

Es geht auch ohne Gas !

von Dipl.-Ing. Heinz Kirsch

Weiterentwicklung der Kontaminationsmesstechnik vom Zählgas zum Szintillator

Bis weit in die 90er Jahre war bei der täglichen Überwachung und Messung von Kontaminationen der Griff zur Gasflasche Routine für den Strahlenschützer.

Der Großflächendetektor des Kontaminationsmonitors musste als Erstes gespült werden und die Prüfung - ob der Detektor schon ausreichend gespült war - war eine Notwendigkeit um verlässliche, reproduzierbare Messergebnisse zu erhalten.

Ab Mitte der 90er Jahre begann die Firma S.E.A. GmbH (Strahlenschutz-Entwicklungs- und Ausrüstungsgesellschaft) den gasgespülten und gasgefüllten Detektoren ernsthaft die „gelbe Karte“ zu zeigen. Basierend auf der Detektortechnologie des dünn-schichtigen Plastikszintillators wurden die, z.B. in England eingesetzten Detektorsysteme von NE (Nuclear Enterprises) weiterentwickelt und an die Forderungen der deutschen StrlSchV angepasst.

Bei dieser Detektortechnologie wird ein dünn-schichtiger Plastikszintillator (Material PVT mit ca. 0,35 mm Materialdicke) in einem speziell entwickelten Detektorgehäuse so eingesetzt, dass der Photomultiplier alle Bereiche des Detektorreflektorraumes „überblicken“ kann. Der Photomultiplier ist nicht wie bei anderen Szintillationsdetektoren direkt mit dem Detektorkristall gekoppelt. Beim großflächigen Plastikszintillationsdetektor erfolgt die Kopplung von Detektor und PMT über Luft. Dazu ist der Innenraum des Detektorgehäuses mit einer Spezialfarbe beschichtet, die auf den Spektralbereich des Photomultipliers abgestimmt ist. Eine, außen vor dem Detektormaterial befindliche, auf einen Rahmen gespannte Aluminium-bedampfte Mylarfolie (2 x 2 µm) schützt die Detektor-Photomultiplier-Kombination vor Lichteinfall. Die nach außen gerichtete Fläche des Plastikszintillators ist mit einer ZnS-Beschichtung versehen. In dieser dünnen Schicht reagiert die α-Strahlung mit dem Detektormaterial. Über eine Analyse der Impulshöhen erfolgt in der Detektorelektronik die Trennung von α- und β/γ-Strahlung. Der Plastikszintillator erreicht vergleichbare Detektorwirkungsgrade wie die Zählgas-basierenden Großflächendetektoren. (siehe Tabelle rechts)

In der Zeit von 1996 bis zum Anfang des neuen Jahrhunderts war die S.E.A. GmbH der Trendsetter in dieser innovativen Detektortechnologie. Heute haben fast alle führenden Hersteller für Kontaminationsmesstechnik die gasfreie Szintillationsdetektortechnologie im Programm. Auch die Weiterentwicklung im Bereich der Mikroelektronik und die deutliche Erhöhung der Leistungsfähigkeit von Photomultipliern bei gleichzeitiger Reduzierung der Baugröße waren und sind positive Einflussfaktoren für die neue, praxisorientierte und bewährte Technologie.

Radionuklid-Empfindlichkeit

Mittelwerte aus Messungen mit 100 cm²-Präparaten

C-14	ca. 14 %
F-18	ca. 18 %
P-32	ca. 25 %
S-35	ca. 12 %
Cl-36	ca. 42 %
K-40	ca. 30 %
Co-57	ca. 7 %
Co-60	ca. 23 %
Sr-89	ca. 27 %
Sr-90 / Y-90 (auf Sr-90 bezogen)	ca. 42 %
Tc-99m	ca. 3 %
In-111	ca. 8 %
I-123	ca. 7 %
I-125	ca. 12 %
I-131	ca. 21 %
Cs-137	ca. 35 %
Au-198	ca. 23 %
Tl-204	ca. 43 %
Am-241 α	ca. 18 %
Pu-238 α	ca. 18 %
U-238 α	ca. 22 %



Die Kontaminationsmesstechnik mit Szintillatortechnologie wird heute in folgenden Bereichen eingesetzt:

- kerntechnische Industrie
- Nuklearmedizin, Forschung ...
- Katastrophenschutz, Feuerwehren, Homeland-Security

Dabei findet die Detektortechnologie bei folgenden Messsystemen Anwendung:

- mobile Kontaminationsmonitore mit Detektorgrößen von 150 – 300 cm²
- stationäre Kontaminationsmonitore (HFk Hand-Fuß-Kleider-Kontaminationsmonitore, Ganzkörperkontaminationsmonitore)
- mobile und stationäre Wischtestmessplätze
- Messplätze zur Kontrolle und Freigabe zwischengelagerter radioaktiver Abfälle
- Wäsche- und Kleinteilekontaminationsmonitore
- Messeinrichtung zur Kontrolle und Freigabe von großen Flächen, z.B. beim Rückbau kerntechnischer Anlagen



Vergleicht man die Szintillatortechnologie mit den auf Zählgas-basierenden Detektorsystemen, so ist es ein wesentlicher, grundsätzlicher Vorteil, dass kein Zählgas mehr benötigt wird. Für den regelmäßigen Betrieb eines mobilen Kontaminationsmonitors, z.B. in einem Kernkraftwerk werden ca. 200,- bis 300,- €/a für Zählgas benötigt. Bei stationären Monitorsystemen kann heute komplett auf die zentrale Zählgasversorgung verzichtet werden. Damit reduzieren sich die Kosten und ein logistisches Problem entfällt.

Je nach Systemgröße der zentralen Gasversorgung spart man einige Tausend € Investitionskosten und Betriebskosten pro Jahr. So werden heute, z.B. beim Bau von Transportbereitstellungshallen an den Kraftwerksstandorten, an denen normal ein 10fach Wischtestmessplatz und ein stationärer Personen-

kontaminationsmonitor eingesetzt wurde, komplett auf die zentrale Gasversorgung verzichtet.

Neben dem Kostenvorteil gibt es auch ein sicherheitstechnisches Argument durch den Wegfall von brennbaren oder explosiven Gasgemischen.

Die nicht benötigte, regelmäßige Gasversorgung hat Kontaminationsmonitore mit dünnenschichtigen Plastikszintillatoren gerade auch in den sogenannten „Dritte Welt“-Ländern zu einem Durchbruch verholfen und zu einer Verbesserung des praktischen Strahlenschutzes beigetragen.

Der Kontaminationsmonitor mit Szintillatortechnologie ist immer einsatzbereit. Die zeitaufwendige Gasspülung vor dem ersten Einsatz entfällt. Messfehler durch nicht ausreichend gespülte Detektoren werden vermieden. Dies sind immer wieder Argumente beim Einsatz von Kontaminationsdetektoren im Bereich der Feuerwehren und des Katastrophenschutzes. Zusätzlich ist gerade in diesem Umfeld auch die Temperaturbeschränkung der gasgespülten Detektoren ein kritischer Einsatzpunkt. Aufgrund der physikalischen Eigenschaften des Zählgases können mit Flüssiggas gespülte Detektoren nur etwa bis + 2° C eingesetzt werden. Kontaminationsmonitore mit Plastikszintillator können ohne Einschränkung bis- 20° C eingesetzt werden. Kriterium für die - 20° C ist nicht der Detektor – sondern Systembauteile, wie z.B. das bei tiefen Temperaturen träger werdende LC-Display.

Mit dem Zinksulfid-beschichteten Plastikszintillationsdetektor ist eine simultane α - und β/γ -Messung möglich. Dadurch kann speziell im Bereich der Feuerwehren und der Homeland-Security, auf das Vorhalten von 2 getrennten Detektorsystemen (Gasdurchfluss- und Xenondetektor) verzichtet werden. Ein Detektorwechsel ist nicht erforderlich.

Gegenüber den permanent gasgefüllten Xenondetektoren reduzieren sich bei notwendigen Detektorreparaturen (mechanische Beschädigung der Detektorfolie (Titanfolie) deutlich die Kosten. Je nach Detektortyp oder Detektorgröße betragen die Reparaturkosten eines Xenondetektors ca. 600,- bis 1.000,- €.

Die Reparatur des Xenondetektors kann nur beim Hersteller erfolgen, was eine deutliche Einschränkung der Verfügbarkeit mit sich bringt. Wird beim Kontaminationsmonitor mit Plastikszintillationsdetektor die Mylarfolie beschädigt, so kann vom Anwender in kürzester Zeit die Folie selbst repariert oder komplett ausgetauscht werden. Die Kosten für das Ersatzmaterial betragen 10,- bis 100,- €.

