur, Temperaturdifferenz	K
T _r	Gastemperatur im Sicherheitsbehälter	K
V	freies Volumen	m ³
v	Messfrequenz	1/h
φ _j	relative Feuchte	%

Indizes und Sonderzeichen

Als laufende Indizes werden i und j verwendet. Zeitabhängige Größen werden mit i = 1,...,n indiziert, örtliche Größen mit j = 1,...,k.

Der Index 0 bezeichnet den Bezugszustand der Auswertung (z. B. V₀).

Zeitliche Mittelwerte werden durch einen waagerechten Strich (z. B. \bar{T}), Ströme durch einen Punkt (z. B. \dot{v} ist der Volumenstrom) gekennzeichnet. Der Index SB (z. B. T_{SB}) kennzeichnet den Sicherheitsbehälter und Gz (z. B. V_{Gz}) die Gasuhr.



Anhang B

Formblätter

Dieser Anhang enthält Formblätter in verkleinerter Form für die Beschreibung des Prüfzustandes und für die Protokollierung der Durchführung der Prüfung. Diese umfassen:

- Formblatt 1: Deckblatt für das Protokoll
- Formblatt 2: Allgemeines
- Formblatt 3: Beschreibung des Prüfzustandes, Sicherheitsbehälter
- Formblatt 4: Beschreibung des Prüfzustandes, Montageöffnungen
- Formblatt 5: Beschreibung des Prüfzustandes, Materialschleusen
- Formblatt 6: Beschreibung des Prüfzustandes, Personenschleusen
- Formblatt 7: Beschreibung des Prüfzustandes, Personennotschleusen
- Formblatt 8: Beschreibung des Prüfzustandes, Schnellschlussklappen der Lüftungsanlage
- Formblatt 9: Beschreibung des Prüfzustandes, Rohrleitungsdurchführungen
- Formblatt 10: Beschreibung des Prüfzustandes, Kabeldurchführungen
- Formblatt 11: Beschreibung des Prüfzustandes, Leckabsaugesystem
- Formblatt 12: Beschreibung des Prüfzustandes; Dampferzeugersysteme; übrige druckführende Systeme
- Formblatt 13: Beschreibung des Prüfzustandes; Lagerbecken; Sonstige Einbauten des Sicherheitsbehälters; Lüftung des Sicherheitsbehälters; Reaktorschutz- oder Steuersysteme
- Formblatt 14: Beschreibung des Prüfzustandes, Isolierung/Betoneinbauten innerhalb des SB
- Formblatt 15: Beschreibung des Prüfzustandes, Ort und NW aller Öffnungen
- Formblatt 16: Beschreibung des Prüfzustandes, Verschluss aller Öffnungen
- Formblatt 17: Beschreibung des Prüfzustandes, Wärmequellen
- Formblatt 18: Beschreibung der Druckerzeuger und Installationsschema
- Formblatt 19: Lecksuche
- Formblatt 20: Beschreibung der Messsysteme, Gasdruckmessung
- Formblatt 21: Beschreibung der Messsysteme, Gastemperaturmessung
- Formblatt 22: Beschreibung der Messsysteme, Gastemperaturmessung - Volumenzuordnung
- Formblatt 23: Beschreibung der Messsysteme, Gastemperaturmessung - Prinzipschaltbild
- Formblatt 24: Beschreibung der Messsysteme, Gasfeuchtemessung
- Formblatt 25: Beschreibung der Messsysteme, Gasfeuchtemessung - Volumenzuordnung
- Formblatt 26: Beschreibung der Messsysteme, Gasfeuchtemessung - Prinzipschaltbild
- Formblatt 27: Beschreibung der Messsysteme, sonstige Messsysteme
- Formblatt 28: Durchführung der Prüfung



Formblatt 1: Deckblatt für das Protokoll

Kernkraftwerk

Block

Standort

PROTOKOLL
der
Dichtheitsprüfung
des Sicherheitsbehälters

Das Protokoll umfasst Seiten Blätter

.....
Ort, Datum

Verantwortlicher des Betreibers

Prüfer

Der Sachverständige nach § 20 AtG



KTA 3405 Seite 12

Formblatt 2: Allgemeines

1. Allgemeines

1.1 Hersteller:

1.2 Betreiber:

1.3 Anlagenbezeichnung:

.....

