

KFK-53

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

APRIL 1961

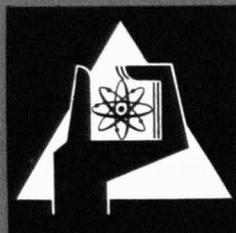
KFK 53

STRAHMENMESSABTEILUNG

MESSUNG DER RÜCKGESTREUTEN STRAHLUNG ALS MITTEL
ZUR IDENTIFIZIERUNG VON BETA-STRAHLERN

H. FESSLER, H. KIEFER, R. MAUSHART

KERNREAKTOR
BAU- UND BETRIEBS-GESELLSCHAFT M. B. H.
VERWALTUNG DER ZENTRALANLAGE



KERNREAKTOR

BAU- UND BETRIEBS-GESELLSCHAFT M. B. H.

KARLSRUHE

Institut für Kernphysik
 Abteilung für Radiochemie
 Verwaltung der Zentralbucherei

Messung der rückgestreuten Strahlung als Mittel zur Identifizierung von Beta-Strahlern

Von H. Fessler, H. Kiefer und R. Maushart Aus der Strahlenmeßabteilung des Kernforschungszentrums Karlsruhe

Zusammenfassung

Es wird ein neuartiges Aktivitätsmeßgerät beschrieben, das gleichzeitig die Primärstrahlung und Rückstreustrahlung eines β -Strahlers getrennt zu messen gestattet (»Rückstreu-Zähler«). Damit wird in einem Meßvorgang außer der Aktivität auch — infolge der Energieabhängigkeit des rückgestreuten Strahlungsanteils — die β -Energie eines Strahlers bestimmbar.

Einige Anwendungsgebiete des Gerätes sind die rasche Identifizierung unbekannter β -Strahler, die Messung des Verhältnisses zweier als Gemisch vorliegender bekannter β -Strahler (z. B. ^{89}Sr — ^{90}Sr) und schließlich die Prüfung des Reinheitsgrades eines einzelnen bekannten β -Strahlers.

Einleitung

Eine der Hauptaufgaben des Strahlenschutzes ist die Überwachung der Radioaktivität in der menschlichen Umwelt. Überschreitet diese Aktivität gewisse Grenzen, so muß zur Abschätzung der Gefährdung des Menschen auch die Art des Strahlers bekannt sein. So weit es sich um γ -strahlende Isotope handelt, steht zu ihrer Identifizierung die γ -Spektroskopie mit Szintillatoren zur Verfügung. Diese Methode läßt sich relativ rasch, einfach und genau durchführen.

Eine Reihe von wichtigen Isotopen sind jedoch reine β -Strahler (z. B. ^{14}C , ^{35}S , ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{32}P , ^{204}Tl u. a.). Für diese Strahler, von denen häufig bei Strahlenschutzaufgaben

Aktivitäten von nicht mehr als einigen 100 pc untersucht werden müssen, war bisher die einzige in der Praxis verwendbare Methode zur Identifizierung die sogenannte Absorbermethode (Bestimmung der Reichweite von β -Strahlung in einem Absorber). Sie erfordert aber jeweils eine größere Anzahl von Messungen und damit hohen Zeitaufwand. In der folgenden Arbeit wird ein neuartiges Meßgerät beschrieben, bei dem unter Ausnutzung der Energieabhängigkeit der Rückstreuung gleichzeitig Aktivität und Maximalenergie eines β -Strahlers in einem Meßvorgang bestimmbar sind.

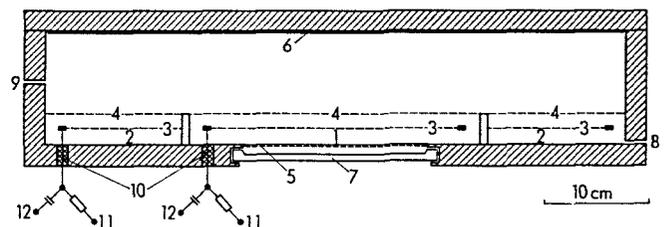


Abb. 1: Schematischer Aufbau des Rückstreu-Zählers.

