Sicherheitstechnische Regel des KTA

# KTA 3605

# Behandlung radioaktiv kontaminierter Gase in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren

**Fassung 2022-11**

Frühere Fassungen dieser Regel: 1989-06 (BAnz. Nr. 229a vom 7. Dezember 1989)
2012-11 (BAnz AT 23.01.2013 B5)
2017-11 (BAnz AT 05.02.2018 B3)

**Inhalt**

Seite

Grundlagen ... 2
1 Anwendungsbereich ... 2
2 Begriffe ... 2
3 Systemauslegung ... 3
3.1 Einteilung der Abgase in Abgasgruppen und Anforderungen an die Gasbehandlungssysteme ... 3
3.2 Allgemeine Anforderungen ... 3
3.3 Fördereinrichtungen ... 3
3.4 Rekombinationseinrichtungen ... 3
3.5 Gasdosier- und Konzentrationsmesseinrichtungen ... 4
3.6 Aktivitätsrückhalteeinrichtungen ... 4
3.7 Probenentnahmeeinrichtungen ... 4
3.8 Systemdichtheit ... 4
4 Anordnung und Konstruktion ... 4
4.1 Anordnung ... 4
4.2 Konstruktion ... 5
5 Leittechnik ... 5
6 Prüfungen ... 5
6.1 Inbetriebsetzungsprüfungen ... 5
6.2 Wiederkehrende Prüfungen ... 5
6.3 Integritätsprüfungen ... 5
6.4 Dokumentation ... 5
Anhang A: Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird ... 10

**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, 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) Der Erfüllung der Genehmigungsvoraussetzungen nach § 7 AtG für die Errichtung und den Betrieb der Anlage dienen unter anderem Einrichtungen zur Rückhaltung fester, flüssiger und gasförmiger radioaktiver Stoffe in den vorgesehenen Umschließungen, zur Handhabung und kontrollierten Führung der radioaktiven Stoffe innerhalb der Anlage sowie zur Ableitung radioaktiver Stoffe auf hierfür vorgesehenen Wegen. An diese Einrichtungen werden in den Regeln der Reihe KTA 3600 konkrete sicherheitstechnische Anforderungen gestellt.

(3) Diese Regel über Gasbehandlungssysteme enthält Anforderungen an Auslegung, Anordnung, Konstruktion und Prüfungen, deren Erfüllung dazu dient, um insbesondere die folgenden Schutzziele zu erreichen:

a) die im bestimmungsgemäßen Betrieb mit der Fortluft abzuleitende Menge der radioaktiven Stoffe gemäß den Strahlenschutzgrundsätzen der StrlSchG so gering wie möglich zu halten und

b) die durch radioaktive Stoffe in der Raumluft bedingte Exposition des Betriebspersonals entsprechend den Strahlenschutzgrundsätzen der StrlSchG so gering wie möglich zu halten.

(4) Die Gasbehandlungssysteme haben folgende Aufgaben:

a) Aufnahme und Transport radioaktiver Abgase aus nuklearen Systemen und

b) Reduzierung des Gehaltes an radioaktiven Stoffen im Abgas sowie deren kontrollierte Ableitung mit der Fortluft in die Atmosphäre.

Dabei haben Teile der Gasbehandlungssysteme zusätzlich Aufgaben zur Begrenzung der $H_2$- oder $O_2$-Konzentration zu erfüllen.

(5) Aktivitätsmessungen sind für die Beurteilung der Funktionssicherheit der Gasbehandlungssysteme von Bedeutung. Anforderungen an hierfür einzusetzende Messeinrichtungen werden in dieser Regel nicht gestellt, da sie in KTA 1503.1 geregelt sind.

(6) Anforderungen an den Brandschutz werden in KTA 2101 Teile 1 bis 3 geregelt.

(7) Anforderungen an den Explosionsschutz werden in KTA 2103 geregelt.

## 1 Anwendungsbereich

(1) Diese Regel ist anzuwenden auf Systeme zur Sammlung, Führung und Behandlung von radioaktiv kontaminierten Abgasen in Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren (DWR) und in Kernkraftwerken mit Siedewasserreaktoren (SWR). In dieser Regel werden auch Anforderungen an Komponenten und Rohrleitungen anderer Systeme, die an das Gasbehandlungssystem angeschlossen sind, aufgestellt, soweit diese Anforderungen durch die Führung des Abgases bedingt sind.

(2) Nicht zum Anwendungsbereich der Regel gehören:

a) Systeme zur Absaugung von Leckagen des Sicherheitsbehälters,

b) Systeme zur Messung und Begrenzung der Wasserstoffkonzentration innerhalb des Sicherheitsbehälters nach Störfällen,

c) Systeme zur gezielten Be- und Entlüftung von Räumen oder Raumgruppen (nukleare Lüftungsanlagen),

   Hinweis:

   Diese werden in KTA 3601 geregelt.

d) Turbinenkondensator mit Absaugeinrichtung (DWR) und

e) primärdampfbeaufschlagter Turbinenkondensator bis Abgasabsaugstutzen (SWR).

## 2 Begriffe

(1) Abgas in Kernkraftwerken

Das Abgas in Kernkraftwerken ist ein Gasgemisch aus aktivitätsführenden Systemen, welches durch radioaktive Substanzen verunreinigt sein kann. Es setzt sich im Wesentlichen aus den Gasen Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoffdioxid, Argon, Xenon, Krypton und Wasserdampf zusammen.

(2) Aktivitätsrückhalteeinrichtungen

Die Aktivitätsrückhalteeinrichtungen sind Einrichtungen zur Reduzierung des Gehaltes radioaktiver Beimengungen in Abgasströmen, z. B.

a) Aktivkohleadsorber,

b) Puffertanks,

c) Jodsorptionsfilter oder

d) Schwebstofffilter.

