

## Konzept des VGB Arbeitskreises Praktischer Strahlenschutz zur Begrenzung und Erfassung von Expositionen durch Inkorporation

### 1 Auswirkung der neuen Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosis, Teil 2: Ermittlung der Körperdosis bei innerer Strahlenexposition (Inkorporationsüberwachung) (§§ 40, 41 und 42 StrlSchV) vom 12. Januar 2007

Durch die Änderung der Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosis, Teil 2: Ermittlung der Körperdosis bei innerer Strahlenexposition (Inkorporationsüberwachung), im Folgenden als Riphyko bezeichnet, wurden die Schwellen für die Erfordernis einer Überwachung von Strahlenexposition durch innere Bestrahlung (Inkorporation) geändert und z.T. drastisch gesenkt.

Die bisherige Riphyko hatte eine Schwelle von 10% des „Grenzwertes der Jahresaktivitätszufuhr (GJAZ)“ als Erfordernisschwelle für die personenbezogene Dosismessung festgelegt. Da die damaligen GJAZ von einem Dosisgrenzwert der effektiven Dosis von 50 mSv/a abgeleitet waren, entsprach die Erfordernisschwelle einer möglichen Dosis von 5 mSv/a durch Inkorporation.

Die neue Riphyko legt fest, dass bereits bei Dosen zwischen 0,5 mSv/a und 1 mSv/a eine Überwachung stattfinden soll, die nachweist, dass Werte oberhalb 1 mSv/a ausgeschlossen werden können. Ab 1 mSv/a ist die Dosis personenbezogen zu ermitteln. Die Schwellen und die von der Riphyko vorgesehenen Maßnahmen sind in Tabelle 2 der Riphyko zusammengefasst dargestellt:

**Tabelle 2: Festlegungen zur Inkorporationsüberwachung bei Tätigkeiten im Kontrollbereich in Abhängigkeit von der potenziellen Dosis durch Inkorporation**

	Potenzielle Dosis im Kalenderjahr durch Inkorporation	Überwachungsziel	Art der Überwachung	Durchführung der Überwachung
	1	2	3	4
1	$\geq 1 \text{ mSv}^4$	Ermittlung personenbezogener Werte der Körperdosis (§ 40 Abs.1 Satz 1 StrlSchV)	Regelmäßige Inkorporationsüberwachung mit In-vivo-Verfahren/In-vitro-Verfahren  Regelmäßige Inkorporationsüberwachung mittels Raumluftmessungen <sup>5</sup>	Behördlich bestimmte Messstelle  Fachkundiger Strahlenschutzverantwortlicher oder Strahlenschutzbeauftragter
2	0,5 mSv bis < 1mSv	Nachweisführung, dass 1mSv (Erfordernisschwelle) unterschritten wird	Regelmäßige Schwellenwertmessungen mit kalibrierten Geräten <sup>6</sup> zur Ermittlung der <ul style="list-style-type: none"> <li>• Körperaktivität</li> <li>• Aktivität in den Ausscheidungen</li> <li>• Raumluftaktivität</li> </ul>	Fachkundiger Strahlenschutzverantwortlicher oder Strahlenschutzbeauftragter
3	< 0,5 mSv	<b>Keine Überwachung</b>		

<sup>4</sup> Bei gleichzeitig überwiegend äußerer Exposition kann durch die zuständige Behörde diese Schwelle bis auf 0,5 mSv abgesenkt werden.

<sup>5</sup> Bedingung der Anwendung: Nur unterhalb einer potenziellen Dosis durch Inkorporation von 6 mSv (*Nachforschungsschwelle*), ausgenommen personengetragene Aerosolsammler (PAS); begleitende Messungen mit In-vivo- oder In-vitro-Verfahren in behördlich bestimmter Messstelle erforderlich.

<sup>6</sup> Ergebnisse können auch zur Eingrenzung des Inkorporationszeitpunktes verwendet werden (zeitnahe Indikatormessung).

## **2 Möglichkeiten der Inkorporation luftgetragener Aktivität in deutschen Kernkraftwerken**

In deutschen Kernkraftwerken wird die Aktivität in der Raumluft der Kontrollbereiche ständig überwacht und deren Nuklidzusammensetzung regelmäßig bestimmt. Auf Grundlage dieser Messungen ergibt es sich als sinnvoll zwei Themenbereiche zu unterscheiden:

### **2.1 Luftgetragene Aktivität ohne Tritium**

In den Kontrollbereichen deutscher KKW liegt die mittlere Aerosolaktivitätskonzentration in der Atemluft entsprechend den langjährigen Aufzeichnungen bei deutlich unter 1 Bq/m<sup>3</sup> (bezogen auf Co-60). Das entspricht selbst bei einer angenommenen jährlichen Aufenthaltszeit von 1500 h nur einer Dosis von wenigen 10 µSv/a, liegt also um mehr als eine Größenordnung unterhalb der Schwelle von 0,5 mSv/a, bei deren Unterschreitung die Riphyko keine Maßnahmen zur Inkorporationsüberwachung vorsieht. Entsprechend hat die langjährige Erfahrung gezeigt, dass dosisrelevante Inkorporationen nur bei außergewöhnlichen Ereignissen möglich sind

Auch mit den gesenkten Schwellen der Riphyko ist die Situation daher wie folgt:

- Vernachlässigbar kleine Aktivitätskonzentration im Normalzustand
- Chronische Inkorporation in dosisrelevanter Höhe kann ausgeschlossen werden.
- Risiko der Aufnahme größerer Aktivitätsmengen in kurzer Zeit nur bei außergewöhnlichen Umständen.

