

██████ beim
Bundesamt für Strahlenschutz
Ingolstädter Landstr. 1
85764 Oberschleißheim

Tel: 030 ████████
E-Mail: ████████

Oberschleißheim, den 06. Juli 2016

Sehr geehrter Herr Schejbal,

bezüglich Ihrer E-Mail vom 01. Juni 2016 möchte ich zu den von Ihnen angesprochenen Punkten, die Sie hinsichtlich des Beitrags von Dr. Vogl im BfS-Jahresbericht von 2002 haben, Stellung nehmen:

- a) Auffinden eines Schwebstofffilters in einer Probenentnahmeleitung eines Kernkraftwerks;
- b) Umgang mit großen Aerosolpartikeln.

Zu Punkt a): Auffinden eines Schwebstofffilters in einer Probenentnahmeleitung eines Kernkraftwerks

Zitat aus dem BfS-Jahresbericht 2002

„... Der Rohrfaktor für Aktivität hatte bei einer anderen Probeentnahmeeinrichtung einen unerwartet hohen Wert von 3, wobei sich bei Nachforschungen mittels Endoskopie zeigte, dass in der sekundären Probeentnahmeleitung ein Schwebstofffilter des Betreibers steckte, an dem sich ein Großteil der Aerosolpartikeln abschied. In diesem Fall wurde durch die Untersuchungen ein Fehler in der Probeentnahmeeinrichtung beseitigt. ...“

Stellungnahme

Bei deutschen Kernkraftwerken wird eine primär-sekundär Probeentnahmeeinrichtung verwendet, wie sie schematisch in Abbildung 1 dargestellt ist. Über einen Probenentnahmerechen, der aus 8 bis 20 Probenentnahmesonden besteht, wird dabei aus dem Fortluftkanal oder -kamin ein Teilluftstrom mit einem Volumenstrom von $80 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ bis $200 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ entnommen und über die primäre Probeentnahmeleitung zu den Orten, an denen Sammel- und Messeinrichtungen vorhanden sind, geleitet. Dort werden aus der primären Probeentnahmeleitung über sekundäre Probeentnahmeleitungen Teilluftströme mit Volumenströmen von $2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ bis $20 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ zu den einzelnen Sammel- und Messeinrichtungen geführt.

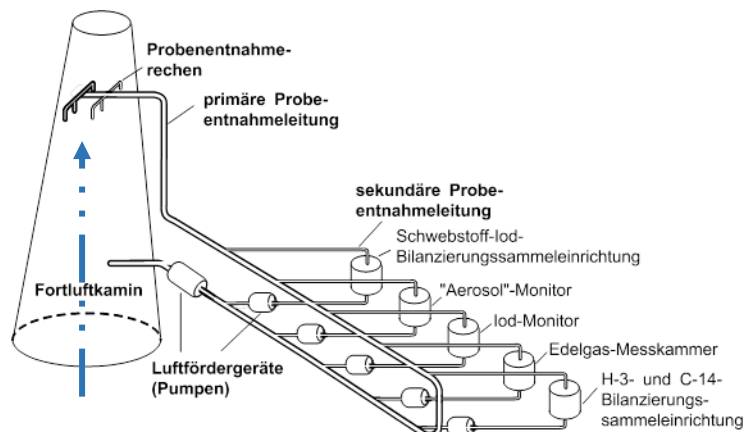


Abb. 1: Schematische Darstellung einer Probeentnahmeeinrichtung in einem Fortluftkamin zur Überwachung und Bilanzierung von radioaktiven Stoffen

Die Untersuchungen, auf die sich das Zitat bezieht, wurden bei einem bereits in der Stilllegung befindlichen Kernkraftwerk im Jahr 1995 durchgeführt. Damals wurde in dem Kraftwerk eine neue Probenentnahmeeinrichtung eingebaut, was eine neuerliche Bestimmung des Rohrfaktors an zwei unterschiedlichen Iod-Aerosol-Sammlern (siehe Abbildung 2) erforderte.

