

EUR 1105 . d

REPRINT

EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT — EURATOM

**EINE AUF 0.2% GENAUE ZÄHLUNG
VON ALPHATEILCHEN
MIT PLASTIKDETEKTOREN**

von

A. SPERNOL und O. LERCH

1965



Gemeinsame Kernforschungsstelle
Forschungsanstalt Geel — Belgien

Zentralbüro für Kernmessungen - ZBKM

Sonderdruck aus
NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS
Vol. 32 - 1965

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 "NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS", Vol. 32 - 1965, pp. 293-299. For further copies please apply to North-Holland Publishing Company, P.O. Box 103, Amsterdam (Netherlands).

Dieser Sonderdruck ist für eine beschränkte Verteilung bestimmt. Die Wiedergabe des vorliegenden in „NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS“, Vol. 32 - 1965, pp. 293-299 erschienenen Aufsatzes erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Herausgebers. Bestellungen weiterer Exemplare sind an North-Holland Publishing Company, P.O. Box 103, Amsterdam (Netherlands) 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 « NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS », Vol. 32 - 1965, pp. 293-299. Tout autre exemplaire de cet article doit être demandé à North-Holland Publishing Company, P.O. Box 103, Amsterdam (Netherlands).

Questo estratto è destinato esclusivamente ad una diffusione limitata. Esso è stato riprodotto, per gentile concessione dell'Editore, da « NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS », Vol. 32 - 1965, pp. 293-299. Ulteriori copie dell'articolo debbono essere richieste a North-Holland Publishing Company, P.O. Box 103, Amsterdam (Netherlands).

Deze overdruk is slechts voor beperkte verspreiding bestemd. Het artikel is met welwillende toestemming van de uitgever overgenomen uit „NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS“, Vol. 32 - 1965, pp. 293-299. Meer exemplaren kunnen besteld worden bij North-Holland Publishing Company, P.O. Box 103, Amsterdam (Netherlands).

EUR 1105 . d

REPRINT

EINE AUF 0.2 % GENAUE ZÄHLUNG VON ALPHATEILCHEN MIT PLASTIK-DETEKTOREN von A. SPERNOL und O. LERCH

Europäische Atomgemeinschaft - EURATOM
Gemeinsame Kernforschungsstelle
Forschungsanstalt Geel (Belgien)
Zentralbüro für Kernmessungen - ZBKM
Sonderdruck aus „Nuclear Instruments and Methods“
Vol. 32 - 1965, pp. 293-299.

Es wird ein Alphazähler mit kleiner geometrischer Ansprechwahrscheinlichkeit (low geometry) mit dünnen Plastikdetektoren beschrieben. Insbesondere werden die Ergebnisse von Untersuchungen der möglichen systematischen Fehlereffekte dieser Messanordnung diskutiert und es wird gezeigt, daß eine absolute Genauigkeit (accuracy) von weniger als 0,2 % leicht erreicht werden kann.

EUR 1105 . d

REPRINT

A COUNTING OF ALPHA PARTICLES BY PLASTIC DETECTORS ACCURATE TO 0.2 PER CENT by A. SPERNOL and O. LERCH

European Atomic Energy Community - EURATOM
Joint Nuclear Research Center
Geel Establishment (Belgium)
Central Bureau for Nuclear Measurements (CBNM)
Reprinted from "Nuclear Instruments and Methods"
Vol. 32 - 1965, pp. 293-299.

A low geometry alpha-counter with thin plastic detectors is described. The results of investigations on the possible systematic error effects of this instrument are discussed and it is shown that accuracies of less than 0.2 % can be reached without difficulties.

EUR 1105 . d

REPRINT

A COUNTING OF ALPHA PARTICLES BY PLASTIC DETECTORS ACCURATE TO 0.2 PER CENT by A. SPERNOL and O. LERCH

European Atomic Energy Community - EURATOM
Joint Nuclear Research Center
Geel Establishment (Belgium)
Central Bureau for Nuclear Measurements (CBNM)
Reprinted from "Nuclear Instruments and Methods"
Vol. 32 - 1965, pp. 293-299.

A low geometry alpha-counter with thin plastic detectors is described. The results of investigations on the possible systematic error effects of this instrument are discussed and it is shown that accuracies of less than 0.2 % can be reached without difficulties.

EUR 1105 . d

REPRINT

A COUNTING OF ALPHA PARTICLES BY PLASTIC DETECTORS ACCURATE TO 0.2 PER CENT by A. SPERNOL and O. LERCH

European Atomic Energy Community - EURATOM
Joint Nuclear Research Center
Geel Establishment (Belgium)
Central Bureau for Nuclear Measurements (CBNM)
Reprinted from "Nuclear Instruments and Methods"
Vol. 32 - 1965, pp. 293-299.

A low geometry alpha-counter with thin plastic detectors is described. The results of investigations on the possible systematic error effects of this instrument are discussed and it is shown that accuracies of less than 0.2 % can be reached without difficulties.

EINE AUF 0.2% GENAUE ZÄHLUNG VON ALPHATEILCHEN MIT PLASTIKDETEKTOREN

A. SPERNOL und O. LERCH

Zentralbüro für Kernmessungen, Euratom, Geel, Belgien

Eingegangen am 4. August 1964

A low-geometry alpha-counter with thin plastic detectors is described. The results of investigations on the possible systematic

error effects of this instrument are discussed and it is shown that accuracies of less than 0.2% can be reached without difficulties.