(3) Fördereinrichtungen in Gasbehandlungssystemen

Die Fördereinrichtungen in Gasbehandlungssystemen sind Einrichtungen zum Transport der Abgase, z. B. Dampfstrahler, Kompressoren, Ventilatoren.

(4) Gasbehandlungssysteme

Die Gasbehandlungssysteme sind Systeme zur Sammlung und Behandlung von Abgasen. Sie setzen sich zusammen aus Einrichtungen zur Förderung, Aktivitätsrückhaltung und gegebenenfalls Rekombination von Wasserstoff und Sauerstoff.

(5) Rekombinationseinrichtungen

Die Rekombinationseinrichtungen sind Einrichtungen zur Reduzierung der Wasserstoffkonzentration im Abgas bestehend aus Gasüberhitzungs- oder Gastrocknungseinrichtung, katalytischem Rekombinator und Kondensationseinrichtung.

(6) Verzögerungszeit

Die Verzögerungszeit einer Gaskomponente ist das über die Verteilungshäufigkeit gewichtete arithmetische Mittel der Verweilzeit dieser Gaskomponente im Gasbehandlungssystem. Sie ist abhängig von den chemisch-physikalischen Eigenschaften der betrachteten Gaskomponente.

(7) Vor- und Betriebsevakuierungseinrichtungen

Die Vor- und Betriebsevakuierungseinrichtungen sind Einrichtungen zur Evakuierung primärdampfbeaufschlagter Turbinenkondensatoren bei SWR.

(8) Gemisch, zündfähiges

Ein zündfähiges Gemisch ist ein Gasgemisch, in dem sich beim Wirksamwerden einer Zündquelle eine Verbrennungsreaktion selbständig ausbreitet.

## 3 Systemauslegung

### 3.1 Einteilung der Abgase in Abgasgruppen und Anforderungen an die Gasbehandlungssysteme

(1) Abgase aus den nuklearen Systemen sollen zur Reduzierung radioaktiver Verunreinigungen abgasgruppenspezifisch behandelt werden. Die Zuordnung der Abgasquellen zu den Abgasgruppen A, B und C und die hierfür geltenden Anforderungen sind für DWR in **Tabelle 3-1** und für SWR in **Tabelle 3-2** festgelegt.

(2) Für die Aktivitätsrückhaltung sind die Anforderungen nach **Tabelle 3-1** für DWR und **Tabelle 3-2** für SWR einzuhalten.

### 3.2 Allgemeine Anforderungen

(1) Gasbehandlungssysteme müssen gasdicht nach 3.8 sein oder Unterdruck gegenüber der Gebäudeatmosphäre führen, um den Übertritt radioaktiver Gase in die Gebäude gering zu halten.

(2) Gasbehandlungssysteme müssen so konstruiert, angeordnet, abgeschirmt und betrieben werden, dass die Strahlenbelastung des Personals gering gehalten wird.

(3) Die Gasbehandlungssysteme sind grundsätzlich so auszulegen und zu betreiben, dass keine zündfähigen Gemische auftreten. Davon darf abgewichen werden, wenn die betroffenen Systemteile gegen die Beanspruchungen aus einer unterstellten spontanen Verbrennungsreaktion ausgelegt sind.

Hinweise:

(1) Ein $H_2/O_2/N_2$-Gemisch ist bei Atmosphärendruck und Raumtemperatur nicht zündfähig, wenn die

a) $H_2$-Konzentration kleiner als oder gleich 4 % Volumenanteil oder

b) $O_2$-Konzentration kleiner als oder gleich 5 % Volumenanteil ist.

(2) Weitere Anforderungen an Auslegung und Betrieb der Gasbehandlungssysteme sind in KTA 2103 enthalten.

(4) Die Einhaltung der Anforderung in (3) darf auch durch Verdünnung erreicht werden.

### 3.3 Fördereinrichtungen

(1) Kann in angeschlossenen Komponenten durch die Systembetriebsweise, wie z. B. Füllstandsänderungen, Pumpensaugdruckänderungen, Unterdruck entstehen, so ist für die Auslegung der maximal auftretende Unterdruck zugrunde zu legen.

(2) Der Unterdruck darf durch Vakuumbrecher begrenzt werden, die so anzuordnen sind, dass eine Absperrung ausgeschlossen werden kann.

(3) Dient eine Fördereinrichtung der Absaugung von Dichtungsleckagen z. B. Stopfbuchsleckagen, so muss der Leckagemassenstrom durch Einrichtungen so begrenzt werden, dass ein Überspeisen der nachgeordneten Systemteile vermieden wird.

(4) Der Leckagemassenstrom darf z. B. durch

a) Drosselblenden an den Absaugestellen oder

b) Überwachung der Temperatur nach der Leckagekondensationseinrichtung und Schließen von Absperrarmaturen bei Erreichen vorgegebener Schwellenwerte begrenzt werden.

(5) Es sind Einrichtungen vorzusehen, die das Erkennen von Dichtungsleckagen ermöglichen, z. B. bei wasser- oder wasserdampfführenden Systemen, Schaugläsern oder Temperaturmessstellen. Die Schaltung von mehreren Absaugestellen auf eine Leckageerkennungseinrichtung ist zulässig, soweit die Erkennung von Einzelleckagen dadurch nicht verhindert wird.

(6) Um im Leistungsbetrieb eine ständige Absaugung der im Turbinenkondensator eines SWR anfallenden Abgase zu erreichen, sind die Betriebsevakuierungseinrichtungen redundant auszulegen. Dabei muss die Umschaltzeit so kurz sein, dass eine Abschaltung der Turbinenanlage vermieden wird.