1.4 Baujahr

1.5 Standort

1.6 Beginn der Prüfungen Datum

Uhrzeit

1.7 Ende der Prüfungen Datum

Uhrzeit

1.8 Art des Reaktors: - Siedewasserreaktor

- Druckwasserreaktor

- Sonstiges

(wenn ja erläutern)

1.9 Auslegungsdruck bar

1.10 Zulässige Leckrate %/d bei Auslegungsdruck

1.11 Freies Volumen m³ rechnerischer/experimenteller Wert *)

1.12 Art der Prüfungen:

- Erstprüfung

- Vorbetriebsprüfung

(1. wiederkehrende Prüfung)

- wiederkehrende Prüfung

(lfd. Nr.)

1.13 Genehmigungsbehörde:

1.14 Gutachter:

(Name)

1.15 Sachverständiger (§ 20 AtG):

(Name, Institution)

1.16 Durchführende Stelle:

(Institution)

1.17 Prüfer:

(Name, Institution)

*) nicht zutreffendes streichen



Formblatt 3: Beschreibung des Prüfzustandes, Sicherheitsbehälter

2. Prüfobjekt

2.1 Sicherheitsbehälter

(ausschließlich aller Schleusen, Montageöffnungen und Durchführungen)

2.1.1 Art des Behälters

(Form, Abmessungen, Baustoff, Montageart oder Hinweis auf Herstellerzeichnungen oder Spezifikationen):

.....
.....
.....

2.1.2 Bauzustand, Arbeiten abgeschl.:

(wenn nein, erläutern)

ja

nein

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2.1.3 Vorausgegangene, seit der letzten WKP die Dichtheit beeinflussende Arbeiten

(Montage-, Demontage-, Reparaturarbeiten):

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2.1.4 Örtliche Dichtheitsprüfungen

wenn ja, siehe Prüfprotokolle Nr.

ja

nein

2.1.5 Sonstiges

.....
.....
.....

Anmerkung: Ort und NW aller Öffnungen siehe Formblatt 15

Verschluss aller Öffnungen siehe Formblatt 16



KTA 3405 Seite 14

Formblatt 4: Beschreibung des Prüfzustandes, Montageöffnungen

2.2 Montageöffnungen

Anzahl

2.2.1 Art der Montageöffnungen

(Form, Abmessungen, Baustoff, Montageart oder Hinweis auf Herstellerzeichnungen oder Spezifikation):

.....
.....
.....

2.2.2 Bauzustand, Arbeiten abgeschl.:
(wenn nein, erläutern)

ja

nein

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2.2.3 Vorausgegangene, seit der letzten WKP die Dichtheit beeinflussende Arbeiten
(Montage-, Demontage-, Reparaturarbeiten):

.....
.....
.....
.....

2.2.4 Örtliche Dichtheitsprüfungen

wenn ja, siehe Prüfprotokolle Nr.

ja

nein

2.2.5 Sonstiges

.....
.....
.....

Anmerkung: Ort und NW aller Öffnungen siehe Formblatt 15
Verschluss aller Öffnungen siehe Formblatt 16



Formblatt 5: Beschreibung des Prüfzustandes, Materialschleusen

2.3 Materialschleusen

Anzahl

2.3.1 Art der Materialschleusen

(Form, Abmessungen, Baustoff, Montageart oder Hinweis auf Herstellerzeichnungen oder Spezifikationen):

.....

.....

.....

2.3.2 Bauzustand, Arbeiten abgeschl.:

ja

nein

(wenn nein, erläutern)

.....

