

EUR 142.d

EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT - EURATOM

ABSCHIRMSTUDIEN IM FORSCHUNGSZENTRUM ISPRA

von

A. KIND und R. NICKS

1962



Gemeinsames Kernforschungszentrum, Ispra - Italien
Abteilung Reaktorphysik
Angewandte Physik und Mathematik

Vortrag gehalten
am 22.23.10.1962 in Hannover
vor dem StrahlenschutzSymposium

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.

Dieser Bericht wird zum Preise von 30 bfrs. verkauft. Bestellungen sind zu richten an: PRESSES ACADEMIQUES EUROPEENNES — 98, chaussée de Charleroi, Brüssel 6.

Die Zahlung ist zu leisten durch Überweisung :

- an die BANQUE DE LA SOCIETE GENERALE (Agence Ma Campagne) — Brüssel — Konto Nr. 964.558,
- an die BELGIAN AMERICAN BANK AND TRUST COMPANY — New York — Konto Nr. 121.86;
- an die LLOYDS BANK (Foreign) Ltd. — 10 Moorgate, London E.C.2,

als Bezug ist anzugeben : „EUR 142. d — Abschirmstudien im Forschungszentrum Ispra“.

Gedruckt von EURATOM.
Brüssel, November 1962.

EUR 142.d

ABSCHIRMSTUDIEN IM FORSCHUNGSZENTRUM ISPRA von A. KIND und R. NICKS.

Europäische Atomgemeinschaft - Euratom.

Gemeinsames Kernforschungszentrum, Ispra (Italien).

Abteilung Reaktorphysik - Angewandte Physik und Mathematik.

Vortrag gehalten vor dem StrahlenschutzSymposium.

Hannover 22.23.10.1962.

Brüssel, November 1962 - 6 Seiten.

Die Notwendigkeit tief- und weitgehender Untersuchungen auf dem Gebiet der Strahlenabschirmung sowie die Notwendigkeit, diese Untersuchungen in Zusammenarbeit verschiedener Zentren durchzuführen, ist analysiert. In diesem Rahmen entwickelt sich die Arbeit der Abschirmgruppe in Ispra in drei Richtungen:

- 1) Vertrag mit der Universität Padova für Messungen der Ausbreitung von Neutronen in verschiedenen Abschirmstoffen, z.B. Wasser. Als

EUR 142.d

SHIELDING INVESTIGATIONS IN ISPRA RESEARCH CENTRE by A. KIND and R. NICKS.

European Atomic Energy Community - Euratom

Ispra Joint Nuclear Research Centre (Italy).

Reactor Physics Department - Applied Physics and Mathematics.

Paper presented at the Strahlenschutz - Symposium.

Hanover (October 22/23, 1962).

Brussels, November 1962 - pages 6.

The necessity of thorough and detailed studies in the shielding field as well as the necessity of examining these studies in collaboration with other laboratories is analysed. The Shielding Group in Ispra develops its programme in the following three directions:

- 1) Contract with the University of Padova for measuring the neutron diffusion in different shielding materials, for instance water. A Van de Graaff

EUR 142.d

SHIELDING INVESTIGATIONS IN ISPRA RESEARCH CENTRE by A. KIND and R. NICKS.

European Atomic Energy Community - Euratom

Ispra Joint Nuclear Research Centre (Italy).

Reactor Physics Department - Applied Physics and Mathematics.

Paper presented at the Strahlenschutz - Symposium.

Hanover (October 22/23, 1962).

Brussels, November 1962 - pages 6.

The necessity of thorough and detailed studies in the shielding field as well as the necessity of examining these studies in collaboration with other laboratories is analysed. The Shielding Group in Ispra develops its programme in the following three directions:

- 1) Contract with the University of Padova for measuring the neutron diffusion in different shielding materials, for instance water. A Van de Graaff

EUR 142.d

SHIELDING INVESTIGATIONS IN ISPRA RESEARCH CENTRE by A. KIND and R. NICKS.

European Atomic Energy Community - Euratom

Ispra Joint Nuclear Research Centre (Italy).

Reactor Physics Department - Applied Physics and Mathematics.

Paper presented at the Strahlenschutz - Symposium.

Hanover (October 22/23, 1962).

Brussels, November 1962 - pages 6.

