

**EUR 255.d**

REPRINT

EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT - EURATOM

SCHUTZVORRICHTUNGEN  
GEGEN STRAHLENSCHÄDEN AUF SCHIFFEN  
MIT KERNENERGIEANTRIEB

von

W. KIRCHHOFF (G.K.S.S.)

1963



Bericht abgefasst vom  
Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau  
und Schifffahrt mbH., Hamburg  
in Rahmen des Euratom - Vertrages Nr. 002/61/1 PNID

Sonderdruck aus  
RÖNTGEN - BLATTER  
15. Jahrgang, Heft 12-1962

## HINWEIS

Das vorliegende Dokument ist im Rahmen des Forschungsprogramms der Kommission der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) ausgearbeitet worden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Euratomkommission, ihre Vertragspartner und alle in deren Namen handelnden Personen:

- 1° — keine Gewähr dafür übernehmen, dass die in diesem Dokument enthaltenen Informationen richtig und vollständig sind oder dass die Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden und Verfahren nicht gegen gewerbliche Schutzrechte verstößt;
- 2° — keine Haftung für die Schäden übernehmen, die infolge der Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden oder Verfahren entstehen könnten.

*This reprint is intended for restricted distribution only. It reproduces, by kind permission of the publisher, an article from „RÖNTGEN-BLÄTTER“, 15. Jahrgang, Heft 12 - 1962, 374-380. For further copies please apply to Verlag W. Girardet, Wuppertal - Elberfeld, Allemagne.*

*Dieser Sonderdruck ist für eine beschränkte Verteilung bestimmt. Die Wiedergabe des vorliegenden in „RÖNTGEN-BLÄTTER“, 15. Jahrgang, Heft 12 - 1962, 374-380 erschienenen Aufsatzes erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Herausgebers. Bestellungen weiterer Exemplare sind an Verlag W. Girardet, Wuppertal - Elberfeld, Allemagne, zu richten.*

*Ce tiré à part est exclusivement destiné à une diffusion restreinte. Il reprend, avec l'aimable autorisation de l'éditeur, un article publié dans « RÖNTGEN-BLÄTTER », 15. Jahrgang, Heft 12 - 1962, 374-380. Tout autre exemplaire de cet article doit être demandé à Verlag W. Girardet, Wuppertal, Elberfeld, Allemagne.*

*Questo estratto è destinato esclusivamente ad una diffusione limitata. Esso è stato riprodotto, per gentile concessione dell'Editore, da « RÖNTGEN-BLÄTTER », 15. Jahrgang, Heft 12 - 1962, 374-380. Ulteriori copie dell'articolo debbono essere richieste a Verlag W. Girardet, Wuppertal, Elberfeld, Allemagne.*

*Deze overdruk is slechts voor beperkte verspreiding bestemd. Het artikel is met welwillende toestemming van de uitgever overgenomen uit „RÖNTGEN-BLÄTTER“, 15. Jahrgang, Heft 12 - 1962, 374-380. Meer exemplaren kunnen besteld worden bij Verlag W. Girardet, Wuppertal - Elberfeld, Allemagne.*

## EUR 255.d

REPRINT

SCHUTZVORRICHTUNGEN GEGEN STRAHLENSCHÄDEN AUF SCHIFFEN MIT KERNENERGIEANTRIEB von W. KIRCHHOFF (G.K.S.S.).

Europäische Atomgemeinschaft - EURATOM.

Bericht abgefasst vom Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH., Hamburg, in Rahmen des Euratom - Vertrages Nt. 002-61-1 PNID.

Sonderdruck aus „Röntgen - Blätter“, 15. Jahrgang, Heft 12 - 1962, S. 374-380.

Auf Schiffen zwingt die Unmöglichkeit einer schnellen Räumung zu erhöhtem Aufwand an Sicherheitsmassnahmen gegen die Verbreitung radioaktiver Strahlung oder Zerfallprodukte. Durch mehrfache Überlagerung von Schutzschranken wird angestrebt, die Dosisleistungen in den betriebsnotwendigen Räumen auch im Falle glaubwürdiger Unfälle am Reaktor erträglich zu halten. Die Anordnung eines solchen Schutzgürtels und die Massnahmen zur Überwachung werden für ein spezielles Schiffsprojekt geschildert.