Um diese Situation zu belegen und sicherzustellen, dass solche außergewöhnlichen Umstände erfasst werden und dann zu einer „Überwachung aus besonderem Anlass“ mit personenbezogener Bestimmung der Dosis führen, wird seit vielen Jahren in allen deutschen KKW das sogenannte „VGB-Konzept“ (Konzept des VGB-Arbeitskreises „Praktischer Strahlenschutz“ zur Inkorporationsüberwachung in deutschen KKW, letzter Stand: 05. August 1999) angewendet.

Dieses in der Praxis bewährte „VGB-Konzept“ kann daher grundsätzlich beibehalten werden. Die bisherige Messschwelle von < 10.000 Bq bei jedem Verlassen des Kontrollbereichs kann beibehalten werden. Für die zusätzlich mindestens einmal pro Jahr stattfindende Messung mit einer tieferen Schwelle wird empfohlen, den Wert von bisher 2000 Bq auf 1000 Bq abzusenken

## 2.2 Tritium

Durch die Tritiumaktivität des Beckenwassers ist auch in der Containmentluft der Kraftwerke eine ständige Tritiumaktivität vorhanden, die sich durch die Verdunstung des tritiumhaltigen Wassers ergibt. Für die Aufnahme von Tritium durch Personal im Containment sind dabei folgende Randbedingungen gegeben:

- Kontinuierliche Aufnahme von Tritium auf niedrigem gleich bleibendem Niveau
- Kein Risiko der Aufnahme größerer Tritiumaktivitäten in kurzer Zeit.

Die potenzielle Strahlenexposition durch die Aufnahme von Tritium liegt in allen deutschen KKW deutlich unterhalb der Schwellen der bisherigen Riphyko, so dass eine Überwachung bisher entbehrlich war. Durch die Senkung der Schwellen wird jedoch bei DWR-Anlagen eine differenzierte Betrachtung und ggf. auch in einigen Fällen eine Überwachung von Tritiuminkorporationen erforderlich.

Der VGB Arbeitskreises Praktischer Strahlenschutz hat daher zusätzlich ein Konzept zur Begrenzung und Überwachung von Tritiuminkorporation in deutschen KKW entwickelt.

Da die Situation für diese beiden Themenbereiche sehr unterschiedlich ist, und auch keine Korrelation zwischen ihnen besteht, sind die Maßnahmen zur Begrenzung und ggf. Erfassung einer Exposition durch einen dieser Pfade ohne gegenseitige Beeinflussung möglich.

In den folgenden Abschnitten werden die beiden Konzepte dargelegt:

### **3 Konzept des VGB-Arbeitskreises „Praktischer Strahlenschutz“ zur Inkorporationsüberwachung von luftgetragener Aktivität in deutschen KKW (ohne Tritium)**

Das Konzept zur Inkorporationsüberwachung (ohne Tritium) geht vom üblichen Nuklidgemisch der luftgetragenen Aktivität in deutschen KKW aus. Sieht man von Tritium ab, das getrennt behandelt wird, ist die Nuklidzusammensetzung der luftgetragenen Aktivität derart, dass typischerweise ca. 80% (oder sogar ein höherer Anteil) einer eventuellen Strahlenexposition durch Inhalation von  $\gamma$ -strahlenden Nukliden bestimmt ist. Wesentliches Leitnuklid ist dabei Co-60. Bei den integralen  $\gamma$ -Messungen dieses Konzepts tragen neben Co-60 auch alle anderen relevanten  $\gamma$ -Strahler zum Messeffekt bei. Da Co-60 von den relevanten  $\gamma$ -Strahlern den höchsten Dosiskoeffizienten für Inhalation hat, sind alle im Folgenden gemachten Aktivitätsangaben auf Co-60 bezogen.

**Hinweis:** Es ist Aufgabe des Strahlenschutzes im jeweiligen Kraftwerk, die Zusammensetzung der luftgetragenen Aktivität zu überwachen. Sollte in Sonderfällen der Anteil von Nukliden, die durch  $\gamma$ -Messungen nicht erfasst werden, so hoch sein, dass die in diesem Konzept empfohlenen Schwellen/Nachweisgrenzen nicht ausreichen, um eine Inkorporation, die die Erfordernisschwelle der Riphiko überschreitet, zu detektieren, so ist es Aufgabe des Strahlenschutzes, ggf. die Nachweisgrenzen herabzusetzen oder zusätzliche Maßnahmen zu veranlassen. Dabei ist insbesondere auch der Anteil an  $\alpha$ -Strahlern an der inkorporierbaren Aktivität zu beachten, da deren Dosiskoeffizienten um ca. 3 bis 4 Größenordnungen höher sind als die der relevanten  $\gamma$ -Strahler.

Für Tätigkeiten bei der Stilllegung und beim Rückbau von Kernkraftwerken sowie Tätigkeiten in Forschungsreaktoren kann das Konzept ebenfalls als Grundlage einer Inkorporationsüberwachung herangezogen werden. Da dort allerdings oft andere Nuklidvektoren vorliegen, ist es ggf. zu modifizieren und durch weitere Überwachungsmaßnahmen zu ergänzen (z.B. gesonderte Überwachung der Inkorporation von  $\alpha$ -Strahlern).

#### **3.1 Eckpunkte des Konzeptes**

Die wesentlichen Eckpunkte des Konzeptes sind:

1. Inkorporationen bei außergewöhnlichen Ereignissen werden, soweit sie nicht bereits z. B. durch Messungen der Luftaktivität o. ä. erfasst werden, durch Messungen beim Verlassen des Kontrollbereiches sicher und zeitnah erkannt. Die Nachweisgrenze dieser Messungen ist  $\leq 10.000$  Bq (bezogen auf Co-60)

2. Personen (Eigenpersonal und Fremdpersonal), die im Kontrollbereich eines KKW tätig sind, werden im Rahmen der Eigenüberwachung mindestens einmal im Jahr einer Messung der Körperaktivität mit einer Nachweisgrenze  $\leq 1000$  Bq (bezogen auf Co-60) unterzogen, um nachzuweisen, dass auch keine chronische Aktivitätszufuhr stattgefunden hat.
- 3.. Fremdpersonal wird im Rahmen der Eigenüberwachung bei Aufnahme der Tätigkeit im Kontrollbereich des Kraftwerkes und nach Beendigung der Tätigkeit einer Messung entsprechend 3. unterzogen.
- .4. Besteht aufgrund der Messungen gemäß Punkt 1 bis 4 die Besorgnis einer Inkorporation oberhalb der Erfordernisschwelle für eine personenbezogene Dosiserfassung (  $1\text{mSv}$ , soweit die Behörde keinen anderen Wert festgelegt hat), so wird eine „Inkorporationsüberwachung aus besonderem Anlass“ veranlasst. Dazu wird die gemäß § 41 Abs.1 Satz 4 StrlSchV von der zuständigen Behörde bestimmte Messstelle eingeschaltet.

Bei Fremdpersonal wird die Fremdfirma informiert, wenn eine Überwachung aus besonderem Anlass erforderlich ist, oder im Rahmen der Eigenüberwachung eine Körperaktivität  $> 1000$  Bq bezogen auf Co-60 gemessen wurde.

### **3.2 Vorgehen zur Inkorporationsüberwachung**

Das Vorgehen zur Inkorporationsüberwachung ist in den Abbildungen 1 und 2 in Form von Laufdiagrammen dargestellt. Abbildung 1 zeigt das Vorgehen bei Personen, die in die Strahlenschutzüberwachung des KKW aufgenommen sind. Abbildung 2 zeigt das Vorgehen bei Aufnahme von Fremdpersonal in die Strahlenschutzüberwachung des KKW und bei Beendigung der Tätigkeit.

Alle im folgenden aufgeführten Messungen mit Ausnahme der routinemäßigen Messung mit dem Ausgangsmonitor am Kontrollbereichsausgang werden dokumentiert und wie andere Ergebnisse der physikalischen Strahlenschutzkontrolle aufbewahrt.

### 3.2.1 Vorgehen nach Aufnahme in die Strahlenschutzüberwachung

Bei jedem Verlassen des Kontrollbereiches ist eine Kontaminationsmessung mit dem Ausgangsmonitor obligatorisch. Die verwendeten Ausgangsmonitore sind nicht nur in der Lage Oberflächenkontaminationen zu detektieren, sie sprechen auch auf die  $\gamma$ -Strahlung von in den Körper aufgenommenen Nukliden an. Die Nachweisgrenze für inkorporiertes Co-60 beträgt dabei  $\leq 10\,000$  Bq. (In mehreren KKW sind zudem spezielle  $\gamma$ -Messungen mit wesentlich tieferen Monitorschwellen in die Messungen beim Kontrollbereichsausgang integriert.)

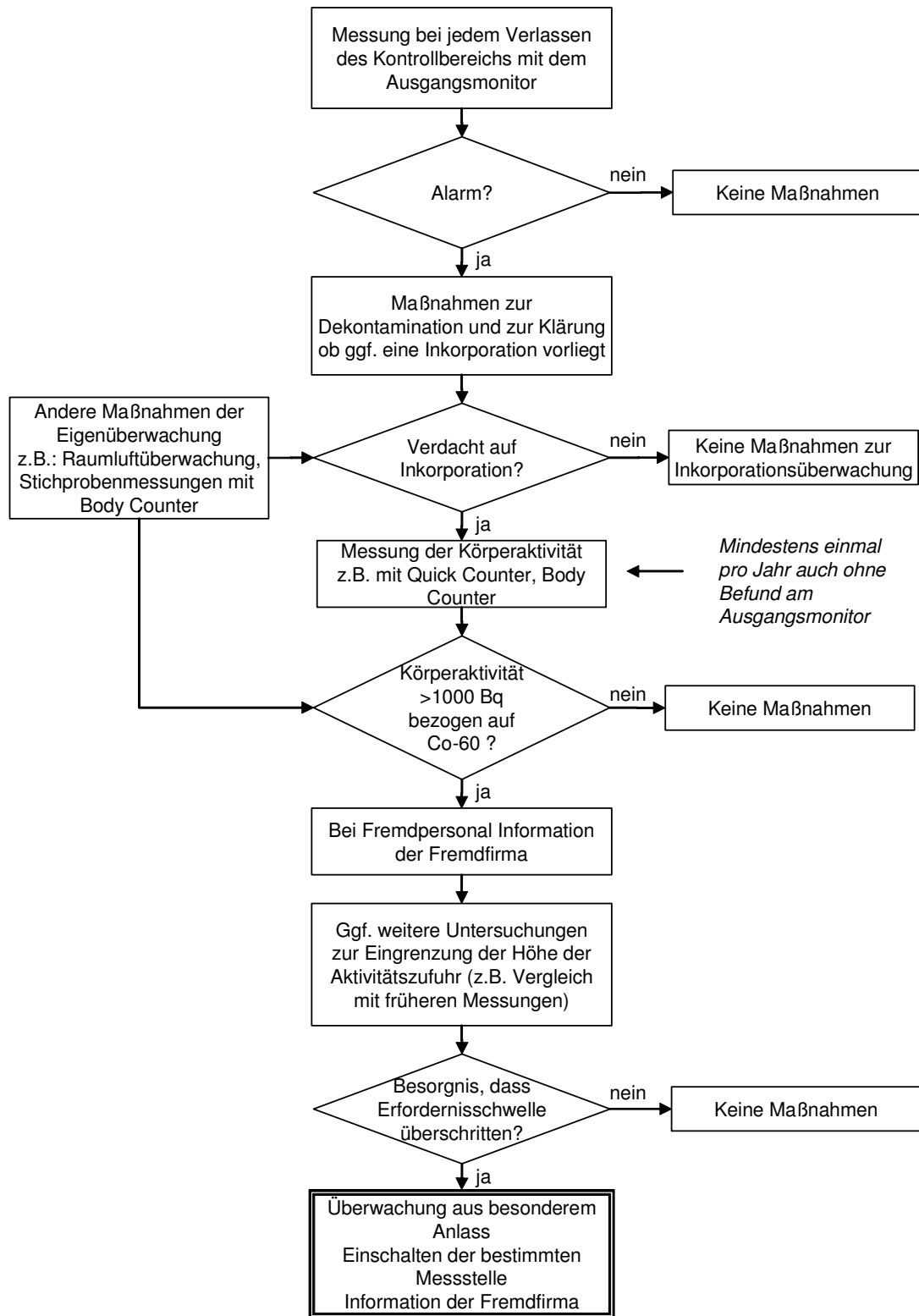
Spricht der Monitor nicht an, so kann davon ausgegangen werden, dass keine akute Inkorporation stattgefunden hat. Gibt der Monitor Alarm, so handelt es sich erfahrungsgemäß in der Regel um eine Kontamination. Es werden daher zunächst einfache Maßnahmen zur Dekontamination durchgeführt (waschen). Ist danach die Alarmschwelle des Monitors immer noch überschritten, führt der Strahlenschutz gezielte Maßnahmen durch, in deren Verlauf auch die Frage geklärt wird, ob ggf. eine Inkorporation vorliegt. Besteht der Verdacht einer Inkorporation, so werden Messungen zur Eingrenzung der Inkorporationshöhe durchgeführt. Dazu können z. B. sogenannte „Quick Counter“ oder Body Counter verwendet werden. Die Nachweisgrenze der Messungen beträgt  $\leq 1\,000$  Bq bezogen auf Co-60.

