

## EIN KONZEPT ZUR INKORPORATIONSÜBERWACHUNG DES PERSONALS VON KERNKRAFTWERKEN

Diethart Berg und Dietrich Mertin  
Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG, Essen

### Grundlagen und Anforderungen

Der gesetzliche Rahmen für die Inkorporationsüberwachung in Kernkraftwerken wird in Deutschland durch die Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) sowie die Richtlinie für die Physikalische Strahlenschutzkontrolle (§§ 62 und 63 StrlSchV - Bek. d. BMI v. 05.06.1978 -, GMBL 1978, Nr. 22, S. 348) abgesteckt. Danach sind Inkorporationsmessungen erforderlich, wenn die Möglichkeit einer Inkorporation oberhalb  $1/20$  der Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr nach § 52 StrlSchV nicht auszuschließen ist. Für die in diesem Zusammenhang vor- dringlich zu betrachtenden Nuklide Co-60 bzw. Cs-137 entspricht dieses  $1/20$  - Kriterium Aktivitäten von  $1,1 \mu\text{Ci}$  bzw.  $1,8 \mu\text{Ci}$ . Die zur Inkorporationsüberwachung verwendeten Meßmethoden sollen gewährleisten, daß eine Inkorporation zu Beginn einer Überwachungsperiode oberhalb  $1/20$  der Grenzwerte auch an deren Ende noch erkannt wird.

Zwar ist es nicht vorgeschrieben, daß die Messungen im Kraftwerk durchzuführen sind, jedoch besteht ein starkes Eigeninteresse des Kraftwerksbetreibers daran, nachweisen zu können, daß Inkorporationsdosen klein im Vergleich zum  $1/20$ -Kriterium sind. Dieser Nachweis hat besondere Bedeutung für Fremdpersonal, das normalerweise nur für kurze Zeit der Strahlenüberwachung im Kraftwerk unterliegt und bereits mit einer Inkorporationsvorbelastung eintreffen kann.

Auch im Hinblick auf mögliche Zwischenfälle ist es sinnvoll, über eigene Möglichkeiten für eine schnelle Inkorporationsmessung zu verfügen, obwohl solche Situationen in der Vergangenheit nur äußerst selten aufgetreten sind.

Für das Überwachungskonzept wurden folgende Randbedingungen festgelegt:

Alle Personen, die erstmalig zur Arbeitsaufnahme im Kontrollbereich das Kraftwerk betreten bzw. nach Beendigung der Arbeit die Anlage verlassen, sind auf das Vorhandensein einer Inkorporation zu überprüfen. Dabei muß das Meßkonzept zu Spitzenzeiten einen hohen Personendurchsatz ermöglichen.

Daneben soll im Bedarfsfall eine Einrichtung zur quantitativen Bestimmung der Körperaktivität vorhanden sein.

Inkorporationen im Kraftwerk sollen möglichst umgehend festgestellt werden. Hierzu können ohnehin vorhandene Meßeinrichtungen mitbenutzt werden.

Angesichts der Gegebenheiten im Kraftwerk wird als Inkorporationspfad nur die Inhalation betrachtet, im Regelfall wird die Aktivität der Lunge gemessen.

## Überwachungskonzept

Aufgrund der genannten Anforderungen wurde folgendes Überwachungskonzept entwickelt (vergl. Abb. 1)