---

## EUR 255.d

REPRINT

SAFETY DEVICES AGAINST RADIATION INJURIES ON SHIPS OPERATED BY ATOMIC ENERGY of W. KIRCHHOFF (G.K.S.S.).

European Atomic Energy Community - EURATOM.

Work done by Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH., Hamburg, under the Euratom contract No. 002-61-1 PNID. Reprinted from „Röntgen - Blätter“, Year 15, Vol. 12 - 1962, pages 374-380.

On board ship, the impossibility of rapid evacuation results in an increased application of safety measures against the expansion of radioactive radiation or decay products. With the aid of a multiple superposition of protective barriers it is endeavoured to maintain the dosage rates within tolerable limits in rooms necessary for operation also in case of accidents occurring at the reactor. The arrangement of such protective barriers as well as appropriate safety measures are described for a specific ship project.

---

## EUR 255.d

REPRINT

SAFETY DEVICES AGAINST RADIATION INJURIES ON SHIPS OPERATED BY ATOMIC ENERGY of W. KIRCHHOFF (G.K.S.S.).

European Atomic Energy Community - EURATOM.

Work done by Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH., Hamburg, under the Euratom contract No. 002-61-1 PNID. Reprinted from „Röntgen - Blätter“, Year 15, Vol. 12 - 1962, pages 374-380.

On board ship, the impossibility of rapid evacuation results in an increased application of safety measures against the expansion of radioactive radiation or decay products. With the aid of a multiple superposition of protective barriers it is endeavoured to maintain the dosage rates within tolerable limits in rooms necessary for operation also in case of accidents occurring at the reactor. The arrangement of such protective barriers as well as appropriate safety measures are described for a specific ship project.