(7) Werden Einrichtungen zur Vorevakuierung eines primärdampfbeaufschlagten Turbinenkondensators verwendet, so können bei Umschaltung auf die Betriebsevakuierungseinrichtung Durchsatzerhöhungen auftreten. Diese Durchsatzerhöhungen sind bei der Auslegung der Evakuierungseinrichtung und der nachgeordneten Systemteile zu berücksichtigen.

### 3.4 Rekombinationseinrichtungen

(1) Rekombinationseinrichtungen, deren kurzzeitiger Ausfall eine Abschaltung des Kernkraftwerkes aus sicherheitstechnischen Gründen erforderlich machen würde, sind redundant auszuführen.

(2) Bei Einsatz eines katalytischen Rekombinators soll ein Abdecken der katalytischen Oberfläche durch Wassereintrag oder durch am Katalysator kondensierenden Wasserdampf verhindert werden. Dies darf z. B. durch Überhitzen oder Trocknen des Gasstromes erreicht werden.

(3) Für den Katalysator sind die Einflüsse der betriebsrelevanten Parameter wie erforderliche Verweilzeiten zur Sicherstellung der Reaktion, Abriebfestigkeit, zulässige maximale Strömungsgeschwindigkeiten, erforderliche Taupunktabstände und zulässige sowie optimale Betriebstemperaturen zu ermitteln und bei der Auslegung zu berücksichtigen. Die Strahlenbeständigkeit darf durch Betriebsbewährung oder Laborversuche nachgewiesen werden.

(4) Rekombinationseinrichtungen sind zum Erhalt ihrer katalytischen Funktionsfähigkeit so auszulegen, dass

a) ausreichende Verweilzeiten eingehalten werden und

b) ein durch mechanische Beanspruchung verursachter Abrieb des Katalysatormaterials begrenzt wird, z. B. durch den Einbau von Strömungsleitblechen zur Vermeidung einer Umlagerung.

(5) Bei Verwendung von Wasserdampf als Verdünnungsmedium muss die Rekombinationseinrichtung folgende zusätzliche Anforderungen erfüllen:

a) Rekombinationseinrichtungen müssen zuverlässig ausgelegt und betrieben werden. Hierzu sind Einrichtungen zur Überhitzung und Kondensatableitung vorzusehen. Um die Voraussetzung für eine stabile und effektive katalytische Reaktion zu gewährleisten, ist die Verdünnungsdampfmenge so zu wählen, dass eine ausreichend hohe Betriebstemperatur und ein ausreichend großer Taupunktabstand erreicht werden.

   Hinweis:

   Bei atmosphärischem Betriebsdruck werden Reaktionstemperaturen um 300°C empfohlen.

b) Es sind Überwachungseinrichtungen vorzusehen, die bei Funktionsstörungen die rechtzeitige Umschaltung auf eine redundante Rekombinationseinrichtung ermöglichen.

c) Zur Sicherstellung der Verfügbarkeit der in Bereitschaft stehenden Rekombinationseinrichtung ist zur Vermeidung von Kondensation an dem Katalysator eine Beheizungseinrichtung im Katalysatorbett vorzusehen. Diese ist während der Bereitschaftszeit ständig in Betrieb zu halten.

d) Gasrückströmungen von zündfähigen Gemischen in den redundanten Rekombinator bei Ausfall der in Betrieb befindlichen Rekombinationseinrichtung sind zu verhindern. Dies kann z. B. durch ständiges Spülen der redundanten Rekombinationseinrichtung mit einem Wasserdampf-Luftstrom erfolgen.

(6) Es sind Überwachungseinrichtungen vorzusehen, die bei gestörter Kondensatableitung einen funktionsgefährdenden Wasserrückstau rechtzeitig erkennen lassen.

**3.5** Gasdosier- und Konzentrationsmesseinrichtungen

(1) Fest angeschlossene Konzentrationsmesseinrichtungen sind so auszulegen, dass Schwankungen in Gaskonzentration, Feuchte und Betriebsdruck einen zuverlässigen Betrieb gewährleisten. Die Integritätsanforderungen des Systemabschnitts sind auf die Konzentrationsmesseinrichtungen zu übertragen.

(2) Bei Verwendung von $H_2$- und $O_2$-Dosiereinrichtungen ist sicherzustellen, dass

a) eine Gaseinspeisung nur nach Messung der Konzentration des betreffenden Gases im Abgasstrom durchgeführt und diese auch während der Einspeisung überwacht wird,

b) eine gleichzeitige Einspeisung von $H_2$ und $O_2$ vermieden wird und

c) bei Erreichen unzulässiger $H_2$- und $O_2$-Konzentrationen im Abgasstrom (siehe 3.2 (3)) die Einspeisung automatisch unterbrochen wird.

**3.6** Aktivitätsrückhalteeinrichtungen

(1) Die Verzögerungszeiten für die Edelgase Xenon und Krypton bei konstantem Leistungsbetrieb müssen die in den **Tabellen 3-1 und 3-2** angegebenen Werte erreichen.

Hinweis:
Die Verzögerungszeit wird durch die Aktivkohlefeuchte beeinflusst. Dies ist bei der Wahl der Feuchte des Gasstromes zu berücksichtigen.

(2) Zur Ermittlung der Verzögerungseigenschaften der Aktivkohle sind die Einflüsse z. B. Feuchte, Temperatur, Betriebsdruck und Strömungsgeschwindigkeit auf die relevanten Eigenschaften zu ermitteln und bei der Auslegung zu berücksichtigen. Die Strahlenbeständigkeit der Aktivkohle darf durch Betriebsbewährung oder Laborversuche nachgewiesen werden.

