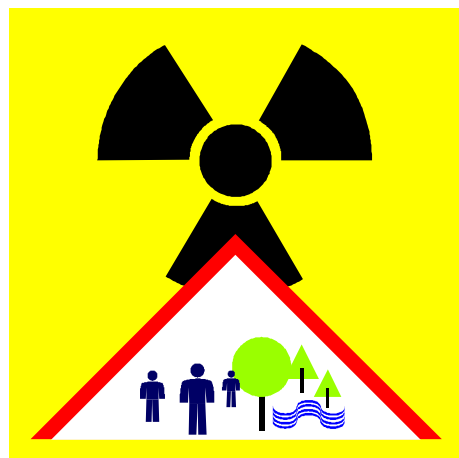


# STRAHLENSCHUTZ 88



**EMPFEHLUNGEN FÜR DIE  
DURCHFÜHRUNG VON TITEL VII  
DER EUROPÄISCHEN GRUND-  
NORMENRICHTLINIE ÜBER EINE  
ERHEBLICH ERHÖHTE EXPOSITION  
DURCH NATÜRLICHE  
STRAHLENQUELLEN**



Europäische Kommission

Europäische Kommission

## Strahlenschutz 88

### **Empfehlungen für die Durchführung von Titel VII der Europäischen Grundnormenrichtlinie über eine erheblich erhöhte Exposition durch natürliche Strahlenquellen**

Generaldirektion  
Umwelt, nukleare Sicherheit und Katastrophenschutz

1997

**Arbeitsgruppe Artikel 31**

**Empfehlungen für die Durchführung von Titel VII der  
Europäischen Grundnormenrichtlinie über eine erheblich  
erhöhte Exposition durch natürliche Strahlenquellen**

## VORWORT

Die Grundnormen für den Strahlenschutz der Bevölkerung und der Arbeitskräfte gegen die Gefahren der ionisierenden Strahlung sind in der neuen Richtlinie des Rates (96/29 EURATOM vom 13. Mai 1996, welche die Richtlinie 80/836, ergänzt durch Richtlinie 84/467, ersetzt) niedergelegt. Die neue Richtlinie weicht von den früheren Versionen insofern ab, als besondere Vorschriften für die Strahlenexposition durch natürliche Strahlenquellen festgelegt wurden (Titel VII der Richtlinie). Diese Strahlenexposition war früher nicht ausdrücklich behandelt worden, wenn sie auch implizit in den Normen enthalten war; somit wird die Einführung der neuen Vorschriften die nationale Gesetzgebung deutlich verändern.

Zur Unterstützung der Mitgliedstaaten bei der Umsetzung der Richtlinie gibt die Kommission eine Mitteilung heraus. Diese Mitteilung erklärt den Gesamtrahmen für die Umsetzung von Titel VII. Der flexible Ansatz, der in der Richtlinie verfolgt und auch in der Mitteilung betont wird, erfordert allerdings detaillierte technische Anleitungen und Empfehlungen zur Identifikation der Arbeitsvorgänge und der entsprechenden Arbeitsplatzvorkehrungen, sowie der damit verbundenen Schutzmaßnahmen.

Das vorliegende Dokument stellt diese technische Anleitung zur Verfügung. Es wurde von einer Arbeitsgruppe des Sachverständigenausschusses erstellt, der unter Artikel 31 des Euratom-Vertrags eingesetzt worden war, und wurde von diesem Ausschuss auf seiner Sitzung vom 14. November 1996 gebilligt. Die Kommission bedankt sich bei allen Beteiligten für ihre Bemühungen, insbesondere bei den Mitgliedern der Arbeitsgruppe (siehe Anhang 1).

Das vorliegende Dokument ist als Anleitung für die einzelstaatlichen Behörden gedacht und die Kommission hofft, daß es dieser Anforderung gerecht wird. Es berührt die Verantwortung der Mitgliedstaaten zur Durchsetzung der Grundnormen in keiner Weise.

## Inhaltsverzeichnis

Seite

<b>1 - EINFÜHRUNG .....</b>	<b>7</b>
<b>2 - RADON AM ARBEITSPLATZ .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 - Einführung .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 - Übersichtsmessungen.....</b>	<b>12</b>
<b>2.3 - Eingreifwerte.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4 - Radongefährdete Gebiete.....</b>	<b>15</b>
<b>2.5 - Überprüfung und Sanierung bestehender Arbeitsplätze .....</b>	<b>15</b>
<b>2.6 - Durchführung von Strahlenschutzmaßnahmen.....</b>	<b>16</b>
<b>2.7 - Einrichtung neuer Arbeitsplätze .....</b>	<b>19</b>
<b>2.8 - Arbeitsplätze mit Gammastrahlenexposition natürlicher Herkunft.....</b>	<b>19</b>
<b>3 - INDUSTRIELLE ARBEITSABLÄUFE, DIE ANDERE NATÜRLICHE     RADIONUKLIDE ALS RADON BETREFFEN .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 - Einführung .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2 - Überwachung der Strahlenexposition von Beschäftigten .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3 - Überwachung der Strahlenexposition der Bevölkerung .....</b>	<b>23</b>
<b>4 - FLIEGENDES PERSONAL .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1 - Einführung .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2 - Überwachung der beruflichen Strahlenexposition: Allgemeine     Überlegungen.....</b>	<b>30</b>
<b>4.3 - Überwachung der beruflichen Strahlenexposition in Flugzeugen,     die in großen Höhen fliegen.....</b>	<b>31</b>
<b>4.4 - Überwachung der beruflichen Strahlenexposition von schwangeren     Frauen</b>	<b>31</b>
<b>5 - LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>33</b>

## 1 - EINFÜHRUNG

- 1 Titel VII der revidierten Richtlinie der Grundnormen der Europäischen Union hat erstmalig einen Rahmen zur Kontrolle der Exposition gegenüber natürlichen Strahlenquellen festgelegt, die sich aus beruflichen Arbeitsvorgängen ergibt. Die Vorgaben unter Titel VII müssen flexibel gehandhabt werden, um die Probleme, die sich aus der Art der Strahlenquellen und den naturgegebenen Intensitätsschwankungen ergeben, in den Griff zu bekommen. Insbesondere werden Hinweise gegeben, welche Arbeitsvorgänge einer Kontrolle zu unterziehen sind und welche Art der Kontrolle angemessen ist.

Titel VII der revidierten Richtlinie der Grundnormen der Europäischen Union besteht aus drei Artikeln:

Artikel 40 - Anwendung

Artikel 41 - Schutz vor Exposition durch terrestrische natürliche Strahlenquellen

Artikel 42 - Schutz des fliegenden Personals

Dieses Dokument folgt demselben allgemeinen Rahmen wie die Grundnormen. Die Artikel werden in Kursivschrift dargestellt und es folgt jeweils ein Kommentar.

### ***Artikel 40 - Anwendung***

- 1 *Dieser Titel gilt für nicht unter Artikel 2 Absatz 1 fallende Arbeiten, bei denen das Vorhandensein natürlicher Strahlenquellen die Exposition der Arbeitnehmer oder von Einzelpersonen der Bevölkerung so erheblich erhöht, daß dies aus der Sicht des Strahlenschutzes nicht außer acht gelassen werden darf.*
- 2 *Die Mitgliedstaaten stellen sicher, daß anhand von Untersuchungen oder anderen geeigneten Mitteln die Arbeiten ermittelt werden, die möglicherweise von Belang sind. Hierbei handelt es sich insbesondere um*
  - a) *Arbeiten, bei denen die Arbeitnehmer und gegebenenfalls Einzelpersonen der Bevölkerung, Thoron- oder Radonfolgeprodukten oder Gammastrahlung oder einer sonstigen an Arbeitsplätzen auftretenden Exposition ausgesetzt sind; dies betrifft z. B. Arbeiten in Badeanlagen, Stollen, Bergwerken, unterirdischen Arbeitsstätten und oberirdischen Arbeitsstätten in bestimmten Bereichen;*
  - b) *Arbeiten die die Verwendung und Lagerung von Stoffen beinhalten, die normalerweise nicht als radioaktiv gelten, jedoch natürliche Radionuklide enthalten, die die Exposition der Arbeitskräfte und gegebenenfalls von Einzelpersonen der Bevölkerung erheblich erhöhen;*
  - c) *Arbeiten, bei deren Durchführung Rückstände entstehen, die normalerweise nicht als radioaktiv gelten, jedoch natürliche Radionuklide enthalten, die die Exposition von Einzelpersonen der*

*Bevölkerung und gegebenenfalls von Arbeitskräften erheblich erhöhen;*

*d) den Betrieb von Flugzeugen.*

*3 Die Artikel 41 und 42 finden Anwendung, wenn die Mitgliedstaaten erklärt haben, daß die Exposition durch natürliche Strahlenquellen aufgrund der gemäß Absatz 2 ermittelten Arbeiten zu berücksichtigen und überwachungspflichtig ist.*

2 Artikel 40 bestimmt, daß sich Titel VII nicht auf Strahlenexpositionen bezieht, die sich aus der normalen Praxis in Strahlenbetrieben ergeben, wie in Artikel 2, Paragraph 1 definiert ist. Letztere werden unter den Titeln III bis VI und VIII behandelt. Artikel 2 bezieht sich im wesentlichen auf künstlich hergestellte Strahlenquellen; allerdings fallen auch gewisse Arbeiten mit natürlich radioaktiven Stoffen (z.B. wenn beabsichtigt ist deren radioaktive oder Spalteigenschaften zu nutzen) unter die Definition der normalen Praxis in Strahlenbetrieben.

3 Die Richtlinie zu den Europäischen Grundnormen folgt der ICRP-Empfehlung (ICRP-Dokument 60, Paragraph 134 ff.), daß das Konzept der beruflichen Exposition gegenüber ionisierenden Strahlen auf Strahlenexpositionen beschränkt bleiben soll, die vernünftigerweise einer Überwachung zugänglich sind. Damit werden Kalium-40 im Körper, die kosmische Strahlung in Bodennähe und die Strahlenexposition gegenüber Radionukliden aus der ungestörten Erdoberfläche ausdrücklich von der Überwachung ausgenommen. [BSS Paragraph 2.4] Ungestörte Erdoberfläche bedeutet, daß keine Erdarbeiten und keine Untergrund- oder Tagebauaktivitäten durchgeführt wurden. Pflügen und das Ausheben und Auffüllen von Gruben als landwirtschaftliche oder bautechnische Maßnahme bedeutet keine „Störung“ der Erdoberfläche, außer wenn solche Arbeiten Teil einer Intervention zur Sanierung von kontaminierten Böden sind. Die Oberfläche eines Uranerzgebiets, das nicht zur Urangeinnung diente, ist in diesem Sinne eine ungestörte Erdoberfläche. Wenn eine Urangeinnung stattgefunden hat, aber nicht mehr weitergeführt wird, kann Absatz II von Titel IX, Intervention bei fortdauernder Strahlenexposition, zur Anwendung kommen. Die Grundnormen schließen auch Radonexposition in Wohnhäusern aus. In Übereinstimmung mit der Kommissionsempfehlung 90/143/Euratom zum Schutz der Bevölkerung gegen Radonexposition in Wohnhäusern können Mitgliedstaaten beschließen, ein Programm zur Überwachung der Strahlenexposition in Wohnungen durchzuführen. In diesem Fall besteht zwischen den Programmen für häusliche und berufliche Strahlenbelastung aller Wahrscheinlichkeit nach ein enger Zusammenhang.

