

Neutronensonde LB 6411

zur Messung der Neutronen-Äquivalentdosisleistung



Neutronensonde LB 6411 zur Messung der Neutronen-Äquivalentdosisleistung

Konzeption

Die Neutronen-Sonde LB 6411 dient zur Messung der Umgebungsäquivalentdosis von Neutronenstrahlung („Ambient Dose Equivalent for Neutrons“) entsprechend den Empfehlungen der internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) von 1991. Sie wurde im Rahmen eines Technologietransfer-Projektes zusammen mit der Abteilung Dosimetrie des Kernforschungszentrums Karlsruhe entwickelt [1].

Diese Zusammenarbeit führte einerseits zu einer Optimierung des Energieansprechvermögens gemäß der neuen Äquivalentdosis-Konversionsfaktoren nach ICRP 60 [2], und zu einer wesentlichen Verbesserung des Ansprechvermögens und damit der Nachweisgrenze im Vergleich mit herkömmlichen „Rem-Countern“ andererseits.

Anwendung

Die Neutronensonde LB 6411 kann sowohl als tragbarer Monitor wie als stationäres Meßgerät eingesetzt werden. Die Hauptanwendungsbereiche liegen im kerntechnischen Bereich bei Reaktoren und im Kernbrennstoffkreislauf, im Bereich der Forschung bei Beschleunigern und im industriellen Bereich beim Einsatz von Neutronenquellen.



Aufbau und Funktionsweise

Die Sonde LB 6411 besteht aus einer Moderator­kugel aus PE, in deren Zentrum sich das kombinierte ^3He -Rückstoßprotonen-Zählrohr LB 6410 befindet. Außerdem enthält die Sonde eine Hochspannungsversorgung und einen Vorverstärker. Sie kann - als transportables Meßsystem - direkt an das Grundgerät LB 1230 des LB 123 UMo, oder - als stationäres Meßsystem - an das LB 111 Micro-Gamma angeschlossen werden.

Das energieabhängige Verhalten der Sonde wird durch Neutronenabsorber im Moderator und durch die Verwendung eines neuartigen ^3He -Rückstoßprotonen-Zählrohrs optimiert. Infolge des relativ großen Detektorvolumens und der speziellen Gasfüllung des Zählrohrs LB 6410 (Patent angemeldet), bei der im Zählgas erzeugte Rückstoßprotonen zu einer Erhöhung des Ansprechvermögens beitragen, erhält man im Energiebereich zwischen 1 und 10 MeV eine Empfindlichkeit von ca. 3 Impulsen pro nSv; das ist mehr als fünfmal höher als bei vergleichbaren Detektoren herkömmlicher Bauart.

Da Durchmesser und aktive Länge des zylindrischen Zählrohrs etwa gleich sind, ergibt sich eine gute Anpassung an die Kugelsymmetrie des Moderators.

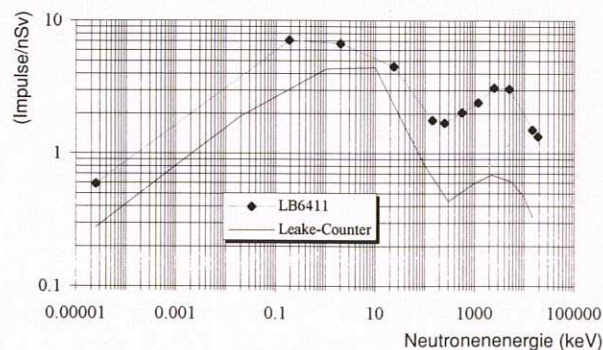
Das Ansprechvermögen gegenüber Gammastrahlung beträgt ca. 10^{-3} Impulse pro nSv, entsprechend einem Diskriminierungsfaktor von 3×10^3 .



LB 6411 Neutronen­sonde als transportables Meßsystem mit dem Grundgerät LB 1230 des universellen Strahlungsmonitors LB 123 UMo als Anzeigeeinheit.

Zur Festlegung der Moderator­Parameter wurden Simulationsrechnungen mit dem Neutronen-Transport-Code MCNP aus Los Alamos durchgeführt [3]. Die Modellierung der Detektoranordnung erfolgte unter Berücksichtigung aller Komponenten unter Beachtung der richtigen Materialzusammensetzung und Massenbelegungen. Zwar wurden hierbei einige Vereinfachungen in der Geometrie oder durch Homogenisierung der Materialien vorgenommen. Im Ergebnis konnte jedoch eine sehr gute Annäherung an die Konversionsfaktoren nach ICRP 60 erreicht werden.

Der Vergleich mit einem herkömmlichen Leake-Typ-Counter zeigt sowohl die mit dem LB 6411 erreichte Verbesserung der Ansprechempfindlichkeit (nahezu Faktor 5 im Energiebereich um 2 MeV) als auch der Energieabhängigkeit: Beispielsweise unterscheiden sich die angezeigten Dosisleistungswerte für 10 keV und 19 MeV beim LB 6411 um den Faktor 3,8, beim Leake-Typ-Counter um den Faktor 14. Zwischen 10 keV und 3 MeV liegt für den LB 6411 der Unterschied beim Faktor 1,6, für den Leake-Counter bei 6.



Gegenüberstellung von Empfindlichkeit und Ansprechvermögen verschiedener Detektorarten.



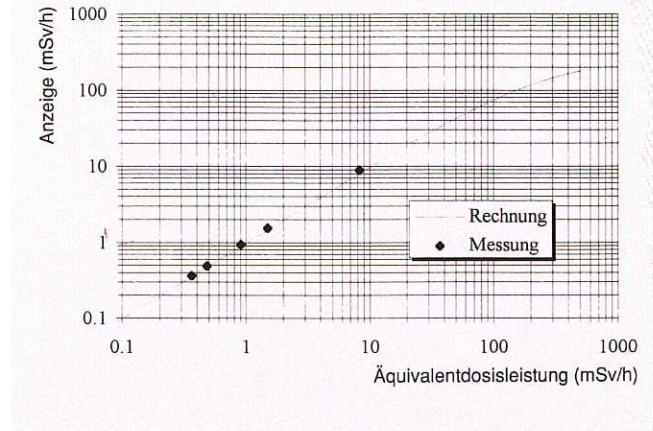
Einsatz der Sonde LB 6411 als tragbarer Monitor beim Ausmessen der Neutronen-Dosisleistung an einer industriellen Am-Be-Quelle zur Feuchtebestimmung.

Literatur

- (1) Burgkhardt, B., u.a., Optimierung einer Neutronen-Äquivalentdosisleistungsmesssonde; in Strahlenschutz: Physik und Meßtechnik, FS-94-71-T, (Koelzer/ Maushart Hrsg.), Verlag TÜV Rheinland 1994
- (2) G. Leuthold, V. Mares, H. Schraube, Calculation of the neutron ambient dose equivalent on the basis of the ICRP revised quality factors, Rad. Prot. Dos., Vol. 40 No. 2, p. 77-84.
- (3) J. B. Briesemeister, ed., MCNP, A general Monte Carlo code for neutron and photon transport, Version 3A, LA-7396 M, September 1986

Meßbereich

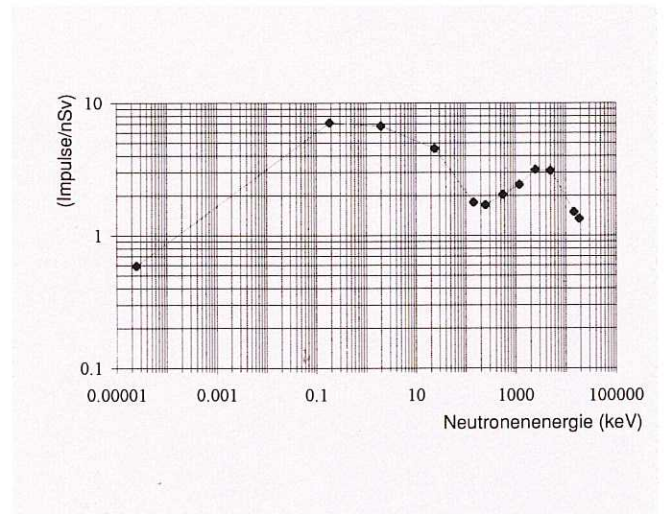
Für 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ beträgt die Zählrate, bezogen auf eine Neutronenenergie im Bereich um 3 MeV, rund 0,1 ips. In Verbindung mit dem sehr niedrigen Nulleffekt von 0,05 ips bei ca. 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ Umgebungspegel können 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ noch zuverlässig nachgewiesen werden. Die Obergrenze des Meßbereichs liegt bei 100 mSv/h.



Meßbereich der Sonde LB 6411 in Verbindung mit dem Monitor LB 123 UMo ohne Totzeitkorrektur.

Energieabhängigkeit

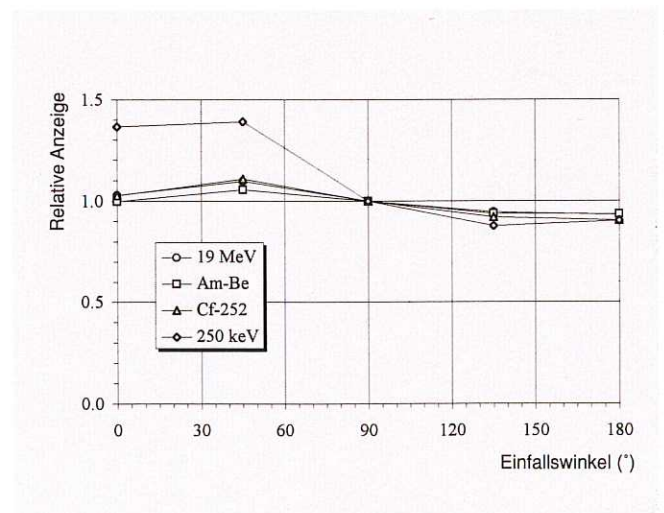
Die Energieabhängigkeit konnte gegenüber gängigen Moderator-typ-Detektoren spürbar verbessert werden. Im Energiebereich zwischen 1 eV und 20 MeV beträgt die Abweichung von den ICRP-60-Werten maximal den Faktor 2,3 nach oben oder unten, bezogen auf den Kalibrierwert im Bereich 2-4 MeV. Im Bereich 50 keV bis 10 MeV ist die Abweichung sogar nur $\pm 40\%$, bezogen auf 1 MeV.



Energieabhängiges Ansprechvermögen der Sonde LB 6411 ($H^*(10)$)

Richtungsabhängigkeit

Die optimierte Kugelgeometrie von Moderator und Zählrohr ergibt im Energiebereich von 1 MeV bis 20 MeV eine Richtungsabweichung von kleiner $\pm 10\%$ von der Vorzugsrichtung über den gesamten Winkelbereich. Im unteren Winkelhalbraum bleibt auch bei niedrigen Neutronenenergien die Richtungsabhängigkeit unter 10%.



Richtungsabhängigkeit der Sonde LB 6411 mit Vorverstärker

Neutronensonde LB 6411

Technische Daten

Gesamtsystem

Meßgröße: Umgebungsäquivalentdosisleistung ($H^*(10)$) für Neutronen in Sv/h nach ICRP 60

Meßbereich: 30 nSv/h bis 100 mSv/h

Empfindlichkeit: 2,83 counts pro nSv oder 0,79 cps pro μ Sv/h

Neutronenenergiebereich: thermisch bis 20 MeV

Energieabhängigkeit: im Bereich von 50 keV bis 10 MeV \pm 30%

γ -Empfindlichkeit: < 40 μ Sv/h bis 100 mSv/h, ^{137}Cs Gammafeld

Temperaturbereich: -10°C bis 50°C

Moderator

Außendurchmesser: 250 mm

Material: Niederdruckpolyäthylen mit 2% Kohlenstoffzusatz

Dichte: 0,95 g/cm³

Gewicht: 9,2 kg

Beständigkeit gegen aggressive Medien:

PE ist beständig gegen verdünnte Säuren, Laugen und Salzlösungen. Unter 60°C ist PE in fast allen Lösungsmitteln unlöslich. PE ist nicht beständig gegen starke Oxidationsmittel.

Beständigkeit gegen direkte Sonneneinstrahlung:

PE versprödet in direktem Sonnenlicht. Durch die Beimengung von Ruß wird dies verhindert.

Zählrohr LB 6410

Außenabmessungen:

ø 40 mm x 100 mm

Werkstoff Zählrohrgehäuse:

Edelstahl

Wandstärke: 1 mm

aktive Länge: \approx 40 mm

aktives Volumen: \approx 45 cm³

Zählgas: ³Helium/Methan

Fülldruck: ³He 3,5 bar; CH₄ 1 bar

Füllmenge:

³He 60 μ g (unterliegt keiner Ausfuhrbeschränkung)

Zählgasvolumen: 90 cm³

Arbeitspunkt: 2100 Volt

Plateaubreite: ca. 450 Volt

Plateausteigung: < 3% pro 100 Volt

Nachweiswahrscheinlichkeit für thermische Neutronen:

ca. 90%

Energieauflösung: ca. 10% (FWHM) bei 764 keV

Nulleffekt: < 0,05 ips

Totzeit: einige μ s

Universell einsetzbar: UMo LB 123



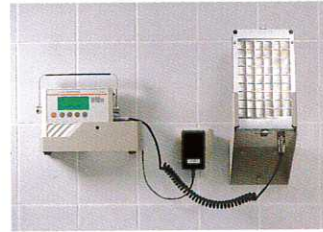
Zur Aktivitätsmessung



Zur Photonen-dosisleistungsmessung



Zur Oberflächen-kontaminationsmessung



Zur Personen-kontaminationsmessung

BERTHOLD
TECHNOLOGIES

ISO 9001
BERTHOLD
Quality you can trust