1. Einleitung

Das Streu- und Absorptionsverhalten von Alphateilchen ermöglicht es, Absolutmessungen der Zerfallsrate von Alphastrahlern in einer bekannten Geometrie (defined solid angle method) mit kleiner geometrischer Ansprechwahrscheinlichkeit sehr genau durchzuführen. Diese Messmethode ist daher öfter in der Literatur beschrieben worden^{1–12}). Die vorgeschlagenen Messanordnungen unterscheiden sich im Wesentlichen nur durch die verwendeten Detektoren (offene und Fenster-Zählrohre, Ionisationskammern, Zinksulfidschirme, CsJ-Kristalle und Halbleiterdetektoren).

Wir haben einen Alphazähler mit kleinem effektiven Raumwinkel (alpha-low-geometry counter) mit Plastikdetektoren gebaut. Dieser wird im folgenden beschrieben. Mit dem Zähler wurden alle bei der verwendeten Messmethode möglichen systematischen Fehlereffekte untersucht; die Ergebnisse werden diskutiert. Es ergibt sich, dass ohne Schwierigkeiten eine Genauigkeit (accuracy) bis auf 0.2% erreicht und mit grosser Wahrscheinlichkeit noch erheblich verbessert werden kann.

2. Prinzip der Methode und Aufbau des Zählers

Bei der Messmethode mit einem bekannten effektiven Raumwinkel wird von der von einer radioaktiven Quelle isotrop ausgesandten Strahlung nur der Bruchteil gemessen, der durch eine Kreisblende tritt. Falls die isotrope Emission durch keinerlei Streu- und Absorptionseffekte gestört ist und der Detektor jedes auftreffende Teilchen registriert, gibt das Verhältnis des vollen Raumwinkels 4π zu dem durch die Kreisblende definierten Raumwinkel den Geometriefaktor $1/G$ an, mit dem die gemessene Zählrate multipliziert werden muss, um die gesuchte Zerfallsrate zu erhalten. Formeln für die Geometriefaktoren bei verschiedenen geometrischen Messbedingungen sind von White et al.¹), Curtis et al.⁶), Matouskova¹³), Masket¹⁴), Jaffey¹⁵), Blachmann¹⁶) und anderen angegeben worden. Es gilt für eine axiale Punktquelle im Abstand z von einer Kreisblende mit dem Durchmesser $2a$ exakt:

$$G = 0.5(1 - z/\sqrt{a^2 + z^2}) \quad (1)$$

und näherungsweise

$$G_1 = a^2/4z^2. \quad (2)$$

Für ausgedehnte Quellen und nichtaxiale Position der Quelle können für den Geometriefaktor nur Reihenentwicklungen angegeben werden, die allerdings meistens sehr schnell konvergieren. Curtis et al.⁶) geben die folgende einfache, allgemein gültige Formel an ($2a$ = Durchmesser der Blende, $2b$ = Durchmesser der Quelle, z = Abstand Quelle-Blende und r = Abstand des Zentrums der Quelle von der Symmetrieachse):

$$G = (a^2/4z^2) \{ 1 - 3(a^2 + b^2 + 2r^2)/4z^2 + 5(a^4 + b^4 + 3r^4 + 6a^2r^2 + 6b^2r^2 + 3a^2b^2)/8z^4 - 35(a^6 + b^6 + 4r^6 + 6a^4b^2 + 6b^4a^2 + 12a^4r^2 + 12b^4r^2 + 18a^2r^4 + 18b^2r^4 + 36a^2b^2r^2)/64z^6 + \dots \}. \quad (3)$$

Nach White et al.¹) muss für $b > a$ und endliche Blendendicke $2t$ die Formel (3) ergänzt werden zu:

$$G' = G - (a^2/4z^2) (2t(b^2 - a^2)/3abz^2). \quad (4)$$

Schnell konvergierende Formeln für eine nichtaxiale Punktquelle und für eine axiale ausgedehnte Quelle gibt auch Jaffey¹⁵) an. Allgemein ist bei allen Formeln vorausgesetzt, dass die Teile des Zählers planparallel sind, worauf bei jeder Anordnung sorgfältig geachtet werden muss.

Bei der Wahl der Geometriefaktoren unserer Anordnung sind wir von der Forderung ausgegangen, dass durch die Messung der geometrischen Grössen keine Fehler grösser als $\pm 0.02\%$ im Ergebnis verursacht werden sollen. Diese Forderung zwingt zur Wahl verhältnismässig langer Zähler und verhältnismässig grosser Blenden. Hier wurde für die Standardeinstellung ein Abstand Quelle-Blende von etwa 640 mm und ein Blendendurchmesser von etwa 60 mm gewählt (Geometriefaktor etwa 2000). Während diese Masze ohne