.....

.....

.....

.....

2.3.3 Vorausgegangene, seit der letzten WKP die Dichtheit beeinflussende Arbeiten

(Montage-, Demontage-, Reparaturarbeiten):

.....

.....

.....

.....

.....

2.3.4 Örtliche Dichtheitsprüfungen

ja

nein

wenn ja, siehe Prüfprotokolle Nr.

2.3.5 Sonstiges

.....

.....

.....

Anmerkung: Ort und NW aller Öffnungen siehe Formblatt 15

Verschluss aller Öffnungen siehe Formblatt 16



KTA 3405 Seite 16

Formblatt 6: Beschreibung des Prüfzustandes, Personenschleusen

2.4 Personenschleusen

Anzahl

2.4.1 Art der Personenschleusen

(Form, Abmessungen, Baustoff, Montageart oder Hinweis auf Herstellerzeichnungen oder Spezifikationen):

.....
.....
.....

2.4.2 Bauzustand, Arbeiten abgeschl.:
(wenn nein, erläutern)

ja

nein

.....
.....
.....
.....
.....

2.4.3 Vorausgegangene, seit der letzten WKP die Dichtheit beeinflussende Arbeiten
(Montage-, Demontage-, Reparaturarbeiten):

.....
.....
.....
.....
.....

2.4.4 Örtliche Dichtheitsprüfungen
wenn ja, siehe Prüfprotokolle Nr.

ja

nein

2.4.5 Sonstiges

.....
.....
.....

Anmerkung: Ort und NW aller Öffnungen siehe Formblatt 15
Verschluss aller Öffnungen siehe Formblatt 16



Formblatt 7: Beschreibung des Prüfzustandes, Personennotschleusen

2.5 Personennotschleusen

Anzahl

2.5.1 Art der Personennotschleusen

(Form, Abmessungen, Baustoff, Montageart oder Hinweis auf Herstellerzeichnungen oder Spezifikationen):

.....
.....
.....

2.5.2 Bauzustand, Arbeiten abgeschl.:
(wenn nein, erläutern)

ja

nein

.....
.....
.....
.....
.....

2.5.5 Vorausgegangene, seit der letzten WKP die Dichtheit beeinflussende Arbeiten
(Montage-, Demontage-, Reparaturarbeiten):

.....
.....
.....
.....
.....

2.5.4 Örtliche Dichtheitsprüfungen
wenn ja, siehe Prüfprotokolle Nr.

ja

nein

2.5.5 Sonstiges

.....
.....
.....

Anmerkung: Ort und NW aller Öffnungen siehe Formblatt 15
Verschluss aller Öffnungen siehe Formblatt 16



KTA 3405 Seite 18

Formblatt 8: Beschreibung des Prüfzustandes, Schnellschlussklappen der Lüftungsanlage

2.6 Schnellschlussklappen der Anzahl Lüftungsanlage

Anzahl

2.6.1 Art der Schnellschlussklappen

(Form, Abmessungen, Baustoff, Montageart oder Hinweis auf Herstellerzeichnungen oder Spezifikationen):

.....
.....
.....

2.6.2 Bauzustand, Arbeiten abgeschl.:
(wenn nein, erläutern)

ja

nein

.....
.....
.....
.....
.....

2.6.3 Vorausgegangene, seit der letzten WKP die Dichtheit beeinflussende Arbeiten
(Montage-, Demontage-, Reparaturarbeiten):

.....
.....
.....
.....
.....

2.6.4 Örtliche Dichtheitsprüfungen
wenn ja, siehe Prüfprotokolle Nr.

ja

nein

2.6.5 Sonstiges

.....
.....
.....