(3) Die Betriebstemperatur der Aktivkohle soll unterhalb von 50 °C liegen.

(4) Die Festigkeitseigenschaften der Aktivkohle im Hinblick auf Bruchfestigkeit und Abrieb sollten sicherstellen, dass nach einem mechanischen oder pneumatischen Transport die Korngrößenverteilung nicht wesentlich verändert wird.

(5) Die Selbstentzündungstemperatur der Aktivkohle soll nicht kleiner als 300 °C sein.

(6) Es sind Maßnahmen zu treffen, die eine Brandentstehung vermeiden, eine rechtzeitige Erkennung sicherstellen und den Brandumfang begrenzen (z. B. geeignete Gaskonzentrationsmessung, Probenentnahmeeinrichtung, Temperaturmessung).

(7) Bei Betriebsfällen mit kurzzeitiger Durchsatzerhöhung, z. B. Schiebegasbetrieb, müssen für die Verzögerungszeit mindestens 80 % der in den **Tabellen 3-1 und 3-2** angegebenen Werte durch Auslegung des Systems erreicht werden.

(8) Die Gasgeschwindigkeit ist so zu wählen, dass eine Fluidisierung des Festbettes verhindert wird.

(9) Bei intermittierend betriebenen Puffertanks ist eine Überwachung der Abgasableitung vorzusehen, um eine unzulässige Aktivitätsableitung zu vermeiden. Dies darf z. B. durch

a) Vermeidung gleichzeitigen Öffnens der Eintritts- und Austrittsarmaturen oder

b) Schließen der Austrittsarmaturen bei Erreichen von betrieblich festgelegten Aktivitätsableitungswerten

erfolgen.

(10) Es ist sicherzustellen, dass der zulässige Betriebsüberdruck in einem Puffertank nicht überschritten wird. Dies kann z. B. durch Begrenzung der Abgaseinspeisung erreicht werden.

(11) Bei Einsatz von Jodsorptionsfiltern gelten die entsprechenden Anforderungen wie bei Systemen zur gezielten Be- und Entlüftung von Räumen und Raumgruppen (siehe KTA 3601). Die Anforderungen an die Rückhaltung von Methyljodid sind aus den **Tabellen 3-1 und 3-2** zu entnehmen.

(12) Die Schwebstofffilterung muss mit Filtern mindestens der Filterklasse E12 nach DIN EN 1822-1 erfolgen. Bei Einsatz von Schwebstofffiltern gelten die entsprechenden Anforderungen wie bei Systemen zur gezielten Be- und Entlüftung von Räumen und Raumgruppen.

**3.7** Probenentnahmeeinrichtungen

(1) Probenentnahmeeinrichtungen sind so anzuordnen und auszuführen, dass repräsentative Abgasproben zur Überprüfung der Wirksamkeit der eingesetzten Verfahren gezogen werden können.

(2) Probenentnahmeeinrichtungen sind hinter Rekombinationseinrichtungen sowie vor und hinter Aktivitätsrückhalteeinrichtungen vorzusehen.

**3.8** Systemdichtheit

(1) Systemabschnitte, die betrieblich mit Unterdruck beaufschlagt werden, müssen eine so geringe Leckrate haben, dass keine betriebsstörende Erhöhung des Abgasstromes auftritt. Diese Dichtheitsanforderung gilt mit der im Rahmen der Systemdruckprüfung nachgewiesenen Dichtheit als erfüllt.

(2) Systemabschnitte, die betrieblich mit Überdruck beaufschlagt sind, müssen zur Begrenzung der Raumluftaktivitäten für die Summe der unter Überdruck stehenden Systemabschnitte folgende integralen Leckraten L einhalten:

a) Abgasgruppe A: $L \leq 10^{-3}$ hPa $dm^3 s^{-1}$,

b) Abgasgruppe B: $L \leq 10^{-1}$ hPa $dm^3 s^{-1}$.

(3) Für Abgase der Abgasgruppe C gelten die Dichtheitsanforderungen der Systeme zur gezielten Be- und Entlüftung von Räumen und Raumgruppen (siehe KTA 3601).

(4) Bei Systemteilen die mit Überdruck beaufschlagt werden, ist der Nachweis der Einhaltung der zulässigen Leckrate

a) durch die Druckabfallmethode oder Druckhaltemethode mit einem gasförmigen Medium oder

b) für die Abgasgruppe A mittels He-Lecktest und für die Abgasgruppen B und C mittels Schaummitteltest, z. B. Nekaltest,

zu erbringen.

## 4 Anordnung und Konstruktion

**4.1** Anordnung

(1) Für die Anordnung des Systems gelten die Anforderungen von KTA 1301.1.

(2) Systemteile, deren Funktionsfähigkeit durch Einwirkung von Wasser wesentlich beeinflusst wird (z. B. Rekombinationseinrichtungen und Aktivitätsrückhalteeinrichtungen), sind vor einem störungsbedingten Wassereintrag zu schützen. Dieser Schutz kann z. B. durch geeignete Anordnung der Systemteile oder durch zusätzliche Einrichtungen, wie Schwimmerventile, füllstandsgesteuerte Absperrarmaturen oder Füllstandsüberwachungen, sichergestellt werden.

**4.2** Konstruktion

(1) Für Systemabschnitte, bei denen die Anforderung nach 3.8 (2) a) gilt, sollen Konstruktionen mit hoher Dichtwirkung, z. B. Schweißverbindungen, Faltenbalg- oder Membranventile, Spaltrohrmotoren, Wellendurchführungen mit Gleitringdichtungen, vorgesehen werden.