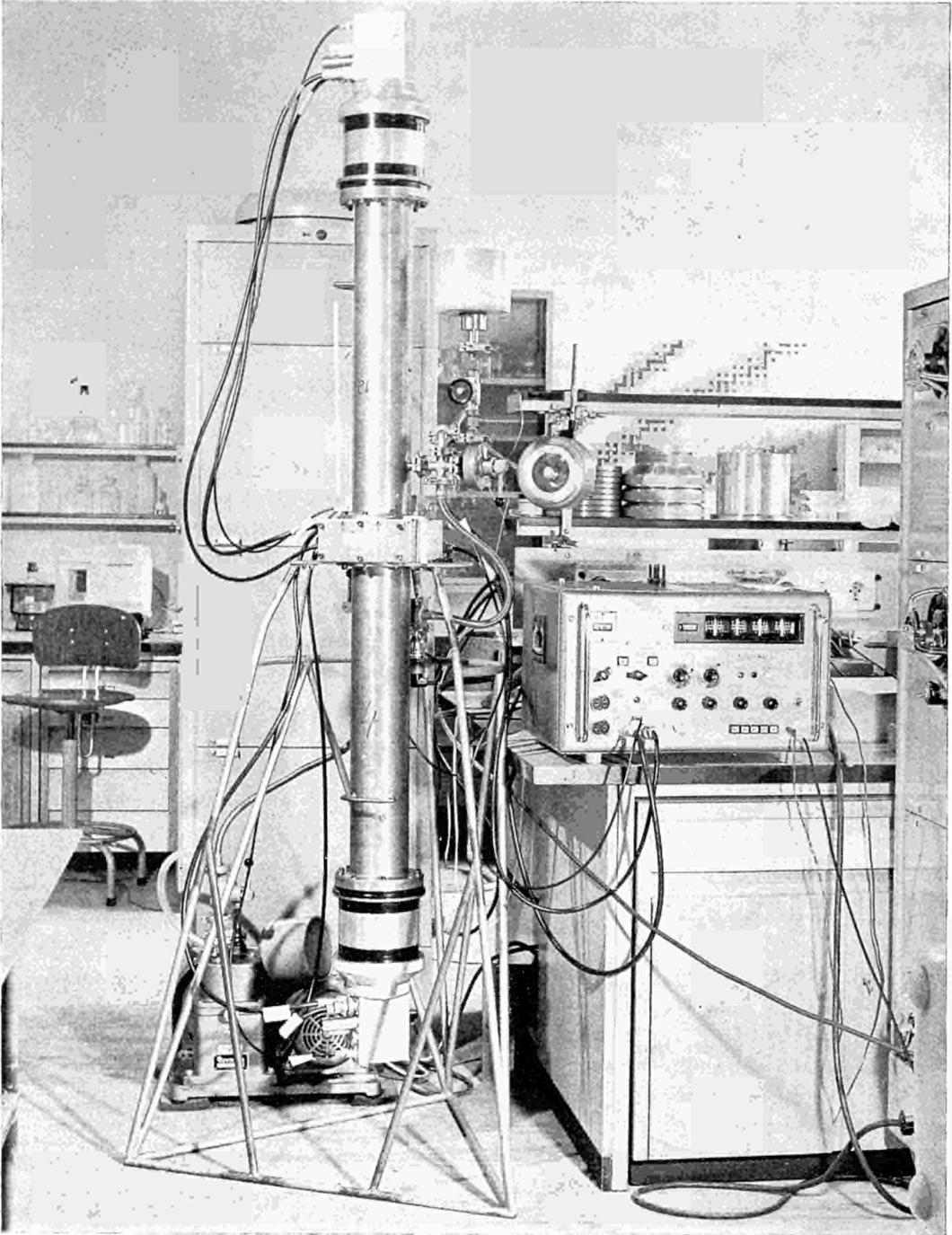


Fig. 1. Gesamtansicht der Apparatur.

Schwierigkeiten so bestimmt werden können, dass der Gesamtfehler im Geometriefaktor kleiner als $\pm 0.02\%$ bleibt, ist die Quellendicke eine oft schwierig genau anzugebende Grösse. Der durch sie entstehende Fehler kann aber bei Messungen mit Quellen auf dünnen Trägerfolien um 1 bis 2 Grössenordnungen reduziert

werden, wenn mit zwei Detektoren im gleichen Abstand oberhalb und unterhalb der Quelle gleichzeitig gemessen wird. In den Geometriefaktor geht dann in ausreichender Näherung nur der Abstand der beiden Blenden ein, der leicht genau genug zu bestimmen ist. Den nach diesen Gesichtspunkten gebauten Zähler

zeigt Fig. 1. Er besteht aus einer mittleren Kammer, die einen Schieber enthält, auf dem die Quelle in gleichen Abständen vom oberen und unteren Rand untergebracht wird. Auf diese mittlere Quellenkammer werden—je nach dem gewünschten Geometriefaktor—Abstandsrohre von 100, 200, 400 oder 600 mm Länge (Innendurchmesser 100 mm) aufgeschraubt. Auf diese wiederum werden die zwei fast völlig gleichen Blenden und schliesslich die Zählköpfe mit den Detektoren montiert (Fig. 2). Die gesamte Kammer kann mit einer Rotationspumpe auf 0.1 torr evakuiert werden. Die kürzeren Abstandsrohre sowie die ebenfalls benutzten Blenden kleineren Durchmessers (40, 25 und 15 mm) dienen vor allem zur Ermittlung der Fehlereinflüsse. Alle Geometriefaktoren wurden hier nur für eine axiale Punktquelle tabelliert. Die oft notwendigen Korrekturen dieser Faktoren auf Ausdehnung der Quellen, nicht axiale Quellenlage, ungleichen Abstand der Quelle von den beiden Blenden und—bei Benutzung nur des oberen Zählerteils—Quellhöhe wurden in Diagrammen zusammengefasst, die eine schnelle Auswertung jeder Messung ermöglichen.