Anmerkung: Ort und NW aller Öffnungen siehe Formblatt 15
Verschluss aller Öffnungen siehe Formblatt 16



Formblatt 9: Beschreibung des Prüfzustandes, Rohrleitungsdurchführungen

2.7 Rohrleitungsdurchführungen

Anzahl

2.7.1 Art der Rohrleitungsdurchführungen

(Form, Abmessungen, Baustoff, Montageart oder Hinweis auf Herstellerzeichnungen oder Spezifikationen):

.....
.....
.....

2.7.2 Bauzustand, Arbeiten abgeschl.:
(wenn nein, erläutern)

ja

nein

.....
.....
.....
.....
.....

2.7.3 Vorausgegangene, seit der letzten WKP die Dichtheit beeinflussende Arbeiten
(Montage-, Demontage-, Reparaturarbeiten):

.....
.....
.....
.....
.....

2.7.4 Örtliche Dichtheitsprüfungen
wenn ja, siehe Prüfprotokolle Nr.

ja

nein

2.7.5 Sonstiges

.....
.....
.....

Anmerkung: Ort und NW aller Öffnungen siehe Formblatt 15
Verschluss aller Öffnungen siehe Formblatt 16



KTA 3405 Seite 20

Formblatt 10: Beschreibung des Prüfzustandes, Kabeldurchführungen

2.8 Kabeldurchführungen

Anzahl

2.8.1 Art der Kabeldurchführungen

(Form, Abmessungen, Baustoff, Montageart oder Hinweis auf Herstellerzeichnungen oder Spezifikationen):

.....
.....
.....

2.8.2 Bauzustand, Arbeiten abgeschl.:

(wenn nein, erläutern)

ja

nein

.....
.....
.....
.....
.....

2.8.3 Vorausgegangene, seit der letzten WKP die Dichtheit beeinflussende Arbeiten

(Montage-, Demontage-, Reparaturarbeiten):

.....
.....
.....
.....
.....

2.8.4 Örtliche Dichtheitsprüfungen

wenn ja, siehe Prüfprotokolle Nr.

ja

nein

2.8.5 Sonstiges

.....
.....
.....

Anmerkung: Ort und NW aller Öffnungen siehe Formblatt 15

Verschluss aller Öffnungen siehe Formblatt 16



Formblatt 11: Beschreibung des Prüfzustandes, Leckabsaugesystem

2.9 Leckabsaugesystem

2.9.1 Art des Leckabsaugesystems

(Form, Abmessungen, Baustoff, Montageart oder Hinweis auf Herstellerzeichnungen oder Spezifikationen):

.....

.....

.....

.....

.....

2.9.2 Bauzustand, Arbeiten abgeschl.:
(wenn nein, erläutern)

ja

nein

.....

.....

.....

2.9.3 Vorausgegangene, seit der letzten WKP die Dichtheit beeinflussende Arbeiten
(Montage-, Demontage-, Reparaturarbeiten):

.....

.....

.....

2.9.4 Örtliche Dichtheitsprüfungen
wenn ja, siehe Prüfprotokolle Nr.

ja

nein

2.9.5 Sonstiges

.....

.....

.....

Anmerkung: Ort und NW aller Öffnungen siehe Formblatt 15
Verschluss aller Öffnungen siehe Formblatt 16



KTA 3405 Seite 22

Formblatt 12: Beschreibung des Prüfzustandes; Dampferzeugersysteme; übrige druckführende Systeme

2.10 Dampferzeugersystem

2.10.1 Reaktor abgeschaltet am:

Uhrzeit:

2.10.2 System ist dicht:
(wenn nein, erläutern, Leckmenge angeben)

 ja nein

.....

.....

2.10.3 Wasservorlage:

 ja nein

2.10.4 Sonstiges

.....

.....

2.11 Übrige druckführende Systeme

2.11.1 Stehen die Systeme unter Druck
(wenn ja, auflisten welche)

 ja nein

.....

.....

.....

2.11.2 Systeme sind dicht:
(wenn nein, erläutern, Leckmenge angeben)

 ja nein

.....

.....

.....