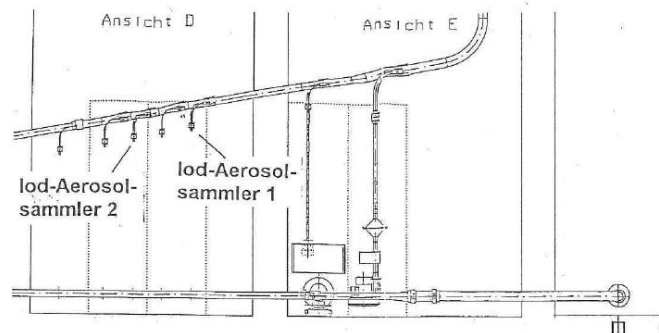


Abb. 2: Schematische Darstellung der Entnahme aus der primären Probenentnahmeleitung im Messraum des untersuchten Kernkraftwerks

Die Auswertung mehrerer durchgeführter Messungen bei der Bestimmung des Rohrfaktors im angesprochenen Kernkraftwerk ergab, dass die beim „Iod-Aerosol-Sammler 2“ bestimmten Rohrfaktoren für Aerosolpartikeln mit aerodynamischen Partikeldurchmessern von $3\ \mu\text{m}$ im Bereich zwischen 1,5 und 1,7 lagen, während beim „Iod-Aerosol-Sammler 1“ die Rohrfaktoren mit Werten zwischen 3,5 und 6,4 mindestens den doppelten Wert aufwiesen. Von unserer Seite aus ergaben sich als Ursache für diese Diskrepanz zwischen zwei identischen Sammeleinrichtungen nur zwei Möglichkeiten:

- entweder eine inhomogene Verteilung der Aerosolpartikelkonzentration im primären Probenentnahmeleitungsrohr vor dem „Iod-Aerosol-Sammler 1“
- oder Rohrverengungen bzw. Schweißnähte in der sekundären Probenentnahmeleitung zum „Iod-Aerosol-Sammler 1“.

Dieses Ergebnis wurde dem Auftraggeber mitgeteilt.

Daraufhin prüfte der Auftraggeber die gesamte Probenentnahmeeinrichtung und kam zu folgendem Ergebnis: „... Nach Durchführung Ihrer Messung haben wir in der Sekundärprobenentnahmeleitung des Aerosolsammlers 1 ein Aerosolfilter gefunden und entfernt. Dieses wurde scheinbar [...] durch ungünstige Unterdruckverhältnisse rückwärts in die Sekundärprobenentnahmeleitung gesaugt und wirkte dort vorabscheidend. Aktivitätsmessungen [...] an den Filtern von Sammler 1 und 2 vor und nach der Entfernung des unzulässigen Filters in der Rohrleitung bestätigen unserer Vermutungen. ...“

Im Allgemeinen ist ein solches Ereignis, bei dem ein Schwebstofffilter durch ungünstige Druckverhältnisse in eine Probenentnahmeleitung gesaugt wird, eher singulär. Falls es jedoch zu einer solchen Störung kommt, wird diese durch den gemäß KTA-Regel 1503.1 festgelegten wöchentlichen Filterwechsel schnell erkannt und behoben werden. Auf die Bilanzierung der Aktivitätsableitungen von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen hat ein solches Ereignis keine Auswirkungen, da die Sammeleinrichtungen von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen gemäß KTA-Regel 1503.1 redundant ausgelegt sein müssen (siehe Abbildung 2).

Die jährlichen Ableitungen von an Schwebstoffe gebundenen radioaktiven Stoffen des angesprochenen Kernkraftwerkes liegen aufgrund unterschiedlicher Arbeiten während des Rückbaus zwischen $1\ \text{E}+04\ \text{Bq}$ und $3,4\ \text{E}+06\ \text{Bq}$; der von der Aufsichtsbehörde festgelegte Genehmigungswert für diese Radionuklidgruppe beträgt $8,5\ \text{E}+08\ \text{Bq}$. Damit wird der Genehmigungswert maximal zu

1 % ausgeschöpft; im Jahr 1995, in der die Rohfaktorbestimmung stattfand, betrug die Emission 0,007 % des Genehmigungswertes.

Zu Punkt b): Umgang mit großen Aerosolpartikeln

Zitat aus dem BfS-Jahresbericht 2002

„ ... Die untersuchten Probeentnahmeeinrichtungen sind geeignet zur Bestimmung der Aktivitätskonzentrationen und Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb. Sie sind jedoch im Allgemeinen nur wenig brauchbar für die Erfassung von großen Aerosolpartikeln mit aerodynamischen Partikeldurchmessern über $10\ \mu\text{m}$ und der daran gebundenen Aktivität, wie sie möglicherweise bei einem nuklearen Ereignis entstehen könnten.“

Stellungnahme

Die Frage, ob ggf. Partikeln mit größerem aerodynamischen Durchmesser unbemerkt mit dem Fortluftstrom abgeleitet, d. h. freigesetzt, werden können und ob die derzeitige Emissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen eventuell ertüchtigt werden muss, wurde bereits im Jahre 2008 vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit und Bau an uns herangetragen. Dabei wurde von unserer Seite die doch recht komplexe Sachlage ausführlich erläutert und die Schlussfolgerung gezogen, dass die derzeitige Emissionsüberwachung dem Stand von Wissenschaft und Technik entspricht. Im Folgenden finden Sie eine kurze Zusammenfassung des Sachverhaltes, wie sie in unserer Stellungnahme dem BMUB übermittelt wurde.