3. Aufbau der Zählköpfe und Eigenschaften der Plastikdetektoren

Die gewählten geometrischen Verhältnisse machen die Verwendung relativ grossflächiger Detektoren notwendig. Von den heute gebräuchlichen Detektortypen erfüllen nur offene Gaszähler^{7,10,11,12}) und Ionisationskammern^{7,17,18}), ZnS-Schirme^{5,19,-22}) sowie dünne Plastikdetektoren^{23,33}) diese Anforderungen. Bei den ersteren hat man Schwierigkeiten bei der Korrektur auf die Feldverhältnisse in der Umgebung des Zählrahts und der Zählerenden und—damit zusammenhängend—bei der Auswertung der Zählplateaus, die erhebliche Steigungen haben^{7,9,10}). Bei ZnS-Detektoren hat man zwar grosse Lichtausbeuten und damit verbunden sehr geringe Nulleffekte, aber die Herstellung vollständig bedeckter Schirme ist nicht einfach^{5,20,22}). Daher haben wir Plastikdetektoren für die Messköpfe unseres Zählers gewählt, von denen wir dann zeigen konnten, dass sie sich ausgezeichnet für die vorgeschlagene Zählmethode eignen.

Den Aufbau unserer Messköpfe zeigt Fig. 2. Plastikfolien (NE 102A und gelegentlich NATON) von 0.01, 0.025, 0.05, 0.10, 0.20, 0.50, 1.0 und 2.0 mm Dicke und 125 mm Durchmesser wurden auf gleich grosse Glasplatten und gleichzeitig (oder bei sehr dünnen Detektoren danach) in einen Haltering aus Aluminium luftdicht eingeklebt. Als Klebstoff eignete sich Araldit D (CIBA), das ausreichend dünnflüssig ist und die beim Mischen schwer vermeidbaren Luftbläschen

wieder ausstösst. Polymerisiert wurde bei 40–50° C. Die für einen Detektor benötigte Klebstoffmenge betrug etwa 3 g. Einige andere Klebstoffe, wie Helix R-313 (BIGGS) erwiesen sich wegen Blasenbildung als unbrauchbar (siehe auch Alleyn et al.²³) u.a.). Die Dicke der Glasplatte wurde so gewählt, dass ihre Oberkante im fertigen Detektor auf gleicher Höhe mit dem sie umgebenden Haltering abschloss. Damit konnten die Photomultiplier (Dumont 6364) von der Seite her über die Glasplatte geschoben werden. Die optische Kopplung erfolgte mit Spezialfett DOW CORNING C-2-0057. Alle weiteren Teile der Detektorköpfe sind in einfacher Weise miteinander verschraubbar, ebenso wie die Zählköpfe mit den Blenden und Abstandsrohren (Fig. 2). Einige durch Polymerisation von Styrol auf der Glasplatte direkt hergestellte Detektoren zeigten keine Vorteile gegenüber den geklebten, so dass auf deren weitere Herstellung und Verwendung verzichtet wurde.

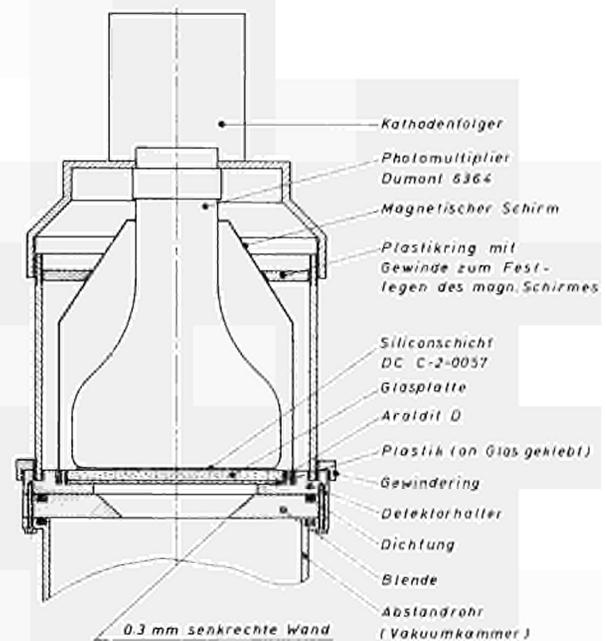


Fig. 2. Messkopf des α -Zählers.