4 Erhöhte Radonkonzentrationen am Arbeitsplatz und berufliche Strahlenexposition durch Stoffe oder Rückstände, die natürliche Radionuklide enthalten, können einer Überwachung unterzogen werden. Da aber eine solche Strahlenexposition überall vorhanden ist, ist notwendig ein allgemeines System zu entwickeln, das die entsprechenden Kontrollen selektiv einsetzt. Die Grundnormen stimmen mit der ICRP-Empfehlung darin überein, daß diese Strahlenexposition aus dem Schema für die Überwachung der beruflichen Strahlenexposition durch die normale Praxis herausgehalten und getrennt behandelt werden sollte, außer wenn es die nationalen Behörden anderweitig festlegen.

5 Die nationalen Behörden müssen deshalb bestimmen, in welchen Teilen ihres Staatsgebiets und für welche Tätigkeiten und Arbeitsbedingungen es erforderlich ist, daß Strahlendosen aus natürlicher Radioaktivität als berufliche Strahlenexposition oder gar

als Strahlenexposition der Bevölkerung zu behandeln sind. Die Grundlage für diese Entscheidung muß eine sorgfältige Überprüfung der Verteilung und der Höhe der Strahlenexposition auf dem gesamten Staatsgebiet darstellen. Dazu sind normalerweise Feldmessungen erforderlich. Allerdings können dieselben auch durch andere Techniken ergänzt werden. So können z.B. geologische Karten zur Optimierung der Messung von Radonkonzentrationen in Gebäuden herangezogen werden. Dies wird weiter unten näher ausgeführt. Die Kenntnis der Aktivitätskonzentrationen in Baustoffen und in Wasserquellen können nützliche allgemeine Hinweise geben, wo eine hohe natürliche Radioaktivität zu erwarten ist.

- 6 Es ist zu beachten, daß 40.2a sich auf Strahlenexpositionen aus der natürlichen Umgebung bezieht, während 40.2b und 40.2c sich auf Strahlenexpositionen beziehen, die aus dem beruflichen Umgang mit natürlichen radioaktiven Stoffen herrühren. Paragraph 40.2d bezieht sich auf Dosen der kosmischen Strahlung während des Flugbetriebs. Dies ist eine Form der natürlichen Hintergrundstrahlung, aber die Dosisüberwachung während des Flugbetriebs ist ein Sonderfall und verdient getrennte Behandlung.
- 7 Obwohl die Grundnormen die Exposition gegenüber natürlichen Strahlenquellen im gleichen allgemeinen Zusammenhang wie andere Strahlenexpositionen behandeln, bedeutet dies nicht, daß für natürliche und künstliche Strahlenquellen identische Vorgehensweisen gelten. Wegen der besonderen Gegebenheiten bei der natürlichen Strahlenexposition kann es vorkommen, daß manche Überwachungsmechanismen als Interventionen einzustufen sind und damit unter Titel IX fallen, und nicht als normale Praxis, die unter die Titel III, IV, V, VI und VII fällt. Die nachfolgenden Absätze behandeln Expositionen durch Radon, durch Stoffe, die natürliche Radionuklide enthalten, und durch kosmische Strahlung. Die Ähnlichkeiten in den Überwachungsmethoden für diese drei Klassen sind offensichtlich; es besteht aber keine vollständige Übereinstimmung. Die Überwachungsmethode für Radon ist wahrscheinlich am weitesten entwickelt.
- 8 Die nationalen Behörden können es für notwendig befinden, sowohl die Dosen für die Mitglieder der Bevölkerung als auch für Arbeiter zu überwachen. Dies gilt vor allem für Arbeiten, die eine Freisetzung von Stoffen zur Folge haben, die natürliche Radionuklide in flüssiger oder gasförmiger Form oder als feste Abfallprodukte enthalten. Die Exposition der Bevölkerung gegenüber der Höhenstrahlung findet keine Berücksichtigung.



## 2 - RADON AM ARBEITSPLATZ

### **Artikel 40 - Anwendung**

- 1 ...
- 2 *Die Mitgliedstaaten stellen sicher, daß anhand von Untersuchungen oder anderen geeigneten Mitteln die Arbeiten ermittelt werden, die möglicherweise von Belang sind. Hierbei handelt es sich insbesondere um*
- a) *Arbeiten, bei denen die Arbeitnehmer und gegebenenfalls Einzelpersonen der Bevölkerung, Thoron- oder Radonfolgeprodukten oder Gammastrahlung oder einer sonstigen an Arbeitsplätzen auftretenden Exposition ausgesetzt sind; dies betrifft z. B. Arbeiten in Badeanlagen, Stollen, Bergwerken, unterirdischen Arbeitsstätten und oberirdischen Arbeitsstätten in bestimmten Bereichen;*
  - b) ...
  - c) ...
  - d) ...
- 3 *Die Artikel 41 und 42 finden Anwendung, wenn die Mitgliedstaaten erklärt haben, daß die Exposition durch natürliche Strahlenquellen aufgrund der gemäß Absatz 2 ermittelten Arbeiten zu berücksichtigen und überwachungspflichtig ist.*

### **Artikel 41 - Schutz vor Exposition durch terrestrische natürliche Strahlenquellen**

*Die Mitgliedstaaten verlangen für alle von ihnen entsprechend eingestuftten Arbeiten die Schaffung geeigneter Vorkehrungen zur Überwachung der Expositionen und, soweit erforderlich,*

- a) *die Durchführung von Abhilfemaßnahmen zur Reduzierung der Expositionen nach Titel IX bzw. Teilen davon;*
- b) *die Durchführung von Strahlenschutzmaßnahmen nach den Titeln III, IV, V, VI und VIII bzw. Teilen davon.*

### **2.1 - Einführung**

- 9 Wie bei anderen natürlichen Radionukliden, ist die Strahlenexposition gegenüber Radon und seinen Zerfallsprodukten allgegenwärtig. Allerdings ist die Schwankungsbreite der entsprechenden Nuklidkonzentrationen sehr groß und es können örtlich hohe Dosen auftreten. Ein System zur Feststellung der höheren Strahlenexpositionen, bei denen naturgemäß die Schutzmaßnahmen am wirkungsvollsten sind, ist angezeigt. Falls die entsprechenden Informationen noch nicht vorliegen, müssen die nationalen Behörden

repräsentative Messungen vornehmen lassen, um die Größenordnung und die Art der Radonexposition an den verschiedenartigen Arbeitsstellen festzustellen.

- 10 Es gibt mehrere Radonisotope. Im allgemeinen beschränkt sich die Aufmerksamkeit auf Rn-222, da seine relativ lange Halbwertszeit (von 4 Tagen) das Entweichen aus dem Gestein, das die Muttersubstanz Ra-226 enthält, begünstigt. Unter bestimmten Bedingungen kann auch Rn-220 (Thoron, Halbwertszeit eine Minute) eine Rolle spielen. Die in dem vorliegenden Dokument enthaltenen allgemeinen Grundsätze können auch auf die Überwachung der Thoronexposition Anwendung finden.
- 11 Die Gefährdung, die von einem hohen Radongehalt der Umgebungsluft ausgeht, stammt aus den Zerfallsprodukten und nicht aus dem Radongas selbst. Aus praktischen Gründen sollten sich die Kontrollmessungen aber auf die Konzentration des Radongases beziehen.
- 12 Die nationalen Behörden werden das Konzept von Eingreifrichtwerten und von radongefährdeten Bereichen als nützliches Hilfsmittel für die Radonkontrolle am Arbeitsplatz und in Wohnhäusern (und Wohnungen) einsetzen können. Da die Eingreifrichtwerte und die radongefährdeten Bereiche sowohl für die Überwachung von berufsbedingter als auch privater Aktivität relevant sind, werden im folgenden berufsbedingte Exposition und Exposition in Wohnräumen zusammen behandelt.

## **2.2 - Übersichtsmessungen**

- 13 Die geographische Verteilung der Radonkonzentration an oberirdischen Arbeitsplätzen (z.B. Fabriken, Läden, Büros und evtl. Wasseraufbereitungsanlagen) und an unterirdischen Arbeitsstellen sollte getrennt erfaßt werden.
- 14 Arbeitsstellen unter der Erdoberfläche, bei denen die Radonkonzentration gegebenenfalls überwacht werden muß, sind Bergwerke, Tunnel, Gänge in Radonmineralquellen, Untergrundbahnen, Untergrundinstallationen, Katakomben, für Besucher freigegebener Höhlen, Touristenbergwerke, unterirdische Wasseraufbereitungsanlagen, unterirdische Lagerräume usw. Alle Arten von unterirdischen Arbeitsstellen müssen überprüft werden. Es ist aber nicht notwendigerweise so, daß hohe Radonkonzentrationen in unterirdischen Arbeitsstellen nur in den Gebieten gefunden werden, wo auch in den Gebäuden eine erhöhte Radonkonzentration auftritt.
- 15 Die Größenverteilung der atmosphärischen Aerosole kann im Prinzip die Strahlendosen beeinflussen. Trotzdem wird es für Kontrollzwecke in den meisten Fällen ausreichen, die von den Radonzerfallsprodukten emittierte Alphaaktivität zu bestimmen. Für solche Messungen wird im allgemeinen der Gleichgewichtsfaktor herangezogen.
- 16 In den meisten Fällen wird sich herausstellen, daß an oberirdischen Arbeitsplätzen der Gleichgewichtsfaktor bei 0,4 bis 0,5 liegt, ebenso wie bei einigen unterirdischen Arbeitsplätzen. Abweichungen können durch entsprechende Messungen festgestellt werden. Die heutigen Erfahrungen besagen, daß Gleichgewichtsfaktoren, die außerhalb des erwähnten Bereichs liegen, vor allem in den Bergwerken oder Arbeitsplätzen festgestellt werden, wo eine sehr hohe oder sehr niedrige Ventilationsrate vorliegt, oder wo die Aerosolkonzentrationen normalerweise entweder hoch oder niedrig sind (und auch in Gebäuden in warmen Klimazonen). Trotzdem scheint eine Routinemessung der

Gleichgewichtsfaktoren an spezifischen Arbeitsplätzen im allgemeinen nicht notwendig zu sein.