2.11.3 Wasservorlage:

 ja nein

2.11.4 Sonstiges

.....

.....

.....

Anmerkung: Ort und NW aller Öffnungen siehe Formblatt 15
Verschluss der Öffnungen siehe Formblatt 16



Formblatt 13: Beschreibung des Prüfzustandes; Lagerbecken; Sonstige Einbauten des Sicherheitsbehälters; Lüftung des Sicherheitsbehälters; Reaktorschutz- oder Steuersysteme

2.12	Lagerbecken, mit Wasser gefüllt: (wenn ja, Höhe des Füllstandes)	<input type="checkbox"/>	ja	<input type="checkbox"/>	nein
.....					
.....					
2.13	Zustand sonstiger Einbauten des Sicherheitsbehälters (erläutern)				
.....					
.....					
2.14	Lüftung des Sicherheitsbehälters Umluftbetrieb	<input type="checkbox"/>	ja	<input type="checkbox"/>	nein
2.15	Eingriff in Reaktorschutz- oder Steuersystem vorgenommen: (wenn ja, erläutern)	<input type="checkbox"/>	ja	<input type="checkbox"/>	nein
.....					
.....					
.....					

Formblatt 14: Beschreibung des Prüfzustandes, Isolierung/Betoneinbauten innerhalb des Sicherheitsbehälters

2.16	Isolierung/Sekundärabschirmung				
2.16.1	Art der Isolierung/Sekundärabschirmung (Form, Abmessungen, Baustoff oder Hinweis auf Herstellerzeichnungen oder Spezifikation)				
.....					
.....					
2.16.2	Bauzustand, Arbeiten abgeschlossen: (wenn nein, erläutern)	<input type="checkbox"/>	ja	<input type="checkbox"/>	nein
.....					
.....					
2.17	Betoneinbauten innerhalb des Sicherheitsbehälters				
2.17.1	Bauzustand, Arbeiten abgeschlossen: (wenn nein, erläutern; z. B. Angaben über die Dekontaminierbeschichtung der Betonoberflächen)	<input type="checkbox"/>	ja	<input type="checkbox"/>	nein
.....					
.....					



KTA 3405 Seite 24

Formblatt 15: Beschreibung des Prüfzustandes, Ort und NW aller Öffnungen

2.18	Ort und NW aller Öffnungen und Durchführungen im Sicherheitsbehälter			
Blatt				
lfd. Nr. *)	Bezeichnung	NW	Lage am Sicherheitsbehälter	
			Höhe (m)	Umfangswinkel (Grad)
*) wenn bekannt, Nummerierung des Herstellers eintragen				

Formblatt 16: Beschreibung des Prüfzustandes, Verschluss aller Öffnungen

2.19	Verschluss aller Öffnungen und Durchführung im Sicherheitsbehälter	
Blatt		
lfd. Nr. *)	Bezeichnung	Verschlussart
*) wenn bekannt, Nummerierung des Herstellers eintragen		

Formblatt 17: Beschreibung des Prüfzustandes, Wärmequellen

2.20	Wärmequellen im Sicherheitsbehälter		
2.20.1	Beleuchtung im Sicherheitsbehälter		
	(wenn eingeschaltet, Angabe der Leistung in kW)	<input type="checkbox"/> ein	<input type="checkbox"/> aus

2.20.2	Sonstige Wärmequellen im Sicherheitsbehälter		
lfd. Nr. *)	Bezeichnung	Leistung (kW)	Ortsbeschreibung oder Raum-Nr.
*) wenn bekannt, Nummerierung des Herstellers eintragen			