(2) Bei Komponenten, die zur Aufnahme von Schüttgütern dienen, die betriebsmäßig kontaminiert werden können, sind Vorkehrungen gegen Raumluftkontamination bei der Schüttgutentleerung zu treffen. Der Schutz gegen Raumluftkontamination kann z. B. durch Verwendung von Wartungssäcken, Dosiereinrichtungen oder Absaugeinrichtungen sichergestellt werden.

Hinweis:

Der Einsatz von chloridarmen Betriebsmitteln, z. B. Trocknungsgel oder Katalysatormaterial, kann die Schädigung der nachfolgenden Systeme vermeiden.

## 5 Leittechnik

(1) Es müssen Einrichtungen vorhanden sein, mit denen Schalthandlungen, die zur Vermeidung unzulässiger Betriebszustände kurzfristig durchzuführen sind, entweder automatisch oder fernbedient von einem ständig besetzten Leitstand aus erfolgen können. Die hierzu erforderlichen Messwerte und Meldungen müssen in diesem Leitstand angezeigt werden.

(2) Für Systeme zur Behandlung von Abgasen der Abgasgruppen A sollen die zur Beurteilung der Funktion erforderlichen Messwerte und Meldungen in der Kraftwerkswarte angezeigt werden. Außerdem sollen Einrichtungen vorhanden sein, mit denen fernbediente Schalthandlungen für diese Systeme nach (1) ebenfalls von der Kraftwerkswarte aus erfolgen können.

(3) $H_2$- und $O_2$-Begrenzungsmaßnahmen wie Verdünnung oder Rekombination sind kontinuierlich messtechnisch zu überwachen.

(4) Sind $H_2$- und $O_2$-Dosiereinrichtungen vorhanden, so ist zusätzlich die $O_2$-Konzentration nach der Dosiereinrichtung zu überwachen. Die $H_2$- und $O_2$-Einspeisungen sind so abzustimmen, dass unzulässige Konzentrationen verhindert werden.

(5) Zur Einhaltung der Anforderung gemäß 3.2 (3) sind Schwellenwerte festzulegen. Diese Schwellenwerte sind von Messeinrichtungen getrennt von den Regeleinrichtungen zu erfassen. Bei Überschreiten eines Schwellenwertes muss eine Meldung erfolgen.

(6) Bei Überschreiten der Schwellenwerte sind je nach Anlagenkonzept Maßnahmen einzuleiten:

a) Bei einem Anlagenkonzept mit Kondensation des Verdünnungsmediums muss automatisch die Inbetriebnahme einer redundanten Rekombinationseinrichtung und die Absperrung der gestörten Rekombinationseinrichtung erfolgen.
b) Bei einem Anlagenkonzept mit Dosiereinrichtung muss die Einhaltung der Anforderung nach 3.2 (3) durch geeignete Maßnahmen sichergestellt werden. Dies kann z. B. durch Vermindern der Wasserstoffzufuhr oder durch Erhöhung der Stickstoffeinspeisung erreicht werden. Dabei ist das Öffnen eines Bypasses zur Rekombinationseinrichtung nur zulässig, wenn sichergestellt ist, dass die Anforderung nach 3.2 (3) erfüllt bleibt.

(7) Einrichtungen, die zur Überwachung der Absaugung am Turbinenkondensator eines SWR dienen, wie z. B. Abgasvolumenstrommessung nach dem Rekombinator, sind redundant auszuführen.

(8) Bei Ausfall der Fördereinrichtung muss eine redundante Fördereinrichtung automatisch in Betrieb genommen werden können.

(9) Im Bereich der Rekombinationseinrichtungen sind Temperaturmessungen

a) vor dem Rekombinator,
b) im Rekombinator und
c) nach dem Rekombinator

vorzusehen.

(10) Wird das Verdünnungsmedium nach Durchströmen der Rekombinationseinrichtung kondensiert, so darf deren Betrieb erst nach Erreichen einer Mindesttemperatur freigegeben werden.

(11) Zur Funktionskontrolle der dem Rekombinator vorgeschalteten Entwässerungs- und Überhitzungseinrichtungen sind die Überhitzer-Austrittstemperatur oder die Energiezufuhr der Überhitzungseinrichtung sowie die Funktion der Kondensatableitung zu überwachen. Bei Erreichen von festgelegten Werten sind Meldungen zu geben.

(12) Überschreitet die nach der Rekombinationseinrichtung gemessene Temperatur einen vorgegebenen Wert, so muss eine Meldung erfolgen.

(13) Bei adsorptiver Gasverzögerung mittels Aktivkohle sind folgende Zustandsgrößen zu überwachen:

a) Gasfeuchte vor der Aktivitätsrückhalteeinrichtung,
b) Druck im Bereich der Adsorber und
c) Temperatur im ersten Adsorber der Adsorptionseinrichtung.

Bei Erreichen vorgegebener Werte sind Meldungen zu geben.

(14) Bei Gasverzögerung mittels Puffertanks sind folgende Zustandsgrößen zu überwachen:

a) der Druck in den einzelnen Speichergruppen,
b) die Speicherzeit und
c) die Abgasmenge bei Ableitung in die Fortluft.

Bei Erreichen vorgegebener Werte sind Meldungen zu geben.

## 6 Prüfungen

**6.1** Inbetriebsetzungsprüfungen

Vor Aufnahme des erstmaligen Anlagenbetriebes sind die in den **Tabellen 6-1 und 6-2** genannten Prüfungen möglichst unter Betriebsbedingungen durchzuführen.

**6.2** Wiederkehrende Prüfungen

Wiederkehrende Prüfungen sind nach **Tabelle 6-2** durchzuführen.

**6.3** Integritätsprüfungen

Integritätsprüfungen werden in dieser Regel nicht behandelt.

Hinweis:

Solche Prüfungen fallen unter den Regelgegenstand der Regeln der Reihe KTA 3200.