- 17 Die Bestimmungen des Radongehalts in den verschiedenen Arbeitsstellen sollten auf zuverlässigen Langzeitmessungen (idealerweise ein Jahr, aber wenigstens einige Monate) beruhen, damit die Kurzzeitschwankungen der Radonkonzentration herausgemittelt werden können. Es kann notwendig sein, jahreszeitlich bedingte Korrekturfaktoren anzubringen, da im Winter die Radonkonzentration in Gebäuden höher ist als im Sommer. Die entsprechenden Korrekturfaktoren sollten durch Messungen abgeleitet werden, die sich über ein ganzes Jahr erstrecken, und zwar in Situationen, die für ein gegebenes Land und für verschiedene Arten von Arbeitsplätzen typisch sind. Die Übersichtsmessungen müssen fachmännisch geplant und durchgeführt werden, damit die erhaltenen Informationen auch genügend sicher sind. Man muß unterscheiden zwischen über 24 Stunden gemittelten Konzentrationen (wie sie bei passiven Langzeitmessungen erhalten werden) und den Konzentrationen, die während des Arbeitstags vorliegen. Letztere werden im allgemeinen um einen bestimmten Faktor niedriger sein, der entweder aus der Erfahrung abgeschätzt oder durch besondere Messungen ermittelt werden kann.

Es mag notwendig sein, kurzzeitige Screening-Messungen durchzuführen. Allerdings erfordern diese Messungen eine genaue Protokollierung und eine sehr sorgfältige Auswertung.

- 18 Die Messungen müssen mit den geeigneten Detektoren und Geräten durchgeführt werden, die vorher einer Kalibrierung und Qualitätskontrolle unterzogen worden sind.
- 19 Zur Identifizierung von Gebieten, in denen die Radonkonzentrationen in Gebäuden aller Wahrscheinlichkeit nach über dem Durchschnitt liegen, ist ein geologischer Überblick hilfreich. Allerdings ist der Zusammenhang zwischen geologischen Parametern, wie den Urankonzentrationen im Boden und dem Radongehalt in der Gebäudeluft von sehr komplexer Natur. Trotzdem sind geologische Karten für die Interpolation der Ergebnisse aus Übersichtsmessungen des Radongehalts in Gebäuden sehr nützlich.

### **2.3 - Eingreifwerte**

- 20 Ein Radoneingreifwert ist die Radonkonzentration, bei deren Überschreitung die nationalen Behörden Schutzmaßnahmen anordnen (oder im Fall der Radonexposition in Wohngebäuden, empfehlen). Die Festlegung des Eingreifwerts wird zum Teil von praktischen Überlegungen bestimmt, die von den einzelstaatlichen Gegebenheiten abhängen. Allerdings sollten die gewählten Eingreifwerte für die Konzentrationen in Wohnungen und am Arbeitsplatz vom radiologischen Standpunkt aus untereinander kompatibel sein (Siehe ICRP-Empfehlung 65, Paragraph 85).
- 21 Die nationalen Behörden müssen Radoneingreifwerte für den Arbeitsplatz festlegen und können dies auch für Wohngebäude (und einzelne Wohnungen) tun. Berufliche Exposition oberhalb des Eingreifwerts unterliegt der Strahlenschutzüberwachung. Allerdings wird erwartet, daß die normale Gegenmaßnahme bei einer Überschreitung des Radoneingreifwerts in der Weise getroffen werden, daß eine anschließende Anwendung von Strahlenschutzvorschriften nicht mehr erforderlich ist. Die entscheidende Aktion besteht in einer substantiellen Verminderung der Radonkonzentration, die weiter geht als bis knapp unter die Obergrenze (den Eingreifwert).

- 22 Die ICRP empfiehlt, daß die beste Wahl für die Höhe des Eingreifwerts für Wohngebäude dann erfolgt ist, wenn eine nicht unwesentliche (aber gut zu handhabende) Anzahl von Gebäuden von Vorsorgemaßnahmen betroffen ist (Empfehlung Nr. 60, Paragraph 217). Außerdem empfiehlt die ICRP, daß der Eingreifwert im Bereich zwischen 200 und 600 Bq/m<sup>3</sup> liegen sollte (Empfehlung 65, Paragraph 73). [Die Empfehlung der Europäischen Gemeinschaften von 1990 schlug einen Referenzwert für bestehende Gebäude von 400 Bq/m<sup>3</sup> und einen Zielwert für neue Gebäude von 200 Bq/m<sup>3</sup> vor.]
- 23 Für Arbeitsplätze legt die ICRP in der Empfehlung Nr. 65 für den Eingreifwert einen Bereich von 500-1.500 Bq/m<sup>3</sup> fest, und zwar auf der Grundlage der Äquivalenz dieses Bereichs zu dem für Wohnungen (Paragraph 86). Damit empfiehlt sie den nationalen Behörden die Wahl von Eingreifwerten für Wohnungen und Arbeitsplätze, die an vergleichbarer Stelle in den beiden Bereichen liegen (Paragraph 86). Es ist wahrscheinlich, daß dies für eine signifikante, aber gut zu handhabende Anzahl von Arbeitsplätzen zu Abhilfemaßnahmen führen wird.
- 24 Die ICRP stellt fest, daß ein Eingreifwert zwei unterschiedliche Zwecke verfolgen kann:
- a) entweder festzulegen, an welchen Arbeitsplätzen ein Eingreifen (zur Verminderung des Radon-Niveaus) erforderlich ist, oder
  - b) festzulegen, wo Strahlenschutzmaßnahmen für die normale Praxis anzuwenden sind.

Sie kommt zu dem Schluß, daß die Festlegung desselben Eingreifwerts für beide Zwecke klare Vorteile aufweist. Im Rahmen der Grundnormen-Richtlinie ist der überwachungstechnische Zweck von vorrangigem Interesse.

- 25 Für Zwecke des Strahlenschutzes ist es wünschenswert, daß der Eingreifwert das Strahlendosisniveau nicht überschreitet, bei dem zum Schutz der Arbeitnehmer in Strahlenbetrieben (bei normaler Praxis) Strahlenschutzmaßnahmen erforderlich werden (Kriterium für die Einstufung von Arbeitnehmern in Kategorie A). Es wird deshalb empfohlen, daß innerhalb der Europäischen Union der Eingreifwert für Arbeitsplätze im Bereich zwischen 500 und 1.000 Bq/m<sup>3</sup> (zeitlich gemittelte Radonkonzentration) festgelegt wird. Die Grundlage hierfür ist eine berufliche Expositionszeit von 2.000 Stunden pro Jahr und ein Gleichgewichtsfaktor von 0,4. Sollten unter bestimmten Bedingungen diese Faktoren von obigen Werten deutlich abweichen, kann ein anderer Eingreifwert angemessen sein. Die nationalen Behörden können auch Eingreifwerte unterhalb des angegebenen Bereichs festlegen, wenn sie dies für erforderlich halten und dies nicht zu einem unpraktikablen Radonüberwachungsprogramm führt. Die internationalen Strahlenschutzgrundnormen schlagen einen Eingreifwert von 1.000 Bq/m<sup>3</sup> vor.
- 26 Für Arbeitsplätze mit einer hohen Bevölkerungsdichte (z.B. Wohngebiete, Internatsschulen, gewisse Krankenhäuser) kann es angebracht sein, den Eingreifwert so festzulegen, daß der erhöhten Bevölkerungsdichte Rechnung getragen wird.

Das Unternehmen kann auch verpflichtet werden, die Strahlenexposition von Einzelpersonen der Bevölkerung, die eine beträchtliche Zeit am entsprechenden Arbeitsplatz zubringen, zu überwachen (wieder sind Wohngebiete, Internatsschulen, gewisse Krankenhäuser typische Beispiele).

## **2.4 - Radongefährdete Gebiete**

- 27 Die nationalen Behörden können aus praktischen Gründen bestimmte Bereiche zu radongefährdeten Gebieten erklären. Die ICRP schlägt (in Empfehlung 65, Paragraph 76 und 102) vor, daß jene Bereiche des Landes zu radongefährdeten Gebieten erklärt werden können, wo mindestens 1 % der Wohnungen Radonkonzentrationen aufweisen, die zehnmal höher sind als der Durchschnittswert des Landes, vorausgesetzt es liegen entsprechende statistische Meßwerte vor. Es wird allerdings eingeräumt, daß manche Behörden eine andere, ebenfalls angemessene Definition für „eine zu handhabende Anzahl betroffener Wohnungen“ verwenden können. Sowohl die geographische Verteilung der Radonkonzentrationen als auch die Wahl des Eingreifwerts selbst beeinflussen die Definition des radongefährdeten Gebietes [Paragraph 76]. Es darf allerdings nicht übersehen werden, daß auch außerhalb der radongefährdeten Gebiete hohe Radonkonzentrationen auftreten können. Für Wohnungen sollte dieselbe geographische Definition des radongefährdeten Gebiets Verwendung finden wie für Arbeitsplätze (Paragraph 85).
- 28 Die Definition von radongefährdeten Gebieten hat keinen Einfluß auf die Überwachung der Radonexposition an unterirdischen Arbeitsplätzen. Diese müssen aufgrund der vorliegenden Gegebenheiten eingestuft werden, ob sie nun in radongefährdeten Gebieten liegen oder nicht (ICRP 65, Paragraph 85).