Formblatt 18: Beschreibung der Druckerzeuger und Installationsschema

3.	Druckerzeuger		
3.1	Anzahl und Leistung:		
.....			
.....			
3.2	Art, Typ und Hersteller:		
.....			
.....			
3.3	Ölabscheider vorhanden (wenn ja, Angaben über Art, Typ und Hersteller)	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
.....			
.....			
3.4	Luftkühler vorhanden (wenn ja, Angaben über Art, Typ und Hersteller)	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
.....			
.....			
3.5	Filter vorhanden (wenn ja, Angaben über Art, Typ und Hersteller)	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
.....			
.....			
3.6	Anschluss an den Sicherheitsbehälter (Bezeichnung der Durchführung am Sicherheitsbehälter)		
.....			
.....			
3.7	Sonstiges		
.....			
.....			
3.8	Installationsschema der Druckerzeuger (Bild) (Anschluss an den Sicherheitsbehälter, Absperrarmaturen, Windkessel, Druckablass u.a.)		



Formblatt 20: Beschreibung der Messsysteme, Gasdruckmessung

4. Messsysteme

4.1 Gasdruckmessung

4.1.1 Messgerät-Absolutdruck:

Art:

Typ:

Hersteller:

Messbereich:

4.1.2 Messgerät-Atmosphärendruck:

Art:

Typ:

Hersteller:

Messbereich:

4.1.3 Messgerät-Überdruck

Art:

Typ:

Hersteller:

Messbereich:

4.1.4 Fehlergrößen des Messsystems *)

Auflösung: ($\leq 0,01\%$)

Messunsicherheit: ($\leq 0,03\%$)

Fehlergrenzen: ($\leq 1\%$)

4.1.5 Sicherheitsbehälter-Anschluss:

(gegebenenfalls lfd. Nr. der Durchführung, Druckschlauchlänge und NW, Standort der Messgeräte)

4.1.6 Umrechnungsfaktor der Messgrößen:

(Kalibrierfaktor, Kalibriertabelle als Anlage, Kalibrierfunktion u. a.)

*) Die Angaben beziehen sich auf das ganze zum Erfassen der Messgröße verwendete Messsystem, auch wenn dieses aus einer Kette von Messfühlern, Übertragungsleitung, Messwerterfassungsanlage und Ausgabeinheit besteht.



KTA 3405 Seite 28

Formblatt 21: Beschreibung der Messsysteme, Gastemperaturmessung

4.2 Gastemperaturmessung

4.2.1 Messfühler

Art:

Typ:

Hersteller:

Messbereich:

4.2.2 Anzahl, Verteilung und Volumenzuordnung der Messfühler

siehe Abschnitt 4.2.9, Blatt 1 bis und Tabelle 4.2.10 (Formblatt 21)

4.2.3 Messleitung: (Benennung)

.....
.....

4.2.4 Wärmestrahlungsschutz

ja

nein

(wenn ja, siehe Konstruktionsskizze als Anlage Nr.)

4.2.5 Messkabeldurchführung im Sicherheitsbehälter (Art, Typ, Lage am Sicherheitsbehälter)

.....
.....

4.2.6 Messgerät

Art:

Typ:

Hersteller:

Messbereich:

4.2.7 Fehlergrößen des Messsystems *)

Auflösung: ($\leq 0,05$ K)

Messunsicherheit: ($\leq 0,1$ K)

Fehlergrenzen: (± 3 K)

4.2.8 Umrechnungsfaktor der Messgrößen:

(Kalibrierfaktor, Kalibriertabelle als Anlage, Kalibrierfunktion u.a.)

.....

*) Die Angaben beziehen sich auf das ganze zum Erfassen der Messgröße verwendete Messsystem, auch wenn dieses aus einer Kette von Messfühlern, Übertragungsleitung, Messwerterfassungsanlage und Ausgabeeinheit besteht.

4.2.9

Verteilung der Temperaturfühler (Bild)

Blatt

--



KTA 3405 Seite 30

Formblatt 24: Beschreibung der Messsysteme, Gasfeuchtemessung

4.3 Gasfeuchtemessung

4.3.1 Messfühler

Art:

Typ:

Hersteller:

Messbereich:

4.3.2 Anzahl, Verteilung und Volumenzuordnung der Messfühler

siehe Bild 4.3.8, Blatt 1 bis ... und Tabelle 4.3.9

4.3.3 Messleitung: (Benennung)

.....
.....