---

## EUR 255.d

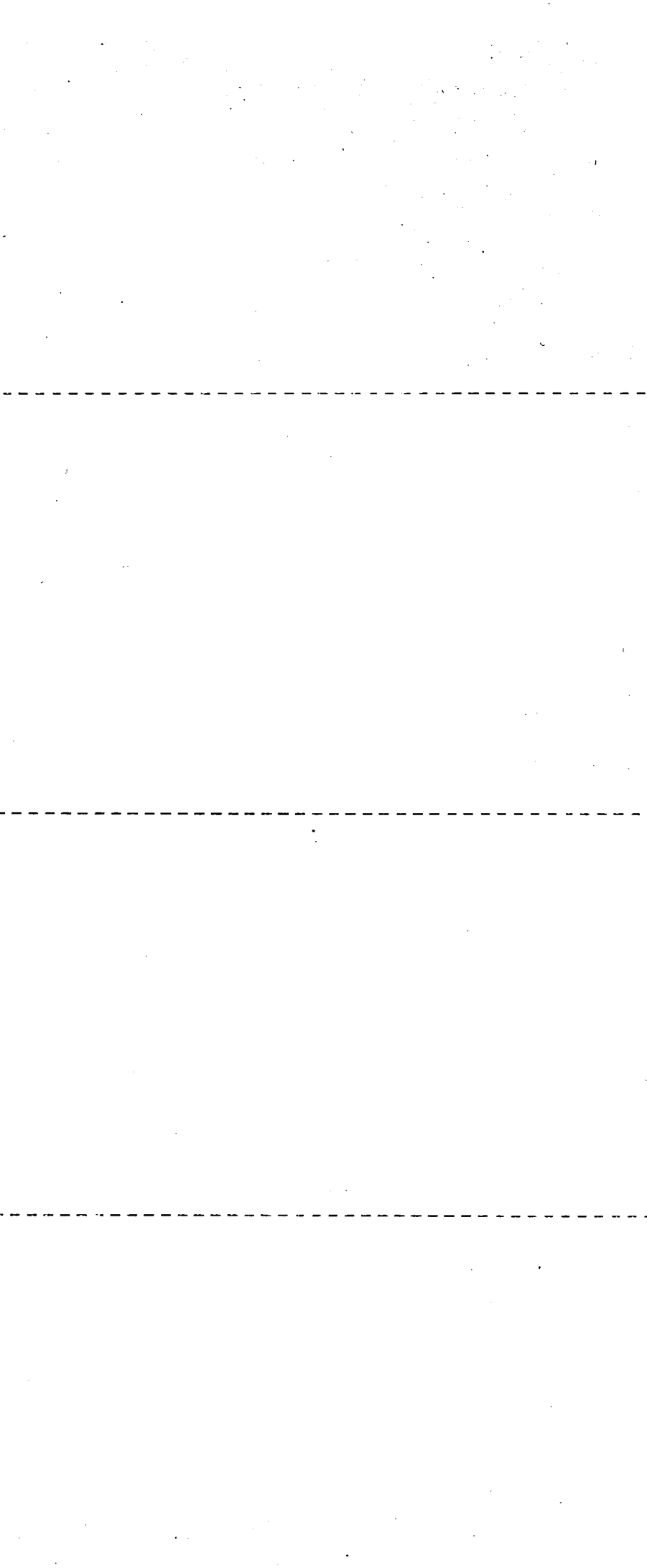
REPRINT

SAFETY DEVICES AGAINST RADIATION INJURIES ON SHIPS OPERATED BY ATOMIC ENERGY of W. KIRCHHOFF (G.K.S.S.).

European Atomic Energy Community - EURATOM.

Work done by Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH., Hamburg, under the Euratom contract No. 002-61-1 PNID. Reprinted from „Röntgen - Blätter“, Year 15, Vol. 12 - 1962, pages 374-380.

On board ship, the impossibility of rapid evacuation results in an increased application of safety measures against the expansion of radioactive radiation or decay products. With the aid of a multiple superposition of protective barriers it is endeavoured to maintain the dosage rates within tolerable limits in rooms necessary for operation also in case of accidents occurring at the reactor. The arrangement of such protective barriers as well as appropriate safety measures are described for a specific ship project.



RÖNTGEN-BLÄTTER · 15. JAHRGANG · HEFT 12 · DEZEMBER 1962

SONDERDRUCK

Schutzvorrichtungen gegen Strahlenschäden  
auf Schiffen mit Kernenergieantrieb

WOLFGANG KIRCHHOFF

Die Kernenergie hat heute bereits eine große Bedeutung für den Antrieb von Kriegsschiffen, und auch die Fracht- und Passagierschiffahrt interessiert sich dafür in steigendem Maße.

Bei einer Kernspaltung, die durch das Beschießen von Atomkernen mit Neutronen erfolgt, wird eine energiereiche Strahlung frei. Um das menschliche Leben an Bord und das der jeweiligen Umgebung vor Strahlenschäden zu bewahren, werden Strahlenschutzvorrichtungen vorgesehen.

Die in diesem Bericht angeführten Schutzvorrichtungen, die Reaktorschilde, der Sicherheitsbehälter und die Sekundärabschirmung, sind in Anlehnung an den Entwurf eines Schiffes mit einem organisch moderierten Reaktor gemacht worden, wie es der Ausschnitt in Abb. 2 zeigt. Der Entwurf ist das Ergebnis einer Zusammenarbeit zwischen der Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schiffahrt mbH., Hamburg, und der Firma Internationale Atomreaktorbau GmbH., Bensberg, die von EURATOM gefördert wurde.

### *Beschreibung der Anlage*

Voraussetzung für Kernspaltungen, die die Wärmeenergie für eine Schiffsantriebsmaschine erzeugen, ist eine konzentrierte Anordnung des Uranbrennstoffs. Dazu werden Uranstäbe mit metallischen Hülsen umschlossen und in einem Gitterwerk zu dem sogenannten Reaktorkern angeordnet (siehe Abb. 1).

Im Primärkreislauf, wie er in Abb. 1 schematisch gezeichnet ist, fördern die Kühlmittelumwälzpumpen (g) das im Reaktorkern erhitzte Kühlmittel den beiden Wasserdampfherzeugern (h) zu. Als Kühlmittel wird bei diesem organisch moderierten Reaktortyp Terphenyl verwendet.