Das Auflösungsvermögen unserer Detektoren (volle Peakbreite auf halber Peakhöhe) wurde zu 15–60% gemessen, wobei kleinere Werte bei kleinerer Geometrie (geringerer Winkelspreizung der einfallenden Strahlung) und geringerer ausgenutzter Photokathodenfläche^{28,34}) gefunden wurden. Obwohl diese Halbwertsbreiten wesentlich grösser sind als die unter extrem günstigen geometrischen Bedingungen gefundenen³⁰), sind sie hier völlig ausreichend und erlauben,

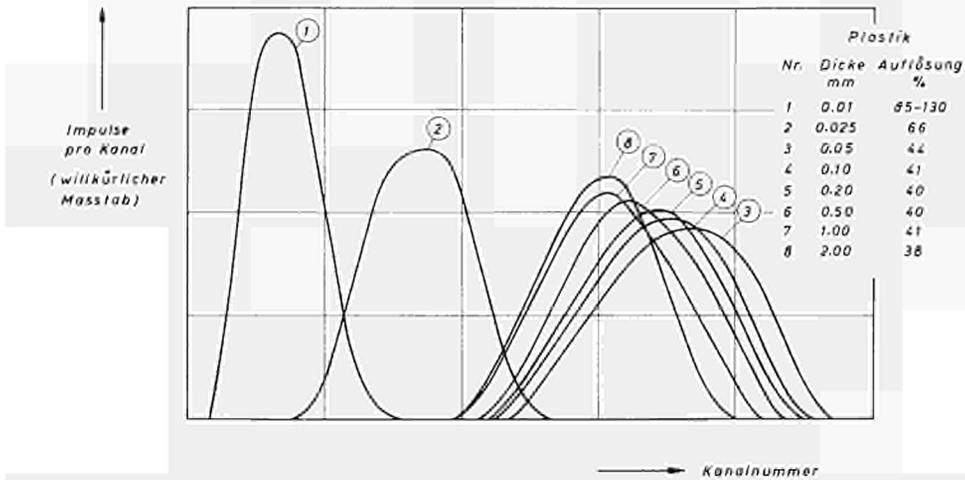


Fig. 3. Am^{241} -Spektra verschieden dicker Plastikdetektoren, gemessen unter gleichen Bedingungen.

die Güte jeder Messung durch eine Aufnahme des Spektrums zu kontrollieren.

Wichtiger für Zählungen ist die Ansprechwahrscheinlichkeit der Detektoren. Zunächst zeigte sich, dass— nach Abzug des relativ kleinen Nulleffekts— keine Impulse ($< 0.1\%$) mit Energien zwischen dem Alphapeak und etwa 0.5 MeV Alpha-energie auftraten. Dementsprechend erhielten wir bei unserer Einstellung der Elektronik (Hochspannung 800–1000 V, Verstärkung 200–1000) Hochspannungs- und Diskriminator-Plateaus mit den vernachlässigbaren Anstiegen von weniger als 0.05% pro 100 V bzw. weniger als 0.05% pro 20% des Bereichs des Integraldiskriminators. Dies deutet darauf hin, dass Zählverluste durch Streuung im Detektor nicht auftreten. Das gleiche Ergebnis zeigte ein Vergleich von Detektoren verschiedener Dicke (Fig. 3), bei denen die Zählrate, ausser bei 0.01 mm Dicke, innerhalb des statistischen Fehlers der Zählung von $\pm 0.1\%$ die gleiche war. Für Standardmessungen wurde danach die Dicke 0.2 mm gewählt, bei der nach Fig. 3 sicher totale Absorption der Alphateilchen erfolgt, während der bei dickeren Detektoren deutliche Lichtverlust und der Nulleffekt noch sehr klein sind. Dass auch Rückstreuung an der Oberfläche des Detektors keine Rolle spielt, wurde durch Vergleich von Detektoren vor und nach Bedampfung mit 7.5–400 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ Aluminium nachgewiesen, bei dem ein Unterschied nicht gefunden wurde. (Damit scheidet auch der bei ZnS-Detektoren gefundene Zählverlust durch Licht-rückstreuung⁵) als Fehlerquelle aus). Die Vernachlässigbarkeit der Rückstreuung im und am Detektor wurde noch durch eine direkte Messung bestätigt. Dabei wurde eine auf einer dicken sauberen Unterlage deponierte Quelle gemessen, die nur durch drei dünne

Drähte in ihrer Position gehalten wurde. So konnte die an dem oberen Detektor rückgestreute Strahlung ohne Behinderung den unteren Detektor erreichen. In dem der inaktiven Quellenunterseite zugewandten unteren Detektor wurden dabei 0.1% der emittierten Strahlung gemessen. Das Spektrum dieser gestreuten Strahlung war über den ganzen Energiebereich verteilt und zeigte einen starken Anstieg bei kleinen Energien. Variation der Streufläche ergab keine Änderung. Daraus und aus einer Abschätzung der an den anderen Flächen der Kammer möglichen Streuung ergab sich, dass die Rückstreuung im und am Detektor innerhalb des statistischen Fehlers der Zählung von $\pm 0.1\%$ vernachlässigbar ist. Da auch gefunden wurde, dass Zählraten und Spektren der Quellen über viele Wochen unverändert bleiben, kann mit grosser Sicherheit geschlossen werden, dass mit unseren Detektoren konstant mehr als 99.9% der auftreffenden Teilchen nachgewiesen wird.

