

Bundesrepublik Deutschland  
Der Bundeskanzler

Bonn, den 25. November 1968

I/3 — 27218 — 2944/68 VI

An den Herrn  
Präsidenten des Deutschen Bundestages

Hiermit übersende ich den von der Bundesregierung beschlossenen

Entwurf eines Gesetzes zum Ratsbeschluß der  
Organisation für Wirtschaftliche Zusammen-  
arbeit und Entwicklung (OECD) vom 19. Juli  
1966 über die Annahme von Strahlenschutz-  
normen für Uhren mit radioaktiven Leucht-  
farben

mit Begründung, den Wortlaut des Ratsbeschlusses über die  
Annahme von Strahlenschutznormen für Uhren mit radio-  
aktiven Leuchtfarben in englischer und französischer Sprache  
und in deutscher Übersetzung sowie eine Denkschrift (Anlage 1).  
Ich bitte, die Beschlußfassung des Deutschen Bundestages her-  
beizuführen.

Federführend ist der Bundesminister für wissenschaftliche For-  
schung.

Der Bundesrat hat in seiner 328. Sitzung am 4. Oktober 1968  
gemäß Artikel 76 Abs. 2 des Grundgesetzes beschlossen, zu  
dem Entwurf wie aus der Anlage 2 ersichtlich Stellung zu  
nehmen. Im übrigen hat der Bundesrat gegen den Entwurf keine  
Einwendungen erhoben.

Die Auffassung der Bundesregierung zu der Stellungnahme des  
Bundesrates ist in der Anlage 3 dargelegt.

Der Stellvertreter des Bundeskanzlers

**Brandt**

## Anlage 1

**Entwurf eines Gesetzes  
zum Ratsbeschluß der Organisation  
für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD)  
vom 19. Juli 1966 über die Annahme von Strahlenschutznormen  
für Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben**

Der Bundestag hat das folgende Gesetz beschlossen:

Artikel 1

Dem in Paris am 19. Juli 1966 vom Rat der Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung gefaßten Beschluß über die Annahme von Strahlenschutznormen für Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben wird zugestimmt. Der Beschluß wird nachstehend veröffentlicht.

Artikel 2

§ 11 Abs. 1 des Gesetzes über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren vom 23. Dezember 1959 (Bundesgesetzbl. I S. 814), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Siebenten Strafrechtsänderungsgesetzes vom 1. Juni 1964 (Bundesgesetzbl. I S. 337) wird durch folgende Nummer 4 ergänzt:

„4. daß radioaktive Stoffe in bestimmter Art und Weise nicht verwendet werden dürfen, soweit das Verbot zur Durchsetzung von Beschlüssen internationaler Organisationen, deren Mitglied die Bundesrepublik Deutschland ist, und zum Schutze der Gesundheit erforderlich ist.“

Artikel 3

Dieses Gesetz gilt auch im Land Berlin, sofern das Land Berlin die Anwendung dieses Gesetzes feststellt.

Artikel 4

(1) Dieses Gesetz tritt am Tage nach seiner Verkündung in Kraft.

(2) Der Tag, an dem der Beschluß für die Bundesrepublik Deutschland in Kraft tritt, ist im Bundesgesetzblatt bekanntzugeben.

**Begründung**

**Zu Artikel 1 und 2**

Der Beschluß bedarf nach Artikel 59 Abs. 2 Satz 1 des Grundgesetzes der Zustimmung der für die Bundesgesetzgebung zuständigen Körperschaften in der Form eines Bundesgesetzes, da er sich auf Gegenstände der Bundesgesetzgebung bezieht.

Der Beschluß der OECD wird durch die ihm beigefügten Strahlenschutznormen konkretisiert. Deren innerstaatliche Durchsetzung bedingt ein Verbot der Verwendung von Ra<sup>226</sup> in Taschenuhren. Eine gesetzliche Ermächtigung, diese Art der Verwendung eines radioaktiven Stoffes durch Rechtsverordnung zu verbieten, fehlt bisher. Es ist zu erwarten, daß internationale Organisationen auch in Zukunft Beschlüsse fassen werden, die bestimmte Arten der Verwendung radioaktiver Stoffe aus Gründen des Schutzes von Leben, Gesundheit und Sachgütern untersagen sollen. Um eine rasche Anpassung gesetzlicher Regelungen an wissenschaftlich-technische Erkenntnisse zu ermöglichen, erscheint es daher zweckmäßig, in das Atomgesetz eine allgemeine Rechtsverordnungsermächtigung aufzunehmen, die eine vereinfachte innerstaatliche Durchsetzung der-

artiger Ratsbeschlüsse zuläßt. Die Verordnungsermächtigung des Artikels 2 stellt auf die Durchsetzung von Beschlüssen internationaler Organisationen ab. Hierunter sind auch Rechtsakte der Europäischen Gemeinschaften zu verstehen.

**Zu Artikel 3**

Der Beschluß soll auch auf das Land Berlin Anwendung finden; das Gesetz enthält daher die übliche Berlin-Klausel.

**Zu Artikel 4**

Die Bestimmung des Absatzes 1 entspricht dem Erfordernis des Artikels 82 Abs. 2 des Grundgesetzes. Nach Absatz 2 ist der Zeitpunkt, in dem der Beschluß für die Bundesrepublik Deutschland in Kraft tritt, im Bundesgesetzblatt bekanntzugeben.

**Schlußbemerkung**

Bund, Länder und Gemeinden werden durch die Ausführung des Gesetzes nicht mit Kosten belastet.

**Ratsbeschluß**  
**über die Annahme von Strahlenschutznormen für Uhren**  
**mit radioaktiven Leuchtfarben**  
 (Vom Rat auf seiner 122. Tagung am 19. Juli 1966 angenommen)

**Decision of the Council**  
**on the Adoption of Radiation Protection Standards**  
**for Radioluminous Timepieces**  
 (Adopted by the Council at its 122nd Meeting on 19th July, 1966)

**Décision du Conseil**  
**sur l'adoption de normes de protection contre les radiations relatives**  
**aux montres et horloges radioluminescentes**  
 (Adoptée par le Conseil à sa 122ème séance, le 19 juillet 1966)

(Übersetzung)

**THE COUNCIL**

HAVING regard to Article 5 (a) and (b) of the Convention on the Organisation for Economic Co-operation and Development of 14th December, 1960;

CONSIDERING that the European Nuclear Energy Agency is charged with encouraging the elaboration and harmonisation of legislation relating to nuclear energy in participating countries, in particular with regard to the protection of public health;

HAVING regard to the Decision of the Council of 18th December, 1962 on the Adoption of Radiation Protection Norms [C(62)187(Final)];

CONSIDERING that in adopting these Norms the Council decided that necessary measures should be taken to ensure that adequate protection against the hazards of ionizing radiations for the population is provided and maintained wherever radioactive materials are possessed or used;

CONSIDERING that ionizing radiations are produced by radioluminous paint used on the components of certain timepieces;

CONSIDERING the importance of establishing special standards to ensure that the users of radioluminous timepieces and the whole population are adequately protected, and with a view toward facilitating international trade in this field;

**I. DECIDES:**

The Governments of Member countries shall ensure that appropriate

**LE CONSEIL,**

VU l'Article 5 (a) et (b) de la Convention relative à l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques en date du 14 décembre 1960;

CONSIDÉRANT que l'Agence Européenne pour l'Energie Nucléaire est chargée de promouvoir l'élaboration et l'harmonisation des législations intéressant l'énergie nucléaire dans les pays participants, notamment en ce qui concerne la protection de la santé;

VU la Décision du Conseil en date du 18 décembre 1962 sur l'adoption de normes de base pour la protection contre les radiations [C(62)187(Final)];

CONSIDÉRANT que, par l'adoption de ces normes, le Conseil a décidé que les mesures nécessaires devraient être prises pour qu'une protection efficace de la population contre les dangers résultant des radiations ionisantes soit prévue et assurée partout où des matières radioactives sont détenues ou utilisées;

CONSIDÉRANT que des radiations ionisantes sont produites par la peinture radioluminescente utilisée sur les pièces de certaines montres et horloges;

CONSIDÉRANT l'importance d'établir des normes particulières destinées à assurer une protection efficace des utilisateurs de montres et horloges radioluminescentes et de l'ensemble de la population, et en vue de faciliter les échanges internationaux dans ce domaine:

**I. DÉCIDE:**

Les Gouvernements des pays Mem-

**DER RAT —**

GESTUTZT auf Artikel 5 (a) und (b) des Übereinkommens vom 14. Dezember 1960 über die Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung,

IN DER ERWAGUNG, daß die Europäische Kernenergie-Agentur die Aufgabe hat, in den Teilnehmerstaaten die Ausarbeitung und Angleichung der Rechtsvorschriften auf dem Gebiet der Kernenergie, insbesondere im Hinblick auf den Gesundheitsschutz der Bevölkerung, zu fördern,

GESTUTZT auf den Ratsbeschluß vom 18. Dezember 1962 über die Annahme von Grundnormen für den Strahlenschutz [C(62)187(Final)],

IN DER ERWAGUNG, daß der Rat bei der Annahme dieser Normen beschloß, daß die notwendigen Maßnahmen getroffen werden sollten, um einen ausreichenden Schutz der Bevölkerung vor den Gefahren ionisierender Strahlen überall dort zu schaffen und zu gewährleisten, wo radioaktive Stoffe in Besitz genommen oder verwendet werden,

IN ANBETRACHT der Tatsache, daß von radioaktiven Leuchtfarben, die für Teile bestimmter Uhren verwendet werden, ionisierende Strahlen erzeugt werden,

IN ANBETRACHT der Bedeutung, die der Aufstellung besonderer Normen zukommt, durch welche die Benutzer von Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben und die Gesamtbevölkerung ausreichend geschützt werden sollen, und im Hinblick auf eine Erleichterung des internationalen Handels auf diesem Gebiet —

**I. BESCHLIESST HIERMIT:**

Die Regierungen der Mitgliedstaaten werden dafür Sorge tragen, daß

measures are taken to provide adequate protection against the hazards of ionizing radiations for users of radioluminous timepieces and for the whole population.

II. RECOMMENDS to the Governments of Member countries that the measures referred to above be based upon the Radiation Protection Standards for Radioluminous Timepieces annexed hereto and that the control procedures described in the appendix to these Standards be used to ensure that the manufacture of radioluminous timepieces complies with the requirements laid down in these Standards.

III. DECIDES that the Radiation Protection Standards for Radioluminous Timepieces (including its Appendix) will be published, as well as Annexes to these Standards which provide background information on the technical and health aspects on which the Standards are based.

appropriées soient prises pour assurer une protection efficace contre les dangers résultant des radiations ionisantes pour les utilisateurs de montres et horloges radioluminescentes, ainsi que pour l'ensemble de la population.

II. RECOMMANDE aux Gouvernements des pays Membres que les mesures prévues ci-dessus soient fondées sur les Normes de protection contre les radiations relatives aux montres et horloges radioluminescentes, ci-annexées, et que les procédures de contrôle décrites à l'Appendice à ces Normes soient utilisées pour assurer que la fabrication de montres et horloges radioluminescentes réponde aux conditions précisées dans ces Normes.

III. DÉCIDE que les Normes de protection contre les radiations relatives aux montres et horloges radioluminescentes (y compris leur Appendice) seront publiées, ainsi que les Annexes auxdites Normes, qui contiennent les considérations techniques et sanitaires à partir desquelles ces Normes sont établies.

Maßnahmen getroffen werden, um einen ausreichenden Schutz für die Benutzer von Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben und für die Gesamtbevölkerung vor den Gefahren ionisierender Strahlen zu schaffen.

II. EMPFIEHLT den Regierungen der Mitgliedstaaten, den obenerwähnten Maßnahmen die beiliegenden Strahlenschutznormen für Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben zugrunde zu legen und die im Anhang zu diesen Normen beschriebenen Kontrollverfahren anzuwenden, damit die Herstellung von Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben den in diesen Normen niedergelegten Erfordernissen entspricht.

III. BESCHLIESST, daß die Strahlenschutznormen für Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben (einschließlich des Anhangs) ebenso wie die Anlagen zu diesen Normen, in denen die den Normen zugrunde liegenden technischen und gesundheitlichen Fragen dargestellt sind, veröffentlicht werden.

(Übersetzung)

**Radiation Protection Standards  
for Radioluminous Timepieces**

Recommendations  
drawn up by a joint group of experts  
of ENEA and I.A.E.A.

## List of Contents

Introduction

1. Explanations of Terms used

2. Scope

3. General Requirements

4. Special Requirements

Appendix Control Procedures for  
Radioluminous TimepiecesAnnex I Selection of Radionuclides  
to be used in Radiolumi-  
nous TimepiecesAnnex II Radiation Protection Con-  
siderations and Determina-  
tion of Maximum Permis-  
sible Activities of Radio-  
nuclides recommended for  
Radioluminous Timepieces**Introduction**

In preparing the Draft Recommenda-  
tions set out below, the European  
Nuclear Energy Agency (ENEA) and  
the International Atomic Energy Agen-  
cy (I.E.A.E.), hereinafter referred to  
as "the Agencies", took into account  
national regulations and recommen-  
dations at present in force or under  
consideration, as well as scientific  
data related to the use of timepieces  
containing components bearing radio-  
active luminous paint.

The work has been undertaken with  
a view to obtaining international  
agreement on recommendations to  
promote safety, in compliance with  
internationally agreed radiation pro-  
tection standards, and to facilitate in-  
ternational trade.

The Agencies were assisted in this  
work by a group of experts who met  
in February 1964 and in May 1965  
at the ENEA Headquarters in Paris.  
A first Draft Standards was drawn up  
as a result of the work of the group  
of experts and was circulated in Mem-  
ber countries of both organisations  
for consideration and comment.

**Normes de protection  
contre les radiations relatives  
aux montres  
et horloges radioluminescentes**

Recommandations  
élaborées par un groupe d'experts  
mixte de l'ENEA et de l'A.I.E.A.

## Table des matières

Introduction.

1. Signification des termes utilisés.

2. Objet.

3. Conditions générales.

4. Conditions particulières.

Appendice Procédures de contrôle ap-  
plicables aux montres et  
horloges radioluminescen-  
tes.Annexe I Choix des radionuclides à  
utiliser dans la fabrication  
des montres et horloges  
radioluminescentes.Annexe II Considérations relatives à  
la protection contre les ra-  
diations et détermination  
des activités maximales  
admissibles relatives aux  
radionuclides recomman-  
dés pour les montres et  
horloges radioluminescen-  
tes.**Introduction**

En établissant le projet de recom-  
mandations ci-joint, l'Agence Euro-  
péenne pour l'Energie Nucléaire  
(ENEA) et l'Agence Internationale de  
l'Energie Atomique (A.I.E.A.), ci-après  
dénommées « les Agences », ont tenu  
compte des réglementations nationa-  
les et recommandations actuellement  
en vigueur ou à l'étude, en même  
temps que des données scientifiques  
relatives à l'utilisation des montres et  
horloges contenant des pièces enduites  
de peinture radioluminescente.

Ce travail a été entrepris en vue  
de parvenir à un accord international  
sur des recommandations destinées à  
assurer la sécurité des utilisateurs de  
montres et horloges radioluminescen-  
tes, en conformité avec les normes  
internationales de protection contre  
les radiations, et à faciliter les échan-  
ges commerciaux entre les pays.

Les Agences ont été aidées dans  
cette tâche par un groupe d'experts  
qui s'est réuni au siège de l'ENEA, à  
Paris, en février 1964 et en mai 1965.  
Les résultats des travaux du groupe  
ont fait l'objet d'un premier projet de  
normes qui a été diffusé dans les pays  
membres des deux organisations pour  
examen et commentaires.

**Strahlenschutznormen  
für Uhren  
mit radioaktiven Leuchtfarben**

Von einer gemeinsamen  
Sachverständigengruppe  
der ENEA und der IAEO  
ausgearbeitete Empfehlungen

## Inhaltsverzeichnis

Einleitung

1. Erläuterung der verwendeten Be-  
griffe

2. Anwendungsbereich

3. Allgemeine Erfordernisse

4. Besondere Erfordernisse

Anhang Kontrollverfahren für Uh-  
ren mit radioaktiven Leucht-  
farbenAnlage I Auswahl radioaktiver Stoffe  
für Uhren mit radioaktiven  
LeuchtfarbenAnlage II Strahlenschutzerwägungen  
und Festlegung der höchst-  
zulässigen Aktivitäten radio-  
aktiver Stoffe, die für  
Uhren mit radioaktiven  
Leuchtfarben empfohlen  
werden.**Einleitung**

Bei der Vorbereitung des Entwurfs  
der beiliegenden Empfehlungen haben  
die Europäische Kernenergie-Agentur  
(ENEA) und die Internationale Atom-  
energie-Organisation (IAEO), im fol-  
genden als „die Agenturen“ bezeich-  
net, die geltenden oder in Vorberei-  
tung befindlichen nationalen Vorschrif-  
ten und Empfehlungen sowie wissen-  
schaftliche Daten über die Verwen-  
dung von Uhren berücksichtigt, die  
Teile enthalten, auf die radioaktive  
Leuchtfarben aufgetragen sind.

Die Arbeit wurde mit der Absicht  
durchgeführt, zu international verein-  
barten Empfehlungen zu gelangen, um  
die Sicherheit entsprechend den inter-  
national anerkannten Strahlenschutz-  
normen zu fördern und den inter-  
nationalen Handel zu erleichtern.

Die Agenturen wurden hierbei von  
einer Sachverständigengruppe unter-  
stützt, die im Februar 1964 und im  
Mai 1965 am Sitz der ENEA in Paris  
zusammentrat. Als Ergebnis der  
Arbeit der Sachverständigengruppe  
wurde ein erster Entwurf der Normen  
ausgearbeitet und den Mitgliedstaaten  
beider Organisationen zur Prüfung  
und Stellungnahme zugeleitet.

This document, which is the final version of the Draft Standards, was finalized within the ENEA Health and Safety Committee in May 1966, after a general discussion in the light of the comments submitted by various Member countries and the International Commission on Radiological Protection (ICRP).

The composition of the group of experts who took part in the drawing up of the Draft Standards was as follows:

#### Members of the Group of Experts

Mr. R. E. Cunningham,  
Division of Materials Licensing,  
Atomic Energy Commission,  
Washington,  
United States.

Dr. A. Lafontaine,  
Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie,  
Brussels,  
Belgium

Prof. W. Minder,  
Section de Radioprotection,  
Service Fédéral de l'Hygiène Publique,  
Berne,  
Switzerland.

Dr. J. Müller,  
Institute of Radiation Hygiene,  
Prague,  
Czechoslovakia.

Prof. Y. Nishiwaki,  
Department of Radiation Protection,  
Research Laboratory of Nuclear Re-actor,  
Tokyo Institute of Technology,  
Tokyo,  
Japan.

Prof. P. Pellerin,  
Service Central de Protection contre  
les Rayonnements Ionisants,  
Ministère des Affaires Sociales,  
Le Vésinet,  
France.

Dr. J. Schwibach,  
Bundesministerium für  
wissenschaftliche Forschung,  
Bad Godesberg,  
Germany.

Mr. E. E. Smith,  
Radiological Protection Service,  
Medical Research Council and Ministry  
of Health,  
Sutton, Surrey,  
United Kingdom.

#### Scientific Secretaries

ENEA: Dr. E. Wallauschek  
I.A.E.A.: Dr. J. Mehl (until June 1965)  
Mr. S. Somasundaram (from  
September 1965)

Le présent document qui constitue la version finale du projet de normes, a été mis au point après un examen général dans le cadre du Comité de la Santé et de la Sécurité de l'ENEA, en mai 1966, à la lumière des observations formulées par divers pays membres ainsi que par la Commission Internationale de Protection contre les Radiations (ICRP).

Le groupe d'experts qui a participé à l'élaboration du projet était composé de la façon suivante:

#### Membres du groupe d'experts

M. R. E. Cunningham  
Division of Materials Licensing  
Atomic Energy Commission  
Washington  
Etats-Unis

Dr. A. Lafontaine  
Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie  
Bruxelles  
Belgique

Prof. W. Minder  
Section de protection contre les radia-  
tions,  
Service Fédéral de l'Hygiène Publique  
Berne  
Suisse

Dr. J. Mueller  
Institut d'Hygiène des Radiations  
Prague  
Tchécoslovaquie

Prof. Y. Nishiwaki  
Département de la Protection contre  
les Radiations  
Laboratoire de Recherches du Réac-  
teur Nucléaire  
Institut de Technologie de Tokyo  
Tokyo  
Japon

Prof. P. Pellerin  
Service Central de Protection contre  
les Rayonnements Ionisants  
Ministère des Affaires Sociales  
Le Vésinet  
France

M. J. Schwibach  
Bundesministerium für wissenschaft-  
liche Forschung  
Bad Godesberg  
Allemagne

M. E. E. Smith  
Radiological Protection Service  
Medical Research Council and Ministry  
of Health  
Sutton, Surrey  
Royaume-Uni

#### Secrétaires scientifiques

ENEA: M. E. Wallauschek  
A.I.E.A.: M. J. Mehl  
(jusqu'en juin 1965)  
M. S. Somasundaram  
(à partir de septembre 1965).

Dieses Dokument, das die endgül-tige Fassung des Entwurfs der Normen darstellt, wurde nach einer allge-mei-nen, die Einwände verschiedener Mit-gliedstaaten und der Internationalen Kommission für Strahlenschutz (ICRP) berücksichtigenden Erörterung im Mai 1966 vom Ausschuß für Gesundheit und Sicherheit der ENEA fertiggestellt.

Die Sachverständigengruppe, die an der Ausarbeitung des Entwurfs der Normen beteiligt war, hatte folgende Zusammensetzung:

#### Mitglieder der Sachverständigengruppe:

Mr. R. E. Cunningham,  
Division of Materials Licensing,  
Atomic Energy Commission,  
Washington,  
USA

Dr. A. Lafontaine,  
Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie,  
Brüssel,  
Belgien

Prof. W. Minder,  
Abteilung für Strahlenschutz,  
Eidgenössisches Gesundheitsamt,  
Bern,  
Schweiz

Dr. J. Müller,  
Institut für Strahlenhygiene,  
Prag,  
Tschechoslowakei

Prof. Y. Nishiwaki,  
Abteilung für Strahlenschutz,  
Forschungslaboratorium des Kernreak-tors,  
Institut für Technologie,  
Tokio,  
Japan

Prof. P. Pellerin,  
Service Central de Protection contre  
les Rayonnements Ionisants,  
Ministère des Affaires Sociales,  
Le Vésinet,  
Frankreich

Dr. J. Schwibach,  
Bundesministerium für wissenschaft-  
liche Forschung,  
Bad Godesberg,  
Deutschland

Mr. E. E. Smith,  
Radiological Protection Service,  
Medical Research Council and Ministry  
of Health,  
Sutton, Surrey,  
Vereinigtes Königreich

#### Wissenschaftliche Sekretäre

ENEA: Dr. E. Wallauschek  
IAEO: Dr. J. Mehl (bis Juni 1965)  
Mr. S. Somasundaram  
(seit September 1965)

1. Explanation of Terms Used	1. Signification des termes utilisés	1. Erläuterung der verwendeten Begriffe
For the purposes of these Standards, the following explanations of terms used are given:	On trouvera ci-dessous la signification des termes utilisés dans les présentes normes:	Für die Anwendung dieser Normen haben die nachstehenden Begriffe folgende Bedeutung:
(1) Ordinary timepieces	(1) Montres et horloges ordinaires	(1) Gewöhnliche Uhren
Wrist or pocket watches or clocks, which contain a quantity of radioactive material acceptable for ordinary use.	Montres-bracelets ou montres de poche, ou horloges contenant une quantité de matière radioactive acceptable pour l'usage normal.	Armbanduhren, Taschenuhren oder sonstige Uhren, die radioaktive Stoffe in einer für den normalen Gebrauch vertretbaren Menge enthalten.
(a) Wristwatches	(a) Montres-bracelets	a) Armbanduhren
Under normal conditions of use, wristwatches are worn on the wrist.	Dans les conditions d'utilisation normales, les montres-bracelets se portent au poignet.	Uhren, die gewöhnlich am Handgelenk getragen werden.
(b) Pocket watches	(b) Montres de poche	b) Taschenuhren
Watches worn on the individual, other than on the wrist.	Les montres de poche comprennent toutes les montres portées sur l'individu autrement qu'au poignet.	Uhren außer Armbanduhren, die von einer Person getragen werden.
(c) Clocks	(c) Horloges	c) Sonstige Uhren
Timepieces which are not worn on the individual.	Toute montre ou horloge qui n'est pas portée sur l'individu.	Uhren, die nicht von einer Person getragen werden.
(2) Special timepieces	(2) Montres et horloges spéciales	(2) Spezialuhren
Timepieces usually worn by the individual, containing quantities of radioactive material to produce greater luminosity necessary for special purposes.	Montres portées normalement sur l'individu et horloges contenant des quantités de matière radioactive destinées à produire une luminosité plus grande nécessaire pour des usages spéciaux.	Uhren, die gewöhnlich von einer Person getragen werden und radioaktive Stoffe in solchen Mengen enthalten, daß die für besondere Zwecke erforderliche größere Leuchtkraft erzeugt wird.
(3) Total activity of a timepiece	(3) Activité totale d'une montre ou horloge	(3) Gesamtaktivität einer Uhr
The total activity of the radioluminous paint present in a timepiece, regardless of which parts are luminised.	L'activité totale d'une montre ou horloge est l'activité totale de la peinture radioluminescente présente dans une montre ou horloge, quelles que soient les pièces rendues luminescentes.	Gesamtaktivität der radioaktiven Leuchtfarbe, die eine Uhr enthält, gleichviel, auf welche Teile die Leuchtfarbe aufgebracht ist.
(4) Average activity of a timepiece	(4) Activité moyenne d'une montre ou horloge	(4) Mittlere Aktivität einer Uhr
The average of the total activities of the timepieces taken at random from a given batch.	L'activité moyenne d'une montre ou horloge est la moyenne des activités des montres ou horloges prélevées au hasard dans un lot donné.	Das Mittel der Gesamtaktivität, die durch Stichproben aus einem Posten von Uhren entnommen werden.
(5) Batch	(5) Lot	(5) Posten
Timepieces or components of timepieces of a particular type produced within a given factory from the beginning to the end of a production cycle, without entailing changes in methods of production, materials of construction, or type and brand of radioluminous paint.	Par lot, on entend des montres ou horloges, ou leurs pièces, d'un type déterminé produit dans une entreprise donnée, du début jusqu'à la fin d'un cycle de production, sans qu'il y ait de modifications dans les méthodes de production, les matériaux utilisés ou le type et la marque de la peinture radioluminescente.	Uhren oder Uhrenteile eines bestimmten Typs, die in einer bestimmten Fabrik in ein und demselben Produktionsablauf hergestellt werden, ohne daß Herstellungsverfahren, verwendete Werkstoffe oder Art und Sorte der radioaktiven Leuchtfarbe geändert werden.
(6) Activity of Radium-226	(6) Activité du Radium 226	(6) Aktivität von Radium-226
The activity of Radium-226 in equilibrium with its daughter products of short half-life.	L'activité du radium 226 s'entend comme étant l'activité du radium 226 en équilibre avec ses produits de filiation de courte période.	Die Aktivität von Radium-226, das mit seinen Tochterprodukten kurzer Halbwertszeit im Gleichgewicht steht.

## (7) Activity of Promethium-147

The activity of Promethium-147 is established under the assumption that the presence of radioactive contaminants does not significantly affect the radiological characteristics on which is based the total activity permitted per timepiece.

## (8) Radiological quantities and units

Where reference to radiological quantities and units is made, the definitions and symbols comply with those given by ICRU (1).

**2. Scope**

2.1 These standards shall apply to timepieces containing components bearing radioluminous paint which are intended for use by individual members of the public.

2.2 The aims of these standards are to ensure that:

(i) users or radioluminous timepieces are exposed to as little ionizing radiation as practicable;

(ii) users of radioluminous timepieces are not exposed to radiation in excess of the maximum permissible levels laid down in the basic radiation protection standards (2) of the Agencies, which are based on ICRP recommendations;

(iii) the contribution to the dose received by the whole population from the use of radioluminous timepieces is kept within the limits adopted by the appropriate national authority.

2.3 These standards shall not constitute an exemption from the obligations of notification, declara-

## (7) Activité du Prométhéum 147

L'activité relative au prométhéum 147 est fixée en admettant que la présence de contaminants radioactifs n'affecte pas de façon importante les caractéristiques radiologiques qui servent à déterminer l'activité totale autorisée par montre ou horloge.

## (8) Quantités et unités radiologiques

Lorsqu'il est fait référence à des quantités et unités radiologiques, les définitions et symboles adoptés sont conformes à ceux donnés par l'ICRU (1).

**2. Objet**

2.1 Les présentes normes s'appliquent aux montres et horloges contenant des pièces (cadrans et aiguilles) enduites de peinture radioluminescente, qui sont destinées à être utilisées par des membres de la population pris individuellement.

2.2 Ces normes ont pour objet de garantir que:

(i) les utilisateurs de montres ou horloges radioluminescentes soient aussi peu exposés que possible à des radiations ionisantes;

(ii) les utilisateurs de montres ou horloges radioluminescentes ne soient pas exposés à des doses d'irradiation supérieures aux doses maximales admissibles fixées dans les normes de base pour la protection contre les radiations (2), établies par les Agences sur la base des recommandations de l'ICRP;

(iii) la contribution à la dose reçue par l'ensemble de la population, provenant de l'utilisation des montres et horloges radioluminescentes, soit maintenue dans les limites adoptées par l'autorité nationale compétente.

2.3 Les présentes normes ne dispensent pas des obligations de notification, déclaration, inscription et/

## (7) Aktivität von Promethium-147

Die Aktivität von Promethium-147 wird unter der Voraussetzung festgesetzt, daß das Vorhandensein radioaktiver Verunreinigungen, die bei der Festsetzung der zulässigen Gesamtkapazität pro Uhr zugrunde gelegten radiologischen Eigenschaften des Promethium-147 nicht wesentlich beeinflusst.

## (8) Radiologische Größen und Einheiten

Wo auf radiologische Größen und Einheiten Bezug genommen wird, entsprechen die Begriffsbestimmungen und Symbole denjenigen der ICRU (1).

**2. Anwendungsbereich**

2.1 Diese Normen gelten für Uhren, die Teile mit radioaktiver Leuchtfarbe enthalten und zur Benutzung durch einzelne Mitglieder der Bevölkerung bestimmt sind.