1 = Mittelzähler, 2 = Ringförmiger Außenzähler, 3 = Zählgitter, 4 = Kathodengitter, 5 = Fensterfolie (aluminisierter Kunststoff, 3,5 mg/cm²), 6 = Bleifolie (0,3 mm dick), 7 = Schieber zur Aufnahme der Präparatschale (200 mm ϕ), 8 = Zählgaszufuß, 9 = Zählgasabfuß, 10 = Teflonisolatoren, 11 = Hochspannungseingang, 12 = Impulsausgang.

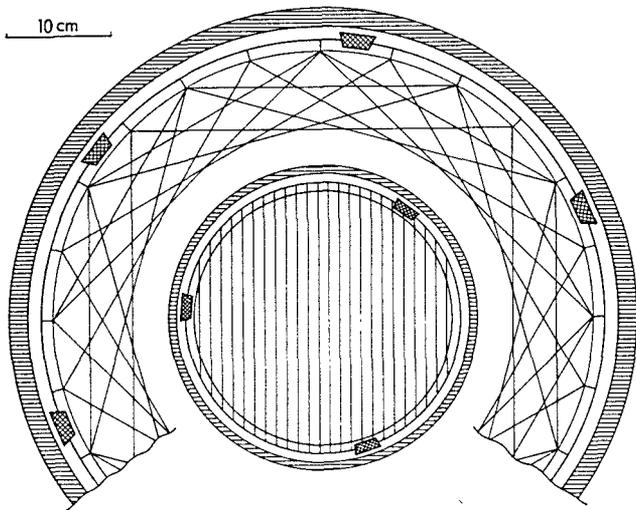


Abb. 2: Anordnung der Zählröhren. Der Außenzähler enthält insgesamt 12 m, der Mittelzähler 4,50 m eines $50 \mu\text{m}$ starken Molybdandrahtes.

Aufbau des Zählers

In Abb. 1 ist der Aufbau des Zählers schematisch dargestellt. Er besteht aus zwei konzentrisch angeordneten Großflächen-Proportional-Durchflußzählern. Der Mittelzähler ist so bemessen, daß er eine Probenschale von 200 mm Durchmesser aufnehmen kann. Die aus dem Präparat austretenden Teilchen werden vom Mittelzähler gezählt, treten durch den gitterförmigen oberen Abschluß des Zählers hindurch und treffen auf eine Rückstrefolie, von der sie unter einem bestimmten Winkel in den ringförmigen Außenzähler gestreut werden können. Durch geeignete Konstruktion ist dafür gesorgt, daß in den Außenzähler keine direkt von der Probe kommenden Teilchen eindringen. Die Zählröhren sind im Mittelzähler als Parallelgitter, im Außenzähler als Kombination mehrerer Vielecke so gespannt, daß die Ansprechwahrscheinlichkeit über die ganze Zählerfläche weitgehend konstant ist (Abb. 2). Um den infolge der großen Fläche des Außenzählers recht hohen Nulleffekt herabzudrücken, werden Innenzähler und Außenzähler in Koinzidenz geschaltet. Man zählt dann nur solche Teilchen, die praktisch gleichzeitig beide Zähler durchsetzen, wie das für die rückgestreuten Teilchen der Fall ist. Der Mittelzähler ist durch ein Kathodengitter und durch

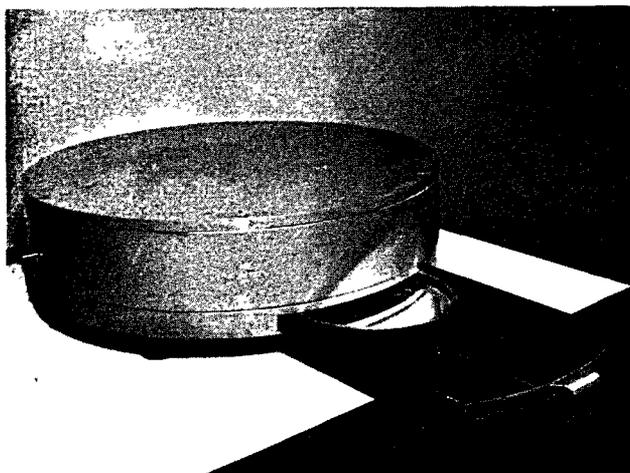


Abb. 3: Außenansicht des Rückstreu-Zählers mit halb herausgezogenem Präparateschieber. Die gesamte Höhe des Geräts beträgt 200 mm, der Durchmesser 600 mm.