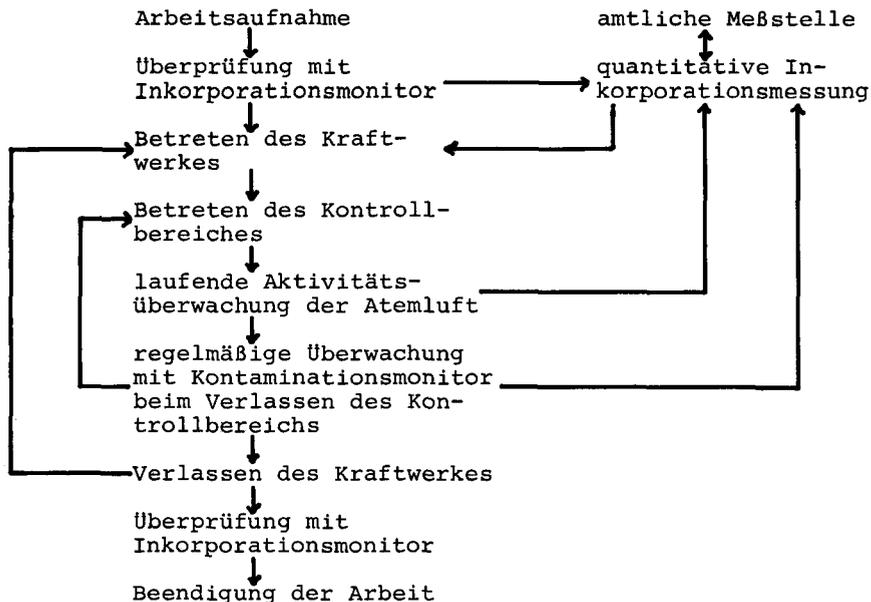


Abb. 1: Ablaufschema der Inkorporationsüberwachung

Bei Arbeitsaufnahme (z. B. Revisionsbeginn) wird beruflich strahlenexponiertes Personal mit einem integral messenden Inkorporationsmonitor auf das Vorhandensein einer Inkorporation kontrolliert. Diese Überprüfung wird im Rahmen der ohnehin erforderlichen strahlenschutztechnischen Abwicklung (Abgabe des Strahlenpasses, Aufnahme der Personalstammdaten etc.) durchgeführt. Als Schwelle für die Ja-/Nein-Entscheidung wird dabei eine Aktivität von  $1/100$  der Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr (entsprechend  $200 \text{ nCi}$  bezogen auf Co-60) angesetzt. Die zum sicheren Nachweis dieser Aktivität erforderliche Meßzeit soll  $10 \text{ sec}$  nicht überschreiten, damit die gerade bei Revisionsbeginn in großer Zahl ankommenden Personen (bis zu einigen 100 pro Tag) zügig abgefertigt werden können.

Die Überschreitung des Schwellwertes zieht unverzüglich eine quantitative Bestimmung der Lungenaktivität mit Hilfe eines nuklid-spezifisch messenden Inkorporationsmeßplatzes nach sich. Für diesen Meßplatz wird eine Nachweisgrenze von höchstens  $1/500$  der Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr, entsprechend  $40 \text{ nCi}$  bezogen auf Co-60, gefordert. Dabei ist angesichts der vermutlich geringen Meßfrequenz (Messung nur nach zuvor festgestellter Erfordernis) eine Meßzeit von bis zu  $10 \text{ min}$  akzeptabel.

Zum frühzeitigen Erkennen von Inkorporationen werden die Ergeb-

nisse anderer im Kraftwerk vorhandener Meßgeräte herangezogen:

Im Kontrollbereich werden an ausgesuchten Arbeitsplätzen mobile Meßgeräte eingesetzt, die neben der Ortsdosisleistung kontinuierlich die Aerosol- und die Jod- oder Edelgasaktivität der Luft messen. Mit diesen Geräten läßt sich jederzeit die zugeführte Aktivität auf Grenzwerte hin überwachen. Bei Überschreitung eines Grenzwertes entsprechend dem für den Inkorporationsmonitor aufgeführten Kriterium wird ebenfalls der nuklidspezifische Inkorporationsmeßplatz eingesetzt.

Außerdem lassen sich die Kontaminationsmonitore am Kontrollbereichsausgang zur Inkorporationskontrolle nutzen. Die Gamma-Empfindlichkeit der Kontaminationsmonitore gestattet den Nachweis einer Körperaktivität von größenordnungsmäßig 200 nCi, bezogen auf Co-60. Dieser Wert entspricht der Alarmschwelle des Inkorporationsmonitors. Bei Alarm eines Ausgangsmonitors wird man nach erfolglosen Dekontaminationsmaßnahmen deshalb auf eine Inkorporation schließen und weitere Nachforschungen mit Hilfe des Inkorporationsmeßplatzes anstellen.

Nach Beendigung der Tätigkeit im Kraftwerk werden alle Personen im Zuge der Entlassungsprozedur (Entgegennahme des Strahlenpasses etc.) erneut mit einem integral messenden Inkorporationsmonitor kontrolliert.

Durch das engmaschige Netz von Überwachungsstellen ist ein rechtzeitiger und hinreichend empfindlicher Nachweis von Inkorporationen und damit die Erfüllung sowohl der gesetzlichen als auch der betrieblichen Anforderungen gewährleistet.

Wird eine Inkorporation von mehr als der Hälfte des Grenzwertes der Jahresaktivitätszufuhr festgestellt, so wird zusätzlich eine amtliche Meßstelle eingeschaltet.

#### Ausführung Des Konzeptes und Eigenschaften Der Eingesetzten Inkorporationsmeßgeräte

Das geschilderte Konzept wird zur Zeit im Kernkraftwerk KRB II realisiert.

Als integral messender Inkorporationsmonitor kommt dort ein Gerät mit zwei in Brusthöhe übereinander angeordneten großflächigen NaJ(Tl)-Detektoren zum Einsatz. Die Detektoren sind in ein Stahlgehäuse eingebaut, mit 30 mm Blei gegen die Umgebungsstrahlung abgeschirmt und auf den Lungenbereich kollimiert. Die nachgeschaltete Elektronik gestattet es, den registrierten Energiebereich, die Meßzeit sowie die Alarmschwelle frei zu wählen.