**6.4** Dokumentation

Die Dokumentation der Prüfungen ist nach den Anforderungen in KTA 1404 durchzuführen.

| Abgas-gruppe | Abgasquellen[1)] | Anforderungen an die Rückhaltung | Beispiele für Gasbehand-lungseinrichtungen | Übliche Systemzuordnung |
|---|---|---|---|---|
| A | - Kühlmittelentgasung<br>- Kühlmittelaufbereitung<br>- Kühlmittellagerungsbe-hälter<br>- Volumenausgleichsbe-hälter<br>- Anlagenentwässerung<br>- Reaktordruckbehälter-Spülung<br>- Druckhalterabblase- be-hälter | Verzögerungszeiten:<br>Xe ≥ 40 d<br>Kr ≥ 40 h<br>Rückhaltung von an Schwebstoffen gebunde-nen Stoffen und Jod<br>siehe [2)] | - Aktivkohleadsorber<br>oder<br>- Puffertanks mit Jod- und Schwebstofffilter<br>- Fördereinrichtung<br>- Rekombinationseinrich-tung<br>- Gasdosiereinrichtung | Abgassystem |
| B | - Stopfbuchsen der pri-märkühlmittelführenden Systeme<br>- Probensammelbehälter für kontinuierliche Pri-märkühlmittel-Proben-entnahme | Verzögerungszeiten:<br>Xe ≥ 8 h<br>Kr ≥ 0,5 h<br>Rückhaltung von an Schwebstoffen gebunde-nen Stoffen und Jod<br>siehe [2)] | - Aktivkohleadsorber<br>oder<br>- Puffertanks mit Jod- und Schwebstofffilter<br>- Fördereinrichtung<br>- Gasdosiereinrichtung | aus konzeptionellen Grün-den Behandlung im Abgas-system der Abgasgruppe A |
| C | - Abwasser- und Konzen-tratbehälter<br>- Abwasser Verdampfer-anlage<br>- Probenentnahme aus Kühlmittelbehandlungs- und - aufbereitungssys-temen | Rückhaltung von an Schwebstoffen gebunde-nen Stoffen und Jod<br>Methyljodid ≥ 90 %<br>Schwebstofffilter Filter-klasse E12 nach DIN EN 1822-1 | - Jod- und Schwebstoff-filter<br>- Fördereinrichtung | Systemluftfilteranlage |
| | - Konzentratbehandlungs-system | Rückhaltung von an Schwebstoffen gebunde-nen Stoffen und Jod bei vernachlässigbaren Jodak-tivitäten<br>Schwebstofffilter Filter-klasse E12 nach DIN EN 1822-1<br>siehe [3)] | - Schwebstofffilter<br>- Fördereinrichtung | Fortluftsystem |

1) Abgasquellen dürfen auch einer Abgasgruppe mit höheren Anforderungen zugeordnet werden.

2) Bei der Realisierung der in Gruppe A und B genannten Xenon- und Krypton-Verzögerungszeiten ergeben sich durch die damit verbundene Auslegung des Adsorberbettes zwangsläufig eine nahezu vollständige Rückhaltung von Jod und an Schwebstoffen gebundenen Stoffen, so dass sich eine Spezifizierung gesonderter Anforderungen hierfür erübrigt.

3) Wegen der vorgeschalteten langen Lagerzeit der Konzentrate ist eine Jodrückhaltung im Allgemeinen nicht erforderlich.

H i n w e i s :

Für die Zuordnung der Abgase werden folgende Gesichtspunkte (charakteristischen Merkmale) zugrunde gelegt:

Abgasgruppe A: Abgas, das neben Aktivitäten von Jod und an Schwebstoffen gebundenen Stoffen die überwiegende Edelgasaktivi-tätsmenge aus den primärkühlmittelbeaufschlagten Systemen enthält.

Abgasgruppe B: Abgas, dessen Edelgasaktivitätsmenge neben Aktivitäten von Jod und an Schwebstoffen gebundenen Stoffen nur einen Bruchteil derjenigen bei Gruppe A darstellt und das nur noch relevante Mengen kurzlebiger Edelgasisotope enthält und zusätzlich durch wesentliche Leckluftmengen verdünnt ist.

Abgasgruppe C: Abgas, bei dem eine Edelgasverzögerung nicht erforderlich ist.

**Tabelle 3-1:** Zuordnung der Abgasquellen zu Abgasgruppen und Anforderungen an die Gasbehandlungssysteme bei DWR-Anlagen

| Abgas-gruppe | Abgasquellen[1)] | Anforderungen an die Rückhaltung | Beispiele für Gasbehand-lungseinrichtungen | Übliche Systemzuordnung |
|---|---|---|---|---|
| A | - Turbinenkondensator<br>- Reaktordruckbehälter-Spülung | Verzögerungszeiten:<br>Xe ≥ 40 d<br>Kr ≥ 40 h<br>Rückhaltung von an Schwebstoffen gebunde-nen Stoffen und Jod<br>siehe [2)] | - Aktivkohleadsorber<br>oder<br>- Puffertanks mit Jod- und Schwebstofffilter<br>- Fördereinrichtung<br>- Rekombinationseinrich-tung | Abgassystem |
| B | - Stopfbuchsen<br>- Anlagenentwässerungs-behälter<br>- kontinuierliche Reaktor-kühlmittel-Probenent-nahme<br>- Reaktorkühlmittelreini-gung | Verzögerungszeiten:<br>Xe ≥ 8 h<br>Kr ≥ 0,5 h<br>Rückhaltung von an Schwebstoffen gebunde-nen Stoffen und Jod<br>siehe [2)] | - Aktivkohleadsorber<br>oder<br>- Puffertanks mit Jod- und Schwebstofffilter<br>- Fördereinrichtung | Stopfbuchsabsaugsystem |
| C | - Abwasser- und Konzen-tratlagerbehälter<br>- Abwasser Verdampfer-anlage | Rückhaltung von an Schwebstoffen gebunde-nen Stoffen und Jod<br>Methyljodid ≥ 90 %<br>Schwebstofffilter Filter-klasse E12 nach DIN EN 1822-1 | - Jod- und Schwebstoff-filter<br>- Fördereinrichtung | Nukleares Behälterab-sauge- und Fortluftsystem |
| | - Konzentratbehandlungs-system | Rückhaltung von an Schwebstoffen gebunde-nen Stoffen und Jod bei vernachlässigbaren Jodak-tivitäten<br>Schwebstofffilter Filterklasse E12 nach DIN EN 1822-1<br>siehe [3)] | - Schwebstofffilter<br>- Fördereinrichtung | Fortluftsystem |