Das Terphenyl wird durch die Bestrahlung beim Durchfließen des Reaktorkerns allmählich zersetzt. Eine Filter- und Destillationsanlage in einer separaten Reinigungsabteilung trennt vom Kühlmittel fortlaufend die kontinuierlich anfallenden Zersetzungsprodukte, wie Gase, Wasser und Polymerisate, und verhindert eine Verunreinigung des Primärkreislaufes.

### *Strahlenquellen der Schiffsanlage*

1. Der Reaktorkern, wie er in Abb. 1 schematisch dargestellt, ist die intensivste Strahlenquelle. Die Strahlenintensivität ist von der Anreicherung der Uranstäbe mit  $^{235}\text{U}$ , der Dauer des Abbrands und der Leistung des Reaktors abhängig.

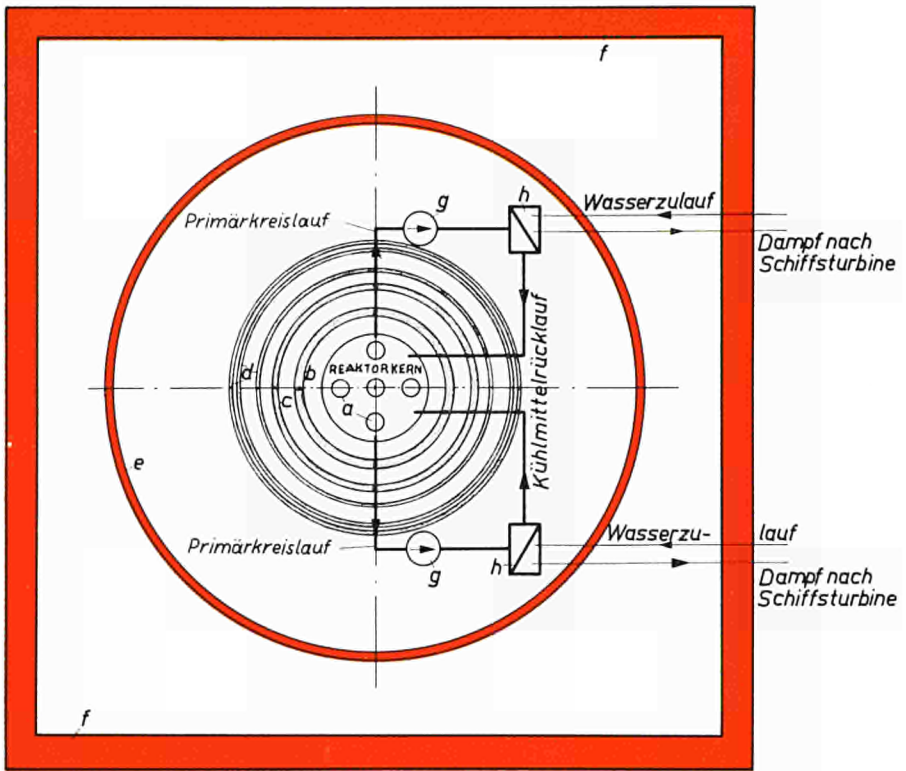


Abb. 1 Schema der Strahlenschutzschranken

- |                       |                        |                      |
|-----------------------|------------------------|----------------------|
| a) Uranstab mit Hülse | d) Biologischer Schild | g) Kühlmittelumwälz- |
| b) Thermischer Schild | e) Sicherheitsbehälter | pumpe                |
| c) Reaktortank        | f) Sekundärabschirmung | h) Wärmetauscher     |

2. Während das Kühlmittel den Reaktorkern durchfließt, wird es von Neutronen, die bei der Spaltung von Atomkernen freiwerden, beschossen. Ein Teil dieser Neutronen wird vom Kühlmittel absorbiert und löst Kernprozesse aus, die eine innere Aktivität des Kühlmittels bewirken.
3. Die aus dem Primärkreislauf gefilterten und in Behältern in der Reinigungsanlage gespeicherten Polymerisate, Gase und Wasser bilden weitere Strahlensquellen.

### Strahlenschutzvorrichtungen

Ein wesentlicher Schutz gegen ein Austreten in das Kühlmittel von hochradioaktiven Gasen, wie Xenon und Krypton, die bei der Kernspaltung von Uran ent-

stehen, ist die bereits unter dem Abschnitt „Beschreibung der Anlage“ erwähnte Metallhülse (a); sie umschließt gasdicht den Uranstab.

Der Reaktorkern wird ringförmig vom thermischen Schild (b), vom Reaktortank (c) und von biologischen Schild (d) umschlossen (siehe Abb. 1).

Um den Reaktortank (c) und den biologischen Schild (d) vor der Hitze des Reaktorkerns zu schützen, wird zwischen dem Reaktorkern ein thermischer Schild (b) eingeschoben. Der Reaktortank (c) dient einmal zur Halterung des Gitterwerks der Brennelemente und zum anderen als Strahlenschutzmantel.

Der biologische Schild (d), der aus einer Wasser-Stahlschichtung besteht, hat die Aufgabe, die den thermischen Schild (b) und den Reaktortank (c) durchdringende Strahlung des Reaktorkerns auf einen für Lebewesen biologisch ungefährlichen Betrag herabzusetzen. Die zu erwartende Dosisleistung an der äußeren Oberfläche des biologischen Schildes beträgt im Durchschnitt 70 m rem/h.

Der Reaktor mit Primärkreislauf wird in einem stählernen, druck- und gasdichten Sicherheitsbehälter (e) (siehe Abb. 1 und 2) aufgestellt. Dieser Behälter dient weniger als Strahlenschutz für das außerhalb des Behälters arbeitende Personal, sondern in erster Linie als Auffangbehälter für das bei einem Rohrleitungsbruch des Primärkreislaufes entweichende Kühlmittel und als Schutz gegen eine Verseuchung der Umgebung durch radioaktive Zersetzungsprodukte bei evtl. sinkendem Schiff.

Die für das Ausfiltern der Polymerisate aus dem Primärkreislauf notwendigen Pumpen, Behälter und Filter (Reinigungsanlage) werden in einem besonderen Raum aufgestellt (siehe Abb. 2). Die in diesem Raum für die Reinigungsanlage zu erwartende Dosisleistung liegt bei 30 m rem/h.

Die je nach Örtlichkeit aus Blei oder Beton bestehende Sekundärabschirmung, wie sie in Abb. 1 und 2 dargestellt ist, umschließt den Sicherheitsbehälter mit dem Reaktorkern und einen Teil des Raumes der Reinigungsanlage mit den gespeicherten radioaktiven Abfallprodukten. Diese Abschirmung ist als eine Abschlußabschirmung anzusehen, da sie alle Strahlenquellen auf dem Schiff umschließt.

### *Strahlenschutzbereiche auf einem Schiff mit Kernenergieantrieb*

Zum Schutze der Fahrgäste, des Decks- und des Maschinenpersonals wird ein mit einem Reaktor ausgerüstetes Schiff in verschiedene Strahlenschutzbereiche aufgeteilt (siehe Abb. 2):

- a) Bereich begrenzter Begehbarkeit
- b) Kontrollbereich
- c) Überwachungsbereich.



Die Aufteilung der Schiffsräume ergibt sich aus den Empfehlungen der ICRP (International Commission for Radiation Protection) und der Strahlenschutzverordnung vom 24. Juni 1960 §§ 25 und 29, wonach die Dosisleistungen die in der folgenden Tabelle aufgeführten Werte nicht überschreiten dürfen:

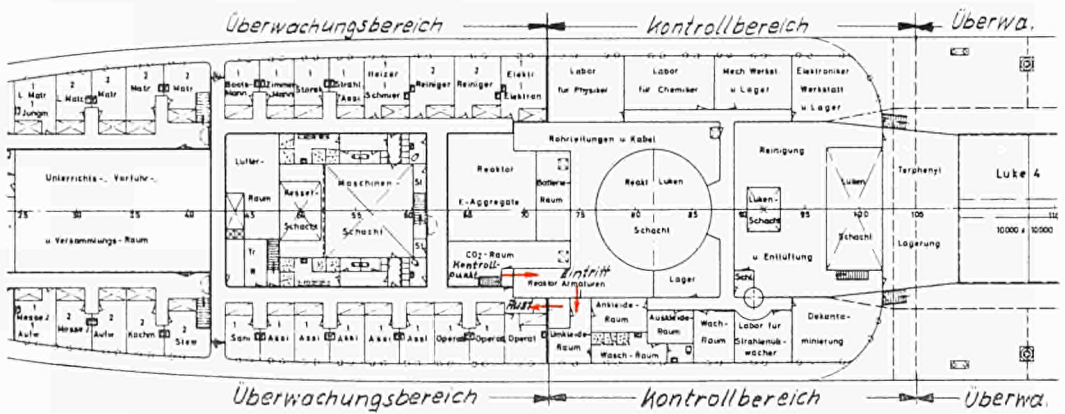
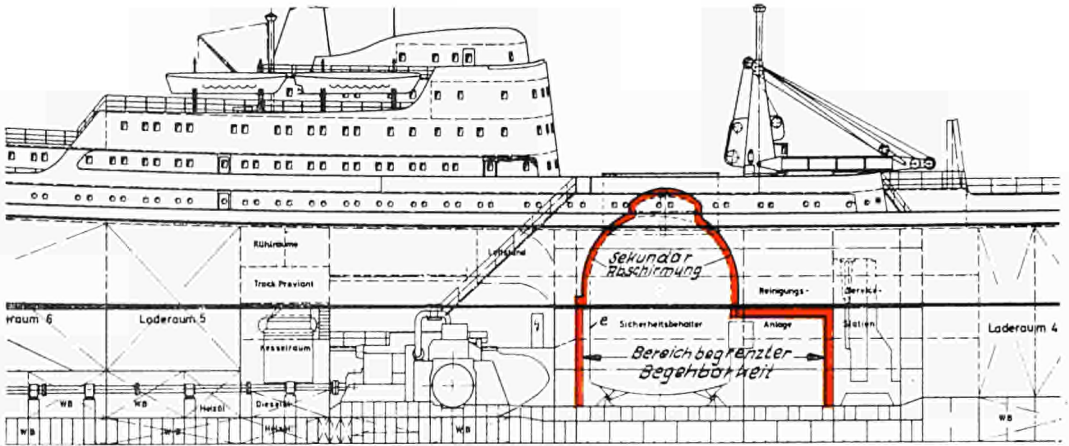


Abb. 2

Längsschnitt und Hauptdeckplan im Reaktor- und Maschinenraumbereich Maßstab 1:50

	Jahr	13-Wochen- Periode	Woche
Beruflich strahlenexponierte Personen (Maschinenpersonal)	5 rem/a	3 rem/13 Wo.	0,1 rem/Wo.
Personen, die auf Grund ihrer Tätigkeit sich gelegentlich im Kontrollbereich aufhalten, ohne mit radioaktiven Stoffen umzugehen (Deckspersonal)	1,5 rem/a	1 rem/13 Wo.	0,03 rem/Wo.
Personen, die sich nur im Überwachungsbe- reich aufhalten und den Kontrollbereich nicht betreten dürfen (Fahrgäste)	0,5 rem/a	0,3 rem/13 Wo.	0,01 rem/Wo.

*a) Bereich begrenzter Begehbarkeit (siehe Abb. 2)*

Zu dem Bereich begrenzter Begehbarkeit gehören die innerhalb der Sekundärabschirmung liegenden Anlagenteile wie der Sicherheitsbehälter (e) mit Reaktor und der Raum für die Reinigungsanlage.

Das Betreten des Sicherheitsbehälters (e) vom Raum der Reinigungsanlage aus (siehe Abb. 2) erfolgt durch eine Schleuse. Die Schleusentür kann allerdings nur vom Kontrollraum des Strahlenschutzpersonals aus entriegelt werden, somit wird eine Kontrolle für die sich im Sicherheitsbehälter befindlichen Personen garantiert.

Bei einer Dosisleistung von 70 m rem/h und unter Berücksichtigung von zusätzlichen Sicherheiten hinsichtlich der zulässigen Personen-Dosisleistung wird für das Maschinenpersonal ein Aufenthalt von 20 Minuten pro Tag im Sicherheitsbehälter (e) für die Inspektion zugelassen.

Die Reinigungsanlage (siehe Abb. 2) darf nur vom Kontrollbereich aus durch eine Tür in der Sekundärabschirmung betreten werden.

Bei einer Dosisleistung von 30 m rem/h wird für das Maschinenpersonal ein Aufenthalt von 60 Minuten pro Tag in der Reinigungsanlage (siehe Abb. 2) für die Inspektion zugelassen.

*b) Kontrollbereich*

Zum Kontrollbereich gehören die außerhalb der Sekundärabschirmung, aber innerhalb des Strahlenschutz-Kontrollpunktes liegenden Einrichtungen, wie Labo-

ratorien, Werkstätten und die Dekontaminierungsanlage. Das in diesem Bereich (siehe Abb. 2) beschäftigte Personal wird als strahlenexponiert angesehen und entsprechend überwacht. Der Hauptkontrollpunkt (Wachraum) für die Strahlenschutzüberwachung befindet sich auf dem Zuwege (siehe Abb. 2) hinter der Umkleestation.

Das Betreten und Verlassen des „Bereichs begrenzter Begehbarkeit“ und des „Kontrollbereichs“ ist nur über den Kontrollpunkt möglich (siehe Abb. 2).

Der Umkleideraum für strahlenexponiertes Personal liegt innerhalb des Kontrollbereichs, um die bei Reparaturen auf die Kleidung abgesetzten radioaktiven Stoffe unter Kontrolle zu behalten. Weiterhin tragen die in diesem Bereich arbeitenden Personen ständig Filmplaketten, um sich gegen  $\beta$ -,  $\gamma$ - und Neutronenstrahlung zu schützen.

### c) Überwachungsbereich

Die übrigen Räume des Schiffes, die nicht in diesem Bericht erwähnt worden sind, gehören zum Überwachungsbereich.

Die ortsfesten, in entsprechenden Abständen auf dem Schiff aufgestellten Strahlendosismesser werden ständig vom Strahlenschutzpersonal kontrolliert und garantieren eine genaue Übersicht über die äußere Strahlenbelastung aller an Bord befindlichen Personen.

Die in den Wohnräumen und Salons des Schiffes zu erwartende Strahlendosis liegt unter 0,01 rem/Woche. Diese Strahlendosis schließt nach den heutigen Erkenntnissen der Wissenschaft biologische Schäden aus.

### Zusammenfassung

*Auf Schiffen zwingt die Unmöglichkeit einer schnellen Räumung zu erhöhtem Aufwand an Sicherheitsmaßnahmen gegen die Verbreitung radioaktiver Strahlung oder Zerfallprodukte. Durch mehrfache Überlagerung von Schutzschranken wird angestrebt, die Dosisleistungen in den betriebsnotwendigen Räumen auch im Falle glaubwürdiger Unfälle am Reaktor erträglich zu halten. Die Anordnung eines solchen Schutzgürtels und die Maßnahmen zur Überwachung werden für ein spezielles Schiffsprojekt geschildert.*

### Summary

Safety devices against radiation injuries on ships operated by atomic energy

*On board ship, the impossibility of rapid evacuation results in an increased application of safety measures against the expansion of radioactive radiation or decay products. With the aid of a multiple superposition of protective barriers it is endeavoured to maintain the dosage rates within tolerable limits in rooms*

*necessary for operation also in case of accidents occurring at the reactor. The arrangement of such protective barriers as well as appropriate safety measures are described for a specific ship project.*

*Résumé*

Dispositifs de protection contre les radiations sur les navires à propulsion atomique

*Etant donné l'impossibilité d'évacuer rapidement les navires, il faut donc renforcer les mesures de sécurité contre la propagation des rayons ou des produits de décomposition radio-actifs. Par superposition plusieurs fois répétée de barrières de sécurité, on s'efforce de maintenir à un niveau supportable les dosages admis dans les pièces nécessaires au service, même en cas d'avaries possibles au réacteur. L'auteur décrit pour un projet spécial de navire cette ceinture de protection ainsi que les mesures de surveillance.*

DK 614.898.5:656.6

Anschrift des Verfassers:

Wolfgang Kirchhoff

Institut für Kernenergie-Schiffsantriebe

Geesthacht-Tesperhude, Postfach



CDNA00255DEC