2.2 Diese Normen sollen gewährleisten, daß

i) Benutzer von Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben einer möglichst geringen ionisierenden Strahlung ausgesetzt sind;

ii) die Benutzer von Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben keiner Bestrahlung ausgesetzt sind, welche die höchstzulässigen Dosen überschreitet, wie sie in den auf den Empfehlungen der ICRP beruhenden Strahlenschutzgrundnormen (2) der Agenturen festgelegt sind;

iii) der Anteil der von der Gesamtbevölkerung aufgenommenen Dosis, der sich aus dem Gebrauch von Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben ergibt, in den von der zuständigen nationalen Behörde festgelegten Grenzen bleibt.

2.3 Diese Normen stellen keine Befreiung von den Pflichten der Anzeige, der Zollerklärung, der

(1) At present: ICRU Report No. 10 a "Radiation Quantities and Units", National Bureau of Standards Handbook 84, Washington D.C., 1962.

(2) Basic Safety Standards for Radiation Protection, Safety Series No. 9, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1962 (at present under revision).  
Radiation Protection Norms, European Nuclear Energy Agency of the Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 1962 (at present under revision).

(1) Actuellement: ICRU, rapport N° 10 a « Radiation Quantities and Units », National Bureau of Standards Handbook 84, Washington, D. C., 1962.

(2) Normes Fondamentales de Radioprotection, Collection de Sécurité N° 9, Agence Internationale de l'Energie Atomique, Vienne, 1962, (actuellement en révision).  
Normes de Base pour la Protection contre les Radiations, Agence Européenne pour l'Energie Nucléaire de l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques, Paris, 1962, (actuellement en révision).

1) Zur Zeit: ICRU-Bericht Nr. 10 a „Radiation Quantities and Units“, National Bureau of Standards Handbook 84, Washington D. C., 1962.

2) Strahlenschutzgrundnormen, Safety Series Nr. 9, Internationale Atomenergie-Organisation, Wien 1962 (werden z. Z. überarbeitet).  
Grundnormen für den Strahlenschutz, Europäische Kernenergie-Agentur der Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris, 1962 (werden z. Z. überarbeitet).

tion, registration and/or licensing in connection with the manufacture, maintenance, repair, storage, transport, import/export and disposal of timepieces containing components bearing radioluminous paint. Such operations shall be carried out in accordance with national and international Norms for Radiation Protection.

- 2.4 These Standards are not intended to cover radiation protection aspects for special timepieces containing quantities of radioactive material which exceed the limits set out in these Standards; these shall be subject to the jurisdiction of the appropriate national authority.
- 2.5 These Standards are not intended to cover radiation protection aspects relevant to workers in the radioluminous paint and watch industry<sup>(1)</sup>. Nor are they intended to cover watchmakers who repair and maintain radioluminous timepieces, who should be informed of the potential hazards involved and should observe appropriate protective measures.

### 3. General Requirements

- 3.1 Selection of radionuclides for use in luminous paints, and limitation of activity levels for dials and hands of timepieces shall be governed by consideration of:
- (i) the quantity of a radionuclide necessary to obtain the required luminosity of the dials and hands of a timepiece;
  - (ii) the external radiation doses normally received by the user from the activity referred to under (i);
  - (iii) the doses which would result from internal radiation if particles of the radioactive luminous paint were ingested or inhaled,

with a view to minimising exposure from external radiation and to keeping the potential risk of exposure from internal radiation as low as possible, for both individual members of the public and the whole population.

<sup>(1)</sup> These aspects have been dealt with in the I.L.O. "Manual of Radiation Protection, Part V. Guide on Protection against Ionizing Radiation in the Application of Luminous Compounds", Geneva, 1964.

ou autorisation relatives aux opérations de fabrication, d'entretien, de réparation, de stockage, de transport, d'import ou export, et de mise au rebut de montres ou horloges contenant des pièces enduites de peinture radioluminescente. Ces opérations doivent être effectuées conformément aux normes nationales et internationales de radioprotection.

- 2.4 Les présentes normes ne sont pas destinées à couvrir les problèmes de radioprotection posés par les montres ou horloges spéciales contenant des quantités de matière radioactive qui dépassent les limites fixées dans ces normes; ces montres et horloges spéciales sont soumises à la juridiction de l'autorité nationale compétente.
- 2.5 Les présentes normes ne sont pas destinées à couvrir les problèmes de radioprotection qui se posent pour les travailleurs de l'industrie des peintures radioluminescentes et de l'industrie horlogère<sup>(1)</sup>. Elles ne sont pas non plus destinées aux horlogers qui effectuent la réparation et l'entretien des montres radioluminescentes; ceux-ci devront être informés des risques encourus et ils devront se conformer aux mesures de protection appropriées.

### 3. Conditions générales

- 3.1 Le choix des radionuclides à utiliser dans les peintures luminescentes et la limitation des taux d'activité pour les cadrans et aiguilles des montres et horloges doivent se faire en tenant compte:
- (i) de la quantité d'un radionuclide nécessaire pour obtenir la luminosité désirée des cadrans et aiguilles des montres ou horloges;
  - (ii) des doses d'irradiation externe normalement reçues par l'utilisateur du fait de l'activité mentionnée sous (i);
  - (iii) des doses résultant de l'irradiation interne qui se produirait si des particules de peinture étaient ingérées ou inhalées,

afin de réduire au minimum l'exposition à une irradiation externe et de limiter autant que possible le risque d'exposition à une irradiation interne, aussi bien pour les membres de la population pris individuellement que pour l'ensemble de la population.

<sup>(1)</sup> Ces problèmes ont été étudiés par le B. I. T. dans le « Manuel de Protection contre les Radiations dans l'Industrie, Partie V. Guide pour la Protection contre les Radiations Ionisantes dans l'Application des Composés Luminescents », Genève, 1964.

Registrierung und/oder der Genehmigung in Verbindung mit der Herstellung, der Instandhaltung, der Reparatur, der Aufbewahrung, der Beförderung, der Ein- und Ausfuhr sowie der Beseitigung von Uhren dar, die Teile mit radioaktiven Leuchtfarben enthalten. Diese Pflichten müssen in Übereinstimmung mit den nationalen und internationalen Strahlenschutznormen erfüllt werden.

- 2.4 Diese Normen sollen nicht die Strahlenschutzprobleme bei besonderen Uhren einschließen, bei denen die Menge der radioaktiven Stoffe die in diesen Normen festgesetzten Grenzen überschreitet; diese Uhren unterliegen den von der zuständigen nationalen Behörde erlassenen Vorschriften.
- 2.5 Diese Normen schließen nicht den Strahlenschutz für Arbeiter in der Leuchtfarben- und Uhrenindustrie ein<sup>1)</sup>. Ebensowenig sind sie für Uhrmacher bestimmt, die Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben reparieren und instand halten; diese sollten über die mit ihrer Arbeit verbundenen Gefahren unterrichtet werden und die entsprechenden Schutzmaßnahmen beachten.

### 3. Allgemeine Erfordernisse

- 3.1 Die Auswahl der radioaktiven Stoffe für die Verwendung in Leuchtfarben und die Begrenzung der Aktivitäten für Zifferblätter und Zeiger von Uhren erfolgen unter Berücksichtigung
- i) der Menge des radioaktiven Stoffes, die zur Erzielung der gewünschten Leuchtkraft der Zifferblätter und Zeiger der Uhren erforderlich ist,
  - ii) der äußeren Bestrahlungsdosen, die der Benutzer durch die unter Ziffer i) genannte Aktivität normalerweise erhält,
  - iii) der Dosen, die sich durch innere Bestrahlung dadurch ergeben können, daß Teilchen der radioaktiven Leuchtfarbe oral aufgenommen oder eingeatmet werden,
- damit sowohl für den einzelnen als auch für die Allgemeinheit die äußere Bestrahlung auf ein Mindestmaß herabgesetzt und die Gefahr einer inneren Strahlenbelastung soweit wie möglich eingeschränkt wird.

<sup>1)</sup> Diese Fragen wurden von der IAO in dem „Handbuch für den Strahlenschutz in der Industrie, Teil V, Richtlinien für den Schutz gegen ionisierende Strahlen bei der Anwendung von Leuchtstoffverbindungen“, Genf 1964, untersucht.

3.2 Apart from the considerations referred to in 3.1, the quantity of radioactive material in a timepiece shall be governed by the consideration of whether it is for ordinary or special use. Timepieces shall therefore be classified as:

- (a) Timepieces for ordinary use (ordinary timepieces);
- (b) Timepieces for special use (special timepieces).

Ordinary timepieces shall be free for general distribution, which will be wide and uncontrolled. Consequently the quantity of radioactive material they contain must be limited to amounts that will satisfy the aims of these standards as set out in paragraph 2.2.

Special timepieces are designed for uses for which greater luminosity than is necessary for ordinary timepieces is required. Their distribution is limited and their use is, in general, restricted to a limited period of time. Therefore, the quantity of radioactive material in special timepieces can be greater than is acceptable for ordinary timepieces and still satisfy the aims of these standards as set out in paragraph 2.2.

3.3 The watch casing (case and transparent cover) shall be such that under normal conditions of use:

- (i) the user is protected against direct contact with radioactive dials and hands;
- (ii) low-energy beta-radiation is effectively absorbed by the watch casing.

3.4 The adhesion of radioluminous paint to dials and hands of timepieces shall be such that, under normal conditions of use, it remains fixed on these components.

#### 4. Special Requirements

4.1 Radionuclides permitted for use in luminous paint for dials and hands of timepieces (1).

(1) See Annex I.

3.2. En dehors des considérations dont il est fait mention au paragraphe 3.1, la quantité de matière radioactive présente dans une montre ou horloge doit être déterminée suivant que celle-ci est destinée à l'usage ordinaire ou à des utilisations spéciales. Il convient par conséquent de classer comme suit les montres ou horloges:

- (a) montres ou horloges à usage ordinaire (montres ou horloges ordinaires);
- (b) montres ou horloges pour usage spécial (montres ou horloges spéciales).

Les montres ou horloges ordinaires sont en vente libre, ce qui entraîne une distribution à grande échelle et sans contrôle. De ce fait, la quantité de matière radioactive qu'elles contiennent doit être limitée de façon à satisfaire aux objectifs des présentes normes, tels qu'ils sont définis au paragraphe 2.2.

Les montres et horloges spéciales sont conçues pour des utilisations qui requièrent une luminosité plus grande que celle qui est nécessaire pour les montres ou horloges ordinaires. Leur vente est restreinte et elles ne sont en général utilisées que pendant une période de temps limitée. De ce fait, la quantité de matière radioactive présente dans les montres et horloges spéciales peut être plus grande que celle qui est acceptable pour des montres ou horloges ordinaires, tout en satisfaisant aux objectifs des présentes normes, tels qu'ils sont définis au paragraphe 2.2.

3.3 L'enveloppe de la montre (boîtier et couvercle transparent doit être telle que dans les conditions normales d'utilisation:

- (i) l'utilisateur soit protégé de tout contact direct avec les cadrans et aiguilles radioactives;
- (ii) les radiations bêta de faible énergie soient effectivement absorbées par le boîtier de la montre.

3.4 L'adhérence de la peinture radioluminescente sur les cadrans et aiguilles des montres ou horloges doit être telle que, dans les conditions normales d'utilisation, la peinture reste fixée sur ces pièces.

#### 4. Conditions spéciales

4.1 Radionuclides dont l'utilisation est permise dans les peintures lumineuses pour cadrans et aiguilles de montres ou horloges (1).

(1) Voir Annexe I.

3.2 Außer den in Absatz 3.1 erwähnten Überlegungen ist die Menge des in einer Uhr enthaltenen radioaktiven Stoffes danach festzulegen, ob die Uhr zum allgemeinen oder besonderen Gebrauch bestimmt ist. Deshalb sind die Uhren wie folgt einzuteilen:

- a) Uhren für den allgemeinen Gebrauch (gewöhnliche Uhren)
- b) Uhren für besondere Zwecke (Spezialuhren)

Gewöhnliche Uhren sind für den allgemeinen Absatz bestimmt, der frei und unkontrolliert ist. Aus diesem Grunde muß die in ihnen enthaltene Menge an radioaktivem Material so begrenzt sein, daß der in Absatz 2.2 aufgeführte Zweck dieser Normen erreicht wird.

Spezialuhren sind für Verwendungsarten bestimmt, für die eine größere Leuchtkraft als bei gewöhnlichen Uhren verlangt wird. Ihre Verbreitung ist begrenzt, und sie werden im allgemeinen nur während eines begrenzten Zeitraums gebraucht. Aus diesem Grunde kann die Menge des radioaktiven Materials in Spezialuhren größer sein, als bei gewöhnlichen Uhren vertretbar ist und doch die in Absatz 2.2 aufgeführten Zwecke dieser Normen erfüllen.

3.3 Das Gehäuse der Uhr (Gehäuse und durchsichtige Abdeckung) muß so beschaffen sein, daß bei Verwendung unter normalen Gebrauchsbedingungen

- i) der Benutzer vor direktem Kontakt mit den radioaktiven Zifferblättern und Zeigern geschützt ist;
- ii) die niederenergetische Betastrahlung wirksam vom Gehäuse der Uhr absorbiert wird.

3.4 Die Haftung der radioaktiven Leuchtfarbe auf den Zifferblättern und Zeigern der Uhren muß so groß sein, daß die Farbe bei Verwendung unter normalen Gebrauchsbedingungen auf diesen Teilen haften bleibt.

#### 4. Besondere Erfordernisse

4.1 Radioaktive Stoffe, die zur Verwendung für Leuchtfarben von Zifferblättern und Zeigern von Uhren zugelassen sind (1).

1) Siehe Anlage I.

<p>4.1.1 Subject to 4.1.3, the use of radionuclides in luminous paint for dials and hands of ordinary and special timepieces shall be restricted to:</p> <p>(i) Tritium (H-3)</p> <p>(ii) Promethium-147 (Pm-147)</p> <p>(iii) Radium-226 (Ra-226)</p> <p>However, the use of H-3 and Pm-147 should be preferred as far as possible.</p> <p>Ra-226 shall not be used for pocket watches, regardless of whether these are ordinary or special timepieces.</p> <p>4.1.2 The luminous paint used for the dials and hands of a timepiece should be activated with one and the same radionuclide<sup>(1)</sup>.</p> <p>4.1.3 Any other radionuclide considered for use in timepieces shall be subject to a separate decision by the appropriate national authority based on the general requirements set out in paragraph 3.1—3.4<sup>(2)</sup>. The appropriate national authority shall inform the international organisations concerned of such decisions.</p> <p>4.2 Total activity of radionuclides permitted per timepiece<sup>(3)</sup>.</p> <p>4.2.1 Ordinary timepieces</p> <p>For ordinary timepieces, the total activity of radionuclides</p>	<p>4.1.1 Sous réserve du paragraphe 4.1.3, on ne doit utiliser dans les peintures luminescentes pour cadrans et aiguilles de montres ou horloges ordinaires et spéciales, que les radionuclides suivants:</p> <p>(i) Tritium (H-3)</p> <p>(ii) Prométhéum 147 (Pm-147)</p> <p>(iii) Radium (Ra-226)</p> <p>Toutefois, il convient d'utiliser de préférence H-3 et Pm-147, chaque fois que cela est possible.</p> <p>Le Ra-226 ne doit pas être utilisé pour les montres de poche, qu'il s'agisse de montres ordinaires ou de montres spéciales.</p> <p>4.1.2 La peinture luminescente utilisée pour les cadrans ou aiguilles d'une montre ou horloge déterminée ne doit être activée que par un seul et même radionuclide<sup>(1)</sup>.</p> <p>4.1.3 Si l'on envisage d'utiliser un autre radionuclide dans les montres ou horloges, son emploi fera l'objet d'une décision particulière de l'autorité nationale compétente, sur la base des conditions générales exposées aux paragraphes 3.1 à 3.4<sup>(2)</sup>. L'autorité nationale compétente portera toute décision de ce genre à la connaissance des organisations internationales intéressées.</p> <p>4.2 Activité totale des radionuclides autorisés par montre ou horloge<sup>(3)</sup>.</p> <p>4.2.1 Montres ou horloges ordinaires</p> <p>Pour les montres ou horloges ordinaires, l'activité totale</p>	<p>4.1.1 Vorbehaltlich des Absatzes 4.1.3 wird die Verwendung radioaktiver Stoffe für Leuchtfarben von Zifferblättern und Zeigern von gewöhnlichen Uhren und Spezialuhren beschränkt auf</p> <p>i) Tritium (H-3)</p> <p>ii) Promethium-147 (Pm-147)</p> <p>iii) Radium-226 (Ra-226).</p> <p>Jedoch sollen soweit wie möglich H-3 und Pm-147 bevorzugt werden.</p> <p>Ra-226 darf nicht für Taschenuhren, gleichviel ob gewöhnliche oder Spezialuhren, verwendet werden.</p> <p>4.1.2 Die Leuchtfarbe, die für Zifferblätter und Zeiger von Uhren verwendet wird, soll nur mit ein und demselben radioaktiven Stoff aktiviert werden<sup>1)</sup>.</p> <p>4.1.3 Soll ein anderer radioaktiver Stoff in Uhren verwendet werden, so ist hierüber von der zuständigen nationalen Behörde auf Grund der in den Absätzen 3.1 bis 3.4<sup>2)</sup> enthaltenen allgemeinen Bestimmungen eine Entscheidung zu treffen. Die zuständige nationale Behörde unterrichtet die beteiligten internationalen Organisationen über solche Entscheidungen.</p> <p>4.2 Die pro Uhr zulässige Gesamtaktivität von radioaktiven Stoffen<sup>3)</sup>.</p> <p>4.2.1 Gewöhnliche Uhren</p> <p>Für gewöhnliche Uhren wird die Gesamtaktivität der ra-</p>
<p>(1) In the exceptional case where the use of more than one radionuclide in a timepiece is necessary the sum of the ratios of the amount of each radioisotope contained in the timepiece to the respective total permissible amount (as established in paragraph 4.2) shall not exceed the unity:</p> $\left(\frac{X}{L_X} + \frac{Y}{L_Y} + \dots\right) \leq 1$ <p>X, Y represent the activity of the radionuclide actually used,</p> <p>L<sub>X</sub>, L<sub>Y</sub> represent the respective maximum permissible total activity.</p> <p>(2) The Agencies are prepared to consider the amendment of the list of radionuclides specified for use at a later stage, when new scientific information is available.</p> <p>(3) See Annex II.</p>	<p>(1) Dans le cas exceptionnel où il est nécessaire d'utiliser plus d'un radionuclide dans une montre ou horloge, la somme des rapports entre la quantité de chaque radioisotope contenu dans la montre ou horloge et la quantité totale admissible respective, telle qu'elle est définie dans le paragraphe 4.2, ne doit pas excéder l'unité:</p> $\left(\frac{X}{L_X} + \frac{Y}{L_Y} + \dots\right) \leq 1$ <p>X, Y représentant l'activité du radionuclide effectivement utilisé,</p> <p>L<sub>X</sub>, L<sub>Y</sub> représentant la valeur correspondante de l'activité totale maximale admissible.</p> <p>(2) Les Agences sont prêtes à envisager ultérieurement l'amendement de la liste des radionuclides recommandés, lorsque des données scientifiques nouvelles seront disponibles.</p> <p>(3) Voir Annexe II.</p>	<p>1) Wenn es ausnahmsweise erforderlich ist, mehr als einen radioaktiven Stoff in einer Uhr zu verwenden, darf die Summe der Verhältnisse der Menge jedes in der Uhr enthaltenen Radioisotops zu der entsprechenden zulässigen Gesamtmenge, wie sie in Absatz 4.2 bestimmt ist, den Wert 1 nicht überschreiten:</p> $\left(\frac{X}{L_X} + \frac{Y}{L_Y} + \dots\right) \leq 1$ <p>X, Y stellen die Aktivität des tatsächlich verwendeten radioaktiven Stoffes dar,</p> <p>L<sub>X</sub>, L<sub>Y</sub> stellen die entsprechende höchstzulässige Gesamtaktivität dar.</p> <p>2) Die Agenturen sind bereit, die Liste der empfohlenen radioaktiven Stoffe später zu ändern, sobald neue wissenschaftliche Daten zur Verfügung stehen.</p> <p>3) Siehe Anlage II.</p>

permitted according to 4.1.1 shall be limited as follows:

des radionuclides autorisés conformément au paragraphe 4.1.1, doit être limitée aux valeurs suivantes:

radioaktiven Stoffe, die gemäß Absatz 4.1.1 zugelassen sind, wie folgt begrenzt:

a) Wristwatches			a) Montres bracelets			a) Armbanduhren		
Radio-nuclide	Average	Maximum	Radio-nuclide	Moyenne	Maximum	Radioaktiver Stoff	Mittlere Aktivität	Höchste Aktivität
H-3	5 mCi	7.5 mCi	H-3	5 mCi	7,5 mCi	H-3	5 mCi	7,5 mCi
Pm-147	100 $\mu$ Ci	150 $\mu$ Ci	Pm-147	100 $\mu$ Ci	150 $\mu$ Ci	Pm-147	100 $\mu$ Ci	150 $\mu$ Ci
Ra-226	0.1 $\mu$ Ci	0.15 $\mu$ Ci	Ra-226	0,1 $\mu$ Ci	0,15 $\mu$ Ci	Ra-226	0,1 $\mu$ Ci	0,15 $\mu$ Ci
b) Pocket Watches			b) Montres de poche			b) Taschenuhren		
Radio-nuclide	Average	Maximum	Radio-nuclide	Moyenne	Maximum	Radioaktiver Stoff	Mittlere Aktivität	Höchste Aktivität
H-3	5 mCi	7.5 mCi	H-3	5 mCi	7,5 mCi	H-3	5 mCi	7,5 mCi
Pm-147	100 $\mu$ Ci	150 $\mu$ Ci	Pm-147	100 $\mu$ Ci	150 $\mu$ Ci	Pm-147	100 $\mu$ Ci	150 $\mu$ Ci
c) Clocks			c) Horloges			c) Sonstige Uhren		
Radio-nuclide	Average	Maximum	Radio-nuclide	Moyenne	Maximum	Radioaktiver Stoff	Mittlere Aktivität	Höchste Aktivität
H-3	7.5 mCi	10 mCi	H-3	7,5 mCi	10 mCi	H-3	7,5 mCi	10 mCi
Pm-147	150 $\mu$ Ci	200 $\mu$ Ci	Pm-147	150 $\mu$ Ci	200 $\mu$ Ci	Pm-147	150 $\mu$ Ci	200 $\mu$ Ci
Ra-226	0.15 $\mu$ Ci	0.2 $\mu$ Ci	Ra-226	0,15 $\mu$ Ci	0,2 $\mu$ Ci	Ra-226	0,15 $\mu$ Ci	0,2 $\mu$ Ci

#### 4.2.2 Special timepieces

For special timepieces, the total activity of radionuclides permitted according to 4.1.1 shall be limited as follows:

#### 4.2.2 Montres ou horloges spéciales

Pour les montres ou horloges spéciales, l'activité totale des radionuclides autorisés conformément au paragraphe 4.1.1 doit être limitée aux valeurs suivantes:

#### 4.2.2 Spezialuhren

Für Spezialuhren wird die Gesamtaktivität der nach Absatz 4.1.1 zulässigen radioaktiven Stoffe wie folgt begrenzt:

Radionuclide	Maximum Total Activity	Radionuclide	Activité totale maximale	Radioaktiver Stoff	Höchste Gesamtaktivität
H-3	25 mCi	H-3	25 mCi	H-3	25 mCi
Pm-147	0.5 mCi	Pm-147	0,5 mCi	Pm-147	0,5 mCi
Ra-226 <sup>(1)</sup>	1.5 $\mu$ Ci	Ra-226 <sup>(1)</sup>	1,5 $\mu$ Ci	Ra-226 <sup>1)</sup>	1,5 $\mu$ Ci

#### 4.3 Adhesion of radioluminous paint on dials and hands.

4.3.1 The degree of adhesion of radioluminous paint on dials and hands should be subject to tests. The adhesive agent of the paint should provide adhesion on the painted surfaces in a manner which will withstand bending, vibrating and changes of temperature normally incident to the use of timepieces;

#### 4.3 Adhérence de la peinture radioluminescente sur les cadrans et aiguilles

4.3.1 Le degré d'adhérence de la peinture radioluminescente sur les cadrans et aiguilles doit être évalué au moyen d'essais. L'agent adhésif contenu dans la peinture assure l'adhérence sur les surfaces peintes d'une façon telle qu'elle résiste au pliage, aux vibrations et aux changements de température susceptibles de se produire normalement au cours de l'utilisation des montres ou horloges.

#### 4.3 Haftung der radioaktiven Leuchtfarben auf Zifferblättern und Zeigern.

4.3.1 Der Grad der Haftung der radioaktiven Leuchtfarbe auf Zifferblättern und Zeigern sollte Prüfungen unterzogen werden. Das Haftmittel der Farbe soll gewährleisten, daß die Farbe so fest an der Oberfläche haftet, daß sie Biegung, Vibration und Temperaturschwankungen aushält, die beim normalen Gebrauch der Uhren auftreten.

<sup>(1)</sup> Not permitted for pocket watches (see paragraph 4.1.1).

<sup>(1)</sup> Ceci ne s'applique pas aux montres de poche (voir paragraphe 4.1.1).

<sup>1)</sup> Für Taschenuhren nicht zugelassen (siehe Absatz 4.1.1).

4.3.2 The radioactive material should be bound in the luminous compound in a not readily soluble form, either by means of its chemical composition or with the help of a binding agent.

4.3.2 La matière radioactive doit être liée au composé luminescent sous une forme qui ne soit pas facilement soluble, soit de par sa composition chimique, soit à l'aide d'un liant.

4.3.2 Das radioaktive Material soll in einer nicht leicht löslichen Form in der Leuchtfarbe gebunden sein, entweder auf Grund seiner chemischen Zusammensetzung oder mit Hilfe eines Bindemittels.

4.4 Casing

Timepieces with dials and/or hands bearing radioluminous paint shall be enclosed in a case, the transparent cover of which must have a thickness equivalent to not less than 50 mg/cm<sup>2</sup> at any point. The casing and the transparent cover should be strong enough to withstand conditions normally incident to use and conditions incident to minor accidents.

4.4 Enveloppe

Les montres ou horloges dont les cadrans et/ou aiguilles sont enduits d'une peinture radioluminescente doivent être enfermées dans une enveloppe (boîtier et couvercle transparent) dont le couvercle doit avoir à chaque point une épaisseur équivalente à 50 mg/cm<sup>2</sup> au moins. Le boîtier et le couvercle transparent doivent avoir une résistance mécanique suffisante pour supporter les efforts dans les conditions normales d'utilisation ou lors d'accidents mineurs.

4.4 Gehäuse

Uhren, deren Zifferblätter und/oder Zeiger eine radioaktive Leuchtfarbe tragen, müssen von einem Gehäuse umschlossen sein, dessen durchsichtige Abdeckung an jedem Punkt eine Flächendichte von mindestens 50 mg/cm<sup>2</sup> hat. Das Gehäuse und die durchsichtige Abdeckung müssen stark genug sein, um den bei normalem Gebrauch und bei kleineren Unfällen eintretenden Bedingungen standzuhalten.

4.5 Marking

4.5.1 Ordinary timepieces

Ordinary timepieces do not require a special marking.

4.5 Marquage

4.5.1 Montres et horloges ordinaires

Il n'est pas exigé que les montres ou horloges ordinaires portent une marque particulière.

4.5 Kennzeichnung

4.5.1 Gewöhnliche Uhren

Gewöhnliche Uhren bedürfen keiner besonderen Kennzeichnung.

4.5.2 Special timepieces

Special timepieces must bear a specific marking to advise the watchmaker and the user of their special nature, and to permit that the appropriate national authority may take measures for the introduction of adequate systems of notification, declaration, registration and/or licensing if so deemed necessary.

4.5.2 Montres ou horloges spéciales

Les montres ou horloges spéciales doivent porter une marque particulière destinée à avertir l'horloger et l'utilisateur de leur caractère spécial, et à permettre aux autorités nationales compétentes de prendre les mesures voulues afin d'instituer un système approprié de notification, de déclaration, d'inscription et/ou d'autorisation si elles le jugent nécessaire.

4.5.2 Spezialuhren

Spezialuhren müssen besonders gekennzeichnet sein, um den Uhrmacher und den Benutzer auf ihre besondere Natur hinzuweisen und um der zuständigen nationalen Behörde zu gestatten, Maßnahmen zur Einführung eines geeigneten Systems für die Anzeige, die Zollerklärung, die Registrierung und/oder die Genehmigung zu treffen, wenn sie es für notwendig hält.

The marking should be as follows:

Le marquage doit être effectué comme suit:

Die Kennzeichnung soll wie folgt erfolgen:

Radio-nuclide	Marking	To indicate upper limit of activity as
Tritium	"T 25"	25 mCi H-3
Promethium-147	"Pm 0.5"	0.5 mCi Pm-147
Radium-226	"Ra 1.5"	1.5 µCi Ra-226

Radio-nuclide	Marque	Limite supérieure d'activité correspondante
Tritium	« T 25 »	25 mCi H-3
Prométhéum 147	« Pm 0,5 »	0,5 mCi Pm-147
Radium 226	« Ra 1,5 »	1,5 µCi Ra-226

Radioaktive Stoffe	Kennzeichnung	Höchstgrenze der Aktivität
Tritium	„T 25“	25 mCi H-3
Promethium-147	„Pm 0.5“	0,5mCi Pm-147
Radium-226	„Ra 1,5“	1,5 µCi Ra-226

4.6 Tests

Special requirements as set out in paragraph 4.1 to 4.5 shall be subject to tests; these shall be carried out under the jurisdiction of the appropriate national authority. Recommendations for control procedures for radioluminous timepieces are given in the Appendix.

4.6 Essais

On procédera à des essais pour s'assurer que les conditions spéciales exposées aux paragraphes 4.1 à 4.5 sont remplies. Ces essais seront effectués sous la juridiction de l'autorité nationale compétente. Des recommandations concernant les procédures de contrôle applicables aux montres et horloges radioluminescentes figurent dans l'Appendice.

4.6 Prüfungen

Die Erfüllung der besonderen Erfordernisse der Absätze 4.1 bis 4.5 ist durch Prüfungen zu gewährleisten; diese werden nach den Weisungen der zuständigen nationalen Behörde durchgeführt. Empfehlungen für Kontrollverfahren für Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben sind im Anhang angeführt.

**4.7 Exemption from notification, registration and/or licensing.**

Provided that the detailed requirements listed above are met, the use of ordinary watches shall be exempted from notification, declaration, registration and/or licensing. Unless decided otherwise by the appropriate national authority, the exemption from notification, declaration, registration and/or licensing is extended to special timepieces containing Tritium, but these requirements may be advisable in the case of Promethium-147 and in particular of Radium-226.