4.3.4 Messkabeldurchführung im Sicherheitsbehälter

(Art, Typ, Lage am Sicherheitsbehälter)

.....
.....
.....

4.3.5 Messgerät

Art:

Typ:

Hersteller:

Messbereich:

4.3.6 Fehlergrößen des Messsystems *)

Auflösung: ($\leq 0,3$ hPa)

Messunsicherheit: ($\leq 0,5$ hPa)

Fehlergrenzen: (± 1 % vom Prüfdruck)

4.3.7 Umrechnungsfaktor der Messgrößen:

(Kalibrierfaktor, Kalibriertabelle als Anlage, Kalibrierfunktion u.a.)

.....

*) Die Angaben beziehen sich auf das ganze zum Erfassen der Messgröße verwendete Messsystem, auch wenn dieses aus einer Kette von Messfühlern, Übertragungsleitung, Messwerverfassungsanlage und Ausgabereinheit besteht.

4.3.8 Verteilung der Feuchtefühler

Blatt



Anhang C

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.)

Atomgesetz		Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz - AtG) vom 23. Dezember 1959 in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), zuletzt geändert durch Artikel 307 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I 2015, Nr. 35, S. 1474)
StrlSchV		Verordnung über den Schutz vor Schäden vor Strahlen durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I 2001, Nr. 38, S. 1714; 2002 I S. 1459), zuletzt geändert durch Artikel 5 der Verordnung vom 11. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2010)
BetrSichV		Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) vom 3. Februar 2015 (BGBl. I S. 49), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 13. Juli 2015 (BGBl. I S. 1187)
SiAnf	(2015-03)	Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke (SiAnf) in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B2)
Interpretationen	(2015-03)	Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012, geändert am 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B3)
KTA 1202	(2009-11)	Anforderungen an das Prüfhandbuch
KTA 1404	(2013-11)	Dokumentation beim Bau und Betrieb von Kernkraftwerken
KTA 3401.1	(1988-09)	Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl; Teil 1: Werkstoffe und Erzeugnisformen
KTA 3401.2	(E 2015-11)	Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl; Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung
KTA 3401.3	(1986-11)	Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl; Teil 3: Herstellung
KTA 3401.4	(1991-06)	Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl; Teil 4: Wiederkehrende Prüfungen
KTA 3402	(2014-11)	Schleusen am Reaktorsicherheitsbehälter von Kernkraftwerken - Personenschleusen
KTA 3403	(2015-11)	Kabeldurchführungen im Reaktorsicherheitsbehälter von Kernkraftwerken
KTA 3404	(2013-11)	Abschließung der den Reaktorsicherheitsbehälter durchdringenden Rohrleitungen von Betriebssystemen im Falle einer Freisetzung von radioaktiven Stoffen in den Reaktorsicherheitsbehälter
KTA 3407	(2014-11)	Rohrdurchführungen durch den Reaktorsicherheitsbehälter
KTA 3409	(2009-11)	Schleusen am Reaktorsicherheitsbehälter von Kernkraftwerken - Materialschleusen
KTA 3706	(2000-06)	Sicherstellung des Erhalts der Kühlmittelverlust-Störfallfestigkeit von Komponenten der Elektro- und Leittechnik in Betrieb befindlicher Kernkraftwerke
DIN EN 1779	(1999-10)	Zerstörungsfreie Prüfung – Dichtheitsprüfung – Kriterien zur Auswahl von Prüfmethoden und –verfahren; Deutsche Fassung EN 1779:1999; Berichtigung 2005-02
DIN EN ISO 9712	(2012-12)	Zerstörungsfreie Prüfung - Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung (ISO 9712:2012); Deutsche Fassung EN ISO 9712:2012