Seit Ende der 1970er Jahre wurde eine Vielzahl von Untersuchungen zur Verteilung der Aktivitäten von an Aerosolpartikeln gebundenen Radionukliden über dem Aerosolpartikeldurchmesser im Normalbetrieb durchgeführt, so dass die Kenntnis darüber ausreichend ist. Alle Untersuchungen zeigten, dass der Großteil der Aktivität einiger Radionuklide, wie etwa I-131 oder Ba-140, auf kleinen Aerosolpartikeln mit aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmessern im Bereich von $0,1\ \mu\text{m}$ bis $1\ \mu\text{m}$ vorliegt. Bei anderen Radionukliden, wie etwa Mn-54 und Co-60, ist die meiste Aktivität auf Aerosolpartikeln mit einem aerodynamischen Durchmesser von einigen μm . Der Anteil der Aktivitäten auf Aerosolpartikeln mit einem aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser über $10\ \mu\text{m}$ ist jedoch gering (siehe Abbildung 3).

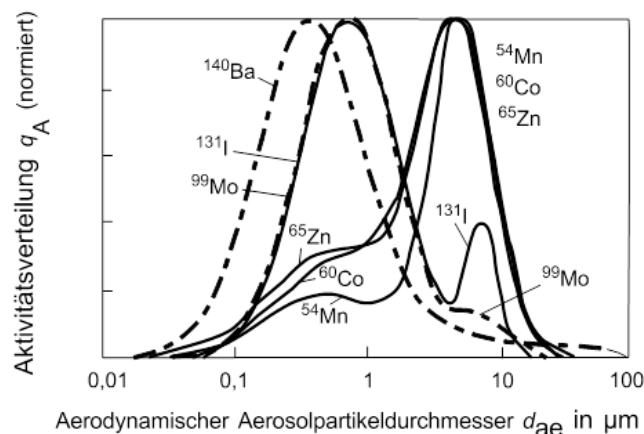


Abb.3: Über mehrere Untersuchungen gemittelte und normierte Verteilungen der Aktivitäten von Radionukliden

Die Verteilung der Aktivität wird aber auch durch die Filterung der Fortluft beeinflusst; d. h. bei einer Vollfilterung der Fortluft tendieren die Verteilungen der Aktivitäten zu etwas kleineren aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmessern hin, während sehr große Aerosolpartikeln kaum auftreten. Viele Kernkraftwerke haben bereits die Vollfilterung, andere wurden entsprechend nachgerüstet. Zudem sind große Aerosolpartikeln mit einem aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser über $20\ \mu\text{m}$ wesentlich ungleichmäßiger über dem Querschnitt des Fortluftkanals verteilt als kleine Aerosolpartikeln. Die teils hohen Verluste von großen Aerosolpartikeln auf ihrem

Weg in den Probenentnahmeeinrichtungen von den Probenentnahmesonden bis zum Sammelmedium haben für die Überwachung und Bilanzierung der Aktivitätsableitungen von an Schwebstoffen gebundenen Radionukliden im Normalbetrieb im Allgemeinen nur einen geringen Einfluss.

Direkte Untersuchungen über die Verteilung der Aktivität über dem aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser während eines Ereignisses, z. B. eines Störfalls, sind nicht bekannt; es gibt jedoch eine Reihe von rechnerischen Abschätzungen. Auch mehrere Versuchsanordnungen für die Untersuchung der Freisetzung von Stoffen bei Kernschmelzen, die auch die Eigenschaften und das Verhalten von erzeugten Aerosolpartikeln ermitteln sollen, wurden aufgebaut. Eine indirekte Abschätzung der Aktivitätsverteilung über dem aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser beim Unfall in Tschernobyl wurde u. a. aus dem zeitlichen Abfall der Aktivitäten der Radionuklide Cs-137 und Pu-239, die von den Arbeitern aufgenommenen wurden, vorgenommen. Danach lag der Medianwert der Aktivitätsverteilung über dem aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser zwischen 12 μm und 16 μm .