**4.7 Exemption de notification, inscription et/ou autorisation**

Sous réserve que les conditions énumérées ci-dessus soient satisfaites, l'utilisation des montres ou horloges ordinaires n'est pas soumise à notification, déclaration, inscription et/ou autorisation. A moins qu'il n'en soit décidé autrement par les autorités nationales compétentes, l'exemption de notification, déclaration, inscription et/ou autorisation porte également sur les montres ou horloges spéciales contenant du tritium, mais il serait préférable de maintenir ces obligations dans le cas du prométhéum 147 et en particulier du radium 226.

**4.7 Befreiung von dem Erfordernis der Anzeige, der Registrierung und/oder der Genehmigung.**

Wenn die obengenannten Bedingung erfüllt sind, bedarf der Gebrauch gewöhnlicher Uhren keiner Anzeige, Zollerklärung, Registrierung und/oder Genehmigung. Sofern die zuständige nationale Behörde nicht etwas anderes bestimmt, wird die Befreiung von dem Erfordernis der Anzeige, der Zollerklärung, der Registrierung und/oder der Genehmigung auch auf Spezialuhren ausgedehnt, die Tritium enthalten; im Falle von Promethium-147, insbesondere von Radium-226, kann es jedoch ratsam sein, diesen Erfordernissen zu entsprechen.

Appendix	Appendice	Anhang
<b>Control procedures for Radioluminous Timepieces</b>	<b>Procédures de contrôle applicables aux montres et horloges radioluminescentes</b>	<b>Kontrollverfahren für Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben</b>
1. Introduction	1. Introduction	1. Einleitung
<p>1.1 Tests are necessary in order to ensure that the special requirements laid down in the Standards for Radioluminous Timepieces are met. By these Standards, it is necessary to ensure that:</p> <p>(i) The use of radionuclides in luminous paint for dials and hands of timepieces is restricted to selected radionuclides (H-3, Pm-147 or Ra-226);</p> <p>(ii) The total activity per timepiece is limited;</p> <p>(iii) Marking of dials is applied if the total activity of a timepiece exceeds the activity levels set out for ordinary timepieces;</p> <p>(iv) The adhesion of radioluminous paint to dials and hands of timepieces shall be such that, under normal conditions of use, it remains fixed on these components.</p> <p>(v) The thickness of the casing is not lowered below minimum thickness values.</p> <p>The aim of the recommended tests is therefore to ensure compliance with the provisions of the Radiation Protection Standards. They do not relate to the quality of timepieces or their components.</p>	<p>1.1 Des essais sont nécessaires pour vérifier que les conditions spéciales figurant dans les normes relatives aux montres et horloges radioluminescentes sont effectivement remplies. En vertu de ces normes, il est nécessaire:</p> <p>(i) de limiter l'emploi des radionuclides dans la peinture luminescente destinée à être appliquée sur les cadrans et aiguilles de montres ou horloges, à des radionuclides déterminés (H-3, Pm-147 ou Ra-226);</p> <p>(ii) de limiter l'activité totale admissible par montre ou horloge;</p> <p>(iii) de procéder au marquage des cadrans lorsque l'activité totale d'une montre ou horloge dépasse les taux d'activité fixés pour les montres et horloges ordinaires;</p> <p>(iv) de s'assurer que la peinture radioluminescente sur les cadrans et aiguilles des montres ou horloges soit telle que, dans les conditions normales d'utilisation, la peinture reste fixée sur ces pièces;</p> <p>(v) de ne pas réduire l'épaisseur de l'enveloppe en-deçà des valeurs minimum fixées.</p> <p>Les essais recommandés ont donc pour but de s'assurer que les dispositions contenues dans les normes de protection contre les radiations sont respectées. Ces essais ne se rapportent pas à la qualité des montres ou horloges ou des pièces qui les constituent.</p>	<p>1.1 Es sind Prüfungen erforderlich, um zu gewährleisten, daß den besonderen Erfordernissen entsprochen wird, die in den Normen für Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben festgelegt sind. Auf Grund dieser Normen muß gewährleistet werden, daß</p> <p>i) die Verwendung radioaktiver Stoffe in Leuchtfarben für Zifferblätter und Zeiger von Uhren auf bestimmte Stoffe (H-3, Pm-147 oder Ra-226) beschränkt wird;</p> <p>ii) die Gesamtaktivität pro Uhr begrenzt ist;</p> <p>iii) die Zifferblätter gekennzeichnet sind, wenn die Gesamtaktivität einer Uhr die für gewöhnliche Uhren festgesetzten Aktivitätsgrenzen übersteigt;</p> <p>iv) die Haftung der radioaktiven Leuchtfarben auf Zifferblättern und Zeigern von Uhren so ist, daß die Farbe unter normalen Gebrauchsbedingungen auf diesen Teilen fest haftet;</p> <p>v) die Dicke des Gehäuses die festgesetzten Mindestwerte nicht unterschreitet.</p> <p>Die empfohlenen Prüfungen sollen daher gewährleisten, daß die Strahlenschutznormen erfüllt sind. Sie beziehen sich nicht auf die Qualität der Uhren oder ihrer Teile.</p>
1.2 It is not practicable to include in a recommendation of an international character, tests of all the properties of luminous paints which it might be of interest to examine. A minimum control programme is therefore proposed in order to determine compliance with the requirements as previously listed.	1.2 Il n'est pas possible de faire figurer dans des recommandations de caractère international des essais portant sur toutes les propriétés des peintures luminescentes qu'il serait intéressant d'examiner. Un programme de contrôle minimum est donc proposé pour assurer le respect des conditions énumérées ci-dessus.	1.2 Es ist nicht möglich, in einer Empfehlung von internationalem Charakter Prüfungen für alle Eigenschaften von Leuchtfarben aufzuführen, die zu untersuchen von Interesse wäre. Es wird daher ein Mindestkontrollprogramm vorgeschlagen, um die Erfüllung der obengenannten Erfordernisse festzustellen.
The tests may be carried out on the components or, if possible, on the complete timepiece. Besides the minimum control programme, it may be advisable, however, that producers perform additional qual-	Les essais peuvent porter sur les pièces ou, si possible, sur la montre ou horloge complète. Toutefois, en dehors du programme minimum, il conviendrait que les fabricants effectuent des essais supplémentaires	Die Prüfungen können an den Einzelteilen oder, wenn möglich, an der ganzen Uhr durchgeführt werden. Über das Mindestkontrollprogramm hinaus kann es jedoch ratsam sein, daß die Hersteller zusätzliche Prüfungen der

ity tests on the paints or painted hands and dials, before they are used in the production of timepieces.

1.3 The control procedure should be carried out under the jurisdiction of the appropriate national authority and should comprise both prototype tests and quality control. There may be differences in the organisation of control procedures from country to country, depending on different existing regulations. Details of the organisation of the control are therefore left to be decided by the appropriate national authority, but it is recommended that it should be conducted on a common basis according to the recommendations given in the Minimum Control Programme below.

1.4 Exemption from these regulations may be granted by the appropriate authority if the producer can guarantee that the requirements in the Minimum Control Programme have been fulfilled.

## 2. Minimum Control Programme

### 2.1 Explanation of terms

(a) Prototype tests are tests to determine that the combination of the radioluminous paint, materials of construction and methods of manufacture are such that the timepiece or its components meet the requirements of the Standards.

(b) Quality control comprises tests to ensure that the paint, components and manufacturing methods are the same as those used to produce the prototype timepiece or component, and the quality of the product is the same as the quality of the timepiece or component on which the prototype tests were conducted.

### 2.2 Prototype Tests

For each batch, the following tests shall be conducted in sequence on five timepieces or the appropriate components. If the

de qualité sur les peintures ou aiguilles et cadrans peints, avant de les utiliser pour la fabrication de montres et horloges.

1.3 La procédure de contrôle doit être effectuée sous la juridiction de l'autorité nationale compétente et doit comporter à la fois des essais sur prototype et un contrôle de qualité. L'organisation des procédures de contrôle peut varier d'un pays à un autre, en raison de l'existence de réglementations différentes. Les modalités de l'organisation du contrôle sont en conséquence laissées à la décision de l'autorité nationale compétente mais il est recommandé que ce contrôle soit effectué sur une base commune, conformément aux recommandations figurant dans le programme de contrôle minimum ci-après.

1.4 L'autorité compétente peut exempter de ces dispositions les producteurs pouvant garantir que les conditions requises dans le programme de contrôle minimum sont remplies.

## 2. Programme de contrôle minimum

### 2.1 Signification des termes

(a) Essais sur prototypes: essais permettant de déterminer que la composition de la peinture radioluminescente, les matériaux employés et les méthodes de fabrication sont tels que la montre ou horloge ou les pièces qui les constituent répondent aux conditions requises dans les présentes normes.

(b) Contrôle de qualité: contrôle comportant des essais destinés à assurer que la peinture, les pièces des montres ou horloges et les méthodes de fabrication sont les mêmes que celles utilisées pour produire le prototype de la montre ou horloge ou des pièces qui les constituent, et que la qualité des pièces produites est la même que celle de la montre ou horloge ou des pièces sur lesquelles ont porté les essais sur prototypes.

### 2.2 Essais sur prototypes

Pour chaque lot, les essais suivants devront être effectués successivement sur cinq montres ou horloges, ou sur les pié-

Eigenschaften der Farben oder der die Farbe tragenden Zeiger und Zifferblätter durchführen, bevor sie zur Herstellung von Uhren verwendet werden.

1.3 Das Kontrollverfahren soll gemäß den Weisungen der zuständigen nationalen Behörde durchgeführt werden und sowohl Prüfungen des Prototyps als auch eine Qualitätskontrolle umfassen. Die Durchführung des Kontrollverfahrens kann entsprechend den geltenden unterschiedlichen Vorschriften von Land zu Land verschieden sein. Die Einzelheiten der Durchführung des Kontrollverfahrens sind daher der Entscheidung der zuständigen nationalen Behörde überlassen; es wird jedoch empfohlen, die Kontrolle gemäß den in dem unten angeführten Mindestkontrollprogramm enthaltenen Empfehlungen auf einheitlicher Grundlage durchzuführen.

1.4 Eine Ausnahme von diesen Bestimmungen kann von der zuständigen Behörde zugelassen werden, wenn der Hersteller gewährleisten kann, daß die Erfordernisse des Mindestkontrollprogramms erfüllt worden sind.

## 2. Mindestkontrollprogramm

### 2.1 Erläuterung der Begriffe

a) Prüfungen der Prototypen sind Prüfungen, durch die festgestellt werden soll, ob die Zusammensetzung der radioaktiven Leuchtfarben, die Werkstoffe und die Herstellungsverfahren derartig sind, daß die Uhr oder ihre Teile den Erfordernissen dieser Normen entsprechen.

b) Die Qualitätskontrolle umfaßt Prüfungen, die gewährleisten sollen, daß die Farbe, die Teile und die Herstellungsverfahren die gleichen sind, die zur Herstellung des Prototyps der Uhr oder ihrer Teile verwendet wurden, und daß die Eigenschaften des Fertigprodukts die gleichen sind wie die Eigenschaften der Uhr oder der Teile, die als Prototypen geprüft wurden.

### 2.2 Prüfungen der Prototypen

Bei jedem Posten sind folgende Prüfungen hintereinander an fünf Uhren oder den entsprechenden Teilen durchzuführen.

batch is less than 20, tests need be conducted on only one time-piece.

#### 2.2.1 Type of nuclide, activity and marking

- (a) Type of nuclide: It should be determined by standard methods and/or by certification of the supplier of the radioisotope.
- (b) The activity shall be determined by methods appropriate for the radionuclide. (\*)
- (c) Marking: Visual inspection.

#### 2.2.2 Adhesion, release of activity and solubility

- (a) Adhesion: The dials shall be attached to a vibrating fixture and undergo vibration at a rate of between 20 and 30 cycles per second, and a vibration acceleration of not less than 2 g for a period of not less than one hour (g is the acceleration due to the earth's gravity).

The hands shall be bent over a cylinder of 2.5 cm diameter. If the length of the hand exceeds 1.5 cm, a larger bending radius up to the length of the hand tested shall be permitted. If for reasons of special design, bending tests are not practicable, they should be replaced by a vibration test similar to that for dials.

After this, appropriate tests should be made to check the firm adhesion of the paints on the dials and hands, i.e. by means of U-V lamps and/or measurement of the activity of

ces correspondantes. Si le lot comprend moins de 20 montres ou horloges, les essais pourront n'être effectués que sur l'une d'entre elles.

#### 2.2.1 Type de nuclide, activité et marquage

- (a) Type de nuclide: il doit être déterminé par des méthodes courantes et/ou au moyen d'un certificat du fournisseur du radio-isotope.
- (b) L'activité doit être déterminée selon des méthodes appropriées au radionuclide (\*).
- (c) Marquage: inspection visuelle.

#### 2.2.2 Adhérence, libération d'activité et solubilité

- (a) Adhérence: les cadrans sont fixés à un dispositif vibrant et soumis à des vibrations ayant une fréquence comprise entre 20 et 30 Hz et produisant une accélération de vibration qui ne doit pas être inférieure à 2 g pendant une durée d'au moins une heure (g est l'accélération due à la pesanteur).

Les aiguilles doivent être courbées sur un cylindre de 2,5 cm de diamètre. Si la longueur de l'aiguille dépasse 1,5 cm, on pourra utiliser un rayon de courbure plus grand, pouvant atteindre la longueur de l'aiguille soumise à l'essai. Si, dans le cas de modèles spéciaux, il n'est pas possible d'effectuer les essais de courbure, ceux-ci devront être remplacés par un essai de vibration analogue à celui qui est prévu pour les cadrans.

Après ces tests, on devra vérifier la bonne adhérence de la peinture sur les cadrans et aiguilles au moyen d'essais appropriés, par exemple en utilisant des lampes à rayons

Wenn zu einem Posten weniger als 20 Uhren gehören, brauchen Prüfungen nur an einer Uhr durchgeführt zu werden.

#### 2.2.1 Art des radioaktiven Stoffes, Aktivität und Kennzeichnung

- a) Die Art des radioaktiven Stoffes ist mit Hilfe von Standardverfahren und/oder auf Grund einer Bescheinigung des Lieferanten des Radioisotops festzustellen.
- b) Die Aktivität ist mit den für den betreffenden radioaktiven Stoff geeigneten Verfahren festzustellen\*).
- c) Kennzeichnung: visuelle Prüfung.

#### 2.2.2 Haftung, Aktivitätsabgabe und Löslichkeit

- a) Haftung: Die Zifferblätter müssen an einer vibrierenden Vorrichtung befestigt werden und einer Vibration mit einer Frequenz zwischen 20 bis 30 Schwingungen pro Sekunde und einer Vibrationsbeschleunigung von nicht weniger als 2 g (g ist die Erdbeschleunigung) mindestens eine Stunde lang ausgesetzt werden.

Die Zeiger müssen über einen Zylinder von 2,5 cm Durchmesser gebogen werden. Wenn die Länge der Zeiger größer als 1,5 cm ist, kann ein Radius mit einer größeren Krümmung bis zur Länge des zu prüfenden Zeigers verwendet werden. Kann wegen besonderer Ausführung der Biegetest nicht durchgeführt werden, so soll er durch einen Vibrationstest, wie er für die Zifferblätter gemacht wird, ersetzt werden.

Danach sollen entsprechende Prüfungen vorgenommen werden, um die feste Haftung der Farben auf den Zifferblättern und Zeigern festzustellen, z. B. mit Hilfe von UV-Lampen

(\*) For instance: by measuring of the activity or of the luminosity, applying chemical procedures and other appropriate methods.

(\*) Par exemple, par la mesure de l'activité ou de la luminosité, en appliquant des procédés chimiques ou d'autres méthodes appropriées.

\*) Z. B. durch Messen der Aktivität oder der Leuchtkraft, mit Hilfe chemischer Verfahren oder anderer geeigneter Methoden.

the painted components in order to ensure that no significant loss of activity has occurred.

- (b) Release of activity and solubility for Tritium-activated paints: Hands and dials containing Tritium-activated paints which have been subject to vibration or bending tests shall be totally immersed in distilled water at  $20 \pm 2^\circ \text{C}$  for 24 hours. The water must stand at least 3 mm above the painted area. The Tritium content of the water shall not exceed 5% of the original activity of the tested components.

### 2.2.3 Casing

The transparent cover must have a thickness equivalent to not less than  $50 \text{ mg/cm}^2$  at any point.

## 2.3 Quality Control

Quality control procedures shall be used to ensure that the quality of the timepiece or components compares adequately with the quality of those timepieces or components employed in the prototype tests. As a minimum, quality control shall consist of 100% visual inspection to detect cracking or flaking of paint, imperfections in the transparent cover, inadequate markings, etc.

Special control procedures may be set out by the appropriate national authority, which shall take any measures necessary to ensure compliance with the standards. The manufacturer should make any additional tests necessary to fulfil the Standards.

ultra-violets, et/ou en mesurant l'activité des pièces peintes pour s'assurer qu'il ne s'est pas produit de diminution notable de l'activité.

- (b) Libération d'activité et solubilité pour les peintures activées au tritium: les aiguilles et cadrans contenant des peintures activées au tritium, qui ont été soumis aux essais de vibration ou de courbure, doivent être entièrement immergés dans de l'eau distillée à  $20 \pm 2^\circ \text{C}$  pendant 24 heures, la surface de l'eau se trouvant au moins à 3 mm au-dessus de la surface peinte. La teneur de l'eau en tritium ne doit pas dépasser 5% de l'activité initiale des pièces soumises à l'essai.

### 2.2.3 Enveloppe

Le couvercle transparent doit avoir à chaque point une épaisseur équivalente à  $50 \text{ mg/cm}^2$  au moins.

## 2.3 Contrôle de qualité

Des opérations de contrôle de la qualité seront effectuées pour vérifier que la qualité de la montre ou horloge ou des pièces est comparable à celle des montres ou horloges ou des pièces utilisées pour les essais sur prototypes. Ces opérations comprendront, au minimum, une inspection visuelle à 100% destinée à vérifier que la peinture n'est ni craquelée ni écaillée, que le couvercle transparent ne présente pas de défauts, que le marquage est fait convenablement, etc.

Des procédures de contrôle spéciales peuvent être mises au point par l'autorité nationale compétente, qui prendra les dispositions nécessaires pour assurer le respect des normes. Le fabricant doit effectuer tous essais supplémentaires nécessaires pour satisfaire à ces normes.

und/oder einer Messung der Aktivität der mit Leuchtfarbe versehenen Teile, um sicherzustellen, daß kein wesentlicher Verlust der Aktivität stattgefunden hat.

- b) Aktivitätsabgabe und Löslichkeit bei mit Tritium aktivierten Leuchtfarben: Zeiger und Zifferblätter, die eine mit Tritium aktivierte Leuchtfarbe aufweisen und an denen der Vibrations- oder Biegetest durchgeführt wurde, müssen 24 Stunden lang vollständig in destilliertes Wasser von  $20 \pm 2^\circ \text{C}$  getaucht werden. Der Wasserspiegel muß mindestens 3 mm über der Farbe stehen. Die Tritiumgehalt des Wassers darf 5% der ursprünglichen Aktivität des geprüften Teiles nicht überschreiten.

### 2.2.3 Gehäuse

Die durchsichtige Abdeckung muß an jedem Punkt eine Flächendichte von mindestens  $50 \text{ mg/cm}^2$  haben.

## 2.3 Qualitätskontrolle

Durch Qualitätskontrollverfahren soll sichergestellt werden, daß die Eigenschaften der Uhr oder ihrer Teile mit den Eigenschaften derjenigen Uhren oder Teile vergleichbar sind, die im Prototypentest geprüft wurden. Die Qualitätskontrolle muß mindestens aus einer 100prozentigen visuellen Prüfung bestehen, durch die Risse oder Abblättern der Farbe, Fehler in der durchsichtigen Abdeckung, unzureichende Kennzeichnung usw. entdeckt werden sollen.

Besondere Kontrollverfahren können von der zuständigen nationalen Behörde vorgeschrieben werden, die alle Maßnahmen ergreifen muß, damit den Normen entsprochen wird. Der Hersteller soll alle zusätzlichen Prüfungen vornehmen, die zur Erfüllung der Normen notwendig sind.

## ANNEX I

Selection of Radionuclides to be used  
in Radioluminous Timepieces1. General criteria for  
selection

Out of the large number of naturally occurring and artificially produced radionuclides, only those which possess the following properties are technically suitable for use in radioluminous paint:

- (i) Emit radiation suitable for producing luminosity in luminous paint, but which do not cause significant deterioration of the phosphor.
- (ii) Have a lifetime long enough so that sufficient luminosity is obtained during the lifetime of the timepiece for which they are used.
- (iii) Can be readily obtained at moderate costs in the required concentration and quantity.

The selection of radionuclides which can be permitted for use in radioluminous paint for timepieces must take into account the particular requirements of radiation protection which may be summarised as follows:

The quantity of the radionuclide per timepiece required to obtain sufficient luminosity shall be so low that:

- (i) The doses which would result from external radiation of the timepiece should constitute only an insignificant fraction of the maximum permissible doses which apply to individual members of the public (\*);
- (ii) The doses which would result from internal radiation if particles of the radioluminous paint were accidentally incorporated should— even under extreme conditions of intake— not constitute a significant radiation hazard.

For convenience of physical surveillance it is also desirable that the radionuclide meets the following requirements:

- (i) It can be obtained without significant contamination from other radionuclides.

(\*) This fact stresses once again the desirability of using Pm-147 and H-3 (see point 4.1.1).

## ANNEXE I

Choix des radionuclides à utiliser  
dans la fabrication des montres  
et horloges radioluminescentes1. Critères généraux  
de sélection

Parmi les innombrables radionuclides naturels et artificiels, seuls ceux qui répondent aux conditions suivantes peuvent être utilisés, du point de vue technique, pour l'activation de la peinture luminescente:

- (i) Emettre des radiations capables de rendre lumineuses les peintures luminescentes, sans altérer sensiblement la substance luminescente.
- (ii) Avoir une période suffisante pour pouvoir assurer une luminosité satisfaisante pendant toute la durée de vie de l'instrument ou appareil dans lequel le radionuclide est employé.
- (iii) Etre facile à obtenir, à des prix modérés, en quantité suffisante et à la concentration voulue. Pour déterminer quels sont les radionuclides dont l'emploi peut être autorisé dans les peintures luminescentes destinées aux montres et horloges, il faut tenir compte des conditions particulières imposées par la protection contre les radiations; ces conditions peuvent être résumées comme suit:

La quantité de radionuclides par montre ou horloge nécessaire pour obtenir une luminosité satisfaisante doit être suffisamment faible pour que:

- (i) les doses qui peuvent résulter des radiations externes dues à la montre ou horloge ne constituent qu'une fraction insignifiante des doses maximales admissibles qui s'appliquent aux membres de la population pris individuellement (\*);
- (ii) les doses qui peuvent résulter d'une irradiation interne si des particules de peinture radioluminescente sont ingérées accidentellement ne puissent pas — même sous des conditions extrêmes d'ingestion — constituer une possibilité d'irradiation appréciable.

Afin de faciliter la surveillance physique il est également souhaitable que le radionuclide remplisse les conditions suivantes:

- (i) Il doit pouvoir être obtenu sans contamination notable par d'autres radionuclides.

(\*) Ceci montre une fois de plus qu'il est préférable d'utiliser Pm-147 et H-3 (cf. 4.1.1).

## ANLAGE I

Auswahl radioaktiver Stoffe  
für Uhren mit Leuchtfarben1. Allgemeine Kriterien  
für die Auswahl

Aus der großen Zahl natürlich vorkommender und künstlich erzeugter radioaktiver Stoffe sind nur solche für radioaktive Leuchtfarben technisch brauchbar, die folgende Eigenschaften haben:

- i) Sie müssen eine Strahlung aussenden, die in der Lage ist, die Leuchtfarben zum Leuchten zu bringen, aber keine wesentliche Verschlechterung des Leuchtstoffs verursacht.
- ii) Ihre Lebensdauer muß so lang sein, daß während der Lebenszeit der Uhr, für die sie benutzt werden, ausreichende Helligkeit erzeugt wird.
- iii) Sie müssen zu vertretbaren Kosten in der gewünschten Konzentration und Menge leicht erhältlich sein.

Bei der Auswahl der radioaktiven Stoffe für Leuchtfarben von Uhren muß den besonderen Erfordernissen des Strahlenschutzes Rechnung getragen werden, die wie folgt zusammengefaßt werden können:

Die zur Erzeugung einer ausreichenden Helligkeit erforderliche Menge an radioaktiven Stoffen pro Uhr muß so klein sein, daß

- i) die Dosen, die sich aus einer von der Uhr ausgehenden äußeren Bestrahlung ergeben können, nur einen unbedeutenden Bruchteil der für einzelne Mitglieder der Bevölkerung geltenden höchstzulässigen Dosen ausmachen\*);
- ii) die Dosen, die sich aus einer inneren Bestrahlung ergeben können, wenn Partikel der radioaktiven Leuchtfarbe durch einen Unfall inkorporiert werden, sollen — auch unter extremen Bedingungen — nicht zu einer wesentlichen Strahlengefährdung führen.

Um die physikalische Überwachung zu erleichtern, ist es außerdem wünschenswert, daß der radioaktive Stoff folgenden Bedingungen entspricht:

- i) Er kann ohne nennenswerte Verunreinigung durch andere radioaktive Stoffe erzeugt werden.

\* Hier zeigt sich noch einmal, daß vorzugsweise Pm-147 und H-3 verwendet werden sollten (siehe 4.1.1).

- (ii) It can be bound in the luminous paint so that it does not escape in significant amounts.
- (iii) It can be easily measured in quantities which are to be kept under control (e. g. activity handled, surface contamination, concentration in air and water, body burden).

In Table 1 are listed those radionuclides which have been used so far or which have been considered for use. As the following radionuclides are not commercially available, they are not included in the table: Sm-151, Tm-171, Ac-227, U-232, U-233, Np-237, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241, Pu-242, Cm-244, Cm-246, Cf-250, Cf-252. Ra-228 has been omitted because it can be obtained only with varying contents of Ra-226.

For the assessment of doses from external radiation are listed the specific gamma-ray emission and the specific beta-ray emission of the radionuclides. Doses from internal radiation can be assessed for all the radionuclides included in Table 1 from data published by ICRP (1).

## 2. Activity required to produce adequate luminosity

The basic concept in radiation protection is that all doses be kept as low as practicable and that any unnecessary exposure be avoided. In radiation protection applicable to the use of radioluminous timepieces compliance with the basic concept of radiation protection is best achieved if the activity per timepiece is kept as low as practicable, i. e. not higher than is required to produce adequate luminosity.

The recognition of hand positions and dial divisions by luminous paint marks depends primarily on the size of the marking, the brightness of the surface (\*) and the reading distance. The values of minimum brightness listed in Table 2 were assessed (1) under the assumption that "point marking" is applied and that the spot diameters and reading distances listed in the second and third column respectively apply to the various types of timepieces for which the

(\*) Luminosity is measured in units of brightness. Brightness is measured by the flux emitted per unit emissive area as projected on a plane normal to the line of sight. The unit of brightness is that of a perfectly diffusing surface giving out one lumen per square centimeter of projected surface and is called the lambert (L).

- (ii) Il doit pouvoir être incorporé dans la peinture luminescente sans perte sensible de matière.
- (iii) Il doit être aisément mesurable pour des quantités qui doivent être tenues sous contrôle (par ex. activité manipulée, contamination de surface, concentration dans l'air et dans l'eau, charge corporelle).

Le Tableau 1 contient la liste des radionuclides qui ont été utilisés jusqu'à présent ou que l'on envisage d'utiliser. Les radionuclides énumérés ci-après, qui ne peuvent être obtenus dans des conditions commerciales, n'ont pas été inclus dans le tableau: Sm-151, Tm-171, Ac-227, U-232, U-233, Np-237, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241, Pu-242, Cm-244, Cm-246, Cf-250, Cf-252. Le Ra-228 n'est pas mentionné parce qu'il ne peut être obtenu qu'avec des teneurs variables en Ra-226.

Pour l'évaluation des doses d'irradiation externe, on a dressé le tableau de l'émission spécifique gamma et de l'émission spécifique bêta des radionuclides. On peut calculer les doses d'irradiation interne pour tous les radionuclides indiqués dans le Tableau 1 à partir des données publiées par l'ICRP (1).

## 2. Radioactivité nécessaire pour obtenir une luminosité convenable

Le principe de base en matière de radioprotection est que toutes les doses doivent rester aussi faibles que possible et que toute exposition inutile doit être évitée. En ce qui concerne l'application des normes de protection contre les radiations à l'utilisation des montres et horloges luminescentes, le principe de base sera observé au mieux, si l'activité par montre ou horloge est aussi faible que possible, c'est-à-dire si elle ne dépasse pas l'activité nécessaire pour produire une luminosité suffisante.

La visibilité de la position des aiguilles et des divisions des cadrans grâce à des repères de peinture luminescente dépend surtout de la grandeur des repères, de la luminosité de la surface (\*) et de la distance de lecture. Les valeurs de luminance minimale données au Tableau 2 ont été évaluées (2) en supposant que le marquage est fait par « points » et que les diamètres des points ainsi que les distances de lecture inscrites dans la deuxième et troisième colonne s'appli-

(\*) La luminosité est mesurée en unités de luminance. La luminance est le flux lumineux émis par unité de surface de la source lumineuse projetée sur un plan normal à la ligne de visée. L'unité de luminance est la luminance d'une surface parfaitement diffusante, émettant un flux d'un lumen par centimètre carré de surface apparente. Cette unité est appelée le Lambert (L).

- ii) Er kann so an die Leuchtfarbe gebunden werden, daß er nicht in wesentlicher Menge entweicht.
- iii) Die einzuhaltenden Größen (z. B. die Umgangsaktivität, Oberflächenkontamination, Konzentration in Luft und Wasser, Körperbelastungswert) können leicht gemessen werden.

Die Tabelle 1 enthält die radioaktiven Stoffe, die bisher verwendet wurden oder deren Verwendung beabsichtigt ist. Da die nachstehend genannten Stoffe nicht im Handel erhältlich sind, werden sie in der Tabelle nicht aufgeführt: Sm-151, Tm-171, Ac-227, U-232, U-233, Np-237, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241, Pu-242, Cm-244, Cm-246, Cu-250, Cf-250, Cf-252. Ra-228 wurde ausgelassen, weil er nicht ohne einen unterschiedlichen Gehalt an Ra-226 erhältlich ist.

Zur Bestimmung der durch äußere Bestrahlung hervorgerufenen Dosen wurden die Dosiskonstanten für die Gamma- und Betastrahlung der radioaktiven Stoffe zusammengestellt. Die durch innere Bestrahlung hervorgerufenen Dosen lassen sich für alle in der Tabelle 1 angeführten radioaktiven Stoffe aus den von der ICRP (1) veröffentlichten Angaben bestimmen.