Auch unabhängig von den Ergebnissen der Messungen am Ausgangsmonitor wird an jeder Person (Eigenpersonal und Fremdpersonal), die im Kontrollbereich tätig ist, mindestens einmal im Jahr eine Messung der Körperaktivität mit einem „Quick Counter“ oder Body Counter durchgeführt.

Ergibt sich eine messbare Inkorporation und ist der Messwert so hoch, dass die Besorgnis einer Inkorporation oberhalb der Erfordernisschwelle besteht, so wird eine Überwachung aus besonderem Anlass angestoßen und die von der Behörde bestimmte zuständige Messstelle eingeschaltet.

Gehört die betroffene Person zum Fremdpersonal, so wird die Fremdfirma informiert, wenn eine Überwachung aus besonderem Anlass erforderlich ist oder eine inkorporierte Aktivität  $> 1\,000$  Bq bezogen auf Co-60 gemessen wurde.

Ergibt sich der Verdacht einer Inkorporation oder eine messbare Inkorporation aufgrund anderer durchgeführter Messungen, so wird analog zum oben erläuterten Ablauf vorgegangen.

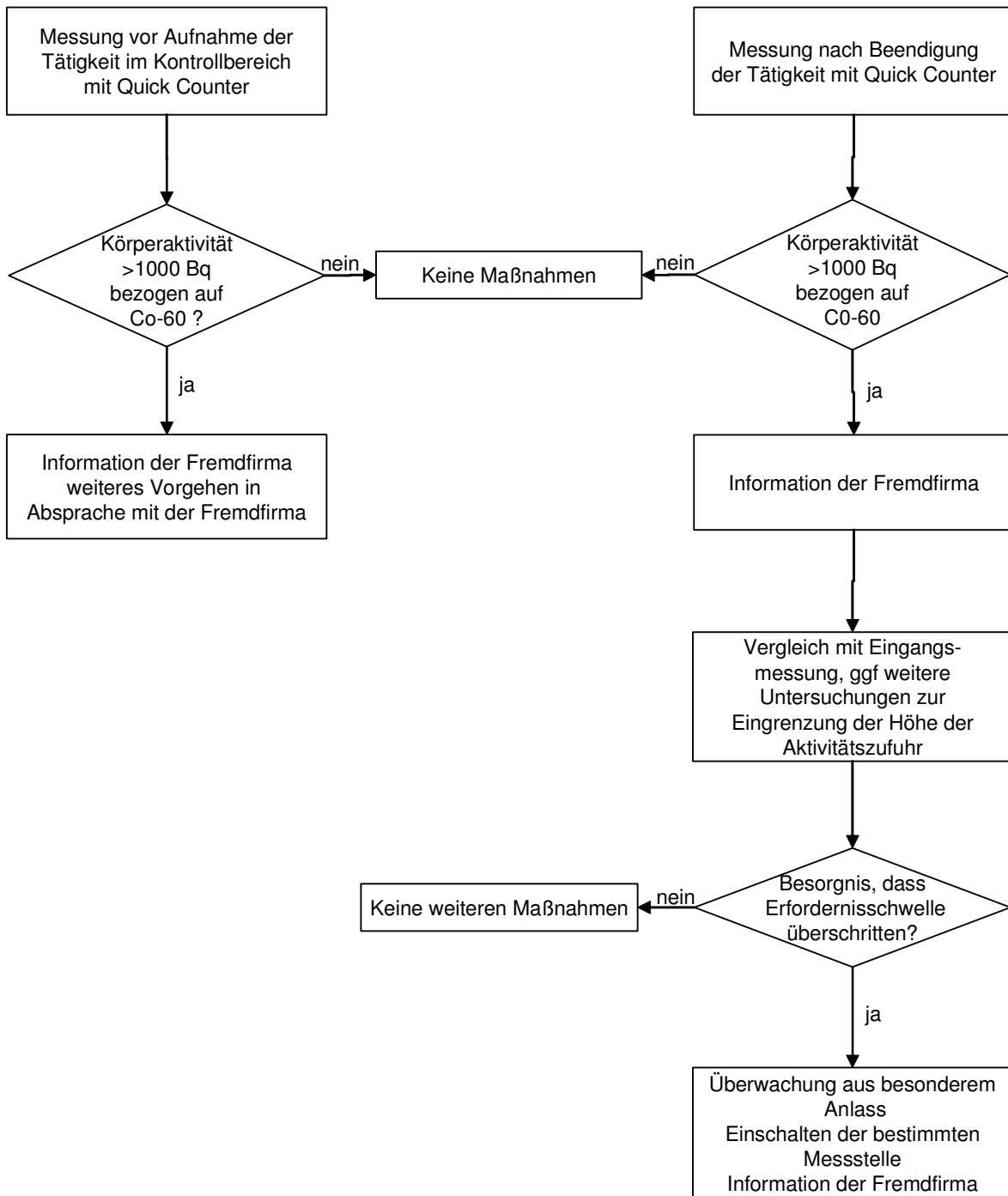


**Abb. 1: Inkorporationsüberwachung des Personals nach Aufnahme in die Strahlenschutzüberwachung**

### **3.2.2 Vorgehen bei Aufnahme in die Strahlenschutzüberwachung und nach Beendigung der Tätigkeiten**

Vor ihrer ersten Tätigkeit im Kontrollbereich des KKW wird jede beruflich strahlenexponierte Person hinsichtlich einer möglichen Körperaktivität vermessen. Dies geschieht in der Regel mit Quick Countern, deren Nachweisgrenze bezogen auf Co-60  $\leq 1\,000$  Bq beträgt. Ergibt sich ein Befund  $> 1\,000$  Bq so wird die Fremdfirma informiert, zu der die Person gehört. Ggf. erforderliche weitere Maßnahmen müssen von der Fremdfirma oder in Abstimmung mit der Fremdfirma veranlasst werden, da beim Betreiber keine Informationen über Herkunft der Aktivität oder einen Inkorporationszeitpunkt vorliegen.

Nach Beendigung der Tätigkeit wird eine entsprechende Messung durchgeführt. Ergibt sich dabei ein Befund  $> 1\,000$  Bq wird ebenfalls die Fremdfirma informiert. Z. B. durch Vergleich mit der Messung bei Aufnahme in die Überwachung oder ggf. zwischenzeitlich durchgeführten Messungen wird geklärt, ob die Besorgnis besteht, dass die Erfordernisschwelle überschritten ist. Besteht die Annahme nicht, werden keine weiteren Maßnahmen ergriffen. Besteht diese Besorgnis, so wird eine Überwachung aus besonderem Anlass angestoßen, die zuständige Messstelle eingeschaltet und die Fremdfirma informiert.



**Abb 2: Inkorporationsüberwachung des Fremdpersonals vor Aufnahme und nach Beendigung der Tätigkeit**

### 3.2.3 Anmerkungen zu den empfohlenen Schwellen/Nachweisgrenzen

- Nachweisgrenze  $\leq 10.000$  Bq bei jedem Verlassen des Kontrollbereichs

Bei Inhalation von Co-60 der Klasse S befindet sich einen Tag nach der Inkorporation noch ein Anteil von 0,49 (im Anhang der Riphyko angegebene Retentionsfunktion) im Körper. Da davon ausgegangen werden kann, dass sich niemand länger als einen Tag ohne Unterbrechung im Kontrollbereich aufhält, entspricht ein Wert von  $\leq 10.000$  Bq somit einer Inhalation von  $\leq 20.408$  Bq. Mit dem Dosiskoeffizienten für Inhalation von Co-60 Klasse S von  $1,7 \cdot 10^{-8}$  Sv/Bq ergibt sich daraus eine Dosis von  $\leq 0,347$  mSv. Da die typische Zeit zwischen Betreten und Verlassen des Kontrollbereichs üblicherweise nur wenige Stunden beträgt, kann davon ausgegangen werden, dass bereits eine deutlich kleinere Inkorporation zu einem Ansprechen des Monitors führt.

- Nachweisgrenze  $\leq 1000$  Bq bei der mindestens einmal jährlich durchgeführten Messung

Chronische Inkorporation kann (vgl. Abschnitt 2.1) bei der üblicherweise vorliegenden Aktivitätskonzentration in der Atemluft grundsätzlich ausgeschlossen werden. Diese Nachweisgrenze ist dennoch so gelegt, dass auch eine chronische Inkorporation relevanter Höhe erfasst würde.. Geht man z.B. davon aus, dass ein Fremdfirmenmitarbeiter während einer 30d dauernden Revision „chronisch“ inkorporiert, entspricht eine Aktivität von 1000 Bq in seinem Körper am Ende der 30 Tage einer insgesamt aufgenommenen Aktivität von 10,5 kBq Co-60, was einer Dosis von 0,18 mSv entspricht. Geht man von einer chronischen Inkorporation über ein gesamtes Jahr aus entspricht der Wert von 1000 Bq einer Gesamtzufuhr von 25,7 kBq. Das entspricht einer Dosis von 0,43 mSv.