## **2.5 - Überprüfung und Sanierung bestehender Arbeitsplätze**

- 29 Die nationalen Behörden müssen festlegen, wo die Arbeitgeber die Radonkonzentrationen an Arbeitsplätzen messen müssen. Der dringendste Handlungsbedarf besteht natürlich dort, wo die Radonkonzentrationen am höchsten sind und die Behörden müssen deshalb in den radongefährdeten Gebieten zuerst Prioritäten setzen. Diese können von der Radonkonzentration ausgehen (ICRP 65, Paragraph 76) oder von der Art des Arbeitsplatzes. Wahrscheinlich müssen an den verschiedenen unterirdischen Arbeitsplatztypen überall Messungen vorgenommen werden, oder wenigstens an einer ausreichend großen Stichprobe, um ein klares und statistisch gesichertes Bild zu erhalten.
- 30 In den betroffenen Gebieten sollten die Arbeitgeber die Radonkonzentrationen an den überirdischen Arbeitsplätzen messen lassen. Wenn die Dauer der Messung kürzer ist als ein Jahr und der jahreszeitlich korrigierte Wert nahe an den Eingreifwert herankommt, ist es angebracht, das Ergebnis mit Hilfe von weiteren Messungen zu verschiedenen Jahreszeiten abzusichern. Liegen jedoch die ersten jahreszeitlich korrigierten Ergebnisse schon weit über den Eingreifwerten, müssen die entsprechenden Maßnahmen ergriffen werden, ohne die weiteren Messungen abzuwarten.

Wenn die Radonkonzentrationen unter dem Eingreifwert liegen, besteht kein weiterer Handlungsbedarf, außer daß die Messungen wiederholt werden müssen, wenn die Konzentrationen nur wenig unter dem Eingreifwert lagen oder wenn am Gebäude

bedeutende bauliche Veränderungen vorgenommen werden oder wenn das Gebäude anderweitig genutzt wird. Allerdings können Arbeitgeber erwägen, ob sie dann schon Abhilfemaßnahmen ergreifen wollen, wenn die Radonkonzentrationen nahe am

Eingreifwert liegen. Das ALARA-Prinzip (die Strahlenexposition so niedrig zu halten, wie es unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und sozialer Faktoren vernünftigerweise erreichbar ist) wird oft die Zweckmäßigkeit solcher Maßnahmen unterstützen, wenn sie auch nach den Strahlenschutzanforderungen des Mitgliedstaats nicht unbedingt erforderlich sind.

- 31 Wenn an einem Arbeitsplatz oder an einer besonderen Stelle desselben nur sehr selten Personen beschäftigt sind, kann es ausreichen, diese Stelle zu überwachen und den Zugang zu kontrollieren. Dies soll kein Ersatz für Abhilfemaßnahmen sein, wenn die Anwesenheit von Personen einen nicht unwesentlichen Bruchteil des Arbeitsjahrs ausmacht. Es kann aber z.B. auf einen Lagerraum zutreffen, der nur ein bis zwei Stunden pro Woche besetzt ist, oder eine Pumpenstation, die jeden Monat nur einmal einen halben Tag lang gewartet wird.
- 32 Wenn die Radonkonzentrationen über dem Eingreifwert liegen und die Belegung des Arbeitsplatzes nicht geringfügig ist, sind Abhilfemaßnahmen zur Verminderung der Radonkonzentration erforderlich. Es muß sich um eine einschneidende Maßnahme handeln, die eine bedeutende Verminderung des Radonniveaus zum Ziel hat (ICRP 65, Paragraph 71 und 105). Die Erfahrung hat gezeigt, daß verhältnismäßig einfache und kostengünstige Abhilfemaßnahmen bei der Mehrzahl der oberirdischen Arbeitsplätze die erhöhten Radonkonzentrationen wesentlich vermindern können.
- 33 Die Mitgliedstaaten müssen sicherstellen, daß die Arbeitgeber bei den Radonmessungen entsprechend beraten und unterstützt werden, ebenso wie bei der Durchführung der Abhilfemaßnahmen selbst.
- 34 Wenn die Abhilfemaßnahmen zu einer Reduzierung der Radonkonzentration unter den Eingreifwert geführt haben, besteht kein weiterer Handlungsbedarf, außer daß wiederholte Messungen notwendig werden, wenn die Baulichkeiten wesentlich verändert werden oder eine andere Nutzung erfolgt. Wo die verminderten Radonkonzentrationen auf aktiven Maßnahmen beruhenden, wie z.B. dem Betrieb eines Ventilators, muß dieser von Zeit zu Zeit auf seine Wirksamkeit überprüft werden. Die Behörden können auch regelmäßige Überprüfungen der Messungen verlangen, insbesondere wenn die Radonkonzentrationen nahe am Eingreifwert liegen.

## ***2.6 - Durchführung von Strahlenschutzmaßnahmen***

- 35 Wenn die Radonkonzentration trotz entsprechender Anstrengungen über dem Eingreifwert bleiben, muß eine Reihe von Strahlenschutzmaßnahmen getroffen werden, die den Grundsätzen der Titel III, IV, V, VI und VIII folgen, soweit diese anzuwenden sind. Die Verwendung dieser Prinzipien zum Schutz gegen Radon kann von ihrer Anwendung auf künstliche Strahlenquellen in gewisser Weise abweichen. Die wichtigsten Maßnahmen sind die Überwachung der Strahlenexposition, sowie die Festlegung von Kontroll- und Überwachungsbereichen und von Dosisgrenzwerten. Dies wird weiter unten näher erläutert. (Siehe auch ICRP-Empfehlung 65, Paragraph 98.)

### ***Überwachung der Strahlenexposition***

- 36 Bleiben die Radonkonzentrationen trotz aller Abhilfemaßnahmen über dem Eingreifwert, muß eine Überwachung des Arbeitsplatzes erfolgen. Es können entweder die Einzelpersonen überwacht werden (z.B. mit Filmdosimetern, die auf der Kleidung getragen werden) oder auch die Arbeitsplätze (z.B. mit fortlaufend registrierenden elektronische Meßgeräten). In den meisten Fällen werden die Arbeiter genauso eingestuft wie Beschäftigte in anderen Strahlenbetrieben. Wenn die Radonkonzentration nur geringfügig über dem Eingreifwert liegt, ist die Überwachung des Arbeitsbereichs angebracht. Wenn aber die Strahlenexposition nahe an den Dosisgrenzwert herankommt, wird normalerweise die Überwachung der Personendosis vorgezogen (siehe ICRP-Empfehlung 65, Paragraph 99). In Fällen, wo die Radonkonzentration in bestimmten Arbeitsbereichen hoch ist, diese aber normalerweise nicht besetzt sind, kann eine Überwachung des Bereichs zusammen mit der Kontrolle der individuellen Beschäftigungszeit in diesem Bereich angemessen sein.

### ***Aufzeichnungen der Strahlenexposition und Berechnung der Strahlendosen***

- 37 Die Aufzeichnungen der Messung der Radonexposition der Arbeiter müssen aufbewahrt werden. Diese Aufzeichnungen können als  $\text{Bq m}^{-3} \text{ h}$  oder als  $\text{mJh m}^{-3}$  erfolgen (siehe unten). Trotz der Verwendung von speziellen Einheiten für Radonexpositionen ist es notwendig, die effektive Dosen zu berechnen und aufzubewahren, z.B. wenn der Arbeitsplatz Teil eines Arbeitsplatzes mit „normaler Praxis“ und künstlichen Strahlenquellen ist. Dann müssen Abschätzungen für Dosen aus anderen natürlichen oder künstlichen Strahlenquellen mit Radondosen kombiniert und mit Dosisgrenzwerten verglichen und zusammen aufgezeichnet werden.

Zu diesem Zweck sollte der Umrechnungsvorschlag der ICRP aus Empfehlung Nr. 65 auf einer provisorischen Basis angewandt werden. Paragraph C in Anhang III der Grundnormen zeigt, daß für Arbeiter  $1 \text{ mJh m}^{-3}$  von Radonzerfallsprodukten  $1,4 \text{ mSv}$  entspricht; bei einem Gleichgewichtsfaktor von 0,4 entsprechen  $3,2 \text{ Bq m}^{-3} \text{ h}$  Radongas  $1 \text{ mSv}^*$ . Für Mitglieder der Bevölkerung entspricht  $1 \text{ mJh m}^{-3}$   $1,1 \text{ mSv}$  und  $4 \times 10^5 \text{ Bq m}^{-3} \text{ h}$  Radongas entsprechen  $1 \text{ mSv}$ . Diese Umrechnung beruht auf den epidemiologischen Daten der ICRP-Empfehlung 65. Es ist allerdings bekannt, daß gegenwärtig zwischen der Risikoabschätzung aus Dosimetriewerten und der aus epidemiologischen Daten eine Diskrepanz von einem Faktor 2 bis 3 besteht. Deshalb kann sich die Dosiskonversion in Zukunft noch ändern.

- 38 Für Tochterprodukte des Thoron wird zur Zeit ein Konversionsfaktor von  $0,5 \text{ mSv pro mJh m}^{-3}$  vorgeschlagen, was etwa einem Drittel des Wertes für Radon entspricht (BSS, Paragraph C in Anhang III). Dieser Zahlenwert basiert auf dem dosimetrischen Modell

---

\* Die historische Einheit Arbeitspegelmonat finden immer noch Verwendung, obwohl von ihrem Gebrauch abzuraten ist. Für Arbeiter entspricht ein WLM (Arbeitspegelmonat)  $5 \text{ mSv}$ . Unter Standardannahmen würde 1 WLM erreicht, wenn man sich 1 Jahr lang in einer zeitgemittelten Radonkonzentration von etwa  $750 \text{ Bq/m}^3$  aufhält. [1 WLM =  $3700 \text{ Bq/m}^3 \text{ EEC}$ ; geteilt durch  $F = 0,4$  und 12 Monate ergibt  $771 \text{ Bq/m}^3$ , abgerundet 750.]

der ICRP-Empfehlung 50. Ebenso wie bei Radonzerfallsprodukten ist auch hier mit zunehmendem Wissen eine Änderung des Faktors zu erwarten.

- 39 Es muß betont werden, daß Abschätzungen der Radondosen nur dann vorgenommen werden sollten, wenn diese Expositionen an sich von Bedeutung sind. Es ist nicht notwendig, nur deshalb Radondosen zu ermitteln, weil auch andere Strahlendosen errechnet und aufgezeichnet werden.
- 40 Wenn Radonexpositionen mit anderen Dosen kombiniert werden, sollten die Personendosen getrennte Abschätzungen für Radondosen und der Dosissumme von Radon und anderer beruflicher Exposition enthalten. Zur Personendosisüberwachung sollten zeitintegrierte Radongasexpositionen ( $\text{Bq m}^{-3} \text{ h}$ ) mit dem entsprechenden Gleichgewichtsfaktor oder aber zeitintegrierte Expositionen gegenüber Radonzerfallsprodukten ( $\text{Bq m}^{-3} \text{ h}$ ,  $\text{mJh m}^{-3}$  oder WLM) herangezogen werden. Wenn zur Kontrolle der Expositionen die Überwachung des Arbeitsbereiches erfolgt, müssen die entsprechenden Informationen ebenfalls aufbewahrt werden.
- 41 Ebenso wie bei Expositionswerten aus dem normalen Umgang mit radioaktiven Stoffen (Praxis) sollten auch hier Personendosisaufzeichnungen und Daten der Arbeitsbereichsüberwachung in der gleichen Weise, wie unter Titel VI spezifiziert, aufbewahrt werden.