eine Folie von $3,5 \text{ mg/cm}^2$ Flächengewicht zur Probenschale hin abgeschlossen. Die Dicke dieser Folie beeinflusst stark die Form der Eichkurve des Zählers. Durch ein weiteres, beiden Zählern gemeinsames Kathodengitter wird das Zählvolumen nach oben hin begrenzt, so daß oberhalb der beiden Zähler ein feldfreier Raum entsteht. Dadurch wird außer der geometrischen auch eine elektrische Trennung von Mittel- und Außenzähler erreicht. Abb. 3 zeigt die äußere Ansicht, Abb. 4 den Innenaufbau des Zählers. Als Elektronikteil wurden kommerzielle Geräte verwendet ^{1,2}. Das Verhältnis der beiden Impulsraten ³ von Außenzähler und Mittelzähler ergibt den Anteil an rückgestreuter Strahlung in der durch die Konstruktion gegebenen Geometrie. Aus der Impulsrate des Mittelzählers allein läßt sich nach entsprechender Eichung die Aktivität bestimmen.

Energie-Eichung des Zählers

In Abb. 5 ist das Verhältnis des rückgestreuten Strahlungsanteils zum Primärstrahlungsanteil über der maximalen Energie verschiedener β -Strahler aufgetragen. Damit erhält man die Energie-Eichkurve des Zählers. Aus den Eichpunkten für ^{60}Co , ^{192}Ir und ^{40}K ersieht man unmittelbar, daß auch eine begleitende γ -Strahlung die Messung nicht beeinflusst. Darüber hinaus zeigte sich, daß der Einfluß von Selbstabsorption in der Probe lediglich als Effekt zweiter Ordnung auftritt

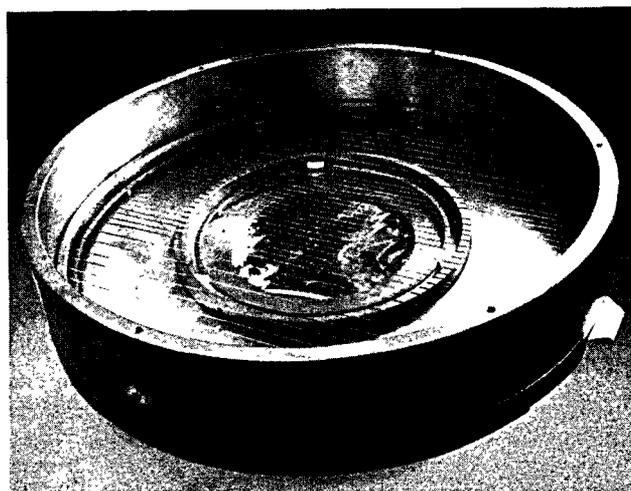


Abb. 4: Innenansicht des Rückstreu-Zählers. Man erkennt die beiden Zählräumen gemeinsamen parallelen Kathodendrähte, die das wirksame Zählvolumen nach oben abgrenzen, darunter (im Winkel von 90° versetzt) die ebenfalls parallelen Zählröhren des Mittelzählers. Von den spinnwebartig gespannten Zählröhren des Außenzählers sind im Bild nur einzelne kurze Abschnitte sichtbar.

und bei den Messungen im allgemeinen vernachlässigt werden kann (siehe Abb. 6). Auch die Geometrie der Probe spielt bei der Eichung kaum eine Rolle, wie aus einem Vergleich von flächigen mit punktförmigen Präparaten hervorging.

Einige weitere Strahler, die zur Energie-Eichung nicht unmittelbar benutzt werden können, weil sich bei ihnen jeweils mehrere β -Spektren überlagern und sie daher keine »echte« maximale Energie aufweisen, ergaben die in Tab. 1 gezeigten Rückstreu-Anteile.

¹ Münchener Apparatebau Dr. H. Kimmel (Hochspannung).

² Frieseke & Hoepfner, Erlangen-Bruck (Verstärker und Koinzidenzstufe).

³ Es ist sogar möglich, dieses Verhältnis von einem Ratemeter, das die Differenz zweier logarithmischer Ratemeter angibt, nach entsprechendem Nulleffekts-Abgleich, unmittelbar anzeigen zu lassen.