Bei allen Betrachtungen und rechnerischen Abschätzungen wird davon ausgegangen, dass die relative Luftfeuchte bei einem Ereignis sehr hoch ist. Dies führt dazu, dass Wasserdampf an der Oberfläche der Aerosolpartikeln kondensiert und dort eine Schicht bildet oder vom Material der Aerosolpartikeln aufgenommen wird. Wasserdampf kann auch als Tröpfchen kondensieren, wobei dampfförmige Radionuklide absorbiert oder radioaktive Aerosolpartikeln aufgenommen werden. Wird dieses radioaktive Stoffe enthaltende Wasser versprüht, bilden sich luftgängige Tröpfchen mit einem aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser von etwa 20 μm . All diese Effekte führen dazu, dass der Medianwert der Aktivitätsverteilung über dem aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser deutlich ansteigt. Dem Umstand, dass die Aerosolpartikeln im Ereignisfall wahrscheinlich flüssig sind und einen derart großen aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser aufweisen dürften, wird insoweit Rechnung getragen, dass die Probenentnahmesonden von Probenentnahmeeinrichtungen für Störfälle einen großen Durchmesser der Eintrittsöffnungen aufweisen, dass sie beheizt sind oder heiße Luft zugeführt wird und dass ein zusätzlicher Luftstrom den eintretenden Luftstrom umgibt. Diese Vorkehrungen sind dazu gedacht, die Abscheideverluste im Eingangsbereich der Probenentnahmesonde zu verringern und die Aerosolpartikelgröße durch Verdampfen des Wassers schnell zu reduzieren, um die Abscheideverluste in den Probenentnahmeleitungen gering zu halten.

Es ist zu erwarten, dass sich im Ereignisfall der Medianwert der Verteilung der Aktivität über dem aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser von wenigen μm bis auf 10 μm oder 20 μm verschiebt. Bei den Probenentnahmeeinrichtungen von vielen Kernkraftwerken führt eine solche Verschiebung der Verteilung der Aktivität zu wesentlich erhöhten Abscheideverlusten in der Probenentnahmeeinrichtung. Der Wert des im Normalbetrieb bestimmten Gesamtverlustfaktors für Aktivität ist dann weit geringer als der Gesamtverlustfaktor im Ereignisfall, der üblicherweise unbekannt ist. Die wirkliche Aktivitätsableitung ist daher weit höher als die aus der auf dem Schwebstofffilter der Sammeleinrichtung abgeschiedenen Aktivität berechnete Aktivitätsableitung. Bei Probenentnahmeeinrichtungen der Kernkraftwerke von Konvoy-Typ und auch bei einigen anderen führt eine solche Verschiebung der Verteilung der Aktivität nur zu geringfügig erhöhten Abscheideverlusten; die wirkliche Aktivitätsableitung entspricht der aus der auf dem Schwebstofffilter der Sammeleinrichtung abgeschiedenen Aktivität berechneten Aktivitätsableitung. Bei den meisten Ereignissen werden Aerosolpartikeln mit aerodynamischem Aerosolpartikeldurchmesser über einen weiten Bereich von 0,1 μm bis etwa 20 μm erzeugt und freigesetzt; auch die Verteilung der Aktivität überdeckt einen größeren Bereich, dem auch kleine Aerosolpartikeln mit aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmessern bis zu wenigen μm angehören. Zumindest ein Teil der Aerosolpartikeln, an die Aktivität gebunden ist, gelangt daher auf die Schwebstofffilter der Sammeleinrichtungen und „Aerosolmonitoren“. Eine größere Aktivitätsableitung wird daher von den Überwachungseinrichtungen üblicherweise erfasst werden;

der Wert der aus den Messungen bestimmten Aktivitätsableitung kann jedoch bei Ereignissen beträchtlich geringer sein als die wirkliche Aktivitätsableitung. Bei seltenen Ereignissen, wie z. B. der Freisetzung von radioaktiven Harzpartikeln mit einem aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser von etwa 50 µm beim schweizerischen Kernkraftwerk Mühleberg, kann es jedoch bei einigen Probenentnahmeeinrichtungen vorkommen, dass solche großen Aerosolpartikeln, deren aerodynamischer Aerosolpartikeldurchmesser zudem nur in einem engen Bereich liegt, nicht zur Sammeleinrichtung gelangen; damit wird diese Aktivitätsableitung von der Überwachungseinrichtung nicht erfasst. In diesen Fällen wird ein solches Ereignis über die Immissionsüberwachung detektiert.

Falls Sie die ausführliche Stellungnahme bezüglich der großen Aerosolpartikeln interessiert, können Sie diese selbstverständlich von uns erhalten.

Außerdem möchte ich Sie darauf hinweisen, dass wir uns im Rahmen eines Forschungsvorhabens mit der Fragestellung von Aerosolpartikeln kleiner als 0,1 µm bzw. größer als 10 µm bei in Rückbau befindlichen Kernkraftwerken weiterhin auseinandersetzen.

Mit freundlichem Gruß

A solid black rectangular box used to redact the signature of the sender.