[1)] Abgasquellen dürfen auch einer Abgasgruppe mit höheren Anforderungen zugeordnet werden.

[2)] Bei der Realisierung der in Gruppe A und B genannten Xenon- und Krypton-Verzögerungszeiten ergeben sich durch die damit verbundene Auslegung des Adsorberbettes zwangsläufig eine nahezu vollständige Rückhaltung von Jod und an Schwebstoffen gebundenen Stoffen, so dass sich eine Spezifizierung gesonderter Anforderungen hierfür erübrigt.

[3)] Wegen der vorgeschalteten langen Lagerzeit der Konzentrate ist eine Jodrückhaltung im Allgemeinen nicht erforderlich.

H i n w e i s :

Für die Zuordnung der Abgase werden folgende Gesichtspunkte (charakteristischen Merkmale) zugrunde gelegt:

Abgasgruppe A: Abgas, das neben Aktivitäten von Jod und an Schwebstoffen gebundenen Stoffen die überwiegende Edelgasaktivitätsmenge aus den primärkühlmittelbeaufschlagten Systemen enthält.

Abgasgruppe B: Abgas, dessen Edelgasaktivitätsmenge neben Aktivitäten von Jod und an Schwebstoffen gebundenen Stoffen nur einen Bruchteil derjenigen bei Gruppe A darstellt und das nur noch relevante Mengen kurzlebiger Edelgasisotope enthält und zusätzlich durch wesentliche Leckluftmengen verdünnt ist.

Abgasgruppe C: Abgas, bei dem eine Edelgasverzögerung nicht erforderlich ist.

**Tabelle 3-2:** Zuordnung der Abgasquellen zu Abgasgruppen und Anforderungen an die Gasbehandlungssysteme bei SWR-Anlagen

| Prüfung<br>- soweit im jeweiligen Reaktortyp vorhanden | | Prüfer | |
|---|---|---|---|
| | | Sachkundiger (z. B. Hersteller, Betreiber) | Behörde oder zugezogener Sachverständiger |
| 1 | Rekombinationseinrichtungen | | |
| 1.1 | Einhaltung der sicherheitstechnisch wichtigen Betriebsdaten der Rekombinationseinrichtung | X | X |
| 1.2 | Funktion der Gastrockner durch Nachweis der spezifischen Restfeuchte | X | X |
| 1.3 | Funktion der katalytischen Verbrennung des Rekombinators über $H_2$-Restkonzentration | X | X |
| 1.4 | Schwellwerteinstellung und Meldung Temperatur hinter dem Rekombinator > max | X | X |
| 2 | Aktivitätsrückhalteeinrichtungen | | |
| 2.1 | bei adsorptiver Verzögerung mittels Aktivkohle, Funktionskontrolle unter Auslegungsbedingungen durch Verweilzeitmessung[1)] | X | X |
| 2.2 | bei Gasspeicherung mittels Puffertanks, Nachweis der ausreichenden Speicherkapazität unter Auslegungsbedingungen | X | X |
| 2.3 | Schwebstofffilterung Abgasgruppe A | | |
| 2.3.1 | Leckfreiheit von Filterelementen durch Ölfadentest | X | X |
| 2.3.2 | Differenzdruckmessung im eingebauten Zustand | X | X |
| 2.4 | Schwellenwerte | | |
| 2.4.1 | Durchsatz von Aktivitätsrückhalteeinrichtungen > max | X | X |
| 2.4.2 | Feuchte vor Aktivitätsrückhalteeinrichtungen > max | X | |
| 2.4.3 | Druck Aktivitätsrückhalteeinrichtungen < min | X | |
| 3 | Fördereinrichtungen und Spülgasströme | | |
| 3.1 | Funktion der Fördereinrichtungen und Kontrolle der Inertgasströme | X | X |
| 3.2 | Schwellwerteinstellung von Spülgasströmen | X | |
| 4 | Kalibrierung von messtechnischen Einrichtungen | | |
| 4.1 | Feuchtemessungen | X | |
| 5 | Systemdichtheit nach Abschnitt 3.8 | X | X |

[1)] Hinweis:
Die Verzögerungszeit entspricht der mittleren Verweilzeit der Markierungssubstanz, z. B. Prüfnuklid Kr-85, in den Aktivkohlekolonnen. Die Messbedingungen (Druck, Temperatur, Durchsatz) dürfen dabei von den Auslegungsbedingungen abweichen, wenn die Abhängigkeit des dynamischen Adsorptionskoeffizienten von Druck, Temperatur und Gasgeschwindigkeit für die Aktivkohlesorte aus Laborversuchen bekannt ist, so dass sich hieraus die Verzögerungszeit für die Auslegungsbedingungen errechnen lässt. Ebenso muss das Verhältnis der dynamischen Adsorptionskoeffizienten von Xenon und Prüfnuklid-Gas bekannt sein.

**Tabelle 6-1:** Inbetriebsetzungsprüfungen an Gasbehandlungssystemen (Zusätzlich sind bei der Inbetriebsetzung die Prüfungen aus **Tabelle 6-2** durchzuführen).

| Prüfung<br>- soweit im jeweiligen Reaktortyp vorhanden | | Prüfer | |
|---|---|---|---|
| | | Sachkundiger (z. B. Hersteller, Betreiber) | Behörde oder zugezogener Sachverständiger |
| | | Prüfintervall in Jahren | |
| 1 | Rekombinationseinrichtungen | | |
| 1.1 | Einstellung und Auslösung der Grenzwertgeber | | |
| 1.1.1 | Füllstand Vorwärmer > max (auch Heizdampfseite) | B[1)] | B[1)] |
| 1.1.2 | Temperatur vor dem Rekombinator < min | 1 | 1 |
| 1.1.3 | Temperatur im Rekombinator < min | 1 | 1 |
| 1.1.4 | Temperatur im Rekombinator > max | 1 | 1 |
| 1.2 | Umschaltung der Rekombinationseinrichtung auf Bypass bzw. Reservestrang (bei SWR auch durch Simulationsprüfung des Leitwegs möglich) | B[1)] | B[1)] |
| 1.3 | Schwellwerte $H_2$- und $O_2$-Konzentration (Einstellung, Meldung und Signalweg) | 1/2 | 1 |
| 1.4 | Begrenzung und Absperrung der $H_2$- und $O_2$-Einspeisung | 1 | 1 |
| 2 | Aktivitätsrückhaltungseinrichtungen | | |
| 2.1 | Bei adsorptiver Verzögerung mittels Aktivkohle: Bestimmung der Verzögerungszeit eines geeigneten Edelgasnuklids, wie z. B. Krypton-85m, Krypton-87, Krypton-88 oder alternativ Argon-41 bei DWR durch Vergleich der Aktivitätskonzentration vor und hinter der ersten Kolonne und Berechnung der sich daraus ergebenden Verweilzeit für Xenon unter Verwendung des Verhältnisses der entsprechenden dynamischen Adsorptionskoeffizienten. Die so ermittelte Verweilzeit ist auf die gesamte Aktivkohlestrecke der Aktivitätsrückhalteeinrichtung linear umzurechnen.<br>Ersatzweise bei nicht ausreichender anlageneigener Aktivitätskonzentration: Funktionskontrolle der Rückhalteeinrichtung durch Bewertung der relevanten Betriebsbedingungen | B[1)] | B[1)] |
| 2.2 | Bei Speicherung mittels Puffertanks: Funktion der Austrittsarmaturen an den Puffertanks | B[1)] | B[1)] |
| 2.3 | Jod-Sorptionsfilterung Abgasgruppe C | nach KTA 3601 | |
| 2.4 | Schwebstofffilterung Abgasgruppe C | nach KTA 3601 | |
| 2.5 | Einstellung und Auslösung der Grenzwertgeber | | |
| 2.5.1 | Druck, Puffertanks > max | 1 | 1 |
| 2.5.2 | Temperatur Voradsorber, Aktivkohlekolonne > max | 1 | 1 |
| 2.5.3 | Aktivitätskonzentration > max | 1/2 | 1 |
| 3 | Kalibrierung von messtechnischen Einrichtungen | | |
| 3.1 | $H_2$-Messungen | 1/4 | 1 |
| 3.2 | $O_2$-Messungen | 1 | 1 |
| 4 | Fördereinrichtungen und Spülgasströme | | |
| 4.1 | Einstellung der Durchsatzschwellwerte | B[1)] | B[1)] |
| 4.2 | Umschaltung der Abgaskompressoren | 1 | 1 |
| 4.3 | Umschaltung der Dampfstrahler (auch durch Simulationsprüfung des Leitwegs möglich) | B[1)] | B[1)] |

[1)] B = In der Betriebsphase zwischen zwei Brennelementwechseln

**Tabelle 6-2:** Wiederkehrende Prüfungen an Gasbehandlungssystemen (Diese Prüfungen sind auch bei der Inbetriebsetzung durchzuführen)

## 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 |
| StrlSchG | | Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlen-schutzgesetz)<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 1301.1 | (2022-11) | Berücksichtigung des Strahlenschutzes der Arbeitskräfte bei Auslegung und Betrieb von Kernkraftwerken;<br>Teil 1: Auslegung |
| KTA 1404 | (E 2022-11) | Dokumentation beim Bau und Betrieb von Kernkraftwerken |
| KTA 1503.1 | (2022-11) | Überwachung der Ableitung gasförmiger und an Schwebstoffen gebundener radioaktiver Stoffe;<br>Teil 1: Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb |
| KTA 2101.1 | (2015-11) | Brandschutz in Kernkraftwerken;<br>Teil 1: Grundsätze des Brandschutzes |
| KTA 2101.2 | (2015-11) | Brandschutz in Kernkraftwerken;<br>Teil 2: Brandschutz an baulichen Anlagen |
| KTA 2101.3 | (2015-11) | Brandschutz in Kernkraftwerken;<br>Teil 3: Brandschutz an maschinen- und elektrotechnischen Anlagen |
| KTA 2103 | (2022-11) | Explosionsschutz in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren (allgemeine und fallbezogene Anforderungen) |
| KTA 3601 | (2022-11) | Lüftungstechnische Anlagen in Kernkraftwerken |
| DIN EN 1822-1 | (2019-10) | Schwebstofffilter (EPA, HEPA und ULPA) - Teil 1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung; Deutsche Fassung EN 1822-1:2019 |