### ***Kontroll- und Überwachungsbereiche***

- 42 Bei der Entscheidung über die Abgrenzungen von Überwachungs- und Kontrollbereichen sollten die Arbeitgeber nicht nur den Gesichtspunkt berücksichtigen, ob die voraussichtliche Personendosis mit großer Wahrscheinlichkeit unter einem Wert von 3/10 des Dosisgrenzwerts bleibt (ICRP-Empfehlung 60, Paragraph 252). Die Differenzierung sollte nicht nur auf der Grundlage der Höhe der Strahlendosis, sondern auch deren Schwankungsbreite und der Möglichkeit unvorhersehbarer Strahlenexpositionen erfolgen. Eine Schlüsselfrage ist, ob dabei spezielle Betriebsbedingungen erforderlich werden.

### ***Dosis- und Expositionsgrenzwerte***

- 43 Die wichtigen Dosisgrenzwerte sind in Artikel 9 der Richtlinie definiert. Dies sind 100 mSv in fünf aufeinanderfolgenden Jahren, mit einem Maximum von 50 mSv in einem einzigen Jahr. In der Praxis wurden bisher eine Anzahl von Größen und Einheiten für die Radonexposition verwendet - insbesondere der "working level month" (WLM). Diese historischen Einheiten sollten nicht länger verwendet werden.
- 44 Es bestehen Unsicherheiten bei der Konversion von zeitintegrierten Radonexpositionsdaten in mSv. Es kann allerdings von Vorteil sein, zur Überwachung der Radonexposition mit den ersteren zu arbeiten. Unter Standardbedingungen einschließlich des Gleichgewichtsfaktors von 0,4 und 2.000 Stunden beruflicher Exposition entspricht eine Jahresdosis von 20 mSv etwa  $6 \times 10^6 \text{ Bq h m}^{-3}$  Radongas und diese Höhe der Strahlenexposition wird bei einer ununterbrochenen Beschäftigung in einer Radonkonzentration von  $3.000 \text{ Bq m}^{-3}$  erreicht. Als Alternative können die nationalen



Behörden das Zeitintegral der Konzentration der Radonzerfallsprodukte (Alpha-Energie) verwenden (siehe ICRP-Empfehlung 65). 20 mSv entsprechen in SI-Einheiten  $14 \text{ mJ h m}^{-3}$ .

## **2.7 - Einrichtung neuer Arbeitsplätze**

- 45 Obwohl es unter Titel VII nicht ausdrücklich erwähnt wird, ist es vernünftig, bei neuen Arbeitsplätzen von vornherein das Auftreten hoher Radonkonzentrationen zu vermeiden, anstatt nach ihrer Fertigstellung Abhilfemaßnahmen durchzuführen.

Bei der Erstellung eines Gebäudes ist es einfach und kostengünstig, Maßnahmen zu ergreifen, welche die Radonkonzentration niedrig halten. Es muß auch betont werden, daß Maßnahmen, die das Eindringen von Gasen aus dem Erdboden in die Wohnungen verhindern, auch andere Vorteile bringen, wie z.B. die Verhinderung des Eindringens von Feuchtigkeit und von Schimmelpilzen.

- 46 Die nationalen Behörden sollten Ortschaften in radongefährdeten Gebieten oder auch anderswo ausweisen, in denen bei Neubauten von Werksgebäuden Radonchutzmaßnahmen vorzusehen sind. Dabei sollte gewährleistet sein, daß die Radonkonzentrationen an neuen Arbeitsplätzen so niedrig sind, wie es unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und sozialer Faktoren vernünftigerweise erreichbar ist und daß weitere Abhilfemaßnahmen leicht durchzuführen sind, falls sie erforderlich werden sollten.
- 47 Im allgemeinen sind Baumaterialien keine Hauptquelle für das Auftreten von Radon. Es kann aber in Einzelfällen möglich sein, daß ein hoher Gehalt an Ra-226 oder anderen natürlichen Radionukliden die Verwendung bestimmter Baumaterialien ausschließt. Beispiele dafür sind bestimmte Arten von leichtem Alaunschieferbeton, Tuff oder Granit. Es muß betont werden, daß noch andere Faktoren, wie z.B. Gammastrahlung, bei der Wahl von Baumaterialien, die eine hohe natürliche Radioaktivität aufweisen können, zu berücksichtigen sind.

## **2.8 - Arbeitsplätze mit Gammastrahlenexposition natürlicher Herkunft**

- 48 Die kosmische Strahlung wird durch die Atmosphäre ausreichend abgeschirmt, so daß an der Erdoberfläche auf Meereshöhe nur eine entsprechende Dosis von etwa 0,3 mSv pro Jahr auftritt. Die natürliche Gammastrahlung aus dem Erdboden und aus Gebäuden fügt noch einen etwa gleich großen Beitrag hinzu. Unter gewissen Umständen kann aber dieser Beitrag wesentlich größer sein.
- 49 Hohe Gammastrahlendosen aus dem Erdboden oder aus Gebäudematerialien treten nur dann auf, wenn hohe Konzentrationen von U-238 und Th-232, sowie ihrer Tochterprodukte vorliegen. Übersichtsmessungen können solche Sachlagen aufdecken. Es ist zu beachten, daß in vielen Fällen die Konzentration natürlicher Radionuklide, die zu hoher Gammastrahlung führt, auch hohe Konzentrationen von Radon oder Thoron hervorrufen kann, die vom radiologischen Standpunkt aus von größerer Bedeutung sind.

### **3 - INDUSTRIELLE ARBEITSABLÄUFE, DIE ANDERE NATÜRLICHE RADIONUKLIDE ALS RADON BETREFFEN**

#### ***Artikel 40 - Anwendung***

- 1 ....
- 2 *Die Mitgliedstaaten stellen sicher, daß anhand von Untersuchungen oder anderen geeigneten Mitteln die Arbeiten ermittelt werden, die möglicherweise von Belang sind. Hierbei handelt es sich insbesondere um*
  - a) ....
  - b) *Arbeiten die die Verwendung und Lagerung von Stoffen beinhalten, die normalerweise nicht als radioaktiv gelten, jedoch natürliche Radionuklide enthalten, die die Exposition der Arbeitskräfte und gegebenenfalls von Einzelpersonen der Bevölkerung erheblich erhöhen;*
  - c) *Arbeiten, bei deren Durchführung Rückstände entstehen, die normalerweise nicht als radioaktiv gelten, jedoch natürliche Radionuklide enthalten, die die Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung und gegebenenfalls von Arbeitskräften erheblich erhöhen;*
  - d) .....
- 3 *Die Artikel 41 und 42 finden Anwendung, wenn die Mitgliedstaaten erklärt haben, daß die Exposition durch natürliche Strahlenquellen aufgrund der gemäß Absatz 2 ermittelten Arbeiten zu berücksichtigen und überwachungspflichtig ist.*

#### ***Artikel 41 - Schutz vor Exposition durch terrestrische natürliche Strahlenquellen***

*Die Mitgliedstaaten verlangen für alle von ihnen entsprechend eingestufteten Arbeiten die Schaffung geeigneter Vorkehrungen zur Überwachung der Expositionen und, soweit erforderlich,*

- a) *die Durchführung von Abhilfemaßnahmen zur Reduzierung der Expositionen nach Titel IX bzw. Teilen davon;*
- b) *die Durchführung von Strahlenschutzmaßnahmen nach den Titeln III, IV, V, VI und VIII bzw. Teilen davon.*

### **3.1 - Einführung**

- 50      Übersichtsmessungen können ergeben, daß unter gewissen Umständen die Nutzung und Lagerung von Stoffen, die im allgemeinen nicht als radioaktiv gelten, signifikante Strahlenbelastungen hervorruft, weil diese Stoffe erhöhte Konzentrationen natürlicher Radionuklide enthalten. Als Beispiele kann man aufführen: Monazitsand, Erze von seltenen Erden, sowie Ablagerungen, die sich in Röhren und Ventilen bestimmter Verarbeitungsanlagen von Erdöl, Kohle oder anderen Mineralien und auch in anderen Anlagen ansetzen. In diesen Fällen können die zuständigen nationalen Behörden festlegen, daß die Exposition aufgrund der Arbeiten mit diesen Stoffen unter die Rubrik berufsbedingter und/oder öffentlicher Strahlenexposition fällt (siehe z.B. ICRP-Empfehlung 60).
- 51      Einige industrielle Arbeitsprozesse, die zu erheblichen Strahlenexpositionen von Beschäftigten und/oder Einzelpersonen der Bevölkerung aufgrund natürlicher Radionuklide führen können, sind in Tabelle 1 aufgeführt. Immer wenn die fraglichen Stoffe Uran oder Thorium enthalten, ist zu prüfen, in welchem Ausmaß auch deren Tochterprodukte gegenwärtig sind. Es ist wichtig, zu wissen, daß der Grad der Exposition hierbei nicht nur von der Konzentration in den betreffenden Stoffen abhängt, sondern auch von deren chemischer und physikalischer Weiterverarbeitung, welche die Verfügbarkeit der gefährlichen Stoffe erhöhen kann. So kann z.B. das mechanische Zerkleinern von Rohstoffen Staub erzeugen, der dann eingeatmet wird, oder es kann die Freisetzung des Radons in die Atemluft am Arbeitsplatz erleichtern. Die Verarbeitung von Stoffen, die mit Substanzen der Uran- und Thoriumzerfallsreihen angereichert sind, kann bei höheren Temperaturen (z.B. bei der Kohleverbrennung) die Aerosole der Luft mit bestimmten Radionukliden der Uran- und Thoriumreihe anreichern, z.B. Po-210 und Pb-210. Bei sehr hohen Temperaturen (etwa 3.000° C und darüber) werden auch andere Nuklide der Uran- und Thoriumzerfallsreihen gasförmig. So kann z.B. Ac-228 aus Schweißstäben, die Th-232 enthalten, während des Schweißvorgangs ausgasen. Es muß auch beachtet werden, daß manchmal die Abfallprodukte eines Prozesses gefährlicher sein können als der eigentliche Arbeitsprozeß selbst.
- 52      Tabelle 1 erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern illustriert nur die Art der Arbeitsvorgänge, die zu Strahlenexpositionen führen können und wo es notwendig sein kann, die Strahlenexposition abzuschätzen. Umgekehrt bedeutet die Aufführung eines Prozesses in der Tabelle nicht notwendigerweise, daß dabei erhebliche Strahlendosen auftreten müssen. Wenn sich die Einzelheiten einer bestimmten Prozeßführung ändern, kann eine neue Übersichtsmessung der Strahlenexposition wünschenswert werden.