The necessity of thorough and detailed studies in the shielding field as well as the necessity of examining these studies in collaboration with other laboratories is analysed. The Shielding Group in Ispra develops its programme in the following three directions:

- 1) Contract with the University of Padova for measuring the neutron diffusion in different shielding materials, for instance water. A Van de Graaff

monoenergetische Neutronenquelle dient ein Van de Graaff-Beschleuniger von 5,5 MV. Aktivierungskurven werden mit Hilfe von Schwellwert und Resonanzdetektoren aufgenommen.

- 2) Vertrag mit der SORIN, Saluggia, zur Bestimmung der Abschwächung von Neutronen in zylindrischen, von Wasser umgebenen Kanälen. Als Neutronenquelle benutzt man eine Konverterplatte; letztere ist vor der thermischen Kolonne eines Swimming Pool-Reaktors angebracht. Spektrale Indices werden mit Hilfe von Aktivierungsdetektoren abgeleitet.
- 3) Versuche in Ispra über die Abschwächung von Photonen in gebrochenen Durchführungen im Beton. Messungen der Gammadosis erfolgen mit Hilfe von Ionisationskammern. Als Gammaerzeuger wird eine punktförmige Kobaltquelle von 1 Curie benutzt.

accelerator of 5,5 MV serves as monoenergetic neutron source. Activity curves are registered by means of threshold and resonance detectors.

- 2) Contract with SORIN, Saluggia, for the neutron attenuation in cylindrical ducts surrounded by water. A converter plate attached to the thermal column of a swimming pool reactor serves as neutron source. Spectral indices are deduced by means of activation detectors.
- 3) Experiments in Ispra on the photon attenuation in broken ducts surrounded by concrete. The measurement of the gamma dose is performed by means of ionization chambers. The strength of the employed Cobalt gamma source is of 1 Curie.

accelerator of 5,5 MV serves as monoenergetic neutron source. Activity curves are registered by means of threshold and resonance detectors.

- 2) Contract with SORIN, Saluggia, for the neutron attenuation in cylindrical ducts surrounded by water. A converter plate attached to the thermal column of a swimming pool reactor serves as neutron source. Spectral indices are deduced by means of activation detectors.
- 3) Experiments in Ispra on the photon attenuation in broken ducts surrounded by concrete. The measurement of the gamma dose is performed by means of ionization chambers. The strength of the employed Cobalt gamma source is of 1 Curie.

accelerator of 5,5 MV serves as monoenergetic neutron source. Activity curves are registered by means of threshold and resonance detectors.

- 2) Contract with SORIN, Saluggia, for the neutron attenuation in cylindrical ducts surrounded by water. A converter plate attached to the thermal column of a swimming pool reactor serves as neutron source. Spectral indices are deduced by means of activation detectors.
- 3) Experiments in Ispra on the photon attenuation in broken ducts surrounded by concrete. The measurement of the gamma dose is performed by means of ionization chambers. The strength of the employed Cobalt gamma source is of 1 Curie.

EUR 142.d

EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT - EURATOM

ABSCHIRMSTUDIEN IM FORSCHUNGSZENTRUM ISPRA

von

A. KIND und R. NICKS

1962



Gemeinsames Kernforschungszentrum, Ispra - Italien
Abteilung Reaktorphysik
Angewandte Physik und Mathematik

Vortrag gehalten
am 22.23.10.1962 in Hannover
vor dem StrahlenschutzSymposium

ABSCHIRMSTUDIEN IM FORSCHUNGSZENTRUM ISPRA

ZUSAMMENFASSUNG

Die Notwendigkeit tief- und weitgehender Untersuchungen auf dem Gebiet der Strahlenabschirmung sowie die Notwendigkeit, diese Untersuchungen in Zusammenarbeit verschiedener Zentren durchzuführen, ist analysiert. In diesem Rahmen entwickelt sich die Arbeit der Abschirmgruppe in Ispra in drei Richtungen:

- 1) Vertrag mit der Universität Padova für Messungen der Ausbreitung von Neutronen in verschiedenen Abschirmstoffen, z.B. Wasser. Als monoenergetische Neutronenquelle dient ein Van de Graaff-Beschleuniger von 5,5 MV. Aktivierungskurven werden mit Hilfe von Schwellwert und Resonanzdetektoren aufgenommen.
- 2) Vertrag mit der SORIN, Saluggia, zur Bestimmung der Abschwächung von Neutronen in zylindrischen, von Wasser umgebenen Kanälen. Als Neutronenquelle benutzt man eine Konverterplatte; letztere ist vor der thermischen Kolonne eines Swimming Pool-Reaktors angebracht. Spektrale Indices werden mit Hilfe von Aktivierungsdetektoren abgeleitet.
- 3) Versuche in Ispra über die Abschwächung von Photonen in gebrochenen Durchführungen im Beton. Messungen der Gammadosis erfolgen mit Hilfe von Ionisationskammern. Als Gammaerzeuger wird eine punktförmige Kobaltquelle von 1 Curie benutzt.

ABSTRACT

The necessity of thorough and detailed studies in the shielding field as well as the necessity of examining these studies in collaboration with other laboratories is analysed. The Shielding Group in Ispra develops its programme in the following three directions:

- 1) Contract with the University of Padova for measuring the neutron diffusion in different shielding materials, for instance water. A Van de Graaff accelerator of 5,5 MV serves as monoenergetic neutron source. Activity curves are registered by means of threshold and resonance detectors.
- 2) Contract with SORIN, Saluggia, for the neutron attenuation in cylindrical ducts surrounded by water. A converter plate attached to the thermal column of a swimming pool reactor serves as neutron source. Spectral indices are deducted by means of activation detectors.
- 3) Experiments in Ispra on the photon attenuation in broken ducts surrounded by concrete. The measurement of the gamma dose is performed by means of ionization chambers. The strength of the employed Cobalt gamma source is of 1 Curie.

Die Fortschritte in der Reaktortechnik und die ständige weitere Nutzbarmachung der Kernenergie benötigen eine genauere Kenntnis der Grundkonstanten sowie ein tieferes Verständnis der physikalischen Vorgänge. Dies gilt umso mehr für die Abschirmbranche, deren Entwicklung seit jeher mit einem gewissen Mangel an Interesse begegnet wurde. Die Folge dieser stiefmütterlichen Behandlung macht sich heutzutage im Zeitalter des nuklearen Antriebs und der schnellen Reaktoren drastisch bemerkbar. Die zuverlässige Behandlung der Optimierung der Abschirmung verlangt vorerst die Lösung einiger wichtiger, offenstehender Punkte.

Das Hauptproblem bleibt nach wie vor die genauere Bestimmung der mikroskopischen Wirkungsquerschnitte, ohne die jede Verbesserung der Rechenmethoden illusorisch erscheint. In Anbetracht der langfristigen Lösung der Frage wäre es wünschenswert, den Einfluss der Ungenauigkeiten der Wirkungsquerschnitte auf die Abschirmung eingehend zu untersuchen.

Das eigentliche Abschirmproblem, die Ausbreitung der Neutronen in den verschiedenen Medien, beruht auf der Lösung der Transportgleichung. Exakte Lösungen können im Falle unendlicher Geometrien und einfacher Quellen abgeleitet werden. Parallele experimentelle Untersuchungen sind nur in einigen seltenen Fällen durchgeführt worden. Von grossem praktischen Interesse sind Untersuchungen von geschichteten Schilden. Zahlreich sind die bisher durchgeführten Versuche, jedoch nur wenige geben Aufschluss über das Neutronenspektrum in der Anordnung. Genaue Berechnungen können mit Hilfe von Monte Carlo-Codes sowie der numerischen Integration der eindimensionalen Boltzmann-Gleichung bewerkstelligt werden.

Wesentlich karger sind die Kenntnisse über die Strahlenabschwächung in Schilddurchbrüchen. Schon im Falle nur einmal gebrochener Durchführungen ist dem Problem nur mit Monte Carlo gerecht zu werden. Parallel zu den Berechnungen sollten Experimente durchgeführt werden, die Aufschluss über die Neutronenspektren im Inneren und Äusseren liefern.

Was das Problem der sekundären Strahlung in der Abschirmung anbelangt, so umfasst dieses unter anderem sämtliche vorhergehende Punkte. Im Falle einer reduzierten Einfanggammastrahlung können die in der inelastischen Streuung erzeugten Gammas vorhanden sein. Die unzureichende Kenntnis der Emission dieser Photonen verursacht in diesem Falle grosse Schwierigkeiten. Die experimentelle Behandlung des Problems benötigt vorerst die Entwicklung einer geeigneten Messtechnik.

Gleiches trifft zu für die Messung des Neutronenflusses in Abhängigkeit von Energie und Ort. Der Gebrauch von Resonanz- und Schwellwertdetektoren gibt zwar gute Informationen über die Ortsabhängigkeit, jedoch sind die Energieintervalle, in die das Spektrum aufgeteilt wird, zu grob. Ausserdem sind die meisten Wirkungsquerschnitte dieser Detektoren als Funktion von der Energie nur sehr angenähert bekannt. Die Anwendung von gepulsten Neutronenquellen und der "time of flight"-Methode gibt zwar gute Resultate, jedoch nur für die niedrigen Neutronenenergien. Messungen mit nuklearen Emulsionen sind und bleiben vorläufig noch zu langwierig. L^6 - und Neutronenrückstoss-Spektrometer haben bisher nur ausnahmsweise Anwendung gefunden, infolge der damit verbundenen Schwierigkeiten während der Konstruktion, der Durchführung der Versuche und der Auswertung der Messergebnisse. Einige schüchterne Versuche mit Halbleiterdetektoren sind im Gange.

Mit den oben aufgeführten Punkten ist die Liste der offenstehenden Fragen noch lange nicht erschöpft. Die Aufgabe der Lösung der Probleme ist zu gewaltig, als dass eine einzelne Nation, geschweige denn ein einzelnes Laboratorium, damit fertig würde. Eine enge Zusammenarbeit auf diesem Gebiet ist unbedingt erstrebenswert.

Die ersten Schritte in dieser Richtung sind bereits unternommen worden und führten zu einer Aufteilung der Aufgaben, zum Austausch von Informationen, Rechenprogrammen, Messinstrumenten und Personal.

Im Rahmen dieser Zusammenarbeit beschäftigt sich die Abschirmgruppe Ispra mit dem experimentellen und theoretischen Studium von Durchbrüchen und der Ausbreitung von monoenergetischen Neutronen in Abschirmmaterialien.

Ein Experiment über zylindrische Durchbrüche in einem Wasserschild läuft zur Zeit in der Bestrahlungsanlage ETNA des Swimming Pool-Reaktors AVOGADRO RS I, Saluggia. Die Anlage ist vom Typ "Lid Tank" und besteht im wesentlichen aus einer vor der thermischen Säule angebrachten Platte aus natürlichem Uran von $100 \times 100 \times 2 \text{ cm}^3$ und einem mit Wasser gefüllten Aluminiumbehälter von $300 \times 300 \times 280 \text{ cm}^3$. Rund um den Behälter verläuft eine Betonabschirmung von 45 cm Dicke. Die Abmessungen der scheibenförmigen Spaltquelle werden mit Hilfe von Borablenden festgelegt. Der thermische Fluss am Eingang der Spaltplatte beläuft sich auf $2,8 \cdot 10^8 \text{ n/cm}^2 \text{ sec.}$, der austretende schnelle Fluss $1,1 \cdot 10^8 \text{ n/cm}^2 \text{ sec.}$ Somit beträgt der Wirkungsgrad der Konverteranlage 0,36. Obige Daten gelten für eine Reaktorleistung von 2 MW und einen Quelldurchmesser von 90 cm.

Im Programm vorgesehen ist eine Serie von systematischen Messungen der thermischen und schnellen Flüsse innerhalb und ausserhalb der Aluminiumröhren. Die im Wasser liegenden Röhren sind koaxial mit der Scheibenquelle angeordnet. Die Länge der Durchbrüche ist 2,90 m, die Durchmesser sind 10,20 und 30 cm.

Die Flussmessungen werden mit Hilfe von Resonanz- und Schwellwertdetektoren durchgeführt. Verwendete Isotopen sind Gold, Indium, Schwefel, Aluminium, Nickel, Eisen, Uran und Thorium. Die Anwendung von Halbleiter-Sandwich-Spektrometern ist vorgesehen. Aus den Aktivierungsraten leitet man die örtliche Abhängigkeit des Neutronenspektrums ab. Im Falle, wo letzteres sich nicht wesentlich von einem Spaltspektrum unterscheidet, kann die mittlere Neutronenenergie in guter Näherung berechnet werden.

Sinn dieser Versuche ist, das Gegenstück zu den parallel laufenden Monte Carlo-Berechnungen zu liefern und experimentelle Garantie zu leisten für eine systematische, theoretische Behandlung.

Das gleiche gilt für ein zweites Abschirmexperiment, das zur Zeit in Ispra im Gange ist und eine rechtwinklig gebrochene Durchführung in Beton betrifft. Die variablen Parameter der Durchbrüche sind der transversale, rechteckige Querschnitt sowie die Länge der gebrochenen Segmente. Die Dimensionen des Betonklotzes, der die Durchführung beherbergt, sind $1,5 \times 1 \times 1 \text{ m}^3$. Als punktförmige Gammaquelle wird ein Kobaltzylinder von 6 mm Durchmesser und 20 mm Höhe benutzt. Die Quellstärke beträgt ein Curie. Gemessen wird die Dosisleistung längs der Kanalachse mit Hilfe von Ionisationskammern. Eine Serie von Dosisleistungskurven für verschiedene Koordinaten der Punktquelle am Eingang des Durchbruchs erlauben den Übergang von der Punktquelle zur Flächenquelle. Späterhin sollen auch weitere Abschirmmaterialien, weitere Energien sowie verschiedene geometrische Querschnitte in Betracht gezogen werden. Experimente über Durchbrüche mit verschiedenen Füllmaterialien sind ebenfalls vorgesehen. Zur Interpretation der Experimente werden die Theorie von Chillon und Ledoux sowie Monte Carlo-Berechnungen angewandt.

Ein Experiment über Neutronenausbreitung in unendlichem Wassermedium ist seit geraumer Zeit im Gange. Als Neutronenquelle dient ein Van de Graff-Beschleuniger von 5,5 MV maximaler Spannung und einem Ionenstrom von $10 \mu\text{A}$. Mit dem zur Zeit in Betrieb stehenden Lithiumtarget von 3 mg/cm^2 erreicht man in Vorwärtsrichtung eine Neutronenemission von rund $5 \cdot 10^8 \text{ n/sec steradian}$. Deuterium- und Tritiumtargets werden zur Zeit hergestellt. Die quasi punktförmige Quelle befindet sich im Zentrum eines Aluminiumbehälters von $3 \times 3 \times 2 \text{ m}^3$. Die Winkelabhängigkeit von Neutronenintensität und Energie ist für jede Reaktion bekannt, so dass die Quelle einwandfrei definiert ist. Um den Einfluss dieser Anisotropie festzulegen, sind zwei Messungen längs zwei in ihrem Aufwinkel verschiedenen Radiusvektoren mit gleicher Neutronenenergie durchzuführen. Gemessen werden augenblicklich Aktivierungsraten von Indium und Schwefel mit und ohne Cadmiumumhüllung. Weitere Messungen mit Nickel, Eisen, Aluminium, Uran sind vorgesehen. Wegen der unzulänglichen Energieresolution

der Aktivierungsmethode wurde schon vor Beginn des Experimentes der Bau eines Stilben-Spektrometers beschlossen, das mit einem Impulsform-Diskriminator und einem 400 Kanalanalysator betrieben wird. Der Bau dieses Spektrometers ist abgeschlossen; die Diskriminierung des Gamma "backgrounds" ist zufriedenstellend. Augenblicklich wird das Gerät geeicht. Weitere Experimente in Graphit, Eisen und Blei sind vorgesehen. Aus dem Verlauf der Aktivierungskurven lässt sich auf einfache Weise der Removal-Wirkungsquerschnitt in Abhängigkeit von der Energie ableiten; ferner lassen sich Aussagen über den Aufbau von weniger energetischen Neutronen machen. Integration über den Raum der Resonanz-Aktivierungsmomente von zweiter und vierter Ordnung führt zum Neutronenalter. Simultan mit den Experimenten verlaufen Studien zur Interpretation der Resultate. Für schwere Medien und isotrope Quellen gelangt man ohne grosse Schwierigkeiten zu einer Lösung der Transportgleichung. Die Aufstellung eines Monte Carlo-Codes, der den Versuch simuliert, wird nächstens in Angriff genommen. Diese Berechnung soll den Einfluss des Beschleunigungsrohres auf die Messergebnisse festlegen.

Ausser dieser experimentellen Tätigkeit beschäftigt sich die Abschirmgruppe mit Projektberechnungen. Eine der Hauptaufgaben besteht darin, die verschiedenen Abschirm-Codes für die IBM-7090 fit zu machen. Auch auf diesem Gebiet wäre eine Kollaboration und ein Austausch von Informationen, von Rechenmethoden und von Programmen erwünschenswert, und wir hoffen, dass dieses in nächster Zukunft auch verwirklicht werden kann.

CDNA00142DEC