Der Nulleffekt unserer Detektoren ist bei 125 mm Durchmesser und einer Dicke von 0.01 mm 0.1 Ips (Impulse pro Sekunde) und steigt bis zur Dicke von 2 mm auf etwa 4 Ips. Hierbei wird der Detektor ohne jede Abschirmung gebraucht, während die Diskrimination bei etwa 1 MeV Alpha-energie erfolgt. Unsere Standarddetektoren von 0.2 mm Dicke zeigten einen Nulleffekt von etwa 0.7 Ips mit einer mittleren Streuung der Einzelmessung von 2%. Er ist durch seitliche Abschirmung mit einigen cm Blei nur ganz unwesentlich reduzierbar. Die Nulleffektspektren zeigten einen ziemlich kontinuierlichen Anstieg mit kleinerer Energie, von Energien ab, die etwa 500 keV Alpha-energie entsprechen. Ein ähnlicher, aber noch stärkerer Anstieg bei kleinen Energien tritt bei normalen Alphaspektren auf.

Dieser Effekt (verursacht durch Konversionselektronen, Betateilchen und Gammaquanten aus dem Zerfall und Sekundärionen und -Elektronen sowie Rückstossteilchen) wurde noch nicht eindeutig analysiert, da er für die Zählungen ohne Bedeutung ist.

4. Mögliche Fehler

Die entscheidenden Fehler bei unserer Messmethode werden durch Absorptions- und Streueffekte verursacht. Absorptionseffekte in der Quelle und in der die Quelle tragenden Folie^{1,3,6,8,18)} können hier vernachlässigt werden, da bei Zählungen immer angenommen werden kann, dass die gesamte Quellendicke kleiner als etwa 1 mg/cm² ist. Eine Kontrolle des Spektrums kann diese Annahme immer bestätigen. Es bleibt aber die Absorption im Medium zwischen Quelle und Detektor zu untersuchen. Fig. 4 zeigt die Ergebnisse: Spektren einer elektrolysierten Am²⁴¹-Quelle bei verschiedenen Luftdrücken in der Zählkammer. Merkbare Verschiebungen und Verbreiterungen des Alphapeaks treten bei einem Abstand zwischen Quelle und Detektor von 140 mm erst ab etwa 5 torr und bei einem Abstand von 640 mm ab etwa 1 torr auf. Da wir immer bei Drücken unter 0.1 torr gemessen haben, ist ein Fehler durch Absorption im Gas der Zählkammer ausgeschlossen.

Fehler durch Streueffekte sind nicht so leicht zu untersuchen und abzuschätzen. Streuung kann nämlich im Gas der Zählkammer, an den Kammer- und Blendenwänden, in der Quelle und deren Unterlage und im und am Detektor (Kap. 3) stattfinden. Obwohl sie theoretisch im Prinzip ohne Schwierigkeiten berechen-

bar ist³⁵⁾, kann sie wegen der im allgemeinen komplizierten geometrischen Verhältnisse nur ungenau geschätzt werden. Daher wurde hier auch die Streuung rein experimentell, und zwar durch Variation der möglichen Streumaterialien und Geometrien untersucht. Dabei wurde immer mit einem statistischen Zählfehler von etwa $\pm 0.1\%$ gemessen und es wurden nur Änderungen der Zählrate grösser $\pm 0.2\%$ als signifikant angenommen.

Zunächst ergaben die Untersuchungen, dass die Änderung des Luftdrucks in der Zählkammer zwischen 0.05 und einigen torr keine Änderung der Zählrate verursacht, d.h. dass Streuung und Absorption im Gas vernachlässigbar ist.

Auch die Streuung an den Wänden der Vakuumkammer wurde als vernachlässigbar gefunden und zwar aus Messungen mit einer Plastikauskleidung der Kammer und aus Messungen mit dünnen Plastik-Hilfsblenden von 64 mm Innendurchmesser in verschiedener Zahl und verschiedener Anordnung. Diese Messungen gaben unter sonst gleichen Bedingungen dieselben Resultate wie Messungen ohne Plastik und ohne Hilfsblenden. Ähnliche Ergebnisse berichtet auch Robinson⁵⁾ für eine Kammer von etwa 5" Durchmesser und eine Blende von etwa 3" Durchmesser, während er für eine Kammer von etwa 4" bei gleicher Blende 1% Streukorrektur angibt. Ebenso kann ein Fehler durch Streuung am Rand der Kreisblende ausgeschlossen werden, da Messungen mit verschiedenem Blendendurchmesser und verschiedener Höhe der seitlichen Blendenkante keine Zählratendifferenzen ergaben.

Schliesslich wurde noch der Fehler durch Streu-

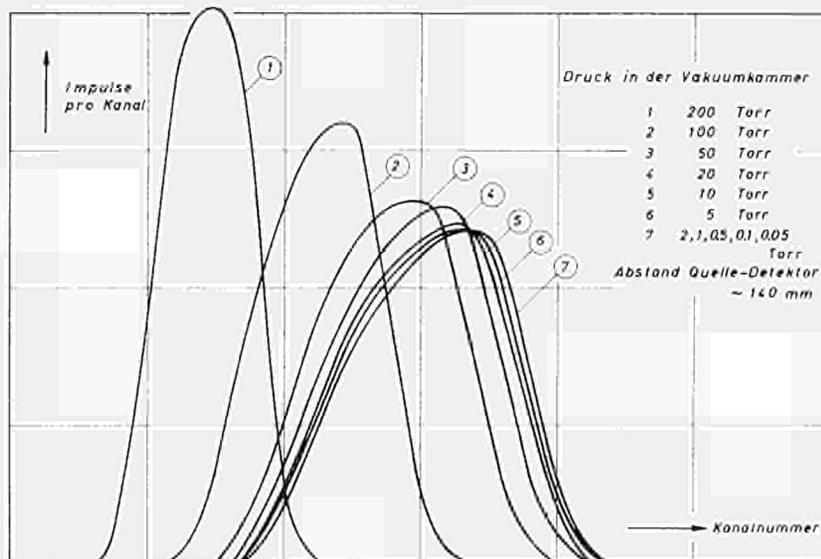


Fig. 4. Am²⁴¹-Spektren bei verschiedenem Luftdruck in der Vakuumkammer (sonst völlig gleiche Messbedingungen).