Tab. 1: Rückstrahl-Anteile

Strahler	Rückstreuung %	Scheinbare E_{\max} MeV
^{106}Ru — ^{106}Rh	31,2	2,2
^{90}Sr — ^{90}Y	27,2	1,25
^{144}Ce	24,4	0,9
^{137}Cs	20,1	0,59

Anwendungsbeispiele des Rückstreu-Zählers in der Praxis des Strahlenschutzes

Die Eichkurve in Abb. 5 zeigt, daß sich mit diesem Zähler die Identifizierung einzelner β -Strahler mit großer Genauigkeit durchführen läßt. Die Empfindlichkeit des Zählers ist dabei so groß, daß lediglich Gesamtaktivitäten von etwa 10^{-10}c zur Messung erforderlich sind. Infolge der großen Fläche der Zählchale können auch außerordentlich niedrige spezifische Aktivitäten (je nach Energie einige pc/g) noch identifiziert werden. Bei Gemischen von zwei oder mehreren Strahlern verschiedener Energien kann man zwar keine sichere Aussage über die einzelnen Strahler mehr machen,

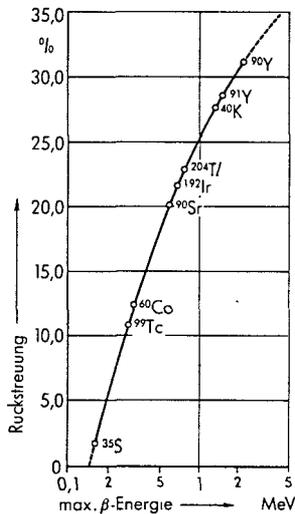


Abb. 5: Energieeichkurve des Rückstreu-Zählers. Zur Eichung wurden selbstabsorptionsfreie (mit Ausnahme von ^{40}K), in einer Weißblech-Probenschale von 200 mm ϕ gleichmäßig verteilte Präparate benutzt.

doch lassen sich meist immer noch Hinweise darüber gewinnen, in welchem Energiebereich die Strahler zu erwarten sind. Es ist jedoch der bei weitem am häufigsten vorkommende Fall, daß eine wesentliche Erhöhung der Aktivität in einer Abwasserprobe oder in einem Luftfilter durch einen einzelnen Strahler hervorgerufen wird.

Eine weitere sehr wichtige Anwendung des Zählers ist die Bestimmung des Mischungsverhältnisses der beiden Strontiumisotope ^{88}Sr und ^{90}Sr . Bei einer Freisetzung von Spaltprodukten — etwa nach einem Unfall in einer kerntechnischen Anlage — ist ein besonders wichtiger Punkt die Kenntnis des Anteils an ^{90}Sr , um eine Gefährdung beurteilen zu können. ^{90}Sr liegt aber in diesem Fall immer zusammen mit dem ungefährlicheren ^{88}Sr vor. Es ist daher normalerweise notwendig, nach der radiochemischen Abtrennung des gesamten Strontium zur Unterscheidung der beiden Strontiumisotope die Nachbildung der ^{90}Sr — Tochter ^{90}Y abzuwarten.

Nach etwa 14 Tagen wird das Yttrium seinerseits abgetrennt und zur Messung gebracht. In einer vereinfachten Schnell-

methode kann man auch unmittelbar den Anstieg des ^{90}Y verfolgen und unter günstigen Umständen — bei absolut großen Aktivitäten überhaupt und bei einem relativ großen ^{90}Sr -Anteil im besonderen — bereits nach einigen Stunden zu einer Aussage gelangen. Mit dem hier beschriebenen

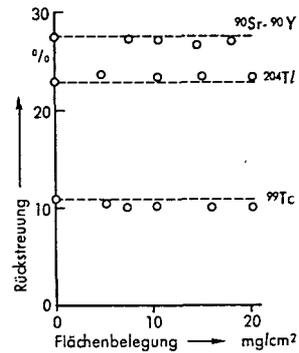


Abb. 6: Rückstreu-Anteil in Abhängigkeit vom Flächengewicht der Präparate für Strahler verschiedener Energien. Die Selbstabsorption in der Probe verändert den Anteil rückