

Dokumentationsunterlage zur Regelerstellung

KTA 1502.2

- 1 Auftrag des KTA
- 2 Beteiligte Fachleute
- 3 Erarbeitung des Regelentwurfs
- 4 Ausführung zum Regeltext

1 Auftrag des KTA

Die Vorbereitung dieses Teils 2 für Hochtemperaturreaktoren des Regelvorhabens KTA 1502 geschah aufgrund entsprechender Initiativen der Firma BBC im Anschluss an die Bearbeitung des Teils 1 für Leichtwasserreaktoren. Der Unterausschuss RADIOAKTIVITÄTSÜBERWACHUNG (UA-RW) kam nach Prüfung verschiedener Unterlagen zu dem Entschluss, einen Antrag zur Vorbereitung eines Regelentwurfs unter Verzicht auf die Erstellung eines Vorberichts auf der 32. KTA-Sitzung am 14.06.1983 vorzulegen. Der KTA stimmte diesem Antrag zu. Er beauftragte die Firma BBC mit der Zusammenstellung des Arbeitsgremiums zur Vorbereitung des Regelentwurfs und den UA-RW mit der Prüfung der Regelentwurfsvorlage.

2 Beteiligte Fachleute

2.1 Arbeitsgremium

An der Erarbeitung des Regelentwurfsvorschlags durch das Arbeitsgremium waren folgende Herren beteiligt:

- aus Datenschutzgründen in dieser Datei gelöscht

2.2 Unterausschuss

Dem mit der Prüfung des Regelentwurfsvorschlags beauftragten Unterausschuss RADIOAKTIVITÄTSÜBERWACHUNG gehören folgende Mitglieder und stellvertretenden Mitglieder (St) an:

- aus Datenschutzgründen in dieser Datei gelöscht

2.3 Geschäftsstelle

Die Geschäftstellenaufgaben wurden von Dr. Fett, KTA-Geschäftsstelle, wahrgenommen.

3 Erarbeitung des Regelentwurfs

Das Arbeitsgremium hat in der Zeit vom 21.12.1983 bis 26.06.1987 insgesamt 9 Sitzungen durchgeführt, um den Regelentwurfsvorschlag zu erarbeiten. Auf der Sitzung am 25./26.06.1987 wurde die Geschäftsstelle beauftragt, den Regelentwurfsvorschlag an den UA-RW weiterzuleiten. Dieser hat ihn auf seiner Sitzung am 10. Februar 1988 beraten. Er beschloss bei 14 vertretenen Stimmen (von 15) einstimmig, die Regelvorlage den Fraktionen des KTA zur Stellungnahme vorzulegen (Fraktionsumlauf). Weil nach Ablauf der Frist am 20. Juni 1988 keine Änderungsvorschläge vorlagen, bot sich die Möglichkeit, durch ein schriftliches Abstimmungsverfahren im UA-RW die Regelentwurfsvorlage noch zur 42. KTA-Sitzung am 20. September 1988 zur Verabschiedung als Regelentwurf einzubringen. Der UA-RW stimmte bei einer Enthaltung zu. Der KTA beschloss die Aufstellung als Regelentwurf auf seiner 42. Sitzung einstimmig.

4 Ausführungen zum Regeltext

Allgemeines

Bei der Erarbeitung des Regelentwurfsvorschlags wurde eine möglichst enge Anlehnung an den Teil 1 der Regel angestrebt, wobei allerdings neben sachlich bedingten Abweichungen, die durch Unterschiede der Reaktortypen zu erklären sind, auch einige Vorgaben des UA-RW zu berücksichtigen waren, die den Aufbau der Regel betreffen.

Insbesondere sollte eine von speziellen Anlagenkonzepten möglichst unabhängige Angabe der zu überwachenden Raumbereiche erfolgen. Dies wurde dadurch erreicht, dass die zu überwachenden Raumbereiche durch die in ihnen enthaltenen Systeme gekennzeichnet werden, deren jeweiliges Freisetzungspotential für die Überwachungsmaßnahmen maßgeblich ist. Ferner wurde unter diesem Gesichtspunkt auf die Aufnahme von Schemazeichnungen in die Regel verzichtet.

Bezüglich der zu überwachenden Nuklidgruppen ergibt sich aufgrund des abweichenden Freisetzungspotentials der einzelnen Nuklidgruppen ein anderes Bild als bei LWR. Dies wird in den Ausführungen zum Abschnitt 3 im einzelnen begründet.

(Die folgenden Erläuterungen beschränken sich auf Punkte, in denen diese Regel von KTA 1502.1 abweicht.)

Zu Abschnitt 1 Anwendungsbereich

Im Hinblick auf zukünftige, möglicherweise abweichende Reaktorkonzepte galt es, den Begriff Hochtemperaturreaktor so abzugrenzen, dass die für die Anwendbarkeit dieser Regel wesentlichen Eigenschaften herausgestellt werden. Dies sind vor allem die Verwendung von Helium als Kühlmittel und von Graphit als Moderator. Ergänzend bleibt nachzutragen, dass den Betrachtungen, die zur Festlegung der Anforderungen dieser Regel geführt haben, Kühlgastemperaturen bis ca. 950°C und die Verwendung der derzeit üblichen Brennstofftechnologie (coated particles) zugrunde gelegen haben. Eine Abgrenzung bezüglich der Brennstofftechnologie erschien im Regeltext nicht möglich und auch nicht erforderlich, da andere Konzepte derzeit nicht in Diskussion stehen. Es liegen keine Hinweise vor, dass die Bauweise der Brennelemente (Kugel, Block) die Gültigkeit von Anforderungen dieser Regel in Frage stellen würde.

Zu Abschnitt 3.2.2 und 3.3 zu überwachende Nuklidgruppen

(1) Tritium

Die Überwachung auf Tritium war aufgrund der HTR-spezifischen Gegebenheiten zusätzlich in diesen Teil des Regelvorhabens aufzunehmen. Die Überwachung erfolgt sowohl mit festinstallierten als auch mit beweglichen Messeinrichtungen.

Die Überwachung mit festinstallierten Messeinrichtungen beschränkt sich bei Tritium auf die Raumgruppen 2 und 3, weil gezeigt werden konnte, dass in der Raumgruppe 1 keine Tritium Freisetzungen vorkommen können ohne dass gleichzeitig Edelgase oder Aerosole als Indikator für diese Leckage auftreten. Bei der Arbeitsplatzüberwachung auf Tritium mit beweglichen Messeinrichtungen treten Störungen durch Edelgase auf, die jedoch zu einer konservativen Überschätzung der Aktivitätskonzentration von Tritium führen.

(2) Bei Reaktorbetrieb dominieren in Leckagen aus Primärkühlmittel führenden Systemen die Edelgase, so dass diese in den Raumgruppen 1 und 2 überwacht werden müssen. Ein Übertritt der Edelgase in den Wasser-Dampf-Kreislauf findet nicht statt, so dass eine Überwachung auf Edelgase in Raumgruppe 3 nicht erforderlich ist.

(3) Aerosole

Bei Reaktorbetrieb ist das Verhältnis der Jod- bzw. Aerosol-Aktivität zu der der Edelgase im Primärkühlmittel sehr klein. Infolgedessen ist die Aktivitätskonzentration von Jod und langlebigen Aerosolen in der Raumluft als Folge von Primärkühlmittelleckagen äußerst gering.

Da in die Raumgruppe 2 nur über Staubfilter geleitetes Primärkühlmittel gelangen kann, sind hier nur Tritium oder Edelgase geeignete Leckageindikatoren. In der Raumgruppe 3 treten Aerosole nicht auf.

(4) Radioaktives Jod

Die Notwendigkeit einer Überwachung auf radioaktives Jod wurde anhand spezieller Untersuchungen unter Einbeziehung der Erfahrungen von bestehenden Anlagen durchgeführt.

Bei der Anlage AVR hat das Isotop I 131 während des langjährigen Betriebes weder betrieblich noch in Bezug auf die Umweltbelastung (13 µCi wurden während der letzten 5 Jahre emittiert) eine besondere Beachtung erfordert. Seine Aktivitätskonzentration im Kühlgas ist auch bei Heißgastemperaturen von 950°C noch so gering, dass selbst größere Kühlgasleckagen zu keiner nennenswerten Freisetzung führen können. Daher ist am AVR eine Jodfiltereinrichtung für die Abluft nicht installiert worden.

Die niedrige Jodkonzentration im Kühlgas von $2 \times 10^{-8} \text{ Ci/m}^3$ einerseits und andererseits die Tatsache, dass bei Reaktorbetrieb Kühlgasleckagen stets in Begleitung von Edelgasnukliden auftreten, deren Aktivitätskonzentration um 6 Größenordnungen höher ist, lassen eine Überwachung der Raumluft auf Radiojod nicht sinnvoll erscheinen. Die Leckageüberwachung kann allein auf die sehr empfindliche Edelgasmessung beschränkt werden (Nachweisgrenze bei AVR: $0,255 \text{ m}^3/\text{h}$).

Bei abgeschaltetem Reaktor fällt die I 131-Konzentration im Kühlgas aufgrund seiner Kondensation anhalten Flächen schnell unter die während des Betriebes herrschenden Werte (AVR: weniger als 10^{-10} Ci/m^3). Eine Jodüberwachung ist daher auch bei abgeschaltetem Reaktor nicht sinnvoll, weil die maximal zu erwartende Jodkonzentration schon ohne Berücksichtigung einer Verdünnung durch die Raumluft unterhalb der Nachweisgrenze liegt (nach KTA 1502.1 mindestens nachweisbar in einer Stunde: $2,7 \times 10^{-10} \text{ Ci} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$). Insofern ist es ohne Bedeutung, ob im abgeschalteten Zustand Edelgase als Indikator für Jod vorhanden sind.

Die I-131 und Edelgasverhältnisse des Fort St. Vrain-Reaktors sind mit denen des AVR unter Berücksichtigung der reaktorspezifischen Faktoren in guter Übereinstimmung. Diese Übereinstimmung der beiden unterschiedlichen Anlagen bestätigt die auf AVR-Erfahrungen beruhenden allgemeinen Aussagen über die geringe Bedeutung von I 131 an HTR-Anlagen.

Wegen ihrer relativ hohen Brennelementtemperaturen sind AVR und FSV bezüglich der I 131-Verhältnisse sogar als konservative Beispiele anzusehen.

So wird die I 131-Konzentration im Kühlgas z. B. beim THTR-300, dessen Brennelementtemperaturniveau um 200°C niedriger liegt als beim AVR, noch deutlich unter der des AVR liegen.

Die nachfolgend wiedergegebene Tabelle enthält quantitative Angaben über I 131- und Edelgas- Aktivitätskonzentrationen im Kühlgas bei verschiedenen HTR-Anlagen und über die die Aktivitätskonzentration bestimmenden Parameter:

	Zirkulie- rendes I 131 Ac Ci	I 131- plate-out A_p Ci	Ablager- ungsfaktor α_{ai} %	leistungs- spezifische Freisetzg v. I 131 Ci/MW	R/B (I 131) ⁵⁾	Urankont. Ufrei/ Uges	I 131 -Akt. Konz. im Kühlgas Ci/m ³	Edelgasakt. konz. im Kühlgas mCi/m ³
AVR ¹⁾	$3,2 \times 10^{-5}$	0,71	50	$1,5 \times 10^{-2}$	5×10^{-7}	1×10^{-4}	2×10^{-8}	10
FSV ²⁾	$1,7 \times 10^{-3}$	114 ^{a)}	50 ^{b)}	$1,34 \times 10^{-1}$	5×10^{-6} ^{b)}	ca. 1×10^{-4}	8×10^{-8} ^{c)}	22 ^{a)}
THTR ³⁾	8×10^{-4}	233	90	3×10^{-1}	$9,1 \times 10^{-6}$	5×10^{-5}	$1,6 \times 10^{-8}$	10
THTR ⁴⁾	$1,6 \times 10^{-4}$	2,8	50	$4,8 \times 10^{-3}$		5×10^{-5}	$3,4 \times 10^{-9}$	5

I 131-Daten der HTR-Anlagen AVR, FSV, THTR

- 1) Alle AVR-Daten beziehen sich auf das Jahr 1984
- 2) a) berechnet aus Literaturwert
b) Literaturwert
c) berechnet aus A_p , mit $\alpha_{ai} = 50\%$ und $V = 1 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{h}$
- 3) THTR-Erwartungswerte
- 4) aus AVR-Messungen extrapolierte Werte
- 5) $R/B = \text{Verhältnis der ins Kühlgas freigesetzten I 131 Aktivität zur insgesamt erzeugten I 131 Aktivität}$

Zu Abschnitt 3.3, bewegliche Messeinrichtungen

Messeinrichtungen mit beweglichen Probenahmeleitungen, bei denen der Probenahmeort je nach der Messaufgabe gewählt werden kann, gelten als bewegliche Messeinrichtungen.

Zu Abschnitt 4.1.1.3 Probenahmeleitungen:

Eine Ausführung der Probenahme nach DIN 25 423 ist bei Messungen nach dieser Regel nicht erforderlich. Die Bezugnahme auf diese DIN-Norm beschränkt sich daher auf einen Hinweis.

Zu Abschnitt 4.1.1.3 und 4.1.3 Länge der Probenahmeleitungen und Temperaturbereich des Messmediums:

Abschätzungen haben ergeben, dass bei festinstallierten Messeinrichtungen im Fall von Leckagen eine Messmediumtemperatur am Ort der Probenahme von 260°C unterstellt werden muss. Diese Temperatur muss allein aufgrund der Wärmeabgabe über die Probenahmeleitung auf die für die Messeinrichtungen spezifizierte Messmediumtemperatur abgebaut werden. Es erschien daher angezeigt, die zulässige Messmediumtemperatur der Messgeräte im Rahmen der praktisch verfügbaren Geräte möglichst hoch (50°C) anzusetzen. Dennoch ergibt sich aus diesem Gesichtspunkt eine Mindestlänge der Probenahmeleitung in der Größenordnung von einigen zehn Metern. Es wurde daher der Einfluss der Länge der Probenahmeleitung bei den Tritiumprobenahmen experimentell überprüft. Bei der Messung von Tritium mittels einer 45 m langen, auf Raumtemperatur befindlichen Ansaugleitung mit einem Durchmesser von 5 mm ergab sich nach Einstellung des Gleichgewichts eine Minderung der Anzeige um 30 % gegenüber der Messung mit einer nur 1 m langen Probenahmeleitung. Dies ist aus Strahlenschutzgesichtspunkten unbedenklich. Die stationäre Anzeige ergab sich ca. zwei Stunden, nach Beginn der Tritium-Einleitung in die kontaminationsfreie Probenahmeleitnng. Innerhalb kürzerer Zeiträume muss mit größeren Abweichungen durch Adsorptionseffekte des als HTO anfallenden Tritiums gerechnet werden. Es wird erwartet, dass das als HT anfallende Tritium nicht durch Adsorption gemindert wird.

Zu Abschnitt 4.2.1: Nachweisgrenzen und obere Messbereichsrichtungen.

Die Werte für die Nachweisgrenze und die obere Meßbereichsgrenze bei festinstallierten Edelgasmessgeräten entsprechen den Werten von KTA 1502.1. Die Nachweisgrenze erlaubt zum Beispiel die Detektierung einer Leckage von Primärkühlmittel mit einer Aktivitätskonzentration an Edelgasen in Höhe der Erwartungswerte bei THTR in der Größenordnung von 0.5 m/h in einen 1000 m³ großen Raum bei einer Luftwechselzahl von 6/h unter der Annahme einer homogenen Durchmischung. Die obere Messbereichsgrenze entspricht der Größenordnung, des Erwartungswerts der Aktivitätskonzentration an Edelgasen im Primärkühlmittel bei THTR.