## 2. Die zur Erzeugung einer ausreichenden Helligkeit erforderliche Aktivität

Es ist die Grundregel des Strahlenschutzes, alle Dosen so niedrig wie möglich zu halten und jede unnötige Strahlenbelastung zu vermeiden. Bei der Anwendung des Strahlenschutzes auf den Gebrauch von Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben wird die Übereinstimmung mit der Grundregel des Strahlenschutzes am besten erreicht, wenn die Aktivität pro Uhr so niedrig wie möglich gehalten wird, d. h. nicht höher, als dies zur Erzeugung einer ausreichenden Helligkeit notwendig ist.

Die Erkennbarkeit von Zeigerstellung und Zifferblatteinteilung durch Leuchtfarbenmarkierung hängt vor allem von der Größe der Markierung, der Leuchtdichte der Oberfläche\*) und der Ableseentfernung ab. Die Werte der minimalen Leuchtdichte in Tabelle 2 wurden in der Annahme abgeschätzt (1), daß die Markierung punktförmig ist und daß die Durchmesser der einzelnen Punkte ebenso wie die Ableseentfernungen in den Spalten zwei und drei für die ver-

\*) Die Helligkeit wird in Einheiten der Leuchtdichte gemessen. Die Leuchtdichte wird gemessen durch den Fluß, der von einer Einheitsfläche in der Ebene senkrecht zur Blickrichtung ausgesandt wird. Die Einheit der Leuchtdichte ist die einer ideal diffusen Oberfläche, die ein Lumen pro cm<sup>2</sup> der senkrecht zur Blickrichtung projizierten Oberfläche aussendet, und wird Lambert (L) genannt.

values are given. It is to be noted that also normal eyesight and adaptation of the eye to darkness over a period of 30 minutes was presupposed in the assessment of the values of minimum brightness. Investigations of the activity required per gram of phosphor to produce a brightness in the range of 1  $\mu\text{L}$  to 100  $\mu\text{L}$  have been published for H-3, Sr-90/Y-90, Pm-147, Tl-204 and Ra-226 by various authors (3, 4, 5) and by luminous paint manufacturers (6—11) (\*). On the basis of these values the activity ratio

$$R_A = \frac{\text{activity of beta-emitter/gram phosphor}}{\text{activity of Ra-226/gram phosphor}}$$

which corresponds to luminous densities of 1 to about 10  $\mu\text{L}$  was assessed (2).

The values of the activity per gram phosphor (Zns/Ag) required to produce an initial brightness of 1  $\mu\text{L}$  (two months after manufacture) A (0) and the corresponding activity ratios  $R_A$  (0) listed in columns 2 and 3 of Table 3 do not make allowance for losses of brightness due to radioactive decay, release of activity and deterioration of the phosphor during the lifetime of the timepiece, and due to the absorption of radiation and visible light in the painted spot. These losses were taken into account via time dependent loss factors  $\tau$  (radioactive decay) and  $\eta$  (deterioration of the phosphor and release of activity from the paint), and the time independent loss factor  $\delta$  (loss in the applied condition as compared to the brightness of the activated natural phosphor in powder form).

(\*) It is to be noted that the reported values are not in all cases suitable for comparison. Different phosphors were used and the method of paint preparation and of measurement of luminosity were not standardized. For that reason the calculations of the activities required to produce a luminosity of 1  $\mu\text{L}$  had to be based on the best possible interpolation from measured data. Therefore the ratios listed should not be taken as absolute values, they are intended for guidance only in the assessment of the order of magnitude of exposure levels from external and internal radiation and would require correction as more detailed information becomes available.

quent respectivement aux divers types de montres et horloges pour lesquelles les valeurs sont indiquées. Il convient de noter que pour évaluer les valeurs de luminance minimale, on a admis que l'acuité visuelle est normale et que l'œil a pu s'adapter à l'obscurité pendant une durée de 30 minutes. Des études sur l'activité nécessaire par gramme de substance phosphorescente pour produire une luminance allant de 1  $\mu\text{L}$  à 100  $\mu\text{L}$  ont été publiées en ce qui concerne H-3, Sr-90/Y-90, Pm-147, Tl-204 et Ra-226 par divers auteurs (3, 4, 5) et par des fabricants de peintures luminescentes (6-11) (\*). En se fondant sur ces valeurs, on a évalué le rapport de l'activité

$$R_A = \frac{\text{activité de l'émetteur bêta/gramme de substance phosphorescente}}{\text{activité de Ra-226/gramme de substance phosphorescente}}$$

qui correspond à des densités lumineuses allant de 1 à environ 10  $\mu\text{L}$  (2).

Les valeurs de l'activité par gramme de substance phosphorescente (Zns/Ag) nécessaire pour produire une luminance initiale de 1  $\mu\text{L}$  (deux mois après fabrication) A(0) et les rapports de l'activité correspondants  $R_A$ (0) indiqués dans les colonnes 2 et 3 du Tableau 3 ne tiennent pas compte des pertes de luminance dues, d'une part, à la décroissance radioactive, à la libération de radioactivité et à la détérioration de la substance phosphorescente au cours de la durée de vie de l'horloge ou de la montre, et, d'autre part, à l'absorption de radiations et de lumière visible dans le repère enduit de peinture. Il a été tenu compte de ces pertes au moyen des facteurs de perte, fonctions du temps,  $\tau$  (décroissance radioactive) et  $\eta$  (détérioration de la substance phosphorescente et libération de radioactivité de la peinture) ainsi qu'au moyen du facteur de perte indépendant du temps  $\delta$  (perte de luminance dans les conditions d'utilisation par rapport à la luminance de la substance phosphorescente naturelle activée prise sous forme de poudre).

(\*) On notera que les chiffres indiqués ne sont pas toujours comparables. Les différents auteurs n'ont pas utilisé les mêmes substances phosphorescentes ni les mêmes méthodes de préparation des peintures et de mesure de la luminosité. Dans ces conditions, les radioactivités nécessaires pour obtenir une luminance de 1  $\mu\text{L}$  ont été calculées par une interpolation aussi précise que possible à partir des données mesurées. Il ne faut donc pas s'attacher aux valeurs absolues données pour les indices: elles ne sont indiquées que pour permettre d'évaluer l'ordre de grandeur des taux d'irradiation externe et interne, et elles devront être corrigées dès que des données plus précises seront disponibles.

schiedenen Uhrentypen gelten, für die die Werte jeweils angegeben sind. Es ist zu beachten, daß auch eine normale Sehfähigkeit und eine Dunkeladaptation des Auges über eine Zeitspanne von 30 Minuten bei der Abschätzung der Mindestlichtstärke zugrunde gelegt wurden. Untersuchungen über die Aktivität, die pro Gramm Leuchtstoff benötigt wird, um eine Leuchtdichte im Bereich von 1  $\mu\text{L}$  bis 100  $\mu\text{L}$  zu erzeugen, sind für H-3, Sr-90/Y-90, Pm 147, Tl-204 und Ra-226 von verschiedenen Autoren (3, 4, 5) und von Leuchtfarbenherstellern (6—11) \*) veröffentlicht worden.

Auf der Grundlage dieser Werte wurde das Verhältnis der Aktivität

$$R_A = \frac{\text{Aktivität eines Beta-Strahlers/ Gramm Leuchtstoff}}{\text{Aktivität von Ra-226/ Gramm Leuchtstoff}}$$

bestimmt, das Leuchtdichten von etwa 1 bis 10  $\mu\text{L}$  entspricht (2).

Die angegebenen Werte der Aktivität/Gramm Leuchtstoff (Zns/Ag), die zur Erzeugung einer Anfangsleuchtdichte von 1  $\mu\text{L}$  (zwei Monate nach der Herstellung) A (0) erforderlich ist und die entsprechenden Aktivitätsverhältnisse  $R_A$  (0), die in den Spalten zwei und drei der Tabelle 3 aufgeführt sind, lassen eine Abnahme der Leuchtdichte unberücksichtigt, die auf radioaktivem Zerfall, Abnahme der Aktivität und Leuchtstoffzerstörung während der Lebensdauer der Uhr sowie auf der Absorption von radioaktiver Strahlung und sichtbarem Licht im Leuchtstoff beruht. Diesen Verlusten an Leuchtdichte wurde Rechnung getragen durch zeitabhängige Faktoren  $\tau$  (Abnahme durch radioaktiven Zerfall) und  $\eta$  (Abnahme durch Leuchtstoffverschlechterung und Aktivitätsabnahme in der Leuchtfarbe) und durch zeitunabhängige Faktoren  $\delta$  (Verminderung der Leuchtdichte der aufgetragenen Leuchtfarbe gegenüber der Leuchtdichte des angeregten natürlichen Leuchtstoffs in Pulverform).

\*) Es ist zu beachten, daß die angegebenen Werte nicht immer vergleichbar sind. Es wurden verschiedene Leuchtstoffe verwendet, und die Methoden der Farbenherstellung und der Helligkeitsmessung waren nicht standardisiert. Aus diesem Grunde mußten die Berechnungen der Aktivitäten, die zur Erzeugung einer Leuchtdichte von 1  $\mu\text{L}$  notwendig sind, auf der bestmöglichen Interpolation der gemessenen Daten beruhen. Deshalb sollen die tabellierten Verhältniszahlen nicht als absolute Werte betrachtet werden; sie sind nur als Orientierung für die Abschätzung der Größenordnung der äußeren und inneren Bestrahlung gedacht und müssen berichtigt werden, sobald genauere Angaben zur Verfügung stehen.

The values  $\tau$  (10),  $\eta$  (10),  $\delta$  (10), A (10) and  $R_A$  (10) given in Table 3 were assessed (2) for timepieces with an expected lifetime of 10 years. The influence of colour additives, which reduce the luminous density to as much as 30% of the uncoloured phosphor, was left out of account, because such colourings conflict with the basic concept of radiation protection. On the basis of the A (10) values given in Table 3 and values quoted by the dial painting industry for the quantities of activated phosphor required per timepiece and the minimum luminous densities needed for the various types of ordinary timepieces (see Table 2) an assessment was made on the total activity required per timepiece (see Table 4). These values are found to be some 3—4 times higher for travel alarm clocks and large alarm clocks than for other timepieces.

It should be noted that the values of the total activity of timepieces listed in Table 4 are minimum values. Allowance should be made for higher activities in order to compensate for variation of eyesight, to reduce the time required for adaptation of the eye for reading and to compensate for quality variation of the luminous paint. For that reason four times the minimum total activity values which apply to small watches and twice the minimum total activity values which apply to alarm clocks (in these cases variation of eyesight can be compensated by reduction of the reading distance) may be used for guidance in limiting the total activity of ordinary timepieces. For special timepieces ten times the minimum total activity values which apply to small watches may be considered a reasonable upper limit of the total activity per timepiece. It should be possible that with these activity levels the luminosity can be obtained which is required to permit reading of the time under all the special conditions for which special timepieces are designed.

### 3. Hazards of exposure from external and internal radiation

Due to more than 60 years of experience with Radium, the potential risks of radiation exposure from this

Les valeurs  $\tau$ (10),  $\eta$ (10),  $\delta$ (10), A(10) et  $R_A$ (10) indiquées au Tableau 3 ont été calculées (2) pour des montres et horloges ayant une durée de vie prévue de dix ans. L'influence des additifs colorants, qui réduisent la densité lumineuse de 30% par rapport à celle de la substance phosphorescente non colorée, a été négligée parce que l'utilisation de ces colorants est incompatible avec le principe de base de la protection contre les radiations. En se fondant sur les valeurs de A(10) indiquées au Tableau 3 ainsi que sur les valeurs établies par les fabricants de peintures destinées aux appareils d'horlogerie pour les quantités de substances phosphorescentes activées nécessaires par horloge ou par montre et pour les densités lumineuses minimales nécessaires pour les divers types d'horloges et de montres ordinaires (voir Tableau 2), on a évalué l'activité totale requise par montre ou horloge (voir Tableau 4). On a constaté que ces valeurs étaient d'environ 3 à 4 fois plus élevées pour les réveils de voyage et les réveils de grandes dimensions que pour les autres appareils d'horlogerie.

Il convient de noter que les valeurs de l'activité totale des montres et horloges qui figurent dans le Tableau 4 sont des valeurs minimales. Il est nécessaire de prévoir des activités plus élevées afin de tenir compte des variations d'acuité visuelle, de réduire le temps nécessaire à l'adaptation de l'œil en vue de la lecture et de compenser les variations de qualité de la peinture lumineuse. Pour cette raison, on peut utiliser à titre indicatif comme limite de l'activité totale des montres et horloges ordinaires, des valeurs quatre fois supérieures à celles de l'activité totale minimale s'appliquant à des montres de petites dimensions et deux fois supérieures à celles de l'activité totale minimale s'appliquant à des réveils (dans ces cas, les variations de l'acuité visuelle peuvent être compensées par la réduction de la distance de lecture). En ce qui concerne les montres et horloges spéciales, on peut considérer que la limite supérieure raisonnable de l'activité totale par montre ou par horloge est dix fois supérieure aux valeurs de l'activité totale minimale s'appliquant à des montres de petites dimensions. Il devrait être possible d'obtenir avec ces niveaux d'activité la luminosité permettant la lecture de l'heure dans toutes les conditions spéciales pour lesquelles les montres et horloges spéciales sont conçues.

### 3. Risques d'exposition à l'irradiation externe et interne

Grâce à l'expérience acquise sur le radium depuis plus de soixante ans, on connaît bien les risques d'irradiation

Die in Tabelle 3 aufgeführten Werte  $\tau$  (10),  $\eta$  (10),  $\delta$  (10), A (10) und  $R_A$  (10) sind für Uhren mit einer angenommenen Lebensdauer von 10 Jahren bestimmt worden (2). Der Einfluß von Farbzusätzen, die die Leuchtdichte des ungefärbten Leuchtstoffs bis auf 30% reduzieren, blieb unberücksichtigt, weil solche Färbungen den Grundsätzen des Strahlenschutzes widersprechen. Auf der Grundlage der in Tabelle 3 aufgeführten Werte von A (10) und der von den Herstellern von Leuchtfarben für Uhren angegebenen Werte über die pro Uhr benötigte Menge Leuchtstoff und die für die verschiedenen Typen von gewöhnlichen Uhren erforderlichen Mindestleuchtdichten (siehe Tabelle 2) wurde die pro Uhr erforderliche Gesamtaktivität bestimmt (siehe Tabelle 4). Es wurde festgestellt, daß diese Werte bei Reiseweckern und Großweckern etwa 3—4mal so hoch waren wie bei anderen Uhren.

Es sollte beachtet werden, daß die in Tabelle 4 aufgeführten Werte der Gesamtaktivität von Uhren Mindestwerte sind. Es sollten höhere Aktivitäten genehmigt werden, um Unterschiede in der Sehfähigkeit auszugleichen, um die Zeit für die Dunkeladaptation des Auges herabzusetzen und um Qualitätsunterschiede der Leuchtfarbe auszugleichen. Aus diesem Grunde können das Vierfache der für kleine Uhren und das Zweifache der für Wecker geltenden Mindestwerte (Unterschiede der Sehfähigkeit können in diesen Fällen durch Herabsetzung der Ablesentfernung ausgeglichen werden) für die Begrenzung der Gesamtaktivität gewöhnlicher Uhren als Richtwerte verwendet werden. Bei Spezialuhren kann man das 10fache der für kleine Uhren geltenden kleinsten Gesamtaktivität als eine angemessene obere Grenze für die Gesamtaktivität pro Uhr ansehen. Es sollte mit diesen Aktivitätsbereichen möglich sein, die Helligkeit zu erreichen, die benötigt wird, um die Zeit unter all den besonderen Bedingungen abzulesen, für die Spezialuhren bestimmt sind.

### 3. Gefahren einer äußeren und inneren Strahlenbelastung

Auf Grund von mehr als 60jähriger Erfahrung mit Radium ist die mögliche Strahlengefährdung durch dieses Ele-

element and its daughter products are well understood. Timepieces with luminous paint activated with Radium have been in use over the past 50 years and there exists a considerable volume of literature which gives estimates of radiation doses to the public resulting from the use of Radium-activated luminous timepieces. It would seem useful to make use of these data in arriving at comparative estimates of the radiological hazards to the public resulting from the use of luminous timepieces containing the other radionuclides which are listed in Table 1.

3.1 External exposure

The only data at present available on the doses received by various organs as a result of external exposure from timepieces relate to timepieces containing Ra-226 (12—22). Experimental investigations have shown that the radiation doses are closely bound up with the habits of the user and the design of the timepiece. Values for specific beta- and gamma-ionization (see Table 1) and the relative activity values  $R_A$  (10) (see Table 3) are therefore used here in assessing the external exposure to be expected from the use of the radionuclide X under consideration, relative to the exposure which must be expected if Ra-226 is used (\*). In calculating the  $K\beta$  values it was assumed that beta radiation is absorbed by 50 mg/cm<sup>2</sup> (minimum thickness of the transparent cover). Contributions from bremsstrahlung and absorption in air were ignored. The decay of the radionuclide over the lifetime of the timepiece is taken into account by introducing the integral mean value of the specific beta- and gamma-ray emission over that period. The relative dose values shown in Table 5 correspond to the relationship.

(\*) There exist some uncertainties with respect to the  $R\beta$  value of Ra-226. If it is assumed that Bi-210 (RaE), daughter product of Pb-210 (RaD) ( $T_p = 19.4y$ ) is not present, then the calculated value is  $K\beta = 370 \frac{\text{rad cm}^2}{\text{h mCi}}$ . In calculating the dose ratio, the value  $K\beta = 400 \frac{\text{rad cm}^2}{\text{h mCi}}$  was used for Ra-226.

provenant de cet élément et de ses produits de désintégration. On utilise des montres et horloges contenant de la peinture luminescente à base de radium depuis plus de cinquante ans et il existe une très importante littérature qui donne des évaluations concernant les doses d'irradiation délivrées à la population par suite de l'utilisation de montres et horloges luminescentes activées au radium. Il semble qu'il serait utile d'utiliser ces données pour parvenir à des estimations comparatives sur les risques d'irradiation courus par la population par suite de l'utilisation de montres et horloges luminescentes contenant les autres radionuclides figurant au Tableau 1.

3.1 Exposition à l'irradiation externe

Les seules données que l'on possède à l'heure actuelle sur les doses reçues par les divers organes par suite d'une exposition externe aux montres et horloges contenant des montres et horloges contenant du Ra-226 (12—22). Des recherches expérimentales ont montré que les doses d'irradiation dépendent très étroitement des habitudes de l'utilisateur et du modèle de l'appareil d'horlogerie. C'est pourquoi, on utilise ici les valeurs de l'ionisation spécifique bêta et gamma (voir Tableau 1) et les valeurs relatives de l'activité  $R_A$  (10) (voir Tableau 3) pour évaluer l'exposition externe devant résulter de l'utilisation du radionuclide X examiné, par rapport à l'exposition à prévoir dans le cas du Ra-226 (\*). Pour calculer  $K\beta$ , on a supposé que la radiation bêta est absorbée par 50 mg/cm<sup>2</sup> (épaisseur minimale de verre de protection). On a considéré comme négligeables le rayonnement de freinage (bremsstrahlung) et l'absorption dans l'air. On a tenu compte de la décroissance du radionuclide pendant toute la durée de vie de l'appareil d'horlogerie en introduisant la valeur moyenne intégrale des émissions spécifiques bêta et gamma respectives pendant cette période. Les valeurs relatives des doses indiquées dans le Tableau 5 correspondent à la relation:

$$R_{\beta,\gamma}(10) = \frac{\left[ R_A(10) \times K_{\beta,\gamma} \times \frac{1 - e^{-0.693t/T_p}}{0.693t/T_p} \right]}{K_{\beta,\gamma}} \times \text{Ra-226}$$

(\*) Il existe quelques incertitudes sur la valeur de  $R\beta$  du Ra-226. Si l'on admet qu'il n'y a pas présence de Bi-210 (RaE) produit de filiation du Pb-210 (RaD) ( $T_p = 19.4$  ans), la valeur calculée est  $K\beta = 370 \frac{\text{rad cm}^2}{\text{h mCi}}$ . Pour calculer le rapport de dose on a utilisé pour Ra-226 la valeur  $K\beta = 400 \frac{\text{rad cm}^2}{\text{h mCi}}$ .

ment und seine Tochterprodukte gut bekannt. Uhren, die radiumaktivierte Leuchtfarben aufweisen, werden seit mehr als 50 Jahren benutzt, und es ist eine umfangreiche Literatur über die Strahlendosen vorhanden, denen die Bevölkerung bei Benutzung von Uhren mit radiumaktivierten Leuchtfarben ausgesetzt ist. Es erscheint zweckmäßig, diese Daten zu verwenden, um zu einer vergleichswisen Abschätzung der Strahlengefahr zu gelangen, der die Bevölkerung durch die Benutzung von Uhren mit Leuchtfarben ausgesetzt ist, welche die anderen in Tabelle 1 aufgeführten radioaktiven Stoffe enthalten.

3.1 Äußere Strahlenbelastung

Die einzigen bis heute vorliegenden Angaben über Dosen, welche die verschiedenen Organe durch eine von Uhren ausgehende äußere Bestrahlung erhalten haben, beziehen sich auf Uhren, die Ra-226 enthalten (12—22). Experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, daß die Strahlendosen stark von den Gewohnheiten des Benutzers und dem Aufbau der Uhr abhängen. Deshalb werden hier Dosiskonstanten der Beta- und Gammastrahlung (siehe Tabelle 1) und relative Werte der Aktivität  $R_A$  (10) (siehe Tabelle 3) benutzt, um die äußere Strahlenbelastung, die sich aus der Verwendung des in Betracht gezogenen Stoffes X ergibt, im Verhältnis zu der Strahlenbelastung zu bestimmen, die erwartet werden muß, wenn Ra-226 verwendet wird (\*). Bei der Berechnung der  $K\beta$ -Werte wurde davon ausgegangen, daß die Betastrahlung durch eine Schicht von 50 mg/cm<sup>2</sup> (Mindeststärke des Uhrglases) absorbiert wird. Die Bremsstrahlung und die Absorption in der Luft wurden vernachlässigt. Dem radioaktiven Zerfall während der Lebensdauer der Uhr wurde dadurch Rechnung getragen, daß ein integraler Mittelwert der spezifischen Beta- und Gammastrahlung für diesen Zeitraum eingeführt wurde. Die in Tabelle 5 aufgeführten relativen Dosiswerte entsprechen dem Verhältnis

(\*) Es bestehen gewisse Unklarheiten über den Wert von  $R\beta$  des Ra-226. Wenn man davon ausgeht, daß kein Bi-210 (RaE), ein Tochterprodukt des Pb-210 (RaD) ( $T_{1/2} = 19,4$  Jahre), vorhanden ist, so ist die berechnete Größe von  $K\beta = 370 \frac{\text{rad cm}^2}{\text{h mCi}}$ . Zur Berechnung des Dosisverhältnisses wurde für Ra-226 die Größe  $K\beta = 400 \frac{\text{rad cm}^2}{\text{h mCi}}$  eingesetzt.

$R_A(10)$ —Ratio of the specific activity of the given radionuclide (Ci/g of phosphor) required to produce a luminosity of 1  $\mu$ L after a period of 10 years to the specific activity of Radium-226 required to produce a luminosity of 1  $\mu$ L after a period of 10 years.

$R_\beta(10)$ ,  $R_\gamma(10)$ —Ratio of the external beta or gamma radiation exposure received over a period of 10 years from a specific activity  $R_A(10)$  of the given radionuclide to the external beta or gamma radiation exposure received over a period of 10 years from unit specific activity of Radium-226.

The values of  $R_\beta$  and  $R_\gamma$  can only serve as a rough guide in the assessment of surface doses. The assessment of the doses received by specific organs would require more elaborate calculations whereby in particular the exposure geometry and the absorption of the radiation in tissue would need detailed consideration. It can be seen from Table 5 that exposure of the user of a timepiece from beta radiation and gamma radiation can be reduced to zero level if H-3, C-14, Ni-63 or Pm-147 are used. In the case of Tc-99 if the thickness of the absorbent medium is assumed to be 75 mg/cm<sup>2</sup>, the value of  $R_\beta$  would be barely distinguishable from zero. However, if Cl-36, Kr-85, Sr-90 or Tl-204 were used, then the exposure from beta radiation would be significantly (by factors between 20 and 70) higher than that which would result from use of Ra-226. A beta dose still higher by a factor of 5 would result from the use of Pb-210. In case of Th-230 and Am-241 there would not exist exposure from beta radiation and the doses from gamma radiation could be considerably reduced.

### 3.2 Internal exposure

Table 6 shows dose equivalent values (rem) per unit activity ( $\mu$ Ci) taken up by adults (standard man). The values were calculated for various modes of uptake of soluble and insoluble materials on the basis of the values published by ICRP (1) for metabolic behaviour, effective energy and organ weights. For effective energies whose effective half-lives are long in comparison with the expected exposure times (Sr-90, Ra-226, Th-

$R_A(10)$  — Rapport entre l'activité spécifique d'un radionuclide donné (Ci/g de phosphore) nécessaire pour produire une luminosité de 1  $\mu$ L au bout de dix ans et l'activité spécifique du radium 226 nécessaire pour produire une luminosité de 1  $\mu$ L au bout de dix ans.

$R_\beta(10)$ ,  $R_\gamma(10)$  — Rapport entre l'irradiation externe due aux rayonnements bêta ou gamma, délivrée au cours d'une période de dix ans par suite de l'activité spécifique  $R_A(10)$  d'un radioisotope donné, et l'irradiation externe due aux rayonnements bêta ou gamma, délivrée au cours d'une période de dix ans et provenant de l'activité spécifique unité du radium 226.

Les valeurs de  $R_\beta$  et  $R_\gamma$  peuvent servir seulement d'indication sommaire dans l'évaluation des doses par unité de surface. L'évaluation des doses reçues par des organes déterminés exigerait des calculs plus compliqués dans lesquels il faudrait notamment tenir compte, de façon détaillée, des conditions géométriques d'exposition et de l'absorption des radiations par les tissus. Le Tableau 5 montre que l'exposition de l'utilisateur d'un appareil d'horlogerie aux radiations bêta et gamma peut être nulle si les radionuclides utilisés sont H-3, C-14, Ni-63 ou Pm-147. Dans le cas du Tc-99, si l'on admet que l'épaisseur du milieu absorbant est de 75 mg/cm<sup>2</sup>, la valeur de  $R_\beta$  sera à peine différente de zéro. Cependant, si on utilise les radionuclides Cl-36, Kr-85, Sr-90 ou Tl-204, l'exposition aux radiations bêta sera sensiblement plus élevée (de 20 à 70 fois supérieure) qu'avec du Ra-226. Avec Pb-210, on aurait une dose bêta encore plus élevée (5 fois supérieure). Dans le cas de Th-230 et Am-241, il n'y aurait pas d'exposition aux radiations bêta et les doses de radiations gamma seraient considérablement réduites.

### 3.2 Irradiation interne

Dans le Tableau 6, on a indiqué les valeurs de l'équivalent de dose (rem) par unité d'activité ( $\mu$ Ci) reçues par des organismes adultes (homme — type). Ces valeurs ont été calculées pour différents modes d'absorption de substances insolubles ou solubles d'après les renseignements publiés par l'ICRP relatifs au métabolisme, à l'énergie effective et au poids des organes. Dans les cas d'énergie effective dont les périodes effectives sont lon-

$R_A(10)$  ist das Verhältnis der spezifischen Aktivität des gegebenen radioaktiven Stoffes (Ci/g Leuchtstoff), die erforderlich ist, um nach Ablauf von 10 Jahren eine Leuchtdichte von 1  $\mu$ L zu erzeugen, zu der spezifischen Aktivität von Ra-226, die erforderlich ist, um nach Ablauf von 10 Jahren eine Leuchtdichte von 1  $\mu$ L zu erzeugen.

$R_\beta(10)$  bzw.  $R_\gamma(10)$  ist das Verhältnis der äußeren Bestrahlung durch Beta- oder Gammastrahlung, die im Verlauf von 10 Jahren durch die spezifische Aktivität  $R_A(10)$  des gegebenen radioaktiven Stoffes ausgesendet wird, zu der äußeren Bestrahlung durch die Beta- oder Gammastrahlung, die im Verlauf von 10 Jahren durch die Aktivitätseinheit von Ra-226 ausgesendet wird.

Die Werte  $R_\beta$  und  $R_\gamma$  können nur als grobe Richtwerte bei der Abschätzung von Oberflächendosen dienen. Die Abschätzung der von bestimmten Organen aufgenommenen Dosen würde kompliziertere Berechnungen erfordern, bei denen insbesondere die geometrischen Bedingungen der Bestrahlung und die Absorption der Strahlung durch das Gewebe eingehend berücksichtigt werden müßten. Aus Tabelle 5 geht hervor, daß die Strahlenbelastung des Benutzers einer Uhr durch Beta- und Gammastrahlung praktisch gleich Null ist, wenn H-3, C-14, Ni-63 oder Pm-147 benutzt werden. Im Falle des Tc-99 ist die Größe von  $R_\beta$  kaum von Null zu unterscheiden, wenn man die Flächendichte des Absorptionsmediums zu 75 mg/cm<sup>2</sup> annimmt. Wenn man jedoch Cl-36, Kr-85, Sr-90 oder Tl-204 verwendet, ist die Belastung durch die Betastrahlung wesentlich höher (um Faktoren zwischen 20 und 70) als bei Ra-226. Bei Pb-210 wäre die Betastrahlung noch um den Faktor 5 größer. Im Falle von Th-230 und Am-241 träte keine Belastung durch Betastrahlen auf, und die durch Gammastrahlung hervorgerufenen Dosen wären erheblich verringert.

### 3.2 Innere Bestrahlung

In der Tabelle 6 sind Werte für Dosisäquivalente (rem) pro Aktivitätseinheit ( $\mu$ Ci) aufgeführt, die von Erwachsenen (Standardmensch) aufgenommen werden. Die Werte wurden für verschiedene Arten der Aufnahme von löslichem und unlöslichem Material durch den Körper auf der Grundlage der von der ICRP (1) veröffentlichten Werte für Stoffwechselfverhalten, effektive Energie und Organengewichte berechnet. Bei radioakti-

230 and Am-241) the dose which would be received after a period of 50 years is not taken into account. The doses for uptake of soluble radionuclide through wounds ( $D_{WS}$ ) and for the inhalation of the insoluble radionuclide ( $D_{II}$ ) correspond to Fairbairn's (23) data. The values for the ingestion of soluble radionuclides ( $D_{OS}$ ) and the inhalation of soluble radionuclides ( $D_{IS}$ ) were calculated on the basis of the following relationships:

$$D_{OS} = f_1 \times D_{WS}$$

$$D_{IS} = \frac{f_a}{f_w} \times D_{OS}$$

where

$f_1$  = fraction of the radionuclide which passes from the gastrointestinal tract to the blood

$f_a$  = fraction of the radionuclide which reaches the reference organ following inhalation

$f_w$  = fraction of the radionuclide which reaches the reference organ following ingestion.

The dose values for ingestion of insoluble radionuclides ( $D_{OI}$ ) were obtained from the formula

$$D_{OI} = \frac{19,2 \times \sum E (RBE)}{m}$$

where

$\sum E (RBE)$  = effective energy for the reference organ area of the gastrointestinal tract, and

$m$  = mass of the reference area of the gastrointestinal tract (lower large intestine).

The doses given in Table 6 together with the relative activity values  $R_A$  (Table 3) provide a basis for the assessment of the relative internal radiation exposure, according to the mode of uptake for the radionuclides under consideration.

gues par rapport au temps d'exposition prévu (Sr-90, Ra-226, Th-230 et Am-241), on n'a pas tenu compte des doses qui seraient reçues après une période de 50 ans. Les doses relatives à l'absorption d'un radionuclide soluble par les plaies ( $D_{WS}$ ) et à l'inhalation d'un radionuclide insoluble ( $D_{II}$ ) correspondent aux données de Fairbairn (23). Les valeurs concernant l'ingestion de radionuclides solubles ( $D_{OS}$ ) et l'inhalation de radionuclides solubles ( $D_{IS}$ ) ont été calculées au moyen des relations suivantes:

$$D_{OS} = f_1 \times D_{WS}$$

$$D_{IS} = \frac{f_a}{f_w} \times D_{OS}$$

dans lesquelles

$f_1$  = fraction du radionuclide passant du tractus gastro-intestinal dans le sang.

$f_a$  = fraction du radionuclide qui atteint l'organe de référence par suite de l'inhalation.

$f_w$  = fraction du radionuclide qui atteint l'organe de référence par suite de l'ingestion.

Les valeurs de dose reçues par suite d'une ingestion de radionuclides insolubles ( $D_{OI}$ ) ont été obtenues à partir de la formule:

$$D_{OI} = \frac{19,2 \times \sum E (RBE)}{m}$$

dans laquelle

$\sum E (RBE)$  = énergie effective pour l'organe de référence du tractus gastro-intestinal et

$m$  = masse de l'organe de référence du tractus gastro-intestinal (partie inférieure du gros intestin).

Les doses indiquées au Tableau 6 ainsi que les valeurs de l'activité relative  $R_A$  (Tableau 3) constituent une base pour l'évaluation de l'exposition à l'irradiation interne relative, suivant le mode d'absorption des radionuclides considérés.

ven Stoffen, deren effektive Halbwertszeiten groß sind im Vergleich zur erwarteten Bestrahlungszeit (Sr-90, Ra-226, Th-230 und Am-241), blieb die Dosis, die nach Ablauf von 50 Jahren aufgenommen würde, außer Betracht. Die Dosen für die Aufnahme eines löslichen radioaktiven Stoffes durch Wunden ( $D_{WL}$ ) und für die Einatmung eines unlöslichen radioaktiven Stoffes ( $D_{IU}$ ) entsprechen den Angaben von FAIRBAIRN (23). Die Werte für die orale Aufnahme löslicher radioaktiver Stoffe ( $D_{OL}$ ) und die Einatmung derselben ( $D_{IL}$ ) wurden auf Grund der folgenden Beziehungen berechnet:

$$D_{OL} = f_1 \times D_{WL}$$

$$D_{IL} = \frac{f_a}{f_w} \times D_{OL}$$

Hierbei ist

$f_1$  der Anteil, der durch den Verdauungstrakt in das Blut übergeht;

$f_a$  der Anteil, der nach Einatmung in das Bezugsorgan gelangt;

$f_w$  der Anteil, der nach oraler Aufnahme in das Bezugsorgan gelangt.

Die Dosiswerte für orale Aufnahme von unlöslichen radioaktiven Stoffen ( $D_{OU}$ ) wurden durch folgende Gleichung ermittelt:

$$D_{OU} = \frac{19,2 \times \sum E (RBE)}{m}$$

Hierbei ist

$\sum E (RBE)$  die im Bezugsorgan des Verdauungstrakts wirksame Energie,

$m$  = die Masse des Bezugsorgans im Verdauungstrakt (unterer Teil des Dickdarms).

Die in Tabelle 6 aufgeführten Dosen bilden zusammen mit den relativen Aktivitätswerten  $R_A$  (Tabelle 3) eine Grundlage zur Bestimmung der relativen inneren Strahlenbelastung entsprechend der Art der Inkorporation für die in Betracht kommenden radioaktiven Stoffe.

The relative doses

$$R_{OI} = \frac{(R_A \times D_{OI}) X}{(D_{OS}) Ra-226} ; \text{ (ingestion in insoluble form)}$$

$$R_{II} = \frac{(R_A \times D_{II}) X}{(D_{IS}) Ra-226} ; \text{ (inhalation in insoluble form)}$$

$$R_{OS} = \frac{(R_A \times D_{OS}) X}{(D_{OS}) Ra-226} ; \text{ (ingestion in soluble form)}$$

$$R_{IS} = \frac{(R_A \times D_{IS}) X}{(D_{IS}) Ra-226} ; \text{ (inhalation in soluble form)}$$

$$R_{WS} = \frac{(R_A \times D_{WS}) X}{(D_{WS}) Ra-226} ; \text{ (uptake through wounds in soluble form)}$$

Les doses relatives:

$$R_{OI} = \frac{(R_A \times D_{OI}) X}{(D_{OS}) Ra-226} ; \text{ (ingestion sous forme insoluble)}$$

$$R_{II} = \frac{(R_A \times D_{II}) X}{(D_{IS}) Ra-226} ; \text{ (inhalation sous forme insoluble)}$$

$$R_{OS} = \frac{(R_A \times D_{OS}) X}{(D_{OS}) Ra-226} ; \text{ (ingestion sous forme soluble)}$$

$$R_{IS} = \frac{(R_A \times D_{IS}) X}{(D_{IS}) Ra-226} ; \text{ (inhalation sous forme soluble)}$$

$$R_{WS} = \frac{(R_A \times D_{WS}) X}{(D_{WS}) Ra-226} ; \text{ (absorption par des plaies sous forme soluble)}$$

Die relativen Dosen

$$R_{OU} = \frac{(R_A \times D_{OU}) X}{(D_{OL}) Ra-226} ; \text{ (orale Aufnahme in unlöslicher Form)}$$

$$R_{IU} = \frac{(R_A \times D_{IU}) X}{(D_{IL}) Ra-226} ; \text{ (Einatmung in unlöslicher Form)}$$

$$R_{OL} = \frac{(R_A \times D_{OL}) X}{(D_{OL}) Ra-226} ; \text{ (orale Aufnahme in löslicher Form)}$$

$$R_{IL} = \frac{(R_A \times D_{IL}) X}{(D_{IL}) Ra-226} ; \text{ (Einatmung in löslicher Form)}$$

$$R_{WL} = \frac{(R_A \times D_{WL}) X}{(D_{WL}) Ra-226} ; \text{ (Aufnahme durch Wunden in löslicher Form)}$$

show the factor by which the dose corresponding to absorption of luminous paint from a time-piece containing radionuclide X differs from that due to the absorption of a similar amount of luminous paint containing a Ra-226 activated phosphor.

All these dose ratios are based on the soluble form of Ra-226, because it must be assumed that Ra-226 activated paints produced so far cannot be considered completely insoluble (24).

indiquent par quel facteur la dose correspondant à l'absorption de peinture luminescente provenant d'une pièce d'horlogerie contenant un radionuclide X diffère de la dose provenant de l'absorption d'une quantité similaire de peinture luminescente contenant une matière luminescente activée par Ra-226.

Tous ces indices de dose sont fondés sur la forme soluble de Ra-226; en effet, il convient d'admettre que les peintures activées par Ra-226 fabriquées jusqu'ici ne peuvent être considérées comme réellement insolubles (24).

geben an, um welchen Faktor sich die Dosis bei der Absorption einer den radioaktiven Stoff X enthaltenden Leuchtfarbe einer Uhr von der Dosis unterscheidet, die sich aus der Absorption einer gleichen Menge Leuchtfarbe ergibt, welche einen mit Ra-226 aktivierten Leuchtstoff enthält.

Alle diese Dosisverhältnisse sind auf Ra-226 in löslicher Form bezogen, weil angenommen werden muß, daß die bisher hergestellten, mit Ra-226 aktivierten Leuchtfarben nicht als völlig unlöslich gelten können (24).

The values calculated from activity ratios which apply to time-pieces with a lifetime of 10 years are given in Table 7. The absorption of insoluble materials through wounds has not been considered because it can be assumed that most of the material is removed from the wound during treatment and therefore does not reach the critical organ.

It can be deduced from Table 7 that

- (i) The dose from internal radiation in the case of ingestion would be less for each of the available radionuclides than for soluble Ra-226, provided that the radionuclide is used in the insoluble form. In the case of Ra-226 the dose from internal radiation would result only in about  $\frac{1}{500}$  of the dose to be expected from use of the soluble product.
- (ii) With the available radionuclides the dose from internal radiation caused by inhalation of insoluble radionuclides, except Pb-210, would be less than or comparable to the dose to be expected from the use of Ra-226 in its soluble form.
- (iii) Except in the case of Sr-90, the dose from internal radiation after ingestion of the soluble form of the available radionuclides would be less than the dose to be expected if soluble Ra-226 were used.
- (iv) When the available radionuclides are used, the dose from internal radiation resulting from inhalation of the soluble radionuclides (with the exception of Sr-90, Pb-210, Th-230 and Am-241) would be less than the dose to be expected from the use of soluble Ra-226.
- (v) With the exception of Sr-90, Pm-147, Pb-210, Th-230 and Am-241, the dose from internal radiation resulting from uptake of radionuclides in soluble form through wounds would be less than the dose to be expected from the use of soluble Ra-226.
- (vi) Ra-226 could only be considered less dangerous than other radionuclides if it could be kept in insoluble form in radioluminous paints.

Les valeurs calculées à partir des rapports des activités s'appliquant à des pièces d'horlogerie ayant une durée de vie de 10 ans sont indiquées au Tableau 7. On n'a pas pris en considération le cas d'absorption de substances insolubles par des plaies, car on peut admettre qu'une grande partie de ces substances serait éliminée lors du traitement médical et n'atteindrait pas l'organe critique.

Le Tableau 7 permet de déduire que:

- (i) la dose provenant d'irradiation interne dans le cas d'ingestion serait moins importante pour chacun des radionuclides disponibles que pour du Ra-226 soluble, à condition que le radionuclide soit utilisé sous forme insoluble. Dans le cas du Ra-226 la dose provenant d'une irradiation interne correspondrait seulement à  $\frac{1}{500}$  environ de la dose prévue dans le cas d'utilisation du produit sous forme soluble.
- (ii) Avec les radionuclides disponibles la dose d'irradiation interne provoquée par l'inhalation de radionuclides insolubles, à l'exception de Pb-210 serait inférieure ou comparable à la dose prévue dans le cas de Ra-226 sous sa forme soluble.
- (iii) Sauf dans le cas de Sr-90, la dose provenant d'une irradiation interne après ingestion de la forme soluble des radionuclides disponibles serait inférieure à la dose prévue si on utilisait du Ra-226 sous forme soluble.
- (iv) Lorsqu'on emploie les radionuclides disponibles, la dose provenant d'une irradiation interne résultant de l'inhalation des radionuclides solubles (à l'exception de Sr-90, Pb-210, Th-230 et Am-241) serait inférieure à la dose prévue lors de l'utilisation de Ra-226 sous forme soluble.
- (v) A l'exception de Sr-90, Pm-147, Pb-210, Th-230 et Am-241, la dose provenant de l'irradiation interne due à l'absorption de radionuclides sous forme soluble par des plaies serait inférieure à la dose prévue par suite de l'utilisation de Ra-226 sous forme soluble.
- (vi) Ce n'est que si le Ra-226 pouvait être maintenu sous forme insoluble dans les peintures luminescentes qu'il pourrait être considéré comme moins dangereux que les autres radionuclides.

Die auf Grund der Aktivitätsverhältnisse errechneten Werte für Uhren mit einer Lebensdauer von 10 Jahren sind in Tabelle 7 angegeben. Die Aufnahme von unlöslichem Material durch Wunden blieb unberücksichtigt, weil angenommen werden kann, daß der größte Teil des Materials während der Behandlung von der Wunde entfernt wird und deshalb das kritische Organ nicht erreicht.

Aus Tabelle 7 kann folgendes entnommen werden:

- i) Die innere Strahlenbelastung im Falle der oralen Aufnahme wäre bei Verwendung jeder der verfügbaren radioaktiven Stoffe geringer als bei Ra-226 in löslicher Form, wenn der radioaktive Stoff in unlöslicher Form verwendet wird. Bei Ra-226 würde die innere Strahlenbelastung nur etwa  $\frac{1}{500}$  der Dosis betragen, die bei Verwendung des löslichen Produkts zu erwarten wäre.
- ii) Bei den verfügbaren radioaktiven Stoffen wäre die innere Strahlenbelastung bei Einatmung der Stoffe in unlöslicher Form, mit Ausnahme von Pb-210, geringer als die Dosis, die bei Verwendung von Ra-226 in löslicher Form zu erwarten wäre, oder mit dieser Dosis vergleichbar.
- iii) Außer bei Sr-90 wäre die innere Strahlenbelastung nach der oralen Aufnahme eines der verfügbaren radioaktiven Stoffe in löslicher Form geringer als die Dosis, die bei Verwendung von löslichem Ra-226 zu erwarten wäre.
- iv) Wenn die zur Auswahl stehenden radioaktiven Stoffe verwendet werden, wäre die innere Strahlenbelastung nach Einatmung eines löslichen radioaktiven Stoffes (mit Ausnahme von Sr-90, Pb-210, Th-230 und Am-241) geringer als die Dosis, die bei Verwendung von löslichem Ra-226 zu erwarten wäre.
- v) Mit Ausnahme von Sr-90, Pm-147, Pb-210, Th-230 und Am-241 wäre die innere Strahlenbelastung nach Aufnahme des radioaktiven Stoffes in löslicher Form durch Wunden geringer als die Dosis, die bei Verwendung von löslichem Ra-226 zu erwarten wäre.
- vi) Ra-226 könnte nur dann als weniger gefährlich als andere radioaktive Stoffe angesehen werden, wenn es in radioaktiven Leuchtfarben in unlöslicher Form gehalten werden könnte.

## 4. Conclusions

Primary objective of the selection of radionuclides should be to prevent foreseeable risks, such as exposure from external radiation. External exposure from timepieces can be kept at zero level if H-3, C-14, Ni-63 or Pm-147 are used and at insignificant levels if Th-230 or Am-241 are used. Therefore these radionuclides would be suitable for use in timepieces provided that there do not exist significant risks of internal radiation exposure in case of an accident. In case of H-3, C-14, Ni-63 and Pm-147 there do not exist such excessive high risks regardless whether soluble or insoluble material is used. However, in the case of Th-230 and Am-241 such risks would exist if the material were to be inhaled or incorporated through wounds in its soluble form. Due to the relatively high costs and/or due to problems in the production of the required quantities and concentrations of C-14 and Ni-63 limited practical experience of their use for radioluminous paint is available. Therefore a decision whether the use of these radionuclides in radioluminous paint for timepieces can be recommended must be postponed until more experience is obtained. This leaves as radionuclides which can be recommended for use in timepieces

H-3 and Pm-147.

As regards Ra-226 it is appreciated that the exposure risks are well understood and can well be kept under control. The exposure levels from beta- and gamma-radiation and radon leakage do not present a significant hazard if the total activity is kept at levels which are subject to a detailed study in Annex II of this manual and if adequate measures are taken which prevent unduly high radon leakage. Taking into account the worldwide use of Radium for radioluminous paint in timepieces during a period of about 50 years which has not led to a significant contribution to the exposure of human beings (25), further use of Radium-226 can be permitted.

## Bibliographical References

1. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Report of Committee II on Permissible Dose from Internal Radiation (1959) Pergamon Press.

## 4. Conclusions

La sélection des radionuclides a d'abord pour but d'éviter les risques prévisibles, tels que l'exposition aux radiations externes. L'exposition externe provenant des montres et horloges peut être tenue à un niveau nul si H-3, C-14, Ni-63 ou Pm-147 sont utilisés, et à un niveau très bas si Th-230 ou Am-241 sont utilisés. Ces radionuclides peuvent donc être utilisés dans des appareils d'horlogerie, à condition que les risques d'irradiation interne en cas d'accident, soient négligeables. Ceux-ci ne sont pas très importants pour H-3, C-14, Ni-63, Pm-147, que la substance utilisée soit soluble ou insoluble. Mais, dans le cas de Th-230 et du Am-241, de tels risques existent si la substance est inhalée ou absorbée par des plaies sous sa forme soluble.

Du fait du coût relativement élevé et/ou de la difficulté de la production de C-14 et de Ni-63, dans les quantités et aux concentrations voulues, on ne dispose que d'une expérience pratique limitée de leur emploi dans les peintures radioluminescentes. On ne peut donc prendre aucune décision sur le point de savoir si l'on peut ou non recommander l'emploi de ces radionuclides dans les peintures luminescentes destinées à des appareils d'horlogerie, tant que l'on ne dispose pas d'une expérience plus grande.

Il reste les radionuclides suivants dont l'emploi est recommandé dans les appareils d'horlogerie:

H-3 et Pm-147

Ra-226 offre l'avantage que les risques d'exposition sont bien connus et peuvent être efficacement limités. Les taux d'exposition dus aux radiations bêta et gamma et à la libération de radon ne présentent pas de dangers sérieux si la radioactivité totale est maintenue aux niveaux qui font l'objet d'une étude détaillée présentée à l'Annexe II du présent document, et si des mesures appropriées sont prises pour empêcher des fuites trop importantes de radon. Compte tenu du fait que, depuis environ 50 ans, on utilise dans le monde entier pour les appareils d'horlogerie des peintures radioluminescentes à base de radium, et que cet emploi n'a pas accru de façon sensible (8) l'irradiation totale des êtres humains, on peut continuer à autoriser l'utilisation du radium 226.

## Références

1. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Report of Committee II on Permissible Dose from Internal Radiation (1959), Pergamon Press.

## 4. Schlußfolgerungen

Erstes Ziel der Auswahl radioaktiver Stoffe sollte es sein, vorhersehbare Risiken wie eine äußere Strahlenbelastung zu vermeiden. Die von Uhren ausgehende äußere Strahlenbelastung ist praktisch gleich Null, wenn H-3, C-14, Ni-63 oder Pm-147 verwendet werden, und ganz unbedeutend, wenn Th-230 oder Am-241 verwendet werden. Daher wären diese radioaktiven Stoffe zur Verwendung in Uhren geeignet, sofern bei einem Unfall keine wesentlichen Risiken einer inneren Strahlenbelastung bestehen. Bei H-3, C-14, Ni-63 und Pm-147 sind diese Risiken nicht außergewöhnlich groß, wobei es gleichgültig ist, ob lösliche oder unlösliche Stoffe verwendet werden. Bei Th-230 und Am-241 jedoch bestehen diese Risiken, wenn die Stoffe in löslicher Form eingeatmet oder durch Wunden aufgenommen werden. Wegen der verhältnismäßig hohen Kosten und/oder der Schwierigkeiten bei der Herstellung von C-14 und Ni-63 in den gewünschten Mengen und Konzentrationen hat man nur sehr wenig praktische Erfahrung mit ihrer Verwendung in radioaktiven Leuchtfarben. Deshalb muß eine Entscheidung darüber, ob die Verwendung dieser radioaktiven Stoffe in Leuchtfarben für Uhren empfohlen werden kann, aufgeschoben werden, bis weitere Erfahrungen gemacht wurden. Als radioaktive Stoffe, die zur Verwendung in Uhren empfohlen werden können, verbleiben somit

H-3 und Pm-147.

Ra-226 bietet den Vorteil, daß die Strahlenrisiken gut bekannt sind und gut unter Kontrolle gehalten werden können. Die Strahlenbelastung durch Beta- und Gammastrahlen und das Entweichen von Radon stellen keine ernsthafte Gefahr dar, wenn für die Gesamtaktivität die in der Anlage II dieses Handbuchs genau untersuchten Mengen eingehalten und wenn geeignete Maßnahmen getroffen werden, die das Entweichen bedeutender Radonmengen verhindern. Zieht man die weltweite Benutzung von Radium für radioaktive Leuchtfarben von Uhren während einer Zeitdauer von etwa 50 Jahren in Betracht, die nicht zu einem wesentlichen Anteil an der Strahlenbelastung des Menschen geführt hat (25), so kann eine weitere Benutzung von Ra-226 gestattet werden.

## Literaturhinweis

1. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Report of Committee II on Permissible Dose from Internal Radiation (1959), Pergamon Press

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <p>2. MEHL, J. G.<br/>The Choice of Radionuclides for Luminous Paints in Watchmaking Industry (in German)<br/>Atomenergie 3/4, 115-126, 1965</p>   | <p>2. MEHL, J. G.<br/>Le choix de radionuclides pour les peintures luminescentes dans l'industrie horlogère (en allemand)<br/>Atomenergie 3/4, 115-126, 1965</p>   | <p>2. MEHL, I. G.<br/>Zur Auswahl von Radionukliden für Leuchtfarben der Uhrenindustrie<br/>Atomenergie 3/4, 115—126, 1965</p>  |
| <p>3. WALLHAUSEN, C. W.<br/>Use of Radioisotopes in the Production of Self-Luminous Compounds, Peaceful Uses of Atomic Energy, Proceedings of the International Conference, Geneva 1955, 15, 307-309</p> | <p>3. WALLHAUSEN, C. W.<br/>Emploi des radioisotopes dans la préparation des composés luminescents, P/170, Conférence internationale sur l'Utilisation de l'Energie Atomique à des Fins Pacifiques, Genève 1955, vol. XV, 366-370.</p> | <p>3. WALLHAUSEN, C. W.<br/>Verwendung von Radioisotopen bei der Herstellung von selbstleuchtenden Teilen, Friedliche Nutzung der Atomenergie, Protokolle der Internationalen Konferenz, Genf 1955, 15, 307—309</p> |
| <p>4. HEUSINGER, H., RAU, H.<br/>Producing luminescence by beta-radiation of tritium (in German)<br/>Kerntechnik 3, 67-70, 1960</p>  | <p>4. HEUSINGER, H., RAU, H.<br/>Luminescence produite par le rayonnement bêta du tritium (en allemand)<br/>Kerntechnik, 3, 67-70; 1960</p>  | <p>4. HEUSINGER, H., RAU, H.<br/>Erzeugung von Lumineszenz durch Betastrahlung des Tritiums<br/>Kerntechnik 3, 67—70, 1960</p>  |
| <p>5. VEIT, W.<br/>Investigation on luminous paints activated by Pm-147 (in German)<br/>Kerntechnik 5, 221-224, 1963</p>   | <p>5. VEIT, W.<br/>Recherches sur les peintures activées au Pm-147 (en allemand)<br/>Kerntechnik, 5, 221-224; 1963</p>   | <p>5. VEIT, W.<br/>Untersuchungen über Leuchtfarben, die mit Pm-147 aktiviert sind<br/>Kerntechnik 5, 221—224, 1963</p>   |
| <p>6. Information sheet on radium activated luminous paint (in German)<br/>Radium-Chemie Teufen/AR, Switzerland (1961)</p>   | <p>6. Bulletin d'information sur les peintures luminescentes activées au radium (en allemand)<br/>Radium-Chemie Teufen/AR, Suisse (1961)</p>   | <p>6. Informationsblatt über mit Radium aktivierte Leuchtfarben<br/>Radium-Chemie Teufen/AR, Schweiz 1961</p>   |
| <p>7. Information sheet on promethium activated luminous paint (in German)<br/>Radium-Chemie Teufen/AR, Switzerland (1963)</p>   | <p>7. Bulletin d'information sur les peintures luminescentes activées au prométhéum (en allemand)<br/>Radium-Chemie Teufen/AR, Suisse (1963)</p>   | <p>7. Informationsblatt über mit Promethium aktivierte Leuchtfarben<br/>Radium-Chemie Teufen/AR, Schweiz 1963</p>   |
| <p>8. Trilumin, luminescent material (in French)<br/>Westo G.m.b.H., Stuttgart (1963)</p>  | <p>8. Trilumin, matière luminescente<br/>Westo G.m.b.H., Stuttgart (1963)</p>  | <p>8. Trilumin, matière luminescente<br/>Westo G.m.b.H., Stuttgart (1963)</p>   |
| <p>9. Technical information sheet on Prosilux-P luminescent paint (in German)<br/>Buchler &amp; Co., Braunschweig (1964)</p>   | <p>9. Bulletin d'information technique sur la peinture luminescente Prosilux-P (en allemand)<br/>Buchler &amp; Co., Braunschweig (1964)</p>  | <p>9. Technisches Informationsblatt über Prosilux-P Leuchtfarbe<br/>Buchler &amp; Co., Braunschweig (1964)</p>  |
| <p>10. Technical information sheet on Prosilux-R luminescent paint (in German)<br/>Buchler &amp; Co., Braunschweig (1964)</p>  | <p>10. Bulletin d'information technique sur la peinture luminescente Prosilux-R (en allemand)<br/>Buchler &amp; Co., Braunschweig (1964)</p>   | <p>10. Technisches Informationsblatt über Prosilux-R Leuchtfarbe<br/>Buchler &amp; Co., Braunschweig (1964)</p>   |
| <p>11. Luminosity and activity by Dainippon Sinloih Co. Ltd. luminescent paints: Atomloih-T, Atomloih-P, Atomloih-R.<br/>Personal communication</p>  | <p>11. Luminosité et activité des peintures luminescentes par Dainippon Sinloih Co. Ltd.: Atomloih-T; Atomloih-P; Atomloih-R.<br/>Communication personnelle</p>  | <p>11. Helligkeit und Aktivität, von Dainippon Sinloih Co. Ltd, Leuchtfarben: Atomloih-T, Atomloih-P, Atomloih-R<br/>Persönliche Mitteilung</p>   |
| <p>12. JOYET, G.<br/>Radiation protection and radioactivity of luminous dials (in German)<br/>Neue Zürcher Zeitung, Beilage Technik, 17. 4. 1963</p>   | <p>12. JOYET, G.<br/>Protection contre les radiations et radioactivité des cadrans lumineux (en allemand)<br/>Neue Zuercher Zeitung, Beilage Technik, 17. 4. 1963</p>  | <p>12. JOYET, G.<br/>Strahlenschutz und Radioaktivität von Leuchtzifferblättern<br/>Neue Zürcher Zeitung, Beilage Technik, 17. IV. 1963</p>   |
| <p>13. LIBBY, W. F.<br/>Dosages from natural radioactivity and cosmic rays<br/>Science 122, 57-58 (1955)</p>   | <p>13. LIBBY, W. F.<br/>Dosages from natural radioactivity and cosmic rays<br/>Science 122; 57-58 (1955)</p>   | <p>13. LIBBY, W. F.<br/>Dosages from natural radioactivity and cosmic rays<br/>Science 122, 57—58 (1955)</p>  |
| <p>14. GLASER, G.<br/>Radiation from luminous dials and its effects (in German)<br/>Feinwerktechnik 61, 3p. (1957)</p>   | <p>14. GLASER, G.<br/>L'irradiation due aux cadrans lumineux et ses effets (en allemand)<br/>Feinwerktechnik 61; 3 p. (1957)</p>   | <p>14. GLASER, G.<br/>Strahlung von Leuchtzifferblättern und ihre Auswirkungen<br/>Feinwerktechnik 61, 3 S. (1957)</p>  |

- |  |  |   |
|--|--|---|
| 15. GLASER, G.<br>Radiation from luminous dials (in German)<br>Die Uhr 23, 2p. (1958)  | 15. GLASER, G.<br>L'irradiation due aux cadrans lumineux (en allemand)<br>Die Uhr 23; 2 p. (1958)  | 15. GLASER, G.<br>Strahlung von Leuchtzifferblättern<br>Die Uhr 23, 2 S. (1958)   |
| 16. SEELENTAG, W., KLOTZ, E.<br>Radiation exposure of the public from luminous dials of timepieces (in German)<br>Strahlentherapie 110, 606-621, 19. . .   | 16. SEELENTAG, W., KLOTZ, E.<br>L'exposition du public aux radiations dues aux cadrans lumineux des montres (en allemand)<br>Strahlentherapie 110; 606-621, 19. . .  | 16. SEELENTAG, W., KLOTZ, E.<br>Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Leuchtzifferblätter von Uhren<br>Strahlentherapie 110, 606—621, 19. . .   |
| 17. BINKS, W., MARLEY, W. G.<br>Occupational exposure to radiation in the United Kingdom and its contribution to the genetically effective dose.<br>Appendix B, pp. 120-128<br>in: The Hazards to Man of Nuclear and Allied Radiations. A second report to the Medical Research Council.<br>HMSO CMND. 1225 (1960) | 17. BINKS, W., MARLEY, W. G.<br>Occupational exposure to radiation in the United Kingdom and its contribution to the genetically effective dose.<br>Appendix B, pp. 120-128 in: The Hazards to Man of Nuclear and Allied Radiations. A second report to the Medical Research Council<br>HMSO CMND. 1225 (1960) | 17. BINKS, W., MARLEY, W. G.<br>Occupational exposure to radiation in the United Kingdom and its contribution to the genetically effective dose<br>Appendix B. P. 120—128<br>in: The Hazards to Man of Nuclear and Allied Radiations. A second report to the Medical Research Council<br>HMSO CMND. 1225 (1960) |
| 18. JOYET, G., MILLER, M.<br>The radiation dose from luminous dials in Switzerland (in German)<br>Experientia 16, 342-346 (1960)   | 18. JOYET, G., MILLER, M.<br>Les doses d'irradiation dues aux cadrans lumineux en Suisse (en allemand)<br>Experientia 16; 342-346 (1960)   | 18. JOYET, G., MILLER, M.<br>Die durch Leuchtfarben verursachte Strahlendosis in der Schweiz<br>Experientia 16, 342—346 (1960)  |
| 19. EIKODD, A., REISTAD A., STONUSTE, A. et al.<br>Radioactivity of luminous watches and estimation of dose to wrist and the gonads<br>Phys. Med. Biol. 6, 25—31 (1961)  | 19. EIKODD, A., REISTAD, A., STONUSTE, A. et al.<br>Radioactivity of luminous watches and estimation of dose to wrist and the gonads<br>Phys. Med. Biol. 6; 25-31 (1961)   | 19. EIKODD, A., REISTAD A., STONUSTE, A. u. a.<br>Radioactivity of luminous watches and estimation of dose to wrist and the gonads<br>Phys. Med. Biol. 6, 25-31 (1961)  |
| 20. WEISS, H. M.<br>Radioluminous paints and related questions concerning radiation protection (in German)<br>Jahrbuch der Dtsch. Ges. f. Chronometrie 13, 108-112 (1962)  | 20. WEISS, H. M.<br>Peintures radioluminescentes et questions connexes concernant la radioprotection (en allemand)<br>Jahrbuch der Dtsch. Ges. f. Chronometrie 13; 108-112 (1962)  | 20. WEISS, H. M.<br>Radioaktive Leuchtfarben und damit zusammenhängende Fragen des Strahlenschutzes<br>Jahrbuch der Dtsch. Ges. f. Chronometrie 13; 108—112 (1962)  |
| 21. SEELENTAG, W., SCHMIER, H.<br>Radiation exposure from luminous watch dials<br>Radiological Health Data, 209-213 (1963)   | 21. SEELENTAG, W., SCHMIER, H.<br>Radiation exposure from luminous watch dials<br>Radiological Health Data, 209-213 (1963)   | 21. SEELENTAG, W., SCHMIER, H.<br>Radiation exposure from luminous watch dials<br>Radiological Health Data, 209—213 (1963)  |
| 22. The Biological Effects of Atomic Radiation<br>National Research Council Washington (1956)  | 22. The Biological Effects of Atomic Radiation<br>National Research Council, Washington (1956)   | 22. The Biological Effects of Atomic Radiation<br>National Research Council, Washington (1956)  |
| 23. FAIRBAIRN, A.<br>The classification of radioisotopes for packaging in: Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials: Notes on Certain Aspects of the Regulations, Safety Series No. 7,<br>IAEA Vienna, 1961   | 23. FAIRBAIRN, A.<br>La classification des radioisotopes pour l'emballage, dans: Règlements de transports des matières radioactives: Notes sur certains aspects du règlement, Collection Sécurité No 7,<br>AIEA, Vienne, 1961  | 23. FAIRBAIRN, A.<br>The classification of radioisotopes for packaging in: Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials: Notes on Certain Aspects of the Regulations, Safety Series No. 7, IAEA, Wien, 1961  |
| 24. HALIK, J.<br>Contribution to radiotoxicity estimation of luminous radioactive paints<br>Pracovni Lekar 15, 419-422 (1963)  | 24. HALIK, J.<br>Contribution à l'estimation de la radiotoxicité des peintures radioluminescentes<br>Pracovni Lekar 15; 419-422 (1963)   | 24. HALIK, J.<br>Beiträge zur Abschätzung der Radiotoxizität radioaktiver Leuchtfarben<br>Pracovni Lekar 15; 419—422 (1963)   |
| 25. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation<br>New York (1962)  | 25. Rapport du Comité Scientifique des Nations Unies sur les Effets des Radiations Atomiques<br>New York (1962)  | 25. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation<br>New York (1962)   |

**Table 1**  
**Technical data of radionuclides considered for use in radioluminous timepieces**

**Tableau 1**  
**Données techniques relatives aux radionuclides susceptibles d'être utilisés dans les montres et horloges radioluminescentes**

**Tabelle 1**  
**Technische Daten der radioaktiven Stoffe, die in Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben verwendet werden können**

Radionuclide	Half Life (years)	Type of Radiation emitted	K $\gamma$ Specific gamma-ray emission		K $\beta$ Specific beta-ray emission <sup>(1)</sup>	
			$\frac{R}{h}$	$\frac{cm^2}{mCi}$	$\frac{rad}{h}$	$\frac{cm^2}{mCi}$
H-3	12.46	$\beta$	—	—	0	0
C-14	$5.57 \times 10^3$	$\beta$	—	—	0	0
Cl-36	$3.1 \times 10^5$	$\beta, X$	—	—	150	150
Ni-63	125	$\beta$	—	—	0	0
Kr-85/Rb-85m	10.27	$\beta, \gamma$	0.021	—	140	140
Sr-90/Y-90	28	$\beta, \gamma$	0.0017	—	370	370
Tc-99	$2.1 \times 10^5$	$\beta$	—	—	18	18
Pm-147/Sm147	2.50	$\beta$	—	—	< 2.8	< 2.8
Tl-204	3.57	$\beta, X$	0.007	—	160	160
Pb-210	19.4	$\alpha, \beta, \gamma$	0.014	—	205	205
Ra-226	$1.62 \times 10^3$	$\alpha, \beta, \gamma$	9.3	—	580	580
Th-230	$8.0 \times 10^4$	$\alpha, \gamma$	0.0033	—	0	0
Am-241/Np-237m	470	$\alpha, \gamma$	0.14	—	0	0

(1) 50 mg/cm<sup>2</sup> absorbent medium.

(1) Matière absorbante: 50 mg/cm<sup>2</sup>.

(1) Absorptionsmedium: 50 mg/cm<sup>2</sup>.

**Table 2**  
**Minimum brightness required for various types of ordinary timepieces**

Type of timepiece	spot diameter (mm)	reading distance (cm)	minimum brightness ( $\mu L$ )
Ladies' wristwatches	0.4—0.8	25	0.38—1.4
Mens' wristwatches	0.6—1.0	25	0.24—0.65
Pocket watches	0.8—1.0	25	0.24—0.38
Travel alarm clocks	1.0—1.5	50	0.44—0.97
Large alarm clocks	1.5—3.0	50	0.11—0.44

**Tableau 2**  
**Luminosité minimale nécessaire pour différents types de montres et horloges ordinaires**

Type de montre ou horloge	Diamètre des taches lumineuses (mm)	Distance de lecture (cm)	Luminosité minimale ( $\mu L$ )
Montres-bracelets pour dames	0,4—0,8	25	0,38—1,4
Montres-bracelets pour hommes	0,6—1,0	25	0,24—0,65
Montres de poche	0,8—1,0	25	0,24—0,38
Réveils	1,0—1,5	50	0,44—0,97
Pendulettes	1,5—3,0	50	0,11—0,44

**Tabelle 2**  
**Mindestleuchtdichte, die für verschiedene Typen von gewöhnlichen Uhren erforderlich ist**

Uhrentyp	Markierungsdurchmesser (mm)	Ableseentfernung (cm)	Mindestleuchtdichte ( $\mu L$ )
Damenarmbanduhren	0,4—0,8	25	0,38—1,4
Herrenarmbanduhren	0,6—1,0	25	0,24—0,65
Taschenuhren	0,8—1,0	25	0,24—0,38
Reisewecker	1,0—1,5	50	0,44—0,97
Großwecker	1,5—3,0	50	0,11—0,44

Table 3

Activity per gram phosphor (ZnS/Ag) [Ci/g] required for producing a luminosity of 1  $\mu$ L

- (i) shortly (2 months) after production of the radioluminous paint: A (0)  
(ii) 10 years after production of the radioluminous paint: A (10) = A (0)/ $\delta$  and the corresponding activity ratios  $R_A$  (0),  $R_A$  (10)

Tableau 3

Activité par gramme de phosphore (ZnS/Ag) [Ci/g] nécessaire pour produire une luminosité de 1  $\mu$ L

- (i) peu de temps (2 mois) après la préparation de la peinture radioluminescente: A (0)  
(ii) 10 ans après la préparation de la peinture radioluminescente: A (10) = A (0)/ $\delta$  et rapports d'activité correspondants  $R_A$  (0), et  $R_A$  (10)

Tabelle 3

Zur Erzeugung einer Leuchtdichte von 1  $\mu$ L erforderliche Aktivität pro Gramm Leuchtstoff (ZnS/Ag) [Ci/g]

- i) kurze Zeit (zwei Monate) nach Herstellung der radioaktiven Leuchtfarbe: A (0)  
ii) 10 Jahre nach Herstellung der radioaktiven Leuchtfarbe: A (10) = A (0)/ $\sigma$  und entsprechende Aktivitätsverhältnisse  $R_A$  (0) und  $R_A$  (10)

Radio-nuclide	A (0) (Ci/g)	$R_A$ (0)	Loss Factor $\tau$ (10) $\eta$ (10) $\delta$			Total loss $\sigma$ (10)	A (10) (Ci/g)	$R_A$ (10)
Radio-nuclide	A (0) (Ci/g)	$R_A$ (0)	Facteur de perte $\tau$ (10) $\eta$ (10) $\delta$			Perte totale $\sigma$ (10)	A (10) (Ci/g)	$R_A$ (10)
Radio-aktiver Stoff	A (0) (Ci/g)	$R_A$ (0)	Verlustfaktor $\tau$ (10) $\eta$ (10) $\delta$			Gesamt-verlust $\sigma$ (10)	A (10) (Ci/g)	$R_A$ (10)
H-3	$4.6 \times 10^{-3}$	$5.3 \times 10^3$	0.56	0.27	0.18	0.027	$1.7 \times 10^{-1}$	$2.00 \times 10^4$
C-14	$1.9 \times 10^{-4}$	$2.2 \times 10^2$	1.00	0.21	0.37	0.078	$2.4 \times 10^{-3}$	$2.8 \times 10^2$
Cl-36	$4.3 \times 10^{-5}$	$5.0 \times 10^1$	1.00	0.15	0.50	0.075	$5.7 \times 10^{-4}$	$6.5 \times 10$
Ni-63	$5.7 \times 10^{-4}$	$6.7 \times 10^2$	0.94	0.25	0.30	0.070	$8.1 \times 10^{-3}$	$9.3 \times 10^2$
Kr-85	$4.7 \times 10^{-5}$	$5.5 \times 10^1$	0.52	0.16	0.50	0.042	$1.1 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^2$
Sr-90	$1.9 \times 10^{-5}$	$2.2 \times 10^1$	0.77	0.11	0.65	0.055	$3.4 \times 10^{-4}$	$3.9 \times 10$
Tc-99	$1.0 \times 10^{-4}$	$1.2 \times 10^2$	1.00	0.16	0.42	0.067	$1.5 \times 10^{-3}$	$1.7 \times 10^2$
Pm-147	$1.5 \times 10^{-4}$	$1.7 \times 10^2$	0.068	0.20	0.39	0.0053	$2.8 \times 10^{-2}$	$3.2 \times 10^3$
Tl-204	$4.3 \times 10^{-5}$	$5.0 \times 10^1$	0.17	0.16	0.50	0.013	$3.2 \times 10^{-3}$	$3.7 \times 10^2$
Pb-210	$3.9 \times 10^{-6}$	4.5	0.71	0.16	0.35	0.040	$9.8 \times 10^{-5}$	$1.1 \times 10$
Ra-226	$8.5 \times 10^{-7}$	1.0	1.00	0.26	0.38	0.098	$8.7 \times 10^{-6}$	1.0
Th-230	$4.3 \times 10^{-6}$	5.1	1.00	0.30	0.35	0.105	$4.1 \times 10^{-5}$	4.7
Am-241	$3.7 \times 10^{-6}$	4.4	1.00	0.30	0.35	0.105	$3.5 \times 10^{-5}$	4.0

Table 4

Minimum total activity (mCi) of various types of timepieces

Type of timepiece	Ladies' Wrist-watches	Mens' Wrist-watches	Pocket Watches	Travel Alarm Clocks	Large Alarm Clocks
Spot diameter (mm)	0.6	0.8	0.9	1.3	2.3
Total quantity of phosphor (mg)	4	7	9	18	50
Reading distance (cm)	25	25	25	50	50
Minimum brightness ( $\mu$ L)	0.65	0.38	0.30	0.57	0.20
Radionuclide	total activity (mCi)				
H-3	$4.4 \times 10^{-1}$	$4.5 \times 10^{-1}$	$4.6 \times 10^{-1}$	1.7	1.7
C-14	$6.2 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-3}$	$6.5 \times 10^{-3}$	$2.5 \times 10^{-2}$	$2.4 \times 10^{-2}$
Cl-36	$1.5 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-3}$	$1.5 \times 10^{-3}$	$5.9 \times 10^{-3}$	$5.7 \times 10^{-3}$
Ni-63	$2.1 \times 10^{-2}$	$2.2 \times 10^{-2}$	$2.2 \times 10^{-2}$	$8.3 \times 10^{-2}$	$8.1 \times 10^{-2}$
Kr-85	$2.9 \times 10^{-3}$	$2.9 \times 10^{-3}$	$3.0 \times 10^{-3}$	$1.1 \times 10^{-2}$	$1.1 \times 10^{-2}$
Sr-90	$8.8 \times 10^{-4}$	$9.1 \times 10^{-4}$	$9.2 \times 10^{-4}$	$3.5 \times 10^{-3}$	$3.4 \times 10^{-3}$
Tc-99	$3.9 \times 10^{-3}$	$4.0 \times 10^{-3}$	$4.0 \times 10^{-3}$	$1.5 \times 10^{-2}$	$1.5 \times 10^{-2}$
Pm-147	$7.3 \times 10^{-2}$	$7.5 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-2}$	$2.9 \times 10^{-1}$	$2.8 \times 10^{-1}$
Tl-204	$8.3 \times 10^{-3}$	$8.5 \times 10^{-3}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$3.3 \times 10^{-2}$	$3.2 \times 10^{-2}$
Pb-210	$2.5 \times 10^{-4}$	$2.6 \times 10^{-4}$	$2.6 \times 10^{-4}$	$1.0 \times 10^{-3}$	$9.8 \times 10^{-4}$
Ra-226	$2.3 \times 10^{-5}$	$2.3 \times 10^{-5}$	$2.3 \times 10^{-5}$	$8.9 \times 10^{-5}$	$8.7 \times 10^{-5}$
Th-230	$1.1 \times 10^{-4}$	$1.1 \times 10^{-4}$	$1.1 \times 10^{-4}$	$4.2 \times 10^{-4}$	$4.1 \times 10^{-4}$
Am-241	$9.1 \times 10^{-5}$	$9.3 \times 10^{-5}$	$9.4 \times 10^{-5}$	$3.6 \times 10^{-4}$	$3.5 \times 10^{-4}$

**Tableau 4**  
**Activité totale (mCi) minimale nécessaire pour différents types de montres et horloges**

Type de montre ou horloge	Montres-bracelets pour dames	Montres-bracelets pour hommes	Montres de poche	Réveils	Pendulettes
Diamètre des taches lumineuses (mm)	0,6	0,8	0,9	1,3	2,3
Quantité totale de phosphore (mg)	4	7	9	18	50
Distance de lecture (cm)	25	25	25	50	50
Luminosité minimale	0,65	0,38	0,30	0,57	0,20
Radionuclide	Activité totale (mCi)				
H-3	$4,4 \times 10^{-1}$	$4,5 \times 10^{-1}$	$4,6 \times 10^{-1}$	1,7	1,7
C-14	$6,2 \times 10^{-3}$	$6,4 \times 10^{-3}$	$6,5 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-2}$
Cl-36	$1,5 \times 10^{-5}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$5,9 \times 10^{-3}$	$5,7 \times 10^{-3}$
Ni-63	$2,1 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-2}$	$8,3 \times 10^{-2}$	$8,1 \times 10^{-2}$
Kr-85	$2,9 \times 10^{-3}$	$2,9 \times 10^{-3}$	$3,0 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-2}$
Sr-90	$8,8 \times 10^{-4}$	$9,1 \times 10^{-4}$	$9,2 \times 10^{-4}$	$3,5 \times 10^{-3}$	$3,4 \times 10^{-3}$
Tc-99	$3,9 \times 10^{-3}$	$4,0 \times 10^{-3}$	$4,0 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-2}$
Pm-147	$7,3 \times 10^{-2}$	$7,5 \times 10^{-2}$	$7,6 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-1}$	$2,8 \times 10^{-1}$
Tl-204	$8,3 \times 10^{-3}$	$8,5 \times 10^{-3}$	$8,6 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^{-2}$	$3,2 \times 10^{-2}$
Pb-210	$2,5 \times 10^{-4}$	$2,6 \times 10^{-4}$	$2,6 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$9,8 \times 10^{-4}$
Ra-226	$2,3 \times 10^{-5}$	$2,3 \times 10^{-5}$	$2,3 \times 10^{-5}$	$8,9 \times 10^{-5}$	$8,7 \times 10^{-5}$
Th-230	$1,1 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-4}$	$4,2 \times 10^{-4}$	$4,1 \times 10^{-4}$
Am-241	$9,1 \times 10^{-5}$	$9,3 \times 10^{-5}$	$9,4 \times 10^{-5}$	$3,6 \times 10^{-4}$	$3,5 \times 10^{-4}$

**Tabelle 4**  
**Für verschiedene Uhrentypen erforderliche Mindestgesamtaktivität (mCi)**

Uhrentyp	Damenarmbanduhren	Herrenarmbanduhren	Taschenuhren	Reise-wecker	Groß-wecker
Durchmesser der Markierung (mm)	0,6	0,8	0,9	1,3	2,3
Gesamtmenge des Leuchtstoffs (mg)	4	7	9	18	50
Ableseentfernung (cm)	25	25	25	50	50
Mindestleuchtdichte ( $\mu$ L)	0,65	0,38	0,30	0,57	0,20
Radioaktiver Stoff	Gesamtaktivität (mCi)				
H-3	$4,4 \times 10^{-1}$	$4,5 \times 10^{-1}$	$4,6 \times 10^{-1}$	1,7	1,7
C-14	$6,2 \times 10^{-3}$	$6,4 \times 10^{-3}$	$6,5 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-2}$
Cl-36	$1,5 \times 10^{-5}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$5,9 \times 10^{-3}$	$5,7 \times 10^{-3}$
Ni-63	$2,1 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-2}$	$8,3 \times 10^{-2}$	$8,1 \times 10^{-2}$
Kr-85	$2,9 \times 10^{-3}$	$2,9 \times 10^{-3}$	$3,0 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-2}$
Sr-90	$8,8 \times 10^{-4}$	$9,1 \times 10^{-4}$	$9,2 \times 10^{-4}$	$3,5 \times 10^{-3}$	$3,4 \times 10^{-3}$
Tc-99	$3,9 \times 10^{-3}$	$4,0 \times 10^{-3}$	$4,0 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-2}$
Pm-147	$7,3 \times 10^{-2}$	$7,5 \times 10^{-2}$	$7,6 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-1}$	$2,8 \times 10^{-1}$
Tl-204	$8,3 \times 10^{-3}$	$8,5 \times 10^{-3}$	$8,6 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^{-2}$	$3,2 \times 10^{-2}$
Pb-210	$2,5 \times 10^{-4}$	$2,6 \times 10^{-4}$	$2,6 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$9,8 \times 10^{-4}$
Ra-226	$2,3 \times 10^{-5}$	$2,3 \times 10^{-5}$	$2,3 \times 10^{-5}$	$8,9 \times 10^{-5}$	$8,7 \times 10^{-5}$
Th-230	$1,1 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-4}$	$4,2 \times 10^{-4}$	$4,1 \times 10^{-4}$
Am-241	$9,1 \times 10^{-5}$	$9,3 \times 10^{-5}$	$9,4 \times 10^{-5}$	$3,6 \times 10^{-4}$	$3,5 \times 10^{-4}$

**Table 5**  
External exposure from beta-radiation  
and gamma-radiation (see text for  
definition of  $R\beta$  and  $R\gamma$ )

Radio-nuclide	$R\beta$ (10)	$R\gamma$ (10)
H-3	0	0
C-14	0	0
Cl-36	24	0
Ni-63	0	0
Kr-85	33	$2,1 \times 10^{-1}$
Sr-90	32	$6,3 \times 10^{-3}$
Tc-99	7,7	0
Pm-147	$\sim 0$	0
Tl-204	66	$1,2 \times 10^{-1}$
Pb-210	4,8	$1,4 \times 10^{-2}$
Ra-226	1,0	1,0
Th-230	0	$1,7 \times 10^{-3}$
Am-241	0	$6,0 \times 10^{-2}$

**Tableau 5**  
Exposition externe aux rayons  
 $\beta$  et aux rayons  $\gamma$  (voir le texte pour  
la définition de  $R\beta$  et  $R\gamma$ )

Radio-nuclide	$R\beta$ (10)	$R\gamma$ (10)
H-3	0	0
C-14	0	0
Cl-36	24	0
Ni-63	0	0
Kr-85	33	$2,1 \times 10^{-1}$
Sr-90	32	$6,3 \times 10^{-3}$
Tc-99	7,7	0
Pm-147	$\sim 0$	0
Tl-204	66	$1,2 \times 10^{-1}$
Pb-210	4,8	$1,4 \times 10^{-2}$
Ra-226	1,0	1,0
Th-230	0	$1,7 \times 10^{-3}$
Am-241	0	$6,0 \times 10^{-2}$

**Tabelle 5**  
Äußere Strahlenbelastung durch Beta-  
und Gammastrahlen (siehe Text zur  
Begriffsbestimmung von  $R\beta$  und  $R\gamma$ )

Radioaktiver Stoff	$R\beta$ (10)	$R\gamma$ (10)
H-3	0	0
C-14	0	0
Cl-36	24	0
Ni-63	0	0
Kr-85	33	$2,1 \times 10^{-1}$
Sr-90	32	$6,3 \times 10^{-3}$
Tc-99	7,7	0
Pm-147	$\sim 0$	0
Tl-204	66	$1,2 \times 10^{-1}$
Pb-210	4,8	$1,4 \times 10^{-2}$
Ra-226	1,0	1,0
Th-230	0	$1,7 \times 10^{-3}$
Am-241	0	$6,0 \times 10^{-2}$

**Table 6**  
Dose equivalent (rem) per unit activity ( $\mu$ Ci) taken into the body for adults (standard man)

Radio-nuclide	$D_{WS}$ (rem/ $\mu$ Ci)	Critical (1) organ	$f^1$	$D_{OS}$ (rem/ $\mu$ Ci)	$\frac{f_a}{f_w}$	$D_{IS}$ (rem/ $\mu$ Ci)	$D_{OI}^{(2)}$ (rem/ $\mu$ Ci)	$D_{II}^{(3)}$ (rem/ $\mu$ Ci)
H-3	$2,4 \times 10^{-4}$	body tissue	1,0	$2,4 \times 10^{-4}$	1,0	$2,4 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-2}$
C-14	$2,8 \times 10^{-3}$	bone	1,0	$2,8 \times 10^{-3}$	0,80	$2,2 \times 10^{-3}$	$6,9 \times 10^{-3}$	$6,1 \times 10^{-2}$
Cl-36	$7,0 \times 10^{-3}$	whole body	1,0	$7,0 \times 10^{-3}$	0,75	$5,2 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-1}$
Ni-63	$2,4 \times 10^{-1}$	bone	0,3	$7,2 \times 10^{-2}$	1,33	$9,6 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-3}$	$2,4 \times 10^{-2}$
Kr-85	—	—	—	—	—	—	$2,8 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-1}$
Sr-90	$9,0 \times 10$	bone	0,3	$2,7 \times 10$	1,33	$3,6 \times 10$	$1,4 \times 10^{-1}$	1,2
Tc-99	$6,0 \times 10^{-3}$	kidneys	0,5	$3,0 \times 10^{-3}$	1,0	$3,0 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-1}$
Pm-147	$7,0 \times 10^{-1}$	bone	$10^{-4}$	$7,0 \times 10^{-5}$	$2,6 \times 10^3$	$1,8 \times 10^{-1}$	$8,8 \times 10^{-3}$	$7,0 \times 10^{-2}$
Tl-204	$3,0 \times 10^{-2}$	kidneys	0,45	$1,4 \times 10^{-2}$	1,04	$1,5 \times 10^{-2}$	$3,2 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-1}$
Pb-210	$2,0 \times 10^2$	bone	0,08	$1,6 \times 10$	4,0	$6,4 \times 10$	$1,2 \times 10^{-1}$	$2,8 \times 10$
Ra-226	$1,0 \times 10^3$	bone	0,3	$3 \times 10^2$	0,75	$2,3 \times 10^2$	$5,9 \times 10^{-1}$	$1,3 \times 10^2$
Th-230	$1,1 \times 10^5$	bone	$10^{-4}$	$1,1 \times 10$	$2,6 \times 10^3$	$2,9 \times 10^4$	$6,0 \times 10^{-2}$	$5,4 \times 10$
Am-241	$9,0 \times 10^3$	bone	$10^{-4}$	$9,0 \times 10^{-1}$	$2,5 \times 10^3$	$2,3 \times 10^3$	$7,7 \times 10^{-2}$	$6,5 \times 10$

(1) These values relate to  $D_{WS}$ ,  $D_{OS}$  and  $D_{IS}$ .

(2) The critical organ is the lower large intestine.

(3) Critical organ is the lung

**Tableau 6**  
Equivalent de dose (rem) par unité d'activité ( $\mu$ Ci) reçu par des organismes adultes (homme type)

Radio-nuclide	$D_{WS}$ (rem/ $\mu$ Ci)	Organe critique <sup>1)</sup>	$f^1$	$D_{OS}$ (rem/ $\mu$ Ci)	$\frac{f_a}{f_w}$	$D_{IS}$ (rem/ $\mu$ Ci)	$D_{OI}^{(2)}$ (rem/ $\mu$ Ci)	$D_{II}^{(3)}$ (rem/ $\mu$ Ci)
H-3	$2,4 \times 10^{-4}$	Tissus	1,0	$2,4 \times 10^{-4}$	1,0	$2,4 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-2}$
C-14	$2,8 \times 10^{-3}$	os	1,0	$2,8 \times 10^{-3}$	0,80	$2,2 \times 10^{-3}$	$6,9 \times 10^{-3}$	$6,1 \times 10^{-2}$
Cl-36	$7,0 \times 10^{-3}$	ensemble du corps	1,0	$7,0 \times 10^{-3}$	0,75	$5,2 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-1}$
Ni-63	$2,4 \times 10^{-1}$	os	0,3	$7,2 \times 10^{-2}$	1,33	$9,6 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-3}$	$2,4 \times 10^{-2}$
Kr-85	—	—	—	—	—	—	$2,8 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-1}$
Sr-90	$9,0 \times 10$	os	0,3	$2,7 \times 10$	1,33	$3,6 \times 10$	$1,4 \times 10^{-1}$	1,2
Tc-99	$6,0 \times 10^{-3}$	reins	0,5	$3,0 \times 10^{-3}$	1,0	$3,0 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-1}$
Pm-147	$7,0 \times 10^{-1}$	os	$10^{-4}$	$7,0 \times 10^{-5}$	$2,6 \times 10^3$	$1,8 \times 10^{-1}$	$8,8 \times 10^{-3}$	$7,0 \times 10^{-2}$
Tl-204	$3,0 \times 10^{-2}$	reins	0,45	$1,4 \times 10^{-2}$	1,04	$1,5 \times 10^{-2}$	$3,2 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-1}$
Pb-210	$2,0 \times 10^2$	os	0,08	$1,6 \times 10$	4,0	$6,4 \times 10$	$1,2 \times 10^{-1}$	$2,8 \times 10$
Ra-226	$1,0 \times 10^3$	os	0,3	$3 \times 10^2$	0,75	$2,3 \times 10^2$	$5,9 \times 10^{-1}$	$1,3 \times 10^2$
Th-230	$1,1 \times 10^5$	os	$10^{-4}$	$1,1 \times 10$	$2,6 \times 10^3$	$2,9 \times 10^4$	$6,0 \times 10^{-2}$	$5,4 \times 10$
Am-241	$9,0 \times 10^3$	os	$10^{-4}$	$9,0 \times 10^{-1}$	$2,5 \times 10^3$	$2,3 \times 10^3$	$7,7 \times 10^{-2}$	$6,5 \times 10$

(1) Ces indications sont relatives à  $D_{WS}$ ,  $D_{OS}$  et  $D_{IS}$ .

(2) L'organe critique est la partie inférieure du gros intestin.

(3) Les organes critiques sont les poumons.

**Tabelle 6**  
**Dosisäquivalent (rem) je vom Körper einer erwachsenen Person (Standardmensch)**  
**aufgenommenen Aktivitätseinheit ( $\mu\text{Ci}$ )**

Radioaktiver Stoff	DWL (rem/ $\mu\text{Ci}$ )	Kritisches Organ <sup>1)</sup>	$f_1$	D <sub>0L</sub> (rem/ $\mu\text{Ci}$ )	$\frac{f_a}{f_w}$	D <sub>IL</sub> (rem/ $\mu\text{Ci}$ )	D <sub>OU</sub> <sup>2)</sup> (rem/ $\mu\text{Ci}$ )	D <sub>IU</sub> <sup>3)</sup> (rem/ $\mu\text{Ci}$ )
H-3	$2,4 \times 10^{-4}$	Körpergewebe	1,0	$2,4 \times 10^{-4}$	1,0	$2,4 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-2}$
C-14	$2,8 \times 10^{-3}$	Knochen	1,0	$2,8 \times 10^{-3}$	0,80	$2,2 \times 10^{-3}$	$6,9 \times 10^{-3}$	$6,1 \times 10^{-2}$
Cl-36	$7,0 \times 10^{-3}$	ganzer Körper	1,0	$7,0 \times 10^{-3}$	0,75	$5,2 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-1}$
Ni-63	$2,4 \times 10^{-1}$	Knochen	0,3	$7,2 \times 10^{-2}$	1,33	$9,6 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-3}$	$2,4 \times 10^{-2}$
Kr-85	—	—	—	—	—	—	$2,8 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-1}$
Sr-90	$9,0 \times 10$	Knochen	0,3	$2,7 \times 10$	1,33	$3,6 \times 10$	$1,4 \times 10^{-1}$	1,2
Tc-99	$6,0 \times 10^{-3}$	Nieren	0,5	$3,0 \times 10^{-3}$	1,0	$3,0 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-1}$
Pm-147	$7,0 \times 10^{-1}$	Knochen	$10^{-4}$	$7,0 \times 10^{-5}$	$2,6 \times 10^3$	$1,8 \times 10^{-1}$	$8,8 \times 10^{-3}$	$7,0 \times 10^{-2}$
Tl-204	$3,0 \times 10^{-2}$	Nieren	0,45	$1,4 \times 10^{-2}$	1,04	$1,5 \times 10^{-2}$	$3,2 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-1}$
Pb-210	$2,0 \times 10^{-2}$	Knochen	0,08	$1,6 \times 10$	4,0	$6,4 \times 10$	$1,2 \times 10^{-1}$	$2,8 \times 10$
Ra-226	$1,0 \times 10^3$	Knochen	0,3	$3 \times 10^2$	0,75	$2,3 \times 10^2$	$5,9 \times 10^{-1}$	$1,3 \times 10^2$
Th-230	$1,1 \times 10^5$	Knochen	$10^{-4}$	$1,1 \times 10$	$2,6 \times 10^3$	$2,9 \times 10^4$	$6,0 \times 10^{-2}$	$5,4 \times 10$
Am-241	$9,0 \times 10^3$	Knochen	$10^{-4}$	$9,0 \times 10^{-1}$	$2,5 \times 10^3$	$2,3 \times 10^3$	$7,7 \times 10^{-2}$	$6,5 \times 10$

1) Diese Werte beziehen sich auf D<sub>WL</sub>, D<sub>0L</sub> und D<sub>IL</sub>.

2) Kritisches Organ ist der untere Dickdarm.

3) Kritisches Organ ist die Lunge.

**Table 7**  
**Relative values of the dose from internal radiation**  
**(single intake) (See text for definition of quotients)**

**Tableau 7**  
**Valeurs relatives aux doses reçues par irradiation interne**  
**(absorption unique) (Voir le texte pour la définition des quotients)**

**Tabelle 7**  
**Relative Werte der durch innere Bestrahlung aufgenommenen Dosen**  
**(einmalige Aufnahme) siehe Text zur Begriffsbestimmung der Quotienten**

Radionuclide	ROI(10)	R <sub>II</sub> (10)	ROS(10)	R <sub>IS</sub> (10)	R <sub>WS</sub> (10)
Radionuclide	R <sub>0I</sub> (10)	R <sub>II</sub> (10)	R <sub>OS</sub> (10)	R <sub>IS</sub> (10)	R <sub>WS</sub> (10)
Radioaktiver Stoff	R <sub>OU</sub> (10)	R <sub>IU</sub> (10)	R <sub>OL</sub> (10)	R <sub>IL</sub> (10)	R <sub>WL</sub> (10)
H-3	$8,5 \times 10^{-2}$	$8,5 \times 10^{-1}$	$1,6 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-3}$
C-14	$6,4 \times 10^{-3}$	$7,4 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-3}$	$2,7 \times 10^{-3}$	$7,8 \times 10^{-4}$
Cl-36	$7,2 \times 10^{-3}$	$8,3 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$4,6 \times 10^{-4}$
Ni-63	$8,4 \times 10^{-3}$	$9,7 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-1}$	$3,9 \times 10^{-1}$	$2,2 \times 10^{-1}$
Kr-85	$1,2 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-1}$	—	—	—
Sr-90	$1,8 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-1}$	3,5	$1,5 \times 10$	3,5
Tc-99	$6,8 \times 10^{-3}$	$8,1 \times 10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-3}$	$2,2 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$
Pm-147	$9,3 \times 10^{-2}$	$9,7 \times 10^{-1}$	$7,5 \times 10^{-4}$	2,5	2,2
Tl-204	$3,94 \times 10^{-2}$	$4,2 \times 10^{-1}$	$1,7 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-2}$
Pb-210	$4,4 \times 10^{-3}$	1,3	$5,9 \times 10^{-1}$	3,1	2,2
Ra-226	$2,0 \times 10^{-3}$	$5,7 \times 10^{-1}$	1,0	1,0	1,0
Th-230	$9,4 \times 10^{-4}$	1,1	$1,7 \times 10^{-1}$	$5,9 \times 10^2$	$5,2 \times 10^2$
Am-241	$1,0 \times 10^{-4}$	1,1	$1,2 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10$	$3,6 \times 10$

## ANNEX II

**Radiation Protection Considerations and Determination of Maximum Permissible Activities of Radionuclides recommended for Radioluminous Timepieces**

**I. Potential hazards resulting from the use of radioluminous timepieces**

1. Radioluminous timepieces are sources of radioactivity which may expose individual members of the population and, to some extent, the population as a whole, to external radiation on the one hand in normal conditions of use, and to the possible risk of internal contamination on the other, when protection is no longer ensured against an escape of radioactive material or contact with such material. Permanent external irradiation due to  $\beta$  and  $\gamma$  rays is produced by timepieces bearing radioluminous paint activated by Radium. If the watch glass is removed, external irradiation is also produced by  $\beta$  rays in the case of Tritium and Promethium-147.

2. The activity present in a timepiece with a radioluminous dial must be as low as practicable and, in any event, lower than the amount of radionuclide which would cause the critical organ to receive the maximum permissible dose in case of accidental contamination in the most unfavourable conditions. Under normal conditions of use, the dose resulting from the presence of radionuclides in timepieces should only constitute a minor fraction of the maximum permissible dose for exposure of individual members of the population. This reduces the radioisotopes eligible for use in the manufacture of luminous timepieces—both from the health and from the current technical standpoint—to a very small number, namely Tritium, Promethium-147 and Radium-226. (See Annex I.)

3. Health considerations must take into account the doses actually received from the use of timepieces, the contribution of the doses received to the genetically significant dose of the population and the doses which could possibly be received by the individual user in case of an accident. Apart from the activity in a timepiece, the doses actually received will

## ANNEXE II

**Considérations relatives à la protection contre les radiations et détermination des activités maximales admissibles relatives au radionuclides recommandés pour les montres et horloges radioluminescentes**

**I. Risques résultant de l'utilisation de montres et horloges radioluminescentes**

1. Les montres et horloges radioluminescentes constituent des sources radioactives qui risquent d'exposer les membres de la population pris individuellement et, dans une certaine mesure, la population dans son ensemble, d'une part à une irradiation externe lorsque les conditions d'emploi sont normales, d'autre part à une contamination interne, lorsque la protection contre les fuites de matières radioactives ou contre le contact avec ces matières n'est plus assurée. Une irradiation externe permanente due aux rayonnements  $\beta$  et  $\gamma$  est produite par des montres ou horloges contenant des peintures radioluminescentes activées au radium. Si le verre de la montre est enlevé, une irradiation externe peut également être produite par les rayonnements  $\beta$  dans le cas du tritium et du prométhéum 147.

2. L'activité présente dans les montres et horloges à cadran radioluminescent doit être aussi faible que possible et, dans tous les cas, rester inférieure à la quantité de radionuclide qui délivrerait à l'organe critique, en cas de contamination accidentelle et dans les conditions les plus défavorables, la dose maximale admissible. Dans des conditions d'utilisation normales, la dose due à la présence de radionuclides dans les montres ou horloges ne doit représenter qu'une fraction minime de la dose maximale admissible pour l'irradiation des membres de la population pris individuellement. Ceci réduit à un tout petit nombre les radioisotopes qui, tant pour des raisons d'ordre sanitaire que pour les raisons d'ordre technique qui prévalent actuellement, peuvent être utilisés pour la fabrication des cadrans luminescents. Ce sont le tritium, le prométhéum 147 et le radium 226 (voir Annexe I).

3. En envisageant les aspects sanitaires du problème, il convient de prendre en considération les doses effectivement reçues du fait de l'utilisation des montres ou horloges, la contribution de ces doses à la dose significative du point de vue génétique, et les doses que pourrait recevoir un utilisateur individuel en cas d'accident. En plus de l'activité pré-

## ANLAGE II

**Strahlenschutzerwägungen und Festlegung der höchstzulässigen Aktivitäten für radioaktive Stoffe, die für Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben empfohlen werden**

**I. Gefahren, die sich aus dem Gebrauch von Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben ergeben können**

1. Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben sind Strahlenquellen, die für einzelne Mitglieder der Bevölkerung und in gewissem Umfang für die Gesamtbevölkerung einerseits unter normalen Gebrauchsbedingungen die Gefahr einer äußeren Bestrahlung und andererseits, wenn der Schutz gegen ein Entweichen radioaktiver Stoffe oder gegen den Kontakt mit diesen nicht mehr gewährleistet ist, die Gefahr einer inneren Bestrahlung mit sich bringen können. Eine ständige Bestrahlung von außen durch Beta- oder Gammastrahlen wird durch Uhren erzeugt, die durch Radium aktivierte Leuchtfarben enthalten. Wenn das Uhrglas abgenommen wird, kommt es auch durch die Betastrahlung des Tritiums und des Promethiums-147 zu einer äußeren Bestrahlung.

2. Die Aktivität von Uhren mit radioaktiven Leuchtzifferblättern muß so gering wie möglich sein, auf jeden Fall aber niedriger als diejenige Menge des radioaktiven Stoffes, die in dem kritischen Organ bei einer durch einen Unfall bewirkten Kontamination unter den ungünstigsten Bedingungen die höchstzulässige Dosis hervorrufen würde. Unter normalen Gebrauchsbedingungen darf die Dosis, die durch in Uhren vorhandene radioaktive Stoffe erzeugt wird, nur einen winzigen Bruchteil der für einzelne Mitglieder der Bevölkerung höchstzulässigen Dosis ausmachen. Dadurch werden die Radioisotope, die für die Herstellung von Uhren mit Leuchtziffern verwendet werden dürfen — sowohl vom gesundheitlichen als auch vom derzeitigen technischen Standpunkt aus — auf eine sehr kleine Zahl beschränkt, nämlich auf Tritium, Promethium-147 und Radium-226 (siehe Anlage I).

3. Bei gesundheitlichen Erwägungen müssen die Dosen, die bei dem Gebrauch von Uhren tatsächlich aufgenommen werden, der Anteil dieser Dosen an der genetisch signifikanten Dosis der Gesamtbevölkerung und die Dosen, die ein einzelner Benutzer bei einem möglichen Unfall erhält, in Betracht gezogen werden. Außer von der Aktivität in der Uhr hängen die tat-

largely depend upon the period during which the timepiece is used.

4. For the assessment of the genetically significant dose, the number of users becomes a very important factor. For that reason, when considering the health standpoint, separate consideration will be required for ordinary timepieces, which are used continuously by large groups of the population, and for special timepieces which are normally used for limited periods by a limited number of people. However, it is anticipated that the contribution to the genetically significant dose of the population of less than 100 mrems per generation (see also Section II of this Annex), resulting from the use of ordinary radium-activated timepieces which meet the Standards set out in this manual, may seem acceptable by all national authorities.

5. As concerns special timepieces, the importance of the contribution to the genetically significant dose of the population cannot be assessed without a detailed study of the particular situation in the country concerned. Therefore, though exposure rates of external radiation from special timepieces can be assessed, it cannot be evaluated whether these exposure rates would not result in significant contributions to the genetically significant dose without introduction of some control measures. For this reason, such timepieces must, according to these Standards, be marked in order to permit that the appropriate national authority may take measures for the introduction of a control system if so deemed necessary.

6. In Section II the exposure levels from external radiation are assessed, taking into account the contributions from gamma radiation, beta radiation and bremsstrahlung which arise from the maximum activities recommended for ordinary and special timepieces.

7. In Section III the maximum exposure levels which could possibly arise from the intake of the maximum permissible activities recommended for ordinary and special timepieces are assessed. Internal radiation can be caused by inhalation or ingestion of radioactive fragments from dials which are unprotected. For the pur-

sente dans la montre ou horloge, les doses effectivement reçues dépendront dans une large mesure de la période d'utilisation de la montre.

4. Pour l'évaluation de la dose significative du point de vue génétique, le nombre des utilisateurs devient un facteur très important. C'est pourquoi il est nécessaire, dans les considérations d'ordre sanitaire, de tenir compte séparément des montres et horloges ordinaires, qui sont utilisées de manière continue par des groupes importants de la population, et des montres et horloges spéciales, qui sont utilisées en général pour des périodes de temps limitées par un nombre réduit de personnes. Cependant, on considère qu'une contribution à la dose significative du point de vue génétique pour la population inférieure à 100 mrems par génération (voir également la partie II de la présente annexe), résultant de l'utilisation des montres et horloges ordinaires activées au radium et répondant aux normes fixées dans le présent manuel paraît pouvoir être acceptée par tous les pays.

5. En ce qui concerne les montres et horloges spéciales, on ne peut évaluer l'importance de la contribution des doses imputables à leur utilisation à la dose significative du point de vue génétique, sans une étude détaillée de la situation dans le pays intéressé. Aussi, bien que l'on puisse évaluer les taux d'exposition aux radiations externes émises par les montres et horloges spéciales, on ne peut savoir si ces taux ne se traduiront pas par une importante contribution à la dose significative du point de vue génétique si l'on n'exerce pas un certain contrôle. C'est pourquoi, il est prévu dans les présentes normes que les montres et horloges de ce type porteront une marque distinctive permettant aux autorités nationales compétentes de prendre des mesures pour l'établissement d'un système de contrôle si elles le jugent nécessaire.

6. Dans la partie II, on a évalué les doses d'irradiation externe en tenant compte de la part due aux rayonnements gamma et bêta et au rayonnement de freinage (Bremsstrahlung) résultant des activités maximales recommandées pour les montres et horloges ordinaires et spéciales.

7. Dans la partie III, on a évalué les doses d'irradiation maximales qui pourraient résulter de l'absorption des quantités maximales admissibles recommandées pour les montres et horloges ordinaires et spéciales. L'irradiation interne peut être provoquée par l'inhalation ou l'ingestion de débris radioactifs provenant de cadrans

sächlich erhaltenen Dosen weitgehend von der Benutzungsdauer der Uhr ab.

4. Für die Bestimmung der genetisch signifikanten Dosis ist die Zahl der Benutzer ein sehr bedeutender Faktor. Deshalb sind vom gesundheitlichen Standpunkt aus getrennte Überlegungen für gewöhnliche Uhren, die von großen Bevölkerungsgruppen ständig benutzt werden, und für Spezialuhren, die normalerweise während eines begrenzten Zeitabschnitts von einem begrenzten Personenkreis benutzt werden, notwendig. Es wird jedoch angenommen, daß der Beitrag zur genetisch signifikanten Dosis der Bevölkerung von weniger als 100 mrem pro Generation (siehe auch Abschnitt II dieser Anlage), der sich aus der Benutzung von mit Radium aktivierten gewöhnlichen Uhren ergibt, die den Normen dieses Handbuchs entsprechen, für alle nationalen Behörden annehmbar sein dürfte.

5. Für Spezialuhren läßt sich die Bedeutung des Beitrags zu der genetisch signifikanten Dosis der Bevölkerung ohne eine eingehende Prüfung der in dem betreffenden Land herrschenden besonderen Lage nicht ermitteln. Deshalb kann, obwohl sich die Stärke der von Spezialuhren ausgehenden äußeren Bestrahlung abschätzen läßt, nicht gesagt werden, ob diese Strahlenbelastung einen erheblichen Anteil an der genetisch signifikanten Dosis hat, wenn keine Kontrollmaßnahmen eingeführt werden. Aus diesem Grunde müssen solche Uhren in Übereinstimmung mit diesen Normen markiert werden, um es der zuständigen nationalen Behörde zu ermöglichen, Maßnahmen zur Einführung eines Kontrollsystems zu ergreifen, wenn sie es für notwendig hält.

6. In Abschnitt II sind die äußeren Strahlenbelastungen unter Berücksichtigung der Anteile der Beta-, Gamma- und Bremsstrahlung ermittelt worden, die sich aus den für gewöhnliche und Spezialuhren empfohlenen Höchstaktivitäten ergeben.

7. In Abschnitt III ist die maximale Strahlenbelastung ermittelt worden, die sich möglicherweise bei der Inkorporation der für gewöhnliche und Spezialuhren empfohlenen höchstzulässigen Aktivitäten ergeben kann. Eine innere Bestrahlung kann durch das Einatmen oder die orale Aufnahme von radioaktiven Bruchstücken unge-

poses of strict and efficient protection, one must assume that there is a possibility that the wearer of a luminous watch dial may inhale or ingest some of the radioactive matter from the dial at least once during a lifetime.

In order to reduce the internal irradiation hazards, the following points should be considered:

- (a) Radioactive dials and hands should be made in such a way that no undue loss of radioactivity occurs from the timepiece under foreseeable conditions. For this purpose, appropriate tests should be carried out.
- (b) Special radioluminous timepieces which are out of order and are no longer considered serviceable should be kept under control or disposed of, so that risks of contamination are most unlikely.
- (c) Radioluminous timepieces should not be given to children as toys.

8. With regard to special timepieces, the values recommended in this manual may lead, in some cases, to radiation doses exceeding those set out by the ICRP for individual members of the population, if the use of such timepieces is not strictly limited to the purposes for which they are designed.

## II. Maximum permissible activities derived from exposure limits of external radiation

### A. Radium-226

In practice, a risk of external radiation from radioisotopes considered permissible for producing luminescence in timepieces arises only in the case of Radium-226. The gonads and the blood-forming organs may be exposed to gamma radiation emitted by the radioactive daughter products of Radium-226. The skin of the face and the lens of the eyes could be mainly exposed to beta radiation from these daughter products. Finally, the skin of the wrist could be exposed to gamma radiation passing from the dial through the back of the watch.

Radium-226, which has been used for about 50 years for producing luminescence in zinc sulphide crystals, acts essentially by its alpha emission and

non protégés. Dans le souci d'assurer une protection à la fois sévère et efficace, il convient d'admettre qu'en moyenne le porteur d'une montre à cadran luminescent peut inhaler ou ingérer une partie de la matière radioactive du cadran une fois au moins au cours de la vie.

En vue de réduire les risques d'irradiation interne, les points suivants devront être pris en considération:

- (a) Les aiguilles et cadrans radioactifs ne doivent présenter, dans des conditions prévisibles, aucune perte excessive de radioactivité. Il convient, à cet égard, de procéder aux essais nécessaires.
- (b) Les montres ou horloges radioluminescentes spéciales qui ne fonctionnent plus et sont considérées comme étant hors d'usage, doivent être maintenues sous surveillance ou mises au rebut, de telle sorte que les risques de contamination soient très improbables.
- (c) Les montres ou horloges radioluminescentes ne doivent pas être données aux enfants en guise de jouets.

8. En ce qui concerne les montres et horloges spéciales, les valeurs recommandées dans le présent manuel peuvent quelquefois conduire à des doses d'irradiation dépassant celles qui ont été déterminées par l'ICRP pour les membres de la population pris individuellement, si l'utilisation des montres et horloges en question n'est pas strictement limitée aux usages auxquels elles sont destinées.

## II. Activités maximales admissibles découlant des limites d'exposition relatives à l'irradiation externe

### A. Radium 226

Pratiquement, des risques d'irradiation externe dus à des radioisotopes considérés comme pouvant être employés dans la fabrication des cadrans luminescents d'appareils d'horlogerie, ne se présentent que dans le cas du radium 226. Les gonades et les organes hématopoïétiques peuvent être exposés au rayonnement gamma émis par les radioéléments de filiation du radium 226. La peau du visage et les cristallins peuvent être exposés principalement au rayonnement bêta de ces produits de filiation. Enfin, la peau du poignet peut être exposée au rayonnement gamma qui traverse le fond de la montre.

Le radium 226, utilisé depuis un demi-siècle environ pour produire la luminescence des cristaux de sulfure de zinc, agit essentiellement par son

schützter Zifferblätter hervorgerufen werden. Um einen sicheren und wirksamen Schutz zu gewährleisten, muß man die Möglichkeit annehmen, daß der Träger einer Uhr mit Leuchtzifferblatt Teile des radioaktiven Stoffes des Zifferblatts mindestens einmal in seinem Leben einatmet oder oral aufnimmt.

Um die Gefahr einer inneren Bestrahlung herabzusetzen, sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- a) Radioaktive Zifferblätter und Zeiger sollen so hergestellt werden, daß unter voraussehbaren Bedingungen kein übermäßiger Radioaktivitätsverlust eintritt. Zu diesem Zweck sind entsprechende Prüfungen durchzuführen.
- b) Spezialuhren mit radioaktiven Leuchtfarben, die nicht mehr gehen und als unbrauchbar gelten, sollen unter Kontrolle gehalten oder beseitigt werden, so daß die Gefahr einer Kontamination äußerst unwahrscheinlich ist.
- c) Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben sollen Kindern nicht als Spielzeug gegeben werden.

8. Bei Spezialuhren können die in diesem Handbuch empfohlenen Werte in einigen Fällen zu Strahlendosen führen, die die von der ICRP für einzelne Mitglieder der Bevölkerung festgelegten Strahlendosen überschreiten, wenn der Gebrauch solcher Uhren nicht streng auf die Zwecke beschränkt wird, für die sie bestimmt sind.

## II. Durch die Begrenzung der äußeren Bestrahlung gegebene höchstzulässige Aktivitäten

### A. Radium-226

Praktisch tritt die Gefahr einer äußeren Bestrahlung durch die Radioisotope, die zur Herstellung von Leuchtzifferblättern von Uhren verwendet werden dürfen, nur bei Radium-226 auf. Die Keimdrüsen und die blutbildenden Organe können einer Gammastrahlung durch die Tochterprodukte des Radium-226 ausgesetzt sein. Die Gesichtshaut und die Augenlinsen könnten hauptsächlich der Betastrahlung dieser Tochterprodukte ausgesetzt sein. Schließlich könnte die Haut des Handgelenks Gammastrahlen erhalten, die vom Zifferblatt durch den Boden der Uhr dringen.

Radium-226, das seit etwa 50 Jahren zur Lumineszenzerzeugung in Zinksulfidkristallen verwendet wird, wirkt im wesentlichen durch seine Alpha-

by that of the daughter products with which it is more or less in equilibrium within the luminescent material. Beta emission, issuing from the daughter products, plays only a minor part in producing luminescence, but as it is not completely stopped by the glass protecting the dial, it produces external radiation the intensity of which, after passing through an average 50 mg/cm<sup>2</sup> glass, can be determined by a coefficient of specific ionization equal to 320 rads cm<sup>2</sup>/h mCi approximately. (\*)

The gamma radiation of Radium-226 which is emitted by its daughter products is of no importance in the production of luminescence; however, it irradiates the whole body. The exposure rates can be calculated for specific parts of the body by using the value of its specific ionization coefficient = 9 R cm<sup>2</sup>/h mCi.

In terms of these specific ionization coefficients, and of the average distance between the organ and the dial (1) (2) (3), it is possible to determine, for a maximum activity of 0.15 µCi of Radium-226, the annual radiation doses received by the critical organs; these are shown in Table 1.

Organ	Type of Irradiation	Annual Dose received
Lenses of the eyes (3 mm deep)	beta	0.11 rad (a)
Skin of the face	beta	0.4 rad (a)
Blood-forming tissues (trunk)	gamma	0.03 rad (b)
Skin of the wrist (at 1.5 cm)	gamma	4.8 rad (c)

(\*) If it is assumed that all the daughter products including Po-210 (RaF) are present in equilibrium amounts, when filtered by 50 mg/cm<sup>2</sup> the value is about 550 rads/h and, when filtered by 100 mg/cm<sup>2</sup>, the value is about 300 rads/h. A considerable fraction of the beta emission is from Bi-210 (RaE), which will only be present in appreciable amounts many years after the preparation of the Radium, as it is a daughter of Pb-210 (RaD) which has a 20 year half-life and which is likely to be eliminated in the preparation of the Ra-226 from the mineral. If no Pb-210 is assumed to be present, the values of beta-ray emission are about 320 and 180 rads/h for the two thicknesses respectively.

émission alpha et celle des produits de filiation avec lesquels il se trouve plus ou moins en équilibre dans la matière luminescente. L'émission bêta, provenant des produits de filiation, ne participe que faiblement à la production de la luminescence, mais comme elle n'est pas complètement arrêtée par le verre protecteur du cadran, elle entraîne une irradiation externe dont l'intensité est donnée — après la traversée d'un verre moyen de 50 mg/cm<sup>2</sup> — par un coefficient d'ionisation spécifique approximativement égal à 320 rads cm<sup>2</sup>/h mCi (\*).

Le rayonnement gamma du radium 226, émis par ses produits de filiation, a un effet négligeable pour la production de la luminescence. Il irradie cependant l'ensemble de l'organisme. On peut calculer les taux d'irradiation correspondant à des parties déterminées de l'organisme en utilisant le coefficient d'ionisation spécifique du rayonnement gamma, soit 9 R cm<sup>2</sup>/h mCi.

En fonction de ces coefficients d'ionisation spécifique et des distances moyennes entre l'organe et le cadran (1) (2) (3), on peut déterminer, pour une activité maximale de 0,15 µCi de radium 226, les doses d'irradiation annuelles reçues par les organes critiques; ces doses figurent dans le Tableau 1.

Organe	Type d'irradiation	Dose annuelle reçue
Cristallins (à 3 mm de profondeur)	bêta	0,11 rad (a)
Peau du visage	bêta	0,4 rad (a)
Tissus hématopoiétiques (tronc)	gamma	0,03 rad (b)
Peau du poignet (à 1,5 cm)	gamma	4,8 rad (c)

(\*) Si l'on admet que la totalité des produits de filiation, y compris le Po-210 (RaF), sont présents dans la matière luminescente dans les proportions correspondant à l'état d'équilibre, la valeur obtenue en cas de filtrage par une masse absorbante de 50 mg/cm<sup>2</sup> est alors de 550 rads/h environ et, en cas de filtrage par une masse de 100 mg/cm<sup>2</sup>, de 300 rads/h environ. Une fraction importante de l'émission bêta provient du Bi-210 (RaE), qu'on ne trouvera en quantités importantes que plusieurs années après la préparation du radium, car il s'agit d'un produit de filiation du Pb-210 (RaD) qui a une période de 20 ans et qui est susceptible d'être éliminé lors de la préparation du Ra-226 à partir du minéral. Si l'on admet l'absence du Pb-210 dans la matière luminescente, les valeurs de l'émission bêta sont respectivement de 320 et 180 rads/h environ pour les deux épaisseurs.

strahlung und die Alphastrahlung der Tochterprodukte, mit denen es sich im Leuchtstoff mehr oder weniger im Gleichgewicht befindet. Die Betastrahlung der Tochterprodukte trägt nur geringfügig zur Erzeugung der Lumineszenz bei, aber da sie durch das Uhrglas nicht vollständig geschwächt wird, führt sie zu einer äußeren Bestrahlung, deren Intensität nach Durchgang durch ein Glas von durchschnittlich 50 mg/cm<sup>2</sup> Flächendichte mit Hilfe der Dosiskonstanten, die ungefähr 320 rad cm<sup>2</sup>/h mCi beträgt, bestimmt werden kann\*).

Die Gammastrahlung von Radium-226, die von seinen Tochterprodukten ausgeht, hat für die Erzeugung der Lumineszenz keine Bedeutung. Sie bestrahlt jedoch den ganzen Organismus. Die Strahlenbelastung für bestimmte Teile des Organismus kann man mit Hilfe der Dosiskonstanten 9 R cm<sup>2</sup>/h mCi berechnen.

Aus der Dosiskonstanten und der mittleren Entfernung zwischen dem Organ und dem Zifferblatt (1), (2), (3) kann man für eine maximale Aktivität von 0,15 µCi des Radium-226 die von den kritischen Organen jährlich aufgenommenen Strahlendosen berechnen; diese Dosen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Organ	Strahlenart	Jährlich erhaltene Dosis
Augenlinsen (3 mm tief)	beta	0,11 rad (a)
Gesichtshaut	beta	0,4 rad (a)
Blutbildende Gewebe (Rumpf)	gamma	0,03 rad (b)
Haut am Handgelenk (bei 1,5 cm)	gamma	4,8 rad (c)

\*) Wenn angenommen wird, daß alle Tochterprodukte einschließlich des Po-210 (RaF) im Leuchtstoff in einem dem Gleichgewicht entsprechenden Verhältnis enthalten sind, beträgt der Wert bei Filterung durch 50 mg/cm<sup>2</sup> etwa 550 rad/h und bei Filterung durch 100 mg/cm<sup>2</sup> etwa 300 rad/h. Ein großer Anteil der Betastrahlung kommt vom Bi-210 (RaE), das erst mehrere Jahre nach der Herstellung des Radiums in größeren Mengen vorhanden ist, weil es ein Tochterprodukt des Pb-210 (RaD) mit einer Halbwertszeit von 20 Jahren ist und wahrscheinlich bei der Herstellung des Ra-226 aus dem Mineral eliminiert wird. Wenn man damit rechnet, daß der Leuchtstoff kein Pb-210 enthält, belaufen sich die Werte für die Betastrahlung auf 320 und 180 rad/h für die beiden Flächendichten.

Table 1

- (a) Value determined experimentally.
- (b) Calculated value.
- (c) Calculated value. The maximum permissible dose to the skin for individual members of the population is 7.5 rems per annum.

It can be seen from the above table that all the critical organs receive an annual radiation dose lower than that laid down by the ICRP.

The "genetic" radiation dose resulting from exposure of the gonads to gamma radiation from luminous dials containing Radium should be determined for the population as a whole. It depends on the proportion of men and women wearing radioluminous watches, their age, child expectancy, and finally, on the annual dose received by the gonads for an activity of 0.1  $\mu\text{Ci}$  from a watch worn on the wrist. (\*)

The ICRP has suggested a maximum population genetic dose of 5 rems from all sources, in addition to medical procedures and natural background radiation. In an illustrative apportionment of this dose, the ICRP has indicated that 0.5 rem might be allocated to the external irradiation of the population at large. This is equivalent to 17 mrems per year. (\*\*)

#### B. Promethium-147

Pm-147 is a pure beta emitter. The maximum range of its beta particles is 46 mg/cm<sup>2</sup>. Since the Standards set out in this manual recommend a minimum thickness of 50 mg/cm<sup>2</sup> for the casing of timepieces, no exposure hazard from beta radiation should exist. The total activity per timepiece (150  $\mu\text{Ci}$  per ordinary timepiece) and the energy of the beta radiation ( $E_{\text{max}} = 0.223 \text{ MeV}$ ) is low enough not to produce bremsstrahlung in such amounts and energies as would require special attention. From radiation analysis of Pm-147 it is

(\*) A series of studies carried out in Switzerland showed that this specific dose was equal to 70 mR per  $\mu\text{Ci}/\text{year}$  for a man and 65 mR per  $\mu\text{Ci}/\text{year}$  for a woman.

(\*\*) It emerged from a statistical study carried out in Switzerland that about 66% of the male and 25% of the female population wear watches with dials excited by an average activity of 0.1  $\mu\text{Ci}$  of Radium and taking into account the age and the fertility rate, this works out at a genetic dose of 100 mR per generation, i. e. 3.3 mR/year. Due to the high percentage of luminous timepieces in use in Switzerland, these values can be considered as exceptionally high and will be lower in other countries.

Tableau 1

- (a) Valeur déterminée expérimentalement.
- (b) Valeur calculée.
- (c) Valeur calculée. La dose maximale admissible pour l'exposition de la peau pour les membres de la population pris individuellement est de 7,5 R par an.

Ce tableau montre que tous les organes critiques reçoivent des doses d'irradiation annuelles inférieures aux doses fixées par l'ICRP.

La dose d'irradiation dite «génétique», consécutive à l'irradiation des gonades par le rayonnement gamma des cadrans luminescents contenant du radium, doit être déterminée pour l'ensemble de la population. Elle dépend de la proportion des hommes et des femmes portant des montres radioluminescentes, de leur âge, du taux de reproduction probable et, enfin, de la dose annuelle reçue par les gonades pour une activité de 0,1  $\mu\text{Ci}$  d'une montre portée au poignet (\*).

L'ICRP propose une dose génétique maximum de 5 rems provenant de toutes les sources, en sus des applications médicales et des sources naturelles. En donnant des exemples de la répartition de cette dose, l'ICRP indique que l'on pourrait fixer à 0,5 rem l'irradiation externe de la population dans son ensemble, ce qui équivaut à 17 mrems par an (\*\*).

#### B. Prométhéum 147

Le Pm-147 est un émetteur bêta pur. Le parcours maximum de ses particules bêta est égal à 46 mg/cm<sup>2</sup>. Etant donné que les normes fixées dans le présent manuel prévoient que l'enveloppe de la montre ou horloge aura une épaisseur minimum de 50 mg/cm<sup>2</sup>, les risques d'exposition aux rayonnements bêta n'existeront pas. L'activité totale par montre ou horloge (150  $\mu\text{Ci}$  par montre ou horloge ordinaire) et l'énergie du rayonnement bêta ( $E_{\text{max}} = 0,223 \text{ MeV}$ ) sont suffisamment faibles pour ne pas donner lieu au phénomène de Bremsstrahlung en quanti-

(\*) Des essais systématiques effectués en Suisse ont montré que cette dose spécifique était égale à 70 mR par  $\mu\text{Ci}$  et par an pour l'homme et à 65 mR par  $\mu\text{Ci}$  et par an pour la femme.

(\*\*) Une étude statistique effectuée en Suisse, fait apparaître qu'environ 66% des hommes et 25% des femmes portent une montre à cadran excité par une activité moyenne de 0,1  $\mu\text{Ci}$  de radium; compte tenu de l'âge et du taux de reproduction, on aboutit à une dose génétique de 100 mR par génération, soit 3,3 mR par an. En raison du fort pourcentage de montres et horloges radioluminescentes utilisées en Suisse, on peut considérer que ces valeurs sont exceptionnellement élevées et qu'elles atteindraient des niveaux inférieurs dans d'autres pays.

Tabelle 1

- a) Experimentell bestimmte Werte.
- b) Berechnete Werte.
- c) Berechnete Werte. Die höchstzulässige Dosis für die Strahlenbelastung der Haut für einzelne Mitglieder der Bevölkerung beträgt 7,5 rem pro Jahr.

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß alle kritischen Organe jährliche Strahlendosen erhalten, die unter den von der ICRP festgelegten Werten bleiben.

Die „genetische“ Strahlendosis, die sich aus einer Bestrahlung der Keimdrüsen mit Gammastrahlen der Radium aufweisenden Leuchtzifferblätter ergibt, sollte für die Gesamtbevölkerung bestimmt werden. Sie hängt von dem Verhältnis ab, in dem Männer und Frauen Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben tragen, von ihrem Alter, der Kindererwartung und schließlich von der jährlichen Dosis, die die Keimdrüsen erhalten, wenn eine Uhr mit einer Aktivität von 0,1  $\mu\text{Ci}$  am Handgelenk getragen wird\*).

Die ICRP hat eine maximale genetische Dosis von 5 rem für alle Quellen, zusätzlich zur medizinischen Anwendung und der natürlichen Grundstrahlung, vorgeschlagen. Bei der erläuternden Aufteilung dieser Dosis hat die ICRP darauf hingewiesen, daß 0,5 rem auf die äußere Bestrahlung der Gesamtbevölkerung entfallen sollen. Dies entspricht 17 mrem pro Jahr. (\*\*)

#### B. Promethium-147

Pm-147 ist ein reiner Betastrahler. Die maximale Reichweite seiner Beta-Teilchen beträgt 46 mg/cm<sup>2</sup>. Da die Normen dieses Handbuchs für Uhrengehäuse eine Mindestdicke von 50 mg/cm<sup>2</sup> vorsehen, sollte keine Gefahr einer Strahlenbelastung durch die Betastrahlung bestehen. Die Gesamtaktivität pro Uhr (150  $\mu\text{Ci}$  für eine gewöhnliche Uhr) und die Energie der Betastrahlung ( $E_{\text{max}} = 0,223 \text{ MeV}$ ) ist niedrig genug, damit keine Bremsstrahlung in solchen Mengen und Energien erzeugt wird, daß sie besondere Aufmerksamkeit erfordern würde.

\*) Eine Reihe von in der Schweiz durchgeführten Untersuchungen hat gezeigt, daß diese spezifische Dosis für den Mann gleich 70 mR pro  $\mu\text{Ci}$  und Jahr und für die Frau gleich 65 mR pro  $\mu\text{Ci}$  und Jahr ist.

(\*\*) Aus einer in der Schweiz durchgeführten Untersuchung geht hervor, daß etwa 66% der Männer und 25% der Frauen eine Uhr tragen, deren Zifferblatt durch eine mittlere Aktivität von 0,1  $\mu\text{Ci}$  Radium zum Leuchten gebracht wird; zieht man das Alter und die Kindererwartung in Betracht, so kommt man zu einer genetischen Dosis von 100 mR pro Generation, d. h. 3,3 mR pro Jahr Da in der Schweiz ein hoher Prozentsatz an Uhren mit Leuchtziffern verwendet wird, kann man annehmen, daß diese Werte außergewöhnlich hoch sind und in anderen Ländern niedriger sein werden.

known that this radioisotope is not free from contamination by other radionuclides. In particular Eu-154, a gamma emitter, is normally present in commercially available products. However, the quantities can be kept at less than 0.004 % so that the gamma radiation can be kept at insignificant levels (4), and in any case lower than 0.1 mrem/h at 10 cm distance. In the case of pocket watches (ordinary timepieces) containing Pm-147, control measures should be applied in order to ensure that the dose level of 0.1 mrem/h at 10 cm distance is not exceeded.

### C. Tritium

As Tritium is a pure beta emitter with a maximum range of beta particles of 0.6 mg/cm<sup>2</sup> the beta energy is low enough to ensure that no external radiation results from luminous watches containing Tritium.

### III. Maximum permissible activities derived from exposure limits of internal radiation

After introduction into the body, Tritium, Promethium-147 and Radium-226, depending on their chemical state, i. e. soluble or insoluble, follow the general metabolic channels, each lodging in one or several critical organs. Once lodged, the ionizing effect diminishes according to the effective half-life (i. e. physical half-life and biological half-life). The radiation dose received by the critical organ must remain below the maximum permissible doses specified in the basic Radiation Protection Norms. In estimating this dose, the chemical form of the radioactive substance — in particular as regards Radium-226 (depending on whether it is present in the form of a soluble or insoluble salt)—has to be taken into consideration. It will always be desirable that the radioisotopes should be present in as insoluble a form as possible.

According to the Report of the ICRP Committee II with regard to soluble material, Tritium settles, after ingestion or inhalation, throughout the whole body. Promethium-147 settles, through inhalation, in the bones, the amount absorbed by ingestion being negligible. Radium-226, after ingestion, lodges mainly in the bones. Radio-luminous paints may be relatively in-

tés et énergies telles qu'on doive leur attacher une importance particulière. D'après l'analyse du rayonnement du Pm-147, on sait que ce radioisotope n'est pas exempt de contamination par d'autres radionuclides, et en particulier par Eu-154, émetteur gamma généralement présent dans les produits que l'on trouve dans le commerce. Toutefois, on peut maintenir les quantités de ce nuclide à des taux inférieurs à 0,004 %, de telle sorte que le rayonnement gamma peut être réduit à des niveaux insignifiants (4) et, en tout cas, inférieurs à 0,1 mrem/h à 10 cm de distance. Dans le cas des montres de poche (montres ordinaires) contenant du Pm-147, il convient de procéder à des contrôles pour s'assurer que le débit de dose de 0,1 mrem/h à 10 cm de distance n'est pas dépassé.

### C. Tritium

Etant donné que le tritium est un émetteur bêta pur, avec un parcours maximum de particules bêta de 0,6 mg/cm<sup>2</sup>, l'énergie du rayonnement bêta est suffisamment faible pour qu'aucune irradiation externe ne résulte de l'utilisation de montres ou horloges contenant ce radioisotope.

### III. Activités maximales admissibles découlant des limites d'exposition relatives à l'irradiation interne

Après leur introduction dans l'organisme, le tritium, le prométhéum 147 et le radium 226 suivent, compte tenu de leur état chimique (composé soluble ou insoluble), les voies générales du métabolisme et se fixent chacun dans un ou plusieurs organes critiques. Après fixation, leur effet ionisant diminue avec leur période effective (période physique et période biologique). La dose d'irradiation reçue par l'organe critique doit rester inférieure aux doses maximales admissibles fixées par les normes de base pour la protection contre les radiations. Pour évaluer cette dose, il convient de tenir compte de la forme chimique de la substance radioactive (le radium 226 en particulier peut se présenter sous forme de sel soluble ou insoluble). Il est toujours souhaitable que, dans la mesure du possible, les radioisotopes se présentent sous forme insoluble.

D'après le rapport du Comité II de la Commission Internationale de Protection contre les Radiations relatif aux substances solubles, le tritium, après ingestion ou inhalation, se fixe dans l'organisme entier. Le prométhéum 147 se fixe, après inhalation, dans les os, la dose absorbée par ingestion étant négligeable. Le radium 226, après ingestion, se fixe surtout

Durch die Analyse der Strahlung des Pm-147 weiß man, daß dieses Radioisotop nicht frei von Kontamination durch andere radioaktive Stoffe ist. Insbesondere ist Eu-154, ein Gammastrahler, im allgemeinen in den im Handel erhältlichen Erzeugnissen vorhanden. Jedoch kann man seine Menge auf weniger als 0,004 % beschränken, so daß die Gammastrahlung sehr niedrig gehalten werden kann (4), und zwar in jedem Falle niedriger als 0,1 mrem/h in 10 cm Abstand. Bei Taschenuhren (gewöhnlichen Uhren), die Pm-147 enthalten, sollten Kontrollen durchgeführt werden, um zu gewährleisten, daß die Dosisleistung von 0,1 mrem/h im Abstand von 10 cm nicht überschritten wird.

### C. Tritium

Da Tritium ein reiner Betastrahler mit einer maximalen Reichweite von 0,6 mg/cm<sup>2</sup> ist, ist seine Betaenergie so niedrig, daß keine äußere Strahlenbelastung durch Uhren entstehen kann, die Leuchtziffern mit Tritium haben.

### III. Durch die Begrenzung der inneren Bestrahlung gegebene höchstzulässige Aktivitäten

Nach Aufnahme in den Körper folgen Tritium, Promethium-147 und Radium-226 je nach ihrer chemischen Form (löslich oder unlöslich) den allgemeinen Stoffwechselwegen und setzen sich in einem oder mehreren kritischen Organen fest. Nachdem sie sich dort festgesetzt haben, nimmt ihre ionisierende Wirkung in Abhängigkeit von ihrer effektiven Halbwertszeit (physikalische und biologische Halbwertszeit) ab. Die von dem kritischen Organ erhaltene Strahlendosis muß unter den in den Strahlenschutzgrundnormen festgelegten höchstzulässigen Dosen bleiben. Zur Bestimmung dieser Dosis ist der chemischen Form des radioaktiven Stoffes — insbesondere bei Ra-226 (je nachdem, ob es in Form eines löslichen oder unlöslichen Salzes vorhanden ist) — Rechnung zu tragen. Es ist stets erwünscht, daß die Radioisotope in möglichst schwer löslicher Form vorliegen.

Nach dem Bericht des Komitees II der ICRP über lösliche Stoffe setzt sich Tritium nach oraler Aufnahme oder Einatmung im ganzen Körper fest. Promethium-147 setzt sich nach Einatmung in den Knochen fest, während die durch orale Aufnahme absorbierte Menge vernachlässigt werden kann. Ra-226 setzt sich nach oraler Aufnahme hauptsächlich in den Knochen

soluble and the critical organ may therefore be the gastrointestinal (GI) tract, the lung or others.

The only possible risk involved is of ingestion or inhalation of a fragment of luminescent material, or of intake through wounds, if the watch is opened or the protective glass is broken. This possible hazard is assessed in the table below which gives the radiation dose in rems received by the critical organs, assuming an accidental ingestion or inhalation of radioactivity equal to one-tenth of that of a watch containing the average permissible quantity (\*). The doses indicated in Table 2 are dissipated in less than twelve months in the case of Tritium, over several years for Promethium-147 (corresponding to the total disintegration of the isotope), and within fifty years for Radium-226 (following the basic ICRP concept taking fifty years in relation to the life span).

The annual doses are still below the maximum permissible dose of 0.5 rem applicable to the whole body, the gonads and the blood-forming organs. By and large, accidental absorption by an individual of a fragment of dial or hand containing the activities indicated represents a negligible hazard, and is an acceptable risk with regard to the population as a whole.

Similar considerations may be applied to ordinary clocks and special timepieces, with correspondingly greater doses because of the larger activities permitted. In all these considerations it should be borne in mind that such accidental absorption will be exceedingly rare.

dans les os. Les peintures radioluminescentes pouvant être relativement insolubles, les organes critiques pourront donc être le tractus gastro-intestinal (GI), les poumons ou d'autres organes.

Le seul risque qui peut se présenter est celui d'une ingestion ou d'une inhalation de débris de matière luminescente, ou d'absorption par des plaies, lors de l'ouverture de la montre ou d'un bris de verre. Ce risque est évalué dans le Tableau 2, où l'on a calculé la dose en rems reçue par les organes critiques, en admettant l'ingestion ou l'inhalation accidentelles d'une activité égale au dixième de celle qui est présente dans une montre contenant la quantité moyenne admissible (\*). Les doses indiquées dans ce tableau sont dissipées en moins d'un an pour le tritium, en plusieurs années pour le prométhéum 147 (correspondant à la désintégration totale de l'isotope) et en 50 ans pour le radium 226 (selon le principe fondamental de l'ICRP qui fixe la durée de vie à 50 ans).

Les doses annuelles sont toujours inférieures à la dose maximale admissible de 0,5 rem applicable au corps entier, aux gonades et aux organes hématopoïétiques. Dans l'ensemble, l'absorption accidentelle par une personne d'un fragment de cadran ou d'aiguille porteur des activités indiquées représente un danger négligeable et un risque acceptable pour la population dans son ensemble.

Ces considérations valent également pour les horloges ordinaires et les montres et horloges spéciales, avec des doses correspondantes plus fortes en ce qui concerne l'absorption accidentelle par inhalation ou ingestion. Il convient cependant de ne pas perdre de vue que ces absorptions accidentelles sont extrêmement rares.

ab. Die radioaktiven Leuchtfarben können verhältnismäßig unlöslich sein, und die kritischen Organe können daher der Verdauungstrakt (GI), die Lunge oder andere Organe sein.

Die einzig mögliche Gefahr besteht in einer oralen Aufnahme oder dem Einatmen von Bruchteilen des Leuchtmaterials oder in einer Aufnahme durch Wunden, wenn die Uhr geöffnet wird oder das Schutzglas zerbrochen ist. Diese mögliche Gefahr ist in der Tabelle 2, welche die von den kritischen Organen aufgenommene Strahlendosis in rem wiedergibt, unter der Annahme abgeschätzt worden, daß bei einem Unfall eine orale Aufnahme oder eine Einatmung von einem Zehntel der Aktivität erfolgt, die eine Uhr mit der durchschnittlich zugelassenen Menge enthält. \*) Die in Tabelle 2 aufgeführten Dosen werden im Falle von Tritium in weniger als einem Jahr, bei Promethium-147 in mehreren Jahren (entsprechend dem gesamten Zerfall des Isotops) und bei Radium-226 in 50 Jahren (nach dem Grundsatz der ICRP, dem eine Lebensdauer von 50 Jahren zugrunde liegt) aufgenommen.

Die jährlichen Dosen liegen noch unter der für den ganzen Körper, die Keimdrüsen und die blutbildenden Organe geltenden höchstzulässigen Dosis von 0,5 rem. Im großen und ganzen stellt die durch einen Unfall verursachte Aufnahme eines Teiles des Zifferblatts oder Zeigers, der die angegebenen Aktivitäten enthält, durch eine Person eine Gefahr dar, die vernachlässigt werden kann, und ist im Hinblick auf die Gesamtbevölkerung ein annehmbares Risiko.

Ahnliche Überlegungen gelten für gewöhnliche Uhren und Spezialuhren mit entsprechend größeren Dosen, da bei ihnen größere Aktivitäten zugelassen sind. Bei all diesen Überlegungen sollte man jedoch nicht vergessen, daß eine solche unfallbedingte Absorption außerordentlich selten sein wird.

(\*) The figures on which the calculations are based were taken from the Report of ICRP Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation (1959).

(\*) Les valeurs utilisées pour les calculs sont empruntées au « Report of ICRP Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation (1959) ».

1) Die für die Berechnungen verwendeten Werte sind dem „Report of ICRP Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation“ (1959) entnommen.

Radio-nuclide	chemical form	mode of intake	critical organ	activity ingested ( $\mu\text{Ci}$ )	dose equiv. (rems)
H-3	insoluble	ingestion	GI lung	500	$6.5 \times 10^{-1}$
		inhal.		500	5.0
	soluble	ingestion inhal. through wounds	body tissue body tissue body tissue	500 500 500	$1.05 \times 10^{-1}$ $1.05 \times 10^{-1}$ $1.05 \times 10^{-1}$
Pm-147	insoluble	ingestion	GI lung	10	$8.8 \times 10^{-2}$
		inhal.		10	$7.0 \times 10^{-1}$
	soluble	ingestion inhal. through wounds	bone bone bone	10 10 10	$7.4 \times 10^{-4}$ 2.0 7.4
Ra-226	insoluble	ingestion	GI lung	0.01	$7.6 \times 10^{-3}$
		inhal.		0.01	1.3
	soluble	ingestion inhal. through wounds	bone bone bone	0.01 0.01 0.01	3.1 3.1 10.4

Table 2: Dose equivalent values corresponding to various modes of intake of one-tenth of the average permissible activity recommended for ordinary watches.

Radionuclide	Forme chimique	mode d'absorption	organe critique	activité ingérée ( $\mu\text{Ci}$ )	dose équivalent (rem)
H-3	insoluble	ingestion	GI poumon	500	$6,5 \times 10^{-1}$
		inhalation		500	5,0
	soluble	ingestion	tissus corporel	500	$1,05 \times 10^{-1}$
		inhalation	tissus corporel	500	$1,05 \times 10^{-1}$
Pm-147	insoluble	absorption par des plaies	tissus corporel	500	$1,05 \times 10^{-1}$
		ingestion	GI poumon	10	$8,8 \times 10^{-2}$
	soluble	inhalation	os	10	$7,4 \times 10^{-4}$
		absorption par des plaies	os	10	2,0
Ra-226	insoluble	ingestion	GI poumon	0,01	$7,6 \times 10^{-3}$
		inhalation		0,01	1,3
	soluble	ingestion	os	0,01	3,1
		inhalation	os	0,01	3,1
		absorption par des plaies	os	0,01	10,4

Tableau 2: « Dose equivalent values » correspondant aux divers modes d'absorption d'un dixième de l'activité moyenne admissible recommandée pour les montres ordinaires.

Radioaktiver Stoff	Chemische Form	Art der Absorption	Kritisches Organ	Oral aufgenommene Aktivität ( $\mu\text{Ci}$ )	Dosis-äquivalent (rem)
H-3	unlöslich	orale Aufnahme	GI	500	$6,5 \times 10^{-1}$
		Einatmung	Lunge	500	5,0
	löslich	orale Aufnahme Einatmung Absorption durch Wunden	Körpergewebe Körpergewebe Körpergewebe	500 500 500	$1,05 \times 10^{-1}$ $1,05 \times 10^{-1}$ $1,05 \times 10^{-1}$
Pm-147	unlöslich	orale Aufnahme	GI	10	$8,8 \times 10^{-2}$
		Einatmung	Lunge	10	$7,0 \times 10^{-1}$
	löslich	orale Aufnahme Einatmung Absorption durch Wunden	Knochen Knochen Knochen	10 10 10	$7,4 \times 10^{-4}$ 2,0 7,4
Ra-226	unlöslich	orale Aufnahme	GI	0,01	$7,6 \times 10^{-3}$
		Einatmung	Lunge	0,01	1,3
	löslich	orale Aufnahme Einatmung Absorption durch Wunden	Knochen Knochen Knochen	0,01 0,01 0,01	3,1 3,1 10,4

Tabelle 2: Dosisäquivalentwerte entsprechend den verschiedenen Arten der Absorption von einem Zehntel der für gewöhnliche Uhren zulässigen mittleren Aktivität.

## Bibliographical References

## Références

## Literaturhinweise:

- |   |   |   |
|---|---|---|
| (1) JOYET, G., Helvetica Physica Acta, XXXIII, 6/7, 557 (1960)  | (1) JOYET, G., Helvetica Physica Acta, XXXIII, 6/7, 557 (1960)  | (1) JOYET, G., Helvetica Physica Acta, XXXIII, 6/7, 557 (1960)  |
| (2) SEELENTAG, W., and KLOTZ, E., Strahlentherapie 110, 606 (1959)                                      | (2) SEELENTAG, W., et KLOTZ, E., Strahlentherapie 110, 606 (1959)                                       | (2) SEELENTAG, W., und KLOTZ, E., Strahlentherapie 110, 606 (1959)                                      |
| (3) JOYET, G., and MILLER, M., Experientia, Vol. XVI/8, 342 (1960)                                      | (3) JOYET, G., et MILLER, M., Experientia, Vol. XVI/8, 342 (1960)                                       | (3) JOYET, G., und MILLER, M., Experientia, Band XVI/8, 342 (1960)                                      |
| (4) VEIT, W., Untersuchungen über mit Promethium aktivierte Leuchtfarben, Kerntechnik 5, 223—224 (1963) | (4) VEIT, W., Untersuchungen über mit Promethium aktivierte Leuchtfarben, Kerntechnik 5, 223—224 (1963) | (4) VEIT, W., Untersuchungen über mit Promethium aktivierte Leuchtfarben, Kerntechnik 5, 223—224 (1963) |

## Denkschrift zum Ratsbeschuß

### I. Allgemeines

Der Rat der Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) hat in seiner 122. Sitzung am 19. Juli 1966 beschlossen, daß die Mitgliedstaaten der Organisation geeignete Maßnahmen zu treffen haben, um die Benutzer von Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben und die Gesamtbevölkerung ausreichend vor den Gefahren ionisierender Strahlen zu schützen. Der Beschluß ist gestützt auf Artikel 5 (a) und (b) des Übereinkommens vom 14. Dezember 1960 über die Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (Bundesgesetzbl. 1961 II S. 1150) sowie auf den Ratsbeschuß vom 18. Dezember 1962 über die Annahme von Grundnormen für den Strahlenschutz (Bundesgesetzbl. 1964 II S. 857).

Als geeignet sieht der Rat die Maßnahmen an, die eine gemeinsame Sachverständigengruppe der Europäischen Kernenergieagentur (ENEA) der OECD und der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) als „Strahlenschutznormen für Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben“ empfohlen hat. Der Rat empfiehlt den Regierungen der Mitgliedstaaten, diese Normen ihren Maßnahmen zur Verwirklichung des Ratsbeschlusses zugrunde zu legen.

In seiner 132. Sitzung am 24. Januar 1967 ist der Rat der OECD übereingekommen, daß der Beschluß vom 19. Juni 1966 bis zu seiner Ratifizierung durch die Bundesrepublik Deutschland in den übrigen Mitgliedstaaten der OECD vorläufig Anwendung finden soll. Die Internationale Atomenergie-Organisation hat die Empfehlungen der gemeinsamen Sachverständigengruppe nach Annahme durch den Gouverneursrat in Heft 23 ihrer „Safety Series“ veröffentlicht.

### II. Inhalt der Strahlenschutznormen

Die Empfehlungen legen die Voraussetzungen fest, unter denen die Verwender von Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben einer möglichst geringen Strahlenbelastung ausgesetzt sind. Uhren, die diese Voraussetzungen erfüllen, sollen unter erleichterten Bedingungen in und zwischen den Mitgliedstaaten der OECD gehandelt werden können.

Die Empfehlungen unterscheiden zwischen Uhren zum allgemeinen Gebrauch (gewöhnliche Uhren) und Uhren zum speziellen Gebrauch (Spezialuhren). Bei beiden Uhrentypen soll das Gehäuse vor direktem Kontakt schützen und die Leuchtfarbe fest haftend sein. Für die Leuchtfarbe verwendet werden sollen grundsätzlich nur die Radionuklide Tritium ( $H^3$ ), Promethium 147 ( $Pm^{147}$ ) und Radium 226 ( $Ra^{226}$ ), vorzugsweise jedoch  $H^3$  und  $Pm^{147}$ . Für Taschenuhren schließen die Empfehlungen die Verwendung von  $Ra^{226}$  ganz aus. Die Gesamtaktivität der verwendeten Radionuklide ist für gewöhnliche Uhren und Spezialuhren entsprechend ihren unterschiedlichen Verwendungszwecken begrenzt. Für Spezialuhren ist eine besondere Kennzeichnung vorgesehen. Damit die Einhaltung der von der gemeinsamen Sachverständigengruppe aufgestellten Sicherheitsvoraussetzungen gewährleistet werden kann, soll die Herstellung von Uhren mit radioaktiver Leuchtfarbe überwacht werden. Vorschläge zur Ausgestaltung des Überwachungsverfahrens enthält der Anhang zu den Empfehlungen.

### III. Schlußfolgerungen

Die Annahme des Ratsbeschlusses hat insbesondere zur Folge, daß die Verwendung von  $Ra^{226}$  in Taschenuhren praktisch untersagt wird. Eine Genehmigung für diese Art der Verwendung eines radioaktiven Stoffes könnte nur noch unter Auflagen erteilt werden, die sinnvoll nicht mehr zu erfüllen sind. Zur Durchsetzung des Ratsbeschlusses ist daher der Erlass einer besonderen Verbotsnorm notwendig. Artikel 2 sieht hierfür die Aufnahme einer entsprechenden Rechtsverordnungsermächtigung in das Atomgesetz vor, um auch zukünftige Fälle erfassen zu können, in denen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik ein Verbot bestimmter Arten der Verwendung radioaktiver Stoffe erforderlich wird.

Darüber hinaus wird § 11 Abs. 1 Satz 1 der Ersten Strahlenschutzverordnung in der Fassung vom 15. Oktober 1965 (Bundesgesetzbl. I S. 1653) den von der gemeinsamen Sachverständigengruppe der ENEA und der IAEO empfohlenen Strahlenschutznormen für Uhren mit radioaktiven Leuchtfarben anzupassen sein, indem die Tatbestände einer genehmigungsfreien Verwendung zum Teil eingeschränkt und zum Teil erweitert werden.

## Anlage 2

**Stellungnahme des Bundesrates**

1. a) Die Eingangsworte sind wie folgt zu fassen:

„Der Bundestag hat mit Zustimmung des Bundesrates das folgende Gesetz beschlossen:“.

**Begründung**

Durch Artikel 2 soll das Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren vom 23. Dezember 1959 geändert werden. Dieses ist als Zustimmungsgesetz verkündet worden.

Nach ständiger Rechtsauffassung des Bundesrates sind Änderungen eines zustimmungsbedürftigen Gesetzes ebenfalls zustimmungsbedürftig.

- b) Artikel 2

Die Worte „Artikel 3 des Siebenten Strafrechtsänderungsgesetzes vom 1. Juni 1964 (Bundesgesetzbl. I S. 337)“ sind durch die Worte „Artikel 78 des Einführungsgesetzes zum Gesetz über Ordnungswidrigkeiten (EGOWiG) vom 24. Mai 1968 (Bundesgesetzblatt I S. 503)“ zu ersetzen.

**Begründung**

Erforderliche Berichtigung.

2. Die Bundesregierung wird gebeten, im weiteren Verlauf des Gesetzgebungsverfahrens zu prüfen, ob von der Zweckbestimmung in § 11 Abs. 1 Nr. 4 abgesehen werden kann. Auch die Nummern 1 bis 3 des § 11 Abs. 1 des Atomgesetzes enthalten im Hinblick auf die im Eingangssatz dieser Vorschrift bestimmte Verweisung auf die Zwecke des § 1 des Atomgesetzes keine eigene Zweckbestimmung.

### **Auffassung der Bundesregierung zu der Stellungnahme des Bundesrates**

Die Bundesregierung äußert sich zu der Stellungnahme des Bundesrates wie folgt:

#### **Zu 1. a)**

Der Auffassung des Bundesrates, das Gesetz bedürfe seiner Zustimmung, weil es eine Bestimmung des mit Zustimmung des Bundesrates beschlossenen Atomgesetzes ändere, kann nicht gefolgt werden. Nach ständiger Auffassung der Bundesregierung bedarf die Änderung eines mit Zustimmung des Bundesrates ergangenen Gesetzes nur dann der Zustimmung des Bundesrates, wenn durch das Änderungsgesetz Vorschriften geändert werden, die die Zustimmungsbedürftigkeit des ursprünglichen Gesetzes begründet haben. Diese Voraussetzung ist bei dem vorliegenden Gesetzentwurf nicht gegeben.

#### **Zu 1. b)**

Dem Vorschlag wird zugestimmt. Während des Gesetzgebungsverfahrens ist das Einführungsgesetz zum Gesetz über Ordnungswidrigkeiten vom 24. Mai 1968 (Bundesgesetzbl. I S. 503) in Kraft getreten.

#### **Zu 2.**

Dem Vorschlag wird mit der Maßgabe zugestimmt, daß die den § 11 Abs. 1 des Atomgesetzes ergänzende Nummer 4 folgenden Wortlaut erhält:

„4. daß radioaktive Stoffe in bestimmter Art und Weise nicht verwendet werden dürfen, soweit das Verbot zur Durchsetzung von Beschlüssen internationaler Organisationen, deren Mitglied die Bundesrepublik Deutschland ist, erforderlich ist.“

Die angeregte Prüfung hat ergeben, daß die zur Verdeutlichung eingefügten Worte „und zum Schutze der Gesundheit“ gestrichen werden können, da schon der Eingangssatz des § 11 einen ausreichenden Hinweis auf den in § 1 Nr. 2 des Atomgesetzes genannten Gesundheitsschutz enthält. Dagegen wäre der Verzicht auf die besondere Zweckbestimmung „zur Durchsetzung internationaler Beschlüsse“ im vorgesehenen § 11 Abs. 1 Nr. 4 des Atomgesetzes bedenklich. Der Begriff „Beschlüsse internationaler Organisationen“ deckt sich nicht ohne weiteres mit dem der „internationalen Verpflichtungen“ in § 1 Nr. 4 des Atomgesetzes, weil er auch Empfehlungen enthält und daher umfassender ist.