## 4. Konzept des VGB Arbeitskreises „Praktischer Strahlenschutz“ zur Begrenzung und Überwachung von Tritiuminkorporation in deutschen KKW

### 4.1 Vorüberlegungen, Situation in den deutschen Kernkraftwerken.

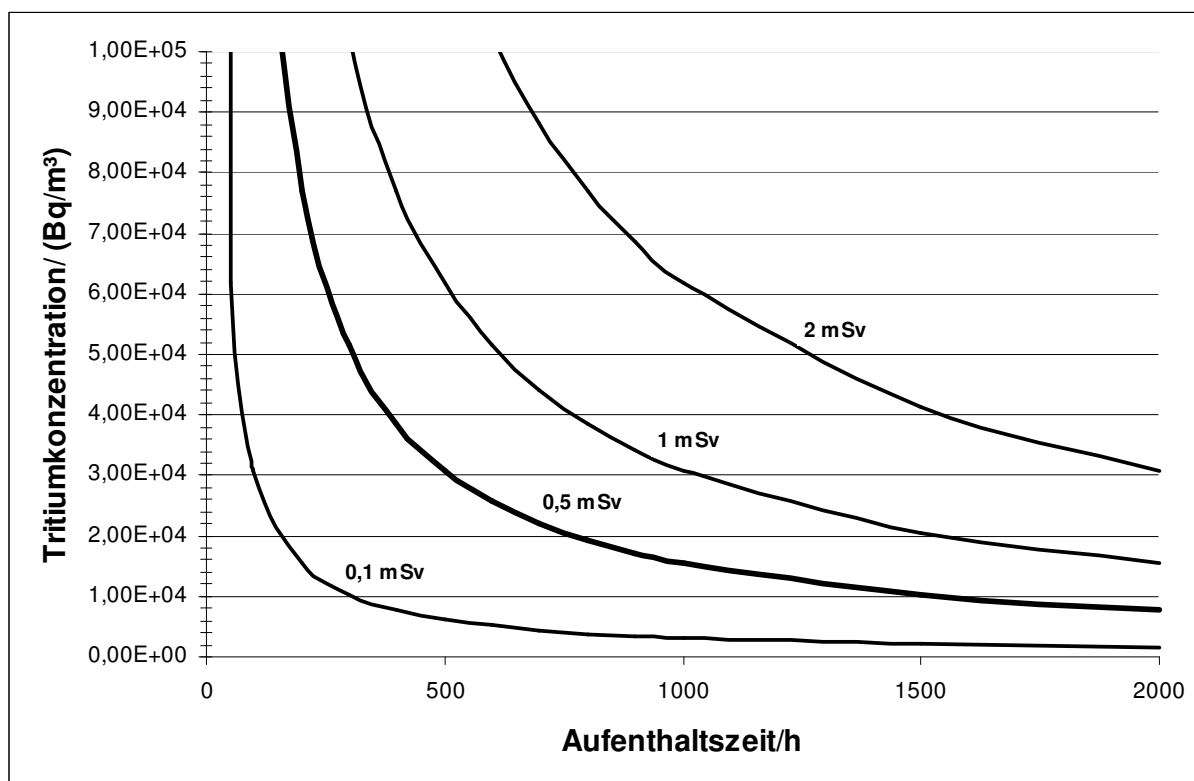
Aufgrund der Tritiumkonzentration in den BE-Lagerbecken der deutschen KKW ist auch in der Containmentluft eine zwar niedrige aber ständige Tritiumaktivitätskonzentration vorhanden. Sie führt zu einer entsprechenden Strahlenexposition des Personals, die durch die Tritiumaktivitätskonzentration und die Aufenthaltszeit bestimmt wird.

In Abb.1 ist für verschiedene effektive Dosen als Kurvenparameter die Tritiumkonzentration in Abhängigkeit von der Aufenthaltszeit dargestellt, wobei folgende Daten verwendet wurden:

Dosisfaktor von Tritium:  $1,80 \cdot 10^{-11}$  Sv/Bq

Atemrate:  $1,2 \text{ m}^3/\text{h}$

Aufnahme durch die Haut: Erhöhung der Aufnahme um den Faktor 1,5



**Abb. 1** Erforderliche Tritiumkonzentration zur Erreichung verschiedener effektiver Dosen in Abhängigkeit von der Aufenthaltszeit.

In **Siedewasserreaktoren** ist die Tritiumkonzentration so niedrig, dass selbst bei maximal möglichen Aufenthaltszeiten die jährliche Dosis weit unterhalb von  $0,5 \text{ mSv/a}$  liegt.

In **Druckwasserreaktoren** liegt die Konzentration im Bereich zwischen einigen  $10^3 \text{ Bq/m}^3$  bis zu einigen  $10^4 \text{ Bq/m}^3$ . Für Druckwasserreaktoren ist daher eine differenziertere Betrachtung erforderlich.

Die übliche Verteilung von **Aufenthaltszeiten** im Containment ist geprägt durch ein Maximum im Bereich kleiner Zeiten und nur in wenigen vereinzelt Fällen werden Aufenthaltszeiten von 1000h/a oder darüber erreicht. Daher liegt auch bei Druckwasserreaktoren die Dosis durch Tritiuminkorporation im Allgemeinen deutlich unterhalb von 0,5 mSv/a. Die in einigen DWR durchgeführten stichprobenartigen Auswertungen von Urinproben bei Mitarbeitern, bei denen die höchste Tritiuminkorporation zu vermuten war, haben ebenfalls keine Hinweise auf höhere Dosen gebracht.

Die Spiegelung dieser Situation an den verschiedenen Schwellen der Riphyko ergibt folgendes Bild:

- Das gesamte Personal von SWR und der bei weitem überwiegende Anteil des Personals von DWR liegt unterhalb der Schwelle von 0,5 mSv/a, bei deren Unterschreiten die Riphyko keine Überwachung vorsieht. (vgl. Tabelle 2 Riphyko)
- Bei Tätigkeiten in DWR kann die Schwelle von 0,5 mSv/a in Einzelfällen für Personen mit langen Aufenthaltszeiten im Containment überschritten werden,
- Bei konservativer Annahme maximaler Aufenthaltszeiten kann auch die Schwelle von 1mSv/a überschritten werden, ab der die Riphyko die personenbezogene Ermittlung von Körperdosen vorsieht
- Dosen oberhalb der Nachforschungsschwelle von 6 mSv können aufgrund der Höhe der Aktivitätskonzentrationen mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

#### 4.2 Zielrichtung des Konzepts

Das im Folgenden vorgeschlagene Konzept ist **primär ein Konzept zur Begrenzung der Tritiuminkorporation**, das Inkorporationen oberhalb der Erfordernisschwelle sicher und nachweisbar ausschließen soll.

Zusätzlich berücksichtigt es die ggf. vereinzelt auftretenden Fälle, bei denen eine Begrenzung der potenziellen Exposition auf Werte unterhalb 0,5 mSv/a z.B. wegen der vorhandenen Höhe der Tritiumkonzentration und erforderlicher langer Aufenthaltszeiten bei bestimmten Tätigkeiten nicht sinnvoll durchführbar ist.

#### 4.3. Konzept

Um Fremdpersonal, das nicht unbedingt von einem Kraftwerk ganzjährig verfolgt werden kann, geeignet berücksichtigen zu können, werden **Monatszeiträume** betrachtet. Das entspricht für Tritium der Überwachungsperiode von 30d bei regelmäßiger Überwachung nach dem Referenzverfahren (Auswertung von Urinproben). Als Entscheidungswert für weitergehende Maßnahmen (z.B. Dosiserfassung) wird **eine monatliche Dosis von 0,05mSv** gewählt. Das entspricht konservativ einer jährlichen Schwelle von 0,5 mSv und ist in Übereinstimmung mit der Maßgabe der Riphyko in Abschnitt 3.2.1, Dosen < 0,05 mSv in Anlehnung an die Mitteilung von äußeren Personendosismesswerten zu Null zu setzen. Diese Dosis von 0,05 mSv entspricht einem Produkt aus Aufenthaltszeit und Tritiumkonzentration von  $1,54 \cdot 10^6 \text{ h Bq/m}^3$ , bei einer Aktivitätskonzentration von  $1 \cdot 10^4 \text{ Bq/m}^3$  also einer Aufenthaltszeit von 154h im Monat, die auch konservativ als obere Grenze angesehen werden kann.

Mit diesen Randbedingungen wird folgendes Vorgehen empfohlen:

##### A. Prüfung in allen Kraftwerken:

1. Alle KKW überprüfen die Tritiumaktivitätskonzentration in der Atemluft. Kann gezeigt werden, dass sie **ganzjährig unterhalb von  $10^4 \text{ Bq/m}^3$**  liegt, so ist in dem jeweiligen Kraftwerk keine Maßnahme zur Begrenzung der Inkorporation durch Tritium oder deren Überwachung erforderlich. **Das gilt für alle SWR.**
2. Sind höhere Werte nicht ausgeschlossen, so werden die in der Praxis des jeweiligen Kraftwerks maximal möglichen Aufenthaltszeiten betrachtet. Kann

anhand dieser Betrachtung ausgeschlossen werden, dass eine monatliche Dosis von 0,05 mSv erreicht wird, sind ebenfalls keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

3. Bleibt nach 1. und 2. die Möglichkeit von höheren Dosen als 0,05 mSv, so werden Maßnahmen durchgeführt.

### **B. Maßnahmen zur Begrenzung soweit nach A erforderlich**

Ergibt sich aus den Prüfungen gemäß A, dass Maßnahmen erforderlich sind, werden folgende Schritte durchgeführt

1. Verfolgung der Tritiumaktivitätskonzentration durch regelmäßige Messungen.
2. Entsprechend der jeweiligen Aktivitätskonzentration wird eine monatliche Schwelle  $T_{0,05}$  für die Aufenthaltszeit im Containment festgelegt, bei deren Einhaltung eine Monatsdosis von 0,05 mSv nicht erreicht werden kann..
3. Identifikation der Personen/Personengruppen/Tätigkeiten, bei denen solche Aufenthaltszeiten nicht „a priori“ ausgeschlossen werden können.
4. Gezielte Maßnahmen, die die Aufenthaltszeit auch dieser Personen auf Werte unterhalb der Schwelle gemäß 2. begrenzen.

Eine weitergehende Überwachung der Tritiuminkorporation oder Erfassung/Ermittlung von Dosen ist für Personen, die dieser Aufenthaltszeitbegrenzung unterliegen, nicht erforderlich.

**Hinweis:** Bei speziellen, zeitlich begrenzten Tätigkeiten (z.B.: Einsatz von zwei Wochen mit einem Monatswechsel während dieser Zeit) kann die standardmäßig auf monatliche Betrachtung bezogene Begrenzung der Aufenthaltszeit ggf. auch auf den Zeitraum bezogen werden, während dem diese Tätigkeit durchgeführt wird.

### **C. Personen mit höheren Aufenthaltszeiten**

In einigen wenigen Fällen kann es vorkommen, dass für bestimmte Personen aufgrund ihrer Tätigkeit höhere Aufenthaltszeiten dennoch erforderlich sind

Für diese Personen wird die Aufenthaltszeit erfasst und die Dosis im betreffenden Monat aus der Aktivitätskonzentration in der Atemluft und der Aufenthaltszeit bestimmt.

Ergibt sich in einem Monat eine Dosis  $>0,05$  mSv, so ist es Aufgabe des Strahlenschutzes zu beurteilen, ob davon ausgegangen werden muss, dass die Person die Erfordernisschwelle der Riphyko erreichen kann. Kann dies ausgeschlossen werden, so werden die ermittelten Daten als Teil der Nachweisführung, dass die Erfordernisschwelle nicht erreicht wird, verwendet

Kann das Erreichen der Erfordernisschwelle nicht ausgeschlossen werden, so wird die behördlich bestimmte Messstelle informiert und mit ihr das weitere Vorgehen abgestimmt:

Eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung durch monatliche Urinproben, die bei einer Messstelle ausgewertet werden, macht für KKW-Mitarbeiter in der Regel wenig Sinn, da deren Aufenthaltszeiten im Containment des Kraftwerks nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt sind. Daher sollte die Bestimmung der Dosis in solchen Fällen möglichst aus den Überwachungsdaten (Tritiumaktivität und Aufenthaltszeit) des Kraftwerkes erfolgen. Zur Qualitätssicherung und zum Nachweis der Repräsentativität der so gewonnenen Werte sollten Stichproben herangezogen werden, die dann genommen werden, wenn tatsächlich längere Arbeitszeiten im Containment vorliegen, z.B. am Ende einer Revision.

Die von der behördlich bestimmten Messstelle bestimmten bzw. bestätigten Dosen werden von der Messstelle an das Zentralregister gemeldet. Nur diese Dosen werden auch zur Bilanzierung der Jahres- und Berufslebensdosis herangezogen.

#### **D. Vorgehen bei Fremdpersonal**

Bei Fremdpersonal wird grundsätzlich entsprechend vorgegangen.

Soweit die Aufenthaltszeitbeschränkung für eine Person aufgehoben ist, wird die Aufenthaltszeit erfasst und monatlich die Dosis berechnet. Bei Verlassen des Kraftwerks wird die so ermittelte Dosis in den Strahlenpass eingetragen oder dem Strahlenschutzbeauftragten der Fremdfirma schriftlich mitgeteilt. Für den Monat des Verlassens des Kraftwerkes wird in diesem Fall auch dann eine Dosis berechnet, wenn die Aufenthaltszeit die monatliche Schwelle noch nicht erreicht hat, aber den anteilig „heruntergebrochenen“ Wert überschreitet. Davon wird abgesehen, falls bei einer kurzzeitigen Tätigkeit die Dosis von  $10\mu\text{Sv}$  unterschritten wird. (Vgl. Beispielrechnung)

Bei langfristig in einem einzigen Kraftwerk beschäftigten Fremdpersonal (sogenanntes „Dauerfremdpersonal“) übernimmt das Kraftwerk die Beurteilung, ob für eine Person die Erfordernisschwelle überschritten werden könnte und veranlasst erforderlichen Falls die Dosisermittlung/-bestätigung durch die behördlich bestimmte Messstelle.

Bei Personen mit wechselnden Einsatzorten ist dies Aufgabe des Strahlenschutzbeauftragten der Fremdfirma, da nur die Fremdfirma anhand des geplanten Einsatzes der Person solche Fälle angemessen beurteilen und ggf. vorliegende Dosisbeiträge aus verschiedenen Kraftwerken bilanzieren kann.

### Beispielrechnung:

Repräsentativer Wert für die Tritiumkonzentration im Containment eines bestimmten DWR sei:

$$C_{H-3} = 2 \cdot 10^4 \text{ Bq/m}^3$$

Die Aufenthaltszeit  $T_{0,05}$  für eine Dosis von 0,05 mSv ergibt sich aus der Tritiumkonzentration  $C_{H-3}$ , der Atemrate von 1,2 m<sup>3</sup>/h, dem Dosiskoeffizienten von  $1,8 \cdot 10^{-11}$  Sv/Bq und dem Erhöhungsfaktor 1,5 für die Aufnahme durch die Haut zu:

$$T_{0,05} = \frac{0,05 \text{ mSv}}{C_{H-3} * 1,2 \text{ m}^3/\text{h} * 1,8 \cdot 10^{-11} \text{ Sv/Bq} * 1,5} = \frac{1,54 \cdot 10^6 \text{ Bq/m}^3}{C_{H-3}} \text{ h}$$

Mit der oben angenommenen Tritiumkonzentration ergibt das:

$$T_{0,05} = 77 \text{ h}$$

**Maßnahme:** Beschränkung der monatlichen Aufenthaltszeit auf 77 h/Monat

Bei längerer Aufenthaltszeit  $T$  wird die effektive Dosis berechnet gemäß:

$$H_{\text{eff}} = \frac{T}{T_{0,05}} * 0,05 \text{ mSv}$$

Bei einer Aufenthaltszeit von  $T=100$ h in einem Monat ergibt sich im Beispiel eine Dosis von

$$H_{\text{eff}} = \frac{100 \text{ h}}{77 \text{ h}} * 0,05 \text{ mSv} = 0,065 \text{ mSv}$$

Verlässt ein Fremdfirmenmitarbeiter während des Monats das Kraftwerk, und war bis dahin einen Zeitraum von  $X$  Tagen in der Überwachung, so wird eine Dosis berechnet soweit

$$\frac{T}{T_{0,05}} * \frac{30 \text{ d}}{X} \geq 1 \quad \text{und} \quad \frac{T}{T_{0,05}} \geq 0,2$$

Die Dosis wird also dann berechnet, wenn die Aufenthaltszeit einen anteilig „heruntergebrochenen“  $T_{0,05}$ -Wert übersteigt und sie zudem absolut gesehen mindestens so hoch ist, dass die berechnete Dosis oberhalb von 10  $\mu$ Sv liegen würde.

War in diesem Beispiel z.B. ein Fremdfirmenmitarbeiter für einen Zeitraum von 10 Tagen in der Überwachung des Kraftwerkes und während dieser Zeit 30 h im Containment tätig, ergibt sich

$$\frac{30 \text{ h}}{77 \text{ h}} * \frac{30 \text{ d}}{10 \text{ d}} = 1,17 \geq 1 \quad \text{und} \quad \frac{T}{T_{0,05}} \geq 0,39$$

Die Dosis wird also berechnet und ergibt sich als

$$H_{\text{eff}} = \frac{30 \text{ h}}{77 \text{ h}} * 0,05 \text{ mSv} = 0,019 \text{ mSv}$$

Dieser Wert wird in den Strahlenpass eingetragen oder schriftlich der Fremdfirma mitgeteilt.