ung in der Quelle und deren Unterlage untersucht^{1,3,8,18,39}). Für Geometriefaktoren von etwa 1:100 bis 1:2000 ergab sich dabei, dass Unterlegen von dicken Scheibchen jeden Materials unter eine dünne Quelle (Gesamtdicke einschliesslich Folie weniger als $150 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) keine Änderung der Zählrate verursacht, und zwar auch unabhängig von der Oberflächenstruktur der Unterlage³⁶). Für diese Geometrien konnte damit ein Fehler durch Streuung in der Quelle und Unterlage ebenfalls ausgeschlossen werden, und zwar sowohl für dünne elektrolysierte Quellen als auch für aus einer Lösung durch Eindampfen hergestellte Quellen (Tropfenquellen).

Alle Streueffekte zusammen werden bei einem Vergleich derselben Quelle in verschiedenen geometrischen Anordnungen erfasst. Solche Messungen führten wir mit Geometriefaktoren zwischen 50 und 30000 durch und fanden keine Unterschiede. Dies bestätigt noch einmal die Ergebnisse der oben diskutierten Einzeluntersuchungen. Nur bei dünnen Quellen, die zwischen zwei $2.5 \text{ mg}/\text{cm}^2$ dicken Aluminiumfolien gesandwiched waren, war der Unterschied bei den extremen Geometrien etwa 0.4%. Für Eichungen wurden solche Quellen zwar nie verwendet, jedoch zeigt diese Abweichung, dass bei einer weiteren Erhöhung der Genauigkeit mit dem Einfluss von Streueffekten gerechnet werden muss.

Einige weitere mögliche Fehlereffekte, wie Durchgang von Alphateilchen durch den Rand der Blende^{9,40}), wurden nicht untersucht, da sie nach theoretischen Untersuchungen unwahrscheinlich sind. Andere, bei jeder Zählung mögliche Fehlereffekte, wie Störungen durch Staubteilchen⁵), Totzeitfehler, unzureichendes Anheizen der Photomultiplier, Lichteintritt in die Zählkammer, Kontamination usw. wurden sorgfältig kontrolliert und vermieden.

5. Messergebnisse

Ein erstes Mass für die Güte einer Methode ist die Reproduzierbarkeit des Messergebnisses (precision). Wir erhalten für die Reproduzierbarkeit unserer Messungen bis zu 0.05% die rein statistische Streuung der Zählung.

Die Genauigkeit (accuracy) unserer Methode wurde durch Vergleich der Ergebnisse mit denen anderer Methoden geprüft. Es ergab sich bis zu 0.1–0.2% Übereinstimmung mit der 4π -Methode, der $4\pi\beta\text{-}\gamma$ -Koinzidenzmethode und der Flüssigkeits-Szintillationsmethode, was der Zählstatistik entsprach. Als Beispiel eines solchen Vergleichs verschiedener Methoden kann das Ergebnis für 4 Americiumquellen mitgeteilt werden. Wir erhielten mit unserer Methode 11 303 Zps (Zerfälle

pro Sekunde), mit der $4\pi\beta\text{-}\gamma$ -Methode 11 305 Zps, mit der 4π -Methode 11 319 Zps und mit der Flüssigkeits-Szintillationsmethode 11 305 Zps. Ähnliche Resultate erhielten auch andere Autoren^{2,6,37,41,42}).

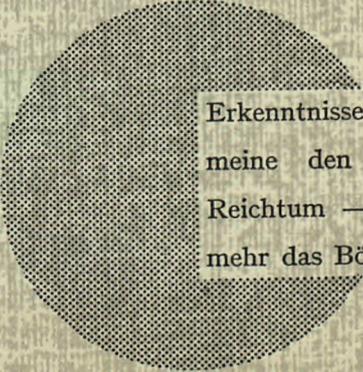
Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die hier vorgeschlagene Methode und insbesondere die verwendeten Plastikdetektoren ausgezeichnet zur Präzisionsmessung der Aktivität von Alphastrahlern geeignet sind. Die schliesslich erreichte Genauigkeit ist nur durch die langen Messzeiten bei der benutzten Röhrenelektronik (Totzeit $5 \mu\text{s}$) begrenzt. Sie lässt sich sehr wahrscheinlich durch Verwendung schneller Transistorelektronik erheblich verbessern. Entsprechende Arbeiten sind im Gange.