### **3.2 - Überwachung der Strahlenexposition von Beschäftigten**

- 53      Die wichtigsten Expositionspfade bei diesen Arbeitprozessen sind normalerweise externe Gammastrahlung und die Inhalation von Stäuben. Die angemessenen Kontrollmaßnahmen sind: eine Begrenzung der Expositionszeit, entsprechende Vorsicht bei der Lagerung von großen Mengen des gefährlichen Materials und die Überwachung der Staubentwicklung. Manchmal bereiten Radon und Thoron Probleme und auch die Kontamination der Oberflächen ist zu berücksichtigen. Es ist nicht immer so, daß beim normalen Betrieb der Anlage die höchsten Strahlendosen auftreten. In manchen Fällen treten die höchsten Dosen bei Instandhaltungsarbeiten auf.

- 54 Zur Vermeidung unnötiger Strahlenbelastung sollten vor allem die Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden, die dem gesunden Menschenverstand entsprechen. Darüber hinaus müssen Überlegungen zur Abschätzung der von den aufgrund natürlicher Radionuklide von den Beschäftigten aufgenommenen Strahlendosen angestellt werden. Wenn diese Dosis unter 1 mSv pro Jahr liegt, sind keine besonderen Vorkehrungen notwendig. Wenn die jährliche Dosis 1 mSv übersteigt, wird das übliche System zur Überwachung der Strahlenexposition Anwendung finden. Die Richtlinie sieht vor, daß die Titel III, IV, V, und VI ganz oder teilweise anzuwenden sind. Wenn die Strahlendosis höher liegt als 6 mSv, mag in seltenen Fällen die Einrichtung eines Kontrollbereichs erforderlich sein.
- 55 Wenn die Dosis über 1 mSv, aber unter 6 mSv liegt, muß z.B. überlegt werden, ob die Strahlendosis wirksam gesenkt werden kann und ob die Möglichkeit besteht, daß die Strahlendosis entweder mit der Zeit oder infolge eines Unfalls zunehmen kann. Wenn die Strahlendosen niedrig liegen und nicht wirksam weiter gesenkt werden können und wenn keine realistische Möglichkeit für einen entsprechenden Unfall besteht, sind über die Vorkehrungen hinaus, die gewährleistet sollen, daß die Strahlendosen nicht steigen, wahrscheinlich kaum weitere Strahlenschutzvorkehrungen erforderlich.

### ***3.3 - Überwachung der Strahlenexposition der Bevölkerung***

- 56 Strahlenexpositionen der Bevölkerung können vom Produkt eines Arbeitsprozesses (z.B. Baumaterial) oder von atmosphärischen oder flüssigen Aktivitätsfreisetzungen, von der Weiterverwendung von Beiprodukten oder von der Lagerung des festen Abfalls ausgehen. Die wichtigsten Expositionspfade für die Bevölkerung sind externe Gammastrahlung, Inhalation und Ingestion.
- 57 Praktische Vorschriften für den Strahlenschutz von Einzelpersonen der Bevölkerung sind in Titel VIII enthalten. Artikel 43 beschreibt die allgemeine Verpflichtung der Mitgliedstaaten, die Bevölkerung bestmöglich zu schützen. Artikel 47 legt fest, daß ein Unternehmen, das einen entsprechenden Arbeitsgang (eine Praxis) durchführen läßt, auch für das Erreichen und Aufrechterhalten eines optimalen Strahlenschutzes für die Umgebung und die Bevölkerung verantwortlich ist. Dieselben allgemeinen Grundsätze gelten auch für Arbeitsvorgänge, die die Handhabung natürlicher Strahlenquellen einschließen, auch wenn keine Praxis im radiologischen Sinne vorliegt.

**Tabelle 1: Beispiele für industrielle Tätigkeiten, bei denen eine erhöhte Exposition gegenüber natürlichen Strahlenquellen möglich ist**

Arbeiten Tätigkeit/Industrie/Erzeugnis	Radionuklide und typische Aktivitätskonzentrationen	Berufliche Exposition über 1 mSv Expositionspfade/Besonderheiten	Exposition der Bevölkerung über 1 mSv /Expositionspfade/ Besonderheiten
Phosphatindustrie (Düngemittelproduktion) Phosphorsäure (Detergentien und Nahrungsmittel)	Ausgangsmaterial: 1,5 kBq kg <sup>-1</sup> U Nebenprodukt Gips: 1 kBq kg <sup>-1</sup> Ra- 226 Hohe Ra-Konzentrationen (100 kBq kg <sup>-1</sup> ) können sich in der Anlage niederschlagen	MÖGLICH/Gammastrahlung und Einatmen von Staub im Produktionsbetrieb/Anhäufung von radiumhaltigen Ablagerungen (~ 100 kBq kg <sup>-1</sup> )	MÖGLICH/Flüssige Ableitungen, Weiterverwendung des Nebenprodukts Gips, Freisetzungen in die Atmosphäre, wenn erhöhte Temperaturen eingesetzt werden (Pb- 210 und Po-210)
Schwefelsäureproduktion	Pyrite: Schlacke mit > 1 kBq kg <sup>-1</sup>	? Inhalation und externe Dosen	?
Entwässerungsanlagen für Kohlegruben	Schlämme können 50-100 kBq kg <sup>-1</sup> enthalten	MÖGLICH/externe Gammastrahlung und interne Strahlenbelastung während der Wartung	Die Entsorgung muß überwacht werden
Kohle und Flugasche	Flugasche: typisch 0,2 kBq kg <sup>-1</sup> U, Th- Werte bis zu 10 kBq kg <sup>-1</sup> wurden unter besonderen Bedingungen festgestellt	UNWAHRSCHEINLICH	MÖGLICH/Weiterverwendung von Flugasche als Baustoffe
Metallerzeugung: Schmelzhütten	Zinnerz: U, Th ≤ 1 kBq kg <sup>-1</sup> . Blei/Bismut-Schmelzen (Bismut kann 100 kBq kg <sup>-1</sup> <sup>210</sup> Bi/ <sup>210</sup> Po enthalten) Ilmenit, Rutil (Titan) Bauxit, Rotschlamm (Aluminium): U, Th; < 1 kBq kg <sup>-1</sup> Pyrochlor oder Columbit (für Ferro- Niobium): 50 kBq kg <sup>-1</sup> Th Die Aktivität kann sich in der Schlacke und in Ofenstäuben konzentrieren	MÖGLICH/Gammastrahlung und Inhalation von Stäuben in der Produktionsanlage/Staubablagerungen: (~ 100 kBq kg <sup>-1</sup> )	MÖGLICH/atmosphärische Freisetzungen (insbesondere von flüchtigen Stoffen wie Pb-210 und Po- 210), Weiterverwendung der Abfallprodukte

Magnesium/Thorium Legierungen	Bis zu 4% Th in den Endlegierungen Typisch sind 20% in der Vorlegierung	MÖGLICH/Stäube und Dämpfe	MÖGLICH/Abfallprodukte können der Aufsicht bedürfen
Seltene Erden: Verarbeitung von Monazitsänden usw.	Seltene-Erden-Erze für Cer, Lanthan usw: bis zu 10 kBq kg <sup>-1</sup> U, bis zu 1.000 kBq kg <sup>-1</sup> Th; die Aktivitäten in den Abfallprodukten und Stäuben können sehr hoch sein	MÖGLICH/Gammastrahlung, Inhalation	MÖGLICH/ Weiterverwendung des Abfalls
Sände aus Gießereien	Zirkoniumsände (1-5 kBq kg <sup>-1</sup> ) Monazitsände (bis zu 1.000 kBq kg <sup>-1</sup> )	MÖGLICH/ Inhalation von Stäuben, mögliche Anreicherung von Po, Pb	
Schamottesteine, Schleifmittel und Keramik	Zirkonminerale: 5 kBq kg <sup>-1</sup> U, 1 kBq kg <sup>-1</sup> Th	MÖGLICH/Gammastrahlung und besonders Inhalation von Staub in der Produktionsanlage	MÖGLICH/Weiterverwendung des Abfalls
Erdöl/Gas-Industrie	Radium in Ablagerungen (normalerweise 1-100 kBq kg <sup>-1</sup> , aber bis zu 4.000 kBq kg <sup>-1</sup> ) Möglich auch Th und Tochterprodukte (bis zu 50%) z.B. in Phasentrennungsbehältern auf Ölplattformen	MÖGLICH/Gammastrahlung/Radium-haltige Ablagerungen; auch Inhalation im Falle einer (unfallbedingten) Dispersion oder während der Instandhaltungsarbeiten	WAHRSCHEINLICH/wenn die Entsorgung der Ablagerungen nicht ordnungsgemäß durchgeführt wird
TiO <sub>2</sub> Pigmentindustrie	Ausgangsmaterial: Ilmenit- und Rutil-erze: 1 kBq kg <sup>-1</sup> U, TH Abfallströme bis zu 5 kBq kg <sup>-1</sup>	MÖGLICH/Gammastrahlung und Inhalation von Stäuben in der Produktionsanlage	MÖGLICH/Weiterverwendung der Abfallprodukte
Thorierte Schweißstäbe und Glühstrümpfe	Thorierte Schweißstäbe: bis zu 500 kBq kg <sup>-1</sup> Th Glühstrümpfe: Thoriumoxid 95%	MÖGLICH/Inhalation der Schweißdämpfe, Gammastrahlung aus dem Lagerbestand/ Inhalation während des Schleifens der Stäbe	MÖGLICH/die Entsorgung der Schleif-abfälle und der Glühstrümpfe könnte der Überwachung bedürfen

Porzellanzähne	Bis zu 0,03% U	MÖGLICH/Einpassungs- und Formgebungsarbeiten können Inhalationsdosen verursachen	?
Optische Industrie und Glaswaren	Selten-Erden-Verbindungen (z.B. Cer) in bestimmten Polierpulvern: Th, U. Einige Glasprodukte bis zu 10% U oder Th. Ophthalmische Gläser für Brillen und Okulare: Zusatz von U oder Th zur Kolorierung. Bestimmte optische Linsen: bis zu 30% Th. Beschichtungsmaterialien für bestimmte Linsen	MÖGLICH/Polier-, Einpassungs- und Formgebungsarbeiten kann zu Inhalationsdosen führen	MÖGLICH/Gammastrahlung und Alphastrahlung (für das Auge)/der Dosisgrenzwert von 15 mSv für die Augenlinse kann überschritten werden, wenn U oder Th für Linsen in optischen Instrumenten, Brillengläsern und Okularen verwendet werden
Natursteine	Einige Granite enthalten bis zu etwa 1 kBq kg <sup>-1</sup> U oder Th. Schwarzschiefer (Alaunschiefer, andere Schiefer). Bestimmte Schiefer bis zu 5 kBq kg <sup>-1</sup> U Bis zu 2 kBq kg <sup>-1</sup> in Tuff Beachte: K-40 kann auch bei ~ 1 kBq kg <sup>-1</sup> liegen, ist aber wahrscheinlich nicht gefährlich	MÖGLICH/Gammastrahlung	MÖGLICH/Verwendung als Baumaterial (Gammastrahlung und Radon)
Torfasche	Gewöhnlich etwa 100 kBq kg <sup>-1</sup> U, aber es wurden einige seltene Fälle von bis zu einigen % U beobachtet. (Cs-137 aus Tschernobyl kann wichtig sein, liegt aber außerhalb der Kompetenzen dieses Berichts.)		