Bei der Raumgruppe 3 gestatten die Werte für die Nachweisgrenze und die obere Messbereichsgrenze bei festinstallierten Tritium-Messgeräten zum Beispiel bei Annahme einer homogenen Verteilung der Aktivität die Kontrolle der Annäherung an Kontrollbereichsbedingungen im Maschinenhaus. Die obere Messbereichsgrenze liegt so, dass eine Übersteuerung der Messeinrichtungen selten sein wird.

Die Festlegung des Messbereichs für die festinstallierten Tritium-Messgeräte der Raumgruppe 2 deckt mit der oberen Messbereichsgrenze den Gesichtspunkt der Kontrolle einer Annäherung an Abgabegrenzwerte und mit der Nachweisgrenze die Gesichtspunkte des Personenschutzes ab.

Zu Abschnitt 4.2.2: Nachweisgrenzen und obere Meßbereichsgrenzen bzw. äquivalente Anforderungen bei beweglichen Messeinrichtungen

Die Werte für die Nachweisgrenzen und oberen Messbereichsgrenzen bei den beweglichen Messeinrichtungen orientieren sich vor allem an den Strahlenschutzgrenzwerten für das Personal. Mit Ausnahme der oberen Messbereichsgrenze bei der Edelgasmessung erschienen daher auch die Werte aus KTA 1502.1 für die Edelgas- und Aerosolmessung übertragbar. Die obere Grenze des Messbereichs bei der Edelgasmessung wurde um eine Dekade erniedrigt, weil der jetzt festgelegte Wert für die obere Messbereichsgrenze von $5 \cdot 10^{10}$ Bq/m³ bei homogener Verteilung (unendlicher Halbraum vorausgesetzt) schon zu einer Dosisleistung durch Direktstrahlung in der Größenordnung von 20 mSv/h führt, was sicher nicht überschritten werden darf. Bei dieser Größenordnung stützt man sich bei der Personenüberwachung auf Dosisleistungsmessungen.

Bei der Überwachung auf Tritium mit beweglichen Messeinrichtungen ist die obere Messbereichsgrenze so festgelegt, dass der Bereich der Aktivitätskonzentration, bei dem die Ausrüstung, des Personals mit Vollschutz erforderlich wird, kontrolliert werden kann. Im Hinblick auf die Nachweisgrenze erschien es bei Tritium angemessen, die technischen Möglichkeiten der verfügbaren Geräte auszuschöpfen.

Zu Abschnitt 5.2.4.3, 5.2.4.5 und 5.2.5.2 (Tab. 5-1): Kalibrierung und Überprüfung der Kalibrierung

In dieser Regel wird begrifflich unterschieden zwischen der Kalibrierung nach Abschnitt 5.2.4.3 einerseits und der Überprüfung der Kalibrierung im Rahmen der Inbetriebsetzung (Abschnitt 5.2.4.5) und der wiederkehrenden Prüfungen (Abschnitt 5.2.5.2 und Tab. 5-1) andererseits. Die Kalibrierung findet in der Regel nur beim Hersteller der Messeinrichtungen statt. Sie geschieht dort oft nur an einem Exemplar eines Typs, wobei die Gültigkeit dieser Kalibrierung für die gesamte Serie durch die mittels Qualitätskontrolle sichergestellte Reproduzierbarkeit der Fertigung erreicht wird. Eine Kalibrierung vor Ort ist schon deshalb meist nicht durchführbar, weil sie die Einstellung der Einflußgrößen auf Bezugswerte erforderlich macht, was im Allgemeinen nur im Labor möglich ist.

Bei der Überprüfung der Kalibrierung vor Ort wird dagegen unter betrieblichen Bedingungen nur . geprüft, ob sich der bei der Kalibrierung in definierter Geometrie an einem Prüfpräparat erhobene Anschlusswert nicht über, ein zulässiges Maß hinaus geändert hat. Die geforderte Reproduzierbarkeit des Anschlusswertes berücksichtigt dabei die vor Ort vorhandenen Abweichungen der Umgebungsbedingungen von den Bezugswerten. Über das Verhalten der Messeinrichtung an anderen Punkten des Messbereichs kann die Überprüfung der Kalibrierung nichts aussagen. Dies wird nach Tabelle 5-1 durch simulierte Signale (also ohne Detektor) geprüft.