Beim Rückbau kerntechnischer Anlagen müssen große Flächen freigemessen werden, d. h. hier muss täglich, z.B. über 8 Arbeitssunden, mit einem Kontaminationsmonitor Schritt für Schritt die Fläche kontrolliert werden.

Dabei werden heute Systeme mit Detektorflächen von 300 cm² bis zu 1.000 cm² eingesetzt. Auch der praktische und ergonomische Faktor des geringen Gewichtes spielt bei dieser Messaufgabe eine Rolle. Der Kontaminationsmonitor CoMo-300 mit 300 cm² Detektorfläche wiegt gerade 1.000 g! Gasgespülte Detektoren vergleichbarer Größe wiegen 2.000 – 3.000 g.

Unabhängig von den detektorspezifischen Vorteilen des Plastiksintillators haben sich durch die vielfältigen Möglichkeiten und die hohe Leistungsfähigkeit der Mikroprozessoren und der modernen Mikroelektronik erweiterte Leistungsfaktoren für die Kontaminationsmessgeräte ergeben. Alle detektorspezifischen Parameter werden standardmäßig in der, auf dem Detektor befindlichen Elektronik gespeichert, so dass z.B. bei einem auftretenden Detektordefekt ein kurzfristiger Austausch von Detektoren möglich ist. Die Elektronik erkennt automatisch den Detektor und übernimmt die spezifischen Detektordaten und -einstellungen.

Die Messergebnisse des Kontaminationsmonitors können, je nach Notwendigkeit, neutral in Impulsen pro Sekunde (ips, cps) oder nuklidbezogen in Bq oder Bq/cm² angezeigt werden. Eine Datenbank mit allen nuklidrelevanten Daten ist im System gespeichert.

Da bei Kontaminationsmessungen im kerntechnischen Bereich je nach Reaktortyp, oder abhängig von Leistungsfaktoren, oder dem Systemzustand unterschiedliche Leitnuklide bzw. Nuklidzusammensetzung vorliegen können, ist es bei modernen Kontaminationsmonitoren möglich, auch Nuklidvektoren als Messparameter vorzugeben.

Die ermittelten Kontaminationsmesswerte, inkl. aller relevanten Messparameter können bei mobilen Messsystemen auch gespeichert und in Verbindung mit einem PC-System und anwendungsspezifischer Software zu Protokollen weiterverarbeitet werden. Für die Qualitätskontrolle bzw. für wiederkehrende Prüfungen sind moderne Kontaminationsmonitore mit Menüfunktionen, wie z.B. der Autokalibrierung ausgestattet.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass heute durch praxisorientierte Systemerweiterungen, z.B. beim mobilen Kontaminationsmonitor aus einem einfachen mobilen Messgerät ein komplettes Messsystem entstehen kann. Beispiele sind:

- die Kombination mit einer Wandstation macht den mobilen Kontaminationsmonitor zu einer stationären Messeinrichtung mit integrierter Ladung und automatischer Nulleffektsabstraktion
- die Kombination mit einer Wischtestmess-einrichtung macht den mobilen Kontaminationsmonitor zu einem einfachen, preiswerten Wischtestmessplatz

- der Anschluss externer Detektoren erweitert und spezialisiert den Einsatzbereich, z.B. Rohrdetektoren für Kontaminationsmessungen an Rohrrinnenflächen oder die Kombination von Dosisleistungsmessung und Kontaminationsmessung mit einem kombinierten System runden die Palette ab.



In Deutschland unterliegen Kontaminationsmonitore nicht der Eichpflicht, d.h. es gibt keine Bauartzulassung. In anderen europäischen Ländern, wie z.B. in Österreich, Tschechien und der Schweiz sind auch Kontaminationsmonitore eichpflichtig.

Kontaminationsmonitore mit der Detektortechnologie des dünn-schichtigen Plastiksintillationsdetektors haben sich sowohl in der täglichen Routinepraxis des Strahlenschutzes in der Kerntechnik, in der Nuklearmedizin und Forschung – als auch bei den relativ selten vorkommenden Einsätzen der Feuerwehr in Sondereinsätzen mit radioaktiven Kontaminationen sehr gut bewährt. Die innovative Detektortechnologie hat sich als Standard in der Praxis etabliert.



Sonderdruck einer Veröffentlichung in der StrahlenschutzPraxis Zeitschrift des Fachverbandes für Strahlenschutz. Ausgabe 4/2009