Eine zu überprüfende Person tritt dicht vor die Stirnfläche der Detektoren und startet die Messung durch Handbetätigung zweier Kontakte. Die Kontakte müssen während der gesamten Meßzeit geschlossen bleiben und sind seitlich am Gehäuse so angeordnet, daß eine definierte und reproduzierbare Meßgeometrie erzielt wird.

In KRB II werden zwei baugleiche Geräte im Eingangsbereich installiert, und zwar je eines für kommendes und gehendes Personal. Die Konstruktion der Monitore macht ein Eingreifen des Strahlenschutzpersonals - abgesehen von administrativen Hinweisen (Sicht- und Sprechkontakt zu den Aufstellungsplätzen) - nicht erforderlich, wodurch der

Strahlenschutz entlastet und der Meßablauf beschleunigt wird. Es wird erwartet, daß max. 200 Personen pro Monitor und Stunde überprüft werden können.

Das Ergebnis der Messung ("Inkorporation: Ja/Nein") sowie System- und Fehlermeldungen werden auf einer separaten Signaleinheit im Strahlenschutzschalter des Eingangsbereiches zur Anzeige gebracht. Das zuständige Strahlenschutzpersonal erteilt daraufhin entweder die Freigabe oder veranlaßt eine weitere Messung mit dem nuklidspezifischen Inkorporationsmeßplatz. Eine Dokumentation der Ergebnisse der Monitormessungen erfolgt nicht.

Nach Angaben des Geräteherstellers wird bei einer Meßzeit von 10 sec eine Nachweisgrenze von  $\leq 50$  nCi, bezogen auf Co-60, erreicht. Die im vorhergehenden Abschnitt genannten Anforderungen werden damit erfüllt; vermutlich wird man zur Überprüfung der festgelegten Alarmschwelle mit kürzeren Meßzeiten als 10 sec auskommen.

Der nuklidspezifische Inkorporationsmeßplatz befindet sich ebenfalls im Eingangsgebäude und damit in unmittelbarer Nähe des auch die Monitormessungen überwachenden Strahlenschutzpersonals. Er ist für sitzende Personen ausgelegt und als seitlich und rückwärtig mit aktivitätsarmen Stahl abgeschirmter Stuhl ausgeführt.

Mit dem Stuhl verbunden ist eine Vorrichtung zur Aufnahme eines Detektors, die es gestattet, den Detektor in einer reproduzierbaren Position vor der Person zu fixieren. Der Detektor ist mit Blei abgeschirmt und kann wahlweise auf die Lunge, den Magen-Darm-Trakt oder den (Ganz-)Körper kollimiert werden. Auch eine Messung der Schilddrüse kann ermöglicht werden.

Es wird ein Reinstgermanium-Detektor verwendet, mit dem die Nuklidzusammensetzung von Inkorporationen detaillierter untersucht werden kann, als dies mit den bislang fast ausschließlich verwendeten NaJ(Tl)-Detektoren möglich ist. Damit wird das Ziel verfolgt, zu einer genaueren Kenntnis über die Herkunft und Ursache der Inkorporation zu gelangen, um in Zukunft noch gezielter entsprechende präventive Maßnahmen ergreifen zu können.

Zwar ist die Nachweisempfindlichkeit des Germanium-Detektors deutlich niedriger als die eines für Inkorporationsmessungen üblicherweise eingesetzten NaJ(Tl)-Detektors, jedoch wird dieser Nachteil in bezug auf die Nachweisgrenze durch die bessere Energieauflösung zu einem großen Teil kompensiert. Der Gerätehersteller gibt die Nachweisgrenze für Co-60 und Cs-137 mit ca. 10 nCi bei einer Meßzeit von 10 min an, womit die Anforderungen an den Meßplatz erfüllt sind.

Mit Hilfe des dem Detektor und der Analogelektronik nachgeschalteten Vielkanalanalysators und Kleinrechners wird aus der gemessenen Körperaktivität nach Eingabe des in der Regel hinreichend genau eingegrenzten Inkorporationszeitpunktes die zugeführte Aktivität bestimmt. Anschließend werden den so festgestellten Bruchteilen der Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr die gleichen Bruchteile der Grenzwerte der Körperdosis nach § 49 StrlSchV zugeordnet. Unter Zuhilfenahme der angegebenen Nachweisgrenzen kann man auf diese Weise noch Inkorporationsdosen von wenigen mrem ermitteln. Soweit erforderlich, können diese Dosen anschließend zur Bilanzierung der Dosiswerte aus äußerer und innerer Exposition herangezogen werden.