## 4 - FLIEGENDES PERSONAL

### *Artikel 42 - Schutz des fliegenden Personals*

*Die Mitgliedstaaten treffen die erforderlichen Vorkehrungen, damit Unternehmen, die Flugzeuge betreiben, die Exposition des fliegenden Personals durch kosmische Strahlen berücksichtigen, wenn diese voraussichtlich mehr als 1 mSv jährlich beträgt. Die Unternehmen ergreifen geeignete Maßnahmen, um insbesondere*

- *die Exposition des betreffenden Personals zu ermitteln;*
- *bei der Aufstellung der Arbeitspläne der ermittelten Exposition im Hinblick auf eine Verringerung der Dosen für stark exponiertes fliegendes Personal Rechnung zu tragen;*
- *die betreffenden Arbeitnehmer über die gesundheitlichen Gefahren ihrer Arbeit zu unterrichten;*
- *Artikel 10 auf weibliche Mitglieder des fliegenden Personals anzuwenden.*

### **4.1 - Einführung**

- 58 Die nationalen Behörden müssen dafür Sorge tragen, daß Untersuchungen über die zu erwartende Exposition von Flugzeugbesatzungen gegenüber kosmischer Strahlung durchgeführt werden, und zwar für die in ihrem Verantwortungsbereich tätigen Fluggesellschaften. Dabei sind die einzelnen Dienstpläne der Besatzungen zu berücksichtigen. Mit Flugzeugbesatzung sind sowohl die Personen im Cockpit als auch das Kabinenpersonal gemeint. Die vorliegenden umfangreichen Erfahrungen über Dosisraten aus der Höhenstrahlung gewährleisten eine realistische Abschätzung der im einzelnen zu erwartenden Strahlendosen.
- 59 Die Dosen der kosmischen Strahlung variieren beträchtlich mit der Flughöhe, der geographischen Breite und mit den Phasen des Sonnenzyklus. Tabelle 2 enthält eine ziemlich vorsichtige Abschätzung der Anzahl der Flugstunden bei verschiedenen Flughöhen, die zu einer kumulativen Dosis von 1 mSv führen, und zwar für Flüge auf etwa 60° nördlicher Breite und am Äquator. Die Berechnungen beziehen sich auf eine Zeit, die nahe am Minimum des Sonnenzyklus liegt. Am exakten Minimum desselben würden die Strahlendosen geringfügig höher liegen, aber die Abschätzungen liegen für den gesamten Zyklus auf der sicheren Seite. Die Dosisraten der Höhenstrahlung ändern sich für die Höhen, in denen die üblichen Düsenflugzeuge fliegen (d.h. bis zu Höhen von 15 km) in Abhängigkeit von der Zeit nur langsam.
- 60 Für Besatzungen, deren jährliche Strahlendosen aller Voraussicht nach unter 1 mSv liegen, sind keine weiteren Überwachungsmaßnahmen erforderlich. Tabelle 2 kann dazu herangezogen werden, die Umstände zu identifizieren, unter denen es unwahrscheinlich ist, daß diese Jahresdosis überschritten wird. Wenn z.B. Flüge auf Höhen unter 8 km beschränkt bleiben, ist es unwahrscheinlich, daß die Jahresdosen 1 mSv überschreiten.



**Tabelle 2 Anzahl der Expositionsstunden zur Erreichung einer effektiven Dosis von 1 Millisievert**

Computerberechnungen\* für ein heliozentrisches Potential von 500 MV (nahe am Minimum des Sonnenzyklus). Die Unsicherheit dieser Abschätzung liegt bei  $\pm 20\%$

Flughöhe (Fuß)	Flughöhe (km)	Stunden auf der Breite 60° N	Stunden am Äquator
27.000	8,23	630	1330
30.000	9,14	440	980
33.000	10,06	320	750
36.000	10,97	250	600
39.000	11,89	200	490
42.000	12,80	160	420
45.000	13,72	140	380
48.000	14,63	120	350

\*berechnet mit dem Programm CARI - 3; zur Konvertierung der Umgebungsäquivalentdosis in die effektive Dosis wurde der Faktor 0,8 benützt.

- 61 Es ist zu beachten, daß Tabelle 2 die Flugzeiten in der jeweiligen Flughöhe auflistet. Die Fluglinien verwenden im allgemeinen „Block-Stunden“ (block hours). Diese beginnen, wenn das Flugzeug vom Standplatz wegbewegt wird und enden, wenn die Triebwerke nach der Landung abgeschaltet werden.

Abgesehen von der Zeit am Boden benötigt das Flugzeug etwa eine Stunde, um die Reisehöhe zu erreichen und wieder niederzugehen. Die Reisehöhe kann sich während des Fluges ändern. Die Block-Stunden übertreffen die Flugzeiten auf der gegebenen Höhe, und zwar hängen die Unterschiede von den Flugdaten ab - insbesondere von der Flugdauer.

- 62 Die Tabellen 3 und 4 zeigen Dosisabschätzungen für eine Anzahl von Kurz- und Langstreckenflügen, zusammen mit der entsprechenden Dosis bei 1.000 Flugstunden auf diesen Strecken. Diese Zahlen dienen zur Verdeutlichung für die erwähnten spezifischen Gegebenheiten. In der Praxis fliegen die Besatzungen auf verschiedenen Routen. Diese Zahlen gelten für das Minimum des Sonnenzyklus; an anderer Stelle des Zyklus sind die Strahlendosen niedriger. Die Tabellen können auch zur Identifizierung der speziellen Umstände dienen, unter denen eine Flugzeugbesatzung die Dosis von 1 mSv pro Jahr aller Wahrscheinlichkeit nach nicht erreicht. Die Tabellen 3 und 4 wurden mit einem verfügbaren Computerprogramm errechnet. Natürlich können auch andere Programme eingesetzt werden, aber jedes Programm sollte durch Vergleich mit experimentellen Messungen validiert werden.

**Tabelle 3 Effektive Dosen für ausgewählte Kurzstreckenrouten  
(Minimum des Sonnenzyklus)**

Flugstrecke	Flugdauer (Minuten)	Dosis auf der Route (effektiv) (Mikrosievert)	Effektive Dosis pro 1.000 Stunden (Millisievert)
Dublin - Paris	95	4,5	2,8
London - Rom	135	6,7	3,0
Frankfurt - Helsinki	160	10,0	3,7
Brüssel - Athen	195	9,8	3,0
Luxemburg - Madrid	130	5,5	2,6
Stockholm - Wien	140	8,2	3,5
Lissabon - München	180	9,1	3,0
Kopenhagen - Dublin	120	7,1	3,5
Amsterdam - Manchester	70	3,0	2,6
Dublin - Rom	180	10,0	3,3

Bei Kurzstreckenflügen wird eine einzige Reiseflughöhe von 36.000 Fuß (11 km) angenommen: 20 Minuten für den Anstieg zur Reiseflughöhe und 20 Minuten für den Abstieg zur Landung. Die Flugdauer ist den veröffentlichten Flugplänen entnommen und kann sich ändern. Die Unsicherheiten der Dosisabschätzungen betragen  $\pm 20\%$

**Tabelle 4 Effektive Dosen für ausgewählte Langstreckenrouten  
(Minimum des Sonnenzyklus)**

Flugstrecke	Flugdauer (Minuten)	Dosis auf der Route (effektiv) (Mikrosievert)	Effektive Dosis pro 1.000 Stunden (Millisievert)
Stockholm - Tokio	605	51	5,0
Dublin - New York	450	46	6,1
Paris - Rio	675	26	2,3
Frankfurt - Bangkok	630	30	2,9
London - Toronto	490	50	6,2
Amsterdam - Vancouver	645	70	6,6
Los Angeles - Auckland	760	30	2,3
London - Johannesburg	655	25	2,3
Perth - Harare	665	39	3,5
Brüssel - Singapur	675	30	2,7

Bei Langstreckenflügen wird angenommen, daß 50% der Zeit auf der Reiseflughöhe von 37.000 Fuß (11,3 km) und 50% auf 41.000 Fuß (12,5 km) zugebracht werden. Die Zeit zum Erreichen der Reiseflughöhe beträgt 30 Minuten und die Abstiegszeit bis zur Landung ebenfalls 30 Minuten. Die Flugdauer ist den veröffentlichten Flugplänen entnommen und enthält damit auch Bodenzeiten. Die Unsicherheiten der Dosisabschätzung betragen  $\pm 20\%$

#### **4.2 - Überwachung der beruflichen Strahlenexposition: Allgemeine Überlegungen**

- 63 Arbeitgeber müssen ihren Angestellten die Risiken der beruflichen Strahlenexposition erklären (siehe Artikel 22). Weibliche Angestellte müssen davon in Kenntnis gesetzt werden, daß während einer Schwangerschaft die Strahlendosen überwacht werden müssen und daß sie ihren Arbeitgeber entsprechend informieren müssen, damit die Kontrollmaßnahmen in Kraft gesetzt werden können.
- 64 In Artikel 21 der Richtlinie wird auf den Unterschied bei der Überwachung zwischen den Angestellten hingewiesen, die voraussichtlich eine höhere Strahlendosis als 6 mSv in einem Jahr empfangen und den anderen strahlenexponierten Angestellten. Es erscheint damit angebracht, zur Identifizierung von im Sinne des Artikels 42 (zweiter Absatz) hochexponierten Besatzungen dasselbe Dosisniveau heranzuziehen. Es ist allerdings zu beachten, daß es bei der gegenwärtigen Einsatzplanung von Flugzeugbesatzungen äußerst unwahrscheinlich ist, daß eine Dosis von 10 mSv pro Jahr überschritten wird. Deshalb stellt sich die Frage von Dosisgrenzwerten nicht.
- 65 Für Besatzungen, deren jährliche Dosen im Bereich zwischen 1 und 6 mSv liegen, muß die Dosis individuell bestimmt werden. Diese Dosisabschätzungen müssen den einzelnen Angestellten mitgeteilt werden. Für Flüge unter einer Höhe von 15 km können diese Berechnungen mit einem anerkannten Computerprogramm durchgeführt werden, und zwar auf der Basis von international anerkannten Strahlenpegeln für die verschiedenen Flugstrecken und geflogenen Höhen. Diese Computerabschätzungen der Dosen ergeben im allgemeinen geringfügig überhöht abgeschätzte Werte der mittleren Langzeitdosis. Daß dem so ist, sollte durch gelegentliche Kontrollmessungen verifiziert werden, entweder mit aktiven Meßinstrumenten auf bestimmten Flügen oder mit passiven Meßeinrichtungen für eine Anzahl von Flügen auf derselben Route. Mit der Verwendung solcher aktiver und passiver Meßmethoden kann die Genauigkeit der Dosisabschätzungen verbessert werden. Die nationalen Behörden sollten solche Meßprogramme bei Bedarf unterstützen.
- 66 Wenn voll validierte experimentelle Messungen nicht zur Verfügung stehen, sollten die nationalen Behörden sicherstellen, daß die computergestützten Dosisabschätzungen einer Qualitätskontrolle unterliegen und daß sie den Werten in Tabelle 2 ohne größere Abweichungen entsprechen. Es ist äußerst wünschenswert, daß die verschiedenen Fluglinien dieselben Computerprogramme verwenden und daß sowohl Berechnungen aufgrund von Flugplänen als auch die Meßprotokolle der experimentellen Messungen zu vergleichbaren Ergebnissen führen.
- 67 Normalerweise wird es möglich sein, die individuellen Flugpläne so einzuteilen, daß niemand eine größere Dosis als 6 mSv pro Jahr erhält. Für diejenigen Besatzungen, die aller Wahrscheinlichkeit nach den Wert von 6 mSv pro Jahr überschreiten, wird eine Aufzeichnung der entsprechenden Daten im Sinne der Richtlinie und angemessene ärztliche Überwachung empfohlen.
- 68 Die Einrichtung von Überwachungs- oder Kontrollbereichen in Flugzeugen ist weder notwendig noch hilfreich.
- 69 Obwohl Luftkuriere und andere Personen, die außergewöhnlich häufig fliegen, in Artikel 42 nicht erwähnt werden, wird empfohlen, daß die Arbeitgeber dieser Personen dafür sorgen, daß deren Exposition in der gleichen Weise überwacht wird wie die der Angestellten von Luftlinien.

#### **4.3 Überwachung der beruflichen Strahlenexposition in Flugzeugen, die in großen Höhen fliegen**

- 70 Flugzeuge, die in Höhen über 15 km fliegen können, müssen während des Flugs einen aktiven Monitor bei sich führen, um größere kurzzeitige Schwankungen im Strahlenpegel feststellen zu können. Solche Variationen können als Ergebnis von Sonneneruptionen auftreten, die zu einer kräftigen Zunahme der Sonnenkomponente der primären kosmischen Strahlung führen können, insbesondere in sehr großen Höhen. Die potentielle Strahlenexposition, die von einer derartigen Eruption herrührt, kann durch ein kontrolliertes Abtauchen stark vermindert werden, wenn aktive Meßeinrichtungen zur Verfügung stehen. Die galaktische Komponente der kosmischen Strahlung, die bei niedrigeren Höhen eine größere Rolle spielt, zeigt keine derartigen plötzlichen Schwankungen.

Besatzungen solcher Flugzeuge sollten demselben allgemeinen System der Strahlenschutzüberwachung unterliegen wie die von Flugzeugen, die in Höhen zwischen 8 und 15 km operieren; jedoch sollten die möglichen Variationen der Strahlendosen berücksichtigt werden. Zur Abschätzung der Dosis, der die Besatzung ausgesetzt ist, oder einfach zur Warnung vor hohen Dosisraten können aktive Überwachungsgeräte eingesetzt werden. In letzterem Fall sollten die Dosen mit einer Methode abgeschätzt werden, die die Schwankungen der Dosis in Höhen über 15 km berücksichtigt.

Im Prinzip könnte die Feststellung höherer Dosisraten auch durch andere Maßnahmen erfolgen als mit Monitoren an Bord von Flugzeugen - z.B. über Satelliten oder Meßsysteme für die Sonnenaktivität, die sich am Boden befinden.

#### **4.4 - Überwachung der beruflichen Strahlenexposition von schwangeren Frauen**

- 71 Die Vorschriften in Artikel 10 treffen auch auf schwangere Mitglieder der Besatzung zu. Sobald die Schwangerschaft mitgeteilt wurde, ist der Schutz des werdenden Kindes in gleicher Weise zu handhaben wie es für Mitglieder der Bevölkerung geschieht. Das bedeutet, daß sofort nach der Mitteilung über eine Schwangerschaft, der Arbeitgeber sicherstellen muß, daß bei zukünftigen Strahlenexpositionen die Dosis für den Fötus unterhalb der Grenze von 1 mSv bleibt, entweder für den Rest der Schwangerschaft oder für die gesamte Schwangerschaft, je nachdem wie Artikel 10 in der nationalen Gesetzgebung ausgelegt wird.

In den meisten Fällen kann beim Strahlenschutz davon ausgegangen werden, daß die Dosis für den Fötus dann unter 1 mSv liegt, wenn die Dosis an der Oberfläche des mütterlichen Unterleibs unter 2 mSv bleibt. Dies ist nicht der Fall, wenn die Dosis von der durchdringenden kosmischen Strahlung herrührt, wie es bei einem Flug der Fall ist. Deshalb ist die Dosis für den Fötus effektiv dieselbe wie die an der Oberfläche des Mutterleibs. Die Vorschrift von Artikel 10.2 in den Grundnormen, die sich auf stillende Mütter bezieht, trifft für externe Strahlenexposition gegenüber kosmischer Strahlung nicht zu.

## 5 - LITERATURVERZEICHNIS

Kommission der Europäischen Gemeinschaften (1996).  
Richtlinie des Rats 92/29/EURATOM/vom 13. Mai 1996 zur Festlegung der Grundnormen für den Gesundheitsschutz der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren ionisierender Strahlung. ABl. der EG, Reihe L, Nr. 159 von 1996.

Kommission der Europäischen Gemeinschaften (1996).  
Strahlenschutz 85: Strahlenexposition von Flugzeugbesatzungen durch kosmische Strahlung. Ein Bericht der EURADOS-Arbeitsgruppe 11, EURADOS-Bericht 1996-01.

Internationale Atomenergiebehörde (1996).  
Internationale Grundnormen für den Schutz gegen ionisierende Strahlung und für die sichere Handhabung von Strahlenquellen. IAEA-Sicherheitsreihe 115, Wien.

Internationale Strahlenschutzkommission (1987).  
Das Lungenkrebsrisiko durch Strahlenexposition in Gebäuden, herrührend von Tochterprodukten des Radon. ICRP-Empfehlung 50. Ann. ICRP 17, (1).

Internationale Strahlenschutzkommission (1991).  
Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission von 1990.  
ICRP-Empfehlung 60. Ann. ICRP 21, (1-3).

Internationale Strahlenschutzkommission (1993).  
Schutz gegen Radon-222 zu Hause und am Arbeitsplatz. ICRP-Empfehlung 65. Ann. ICRP 23, (2).

Civil Aeromedical Institute of the Federal Aviation Authority in the United States of America (Herausgeber).  
CARI - 3. Ein PC-Computerprogramm zur Berechnung der Dosisraten der kosmischen Strahlung.

## **Danksagungen**

Dieses Dokument wurde von Herrn G. Kendall verfaßt und ist das Ergebnis mehrerer Sitzungen der Arbeitsgruppe unter Artikel 31 sowie anderer Sachverständiger unter dem Vorsitz von Herrn K. Ulbak. Die folgenden Personen nahmen als Mitglieder der Arbeitsgruppe an den Beratungen teil:

### Artikel 31-Sachverständige:

Frau C. Zuur  
Herren K. Ulbak  
H. Landfermann  
P. Smeesters

### Andere Sachverständige:

Frau S. Risica  
Herren P. Kemball  
G. Kendall  
M. Markkanen  
H. Vanmarcke

Herr I. McAulay, Artikel-31-Sachverständiger, stand der Arbeitsgruppe in Fragen des Strahlenschutzes der Flugzeugbesatzungen zur Seite.

Das Sekretariat der Arbeitsgruppe wurde von der Kommission gestellt:

Herren A. Janssens  
M. Markkanen (seit 1.12.95 zur Kommission abgestellt)

Die überarbeitete Grundnormenrichtlinie der Europäischen Union (96/29/Euratom vom 13. Mai 1996) hat zum ersten Mal einen Rahmen zur Überwachung der Belastung durch natürliche Strahlenquellen bei Arbeiten geschaffen (Titel VII der Richtlinie). Da solche Strahlenexpositionen bisher nicht ausdrücklich berücksichtigt worden waren, kann die Einführung der neuen Bestimmungen mit einer wesentlichen Änderung in der nationalen Gesetzgebung verbunden sein.

Die vorliegende Veröffentlichung gibt den nationalen Behörden detaillierte technische Anhaltspunkte und Empfehlungen dafür, wie sie ihren Aufgaben gerecht werden können. Insbesondere werden Hinweise zur Ermittlung der Arbeiten, die überwachungspflichtig gemacht werden sollten, sowie auf geeignete Überwachungsmaßnahmen gegeben.

Die Empfehlungen wurden von einer Arbeitsgruppe des gemäß Artikel 31 des Euratom-Vertrags eingesetzten Expertengremiums erarbeitet und von diesem auf seiner Tagung am 14. November 1996 gebilligt.