Wir danken Herrn Bleeker für Mitarbeit bei der Konstruktion des Zählers und den Vorschlag zur Anwendung eines symmetrischen Doppelzählers. Weiter danken wir den Herren De Roost, van der Eijk und Vaninbrouckx von der Radioisotopengruppe für vergleichende Messungen mit anderen Methoden und Herrn Brulmans für Hilfe bei den Längenmessungen. Dem Direktor des Zentralbüros für Kernmessungen, Dr. Spaepen, danken wir für Unterstützung und Interesse an dieser Arbeit.

Literatur

- 1) P. H. White, G. J. Wahl and F. R. Pontet, submitted to *React. Sc. Techn.* (1964).
- 2) R. F. Overman, DP-780 (1962).
- 3) A. J. Deruytter, *Nucl. Instr. and Meth.* **15** (1962) 164.
- 4) H. P. Robinson, UCRL-8933 (1959).
- 5) H. P. Robinson, *Nucl. Sc. Ser. Rep.* **24**, Publ. Nr. 573, *Nat. Ac. Sc.* (1958) 2.
- 6) M. L. Curtis, J. W. Heyd, R. G. Olt and J. F. Eichelberger, *Nucl.* **13** (5) (1955) 38.
- 7) A. H. Jaffey, *NNES* **14A** (1954) 596.
- 8) E. Cotton, A. Leveque and R. Cohen, *J. Phys. Rad.* **15** (1954) 109.
- 9) E. H. Fleming, A. Ghiorso and B. B. Cunningham, *Phys. Rev.* **88** (1952) 642.
- 10) R. Hurst and G. R. Hall, *Analyst* **77** (1952) 790.
- 11) A. J. Cruikshank, D. J. Littler and A. G. Ward, CRP-378, PD-230, 1948.
- 12) J. A. Simpson, *Rev. Sc. Instr.* **18** (1947) 884.
- 13) J. Matouskova, *Czech. J. Phys.* **8** (1958) 154.
- 14) A. V. Masket, *Rev. Sc. Instr.* **28** (1957) 191.
- 15) A. H. Jaffey, *Rev. Sc. Instr.* **25** (1954) 349.
- 16) B. P. Burt, *Nucl.* **4** (8) (1949) 28.
- 17) R. D. Macfarlane and T. P. Kohman, *Phys. Rev.* **121** (1961) 1758.
- 18) C. A. Kienberger, *Phys. Rev.* **87** (1952) 520.
- 19) A. Kostyrenko, *Nukleonika* **7** (1962) 425 (polnisch).
- 20) N. A. Hallden and J. H. Harley, *Anal. Chem.* **32** (1960) 1861.
- 21) J. P. Anthony, *J. Phys. Rad.* **16** (1955) 182.
- 22) D. O. Caldwell and J. R. Armstrong, *Rev. Sc. Instr.* **9** (1952) 508.

- 23) E. Alleyn, H. Faissner, H. J. Gerber, E. Heer and M. Reinharz, CERN-64-4, 1964.
- 24) C. M. Anckenbrandt and E. M. Lent, Rev. Sc. Instr. **34** (1963) 647.
- 25) V. D. Bezuglyj, N. M. Drachev and A. S. Dykhanov, Prob. Tekhn. Eksp. **1** (1963) 163.
- 26) J. H. Harley, N. A. Halden and J. M. Fisenne, Nucl. **20** (1) (1962) 59.
- 27) K. Peuckert, Nucl. Instr. and Meth. **17** (1962) 257.
- 28) G. L. Brownell, W. H. Ellett, R. A. Rydin and S. J. Hine, Health Phys. **5** (1961) 27.
- 29) T. J. Gooding and H. G. Pugh, Nucl. Instr. and Meth. **7** (1960) 189.
- 30) G. Bertolini, A. M. Del Turco and G. Restelli, CNJ **30** (1959)
- 31) L. J. Basile, J. Chem. Phys. **27** (1957) 801.
- 32) C. Lagriss, UCRL-4533 (1956).
- 33) J. Fischer, Nucl. **13** (5) (1955) 52.
- 34) L. M. Belyaev, A. B. Gilvarg and V. P. Panova, Atomn. Energya **10** (1961) 502.
- 35) J. A. Crawford, NNES **14B** (1949) 1307.
- 36) N. A. Eskind and H. Mark, J. Geophys. Res. **67** (1962) 4867.
- 37) W. S. Lyon and S. A. Reynolds, Nucl. **14** (12) (1956) 44.
- 38) J. H. Parsons, O. Flatau, J. K. East, R. Dandl and J. Borowski, NNES **14B** (1949) 1197.
- 39) G. E. Kocharov and G. A. Korolev, Izv. Ak. Nauk. SSSR **25** (1961) 227.
- 40) E. D. Courant, Rev. Sc. Instr. **22** (1951) 1003.
- 41) K. M. Glover and G. R. Hall, Nat. **173** (1954) 991.
- 42) D. E. Watt, R. L. G. Keith and F. Brown, AWRE Rep. 0-59/63 (1963).



Erkenntnisse verbreiten ist soviel wie Wohlstand verbreiten — ich meine den allgemeinen Wohlstand, nicht den individuellen Reichtum — denn mit dem Wohlstand verschwindet mehr und mehr das Böse, das uns aus dunkler Zeit vererbt ist.

Alfred Nobel

CDNA01105DEC

EURATOM — C.I.D.
51-53, rue Belliard
Bruxelles (Belgique)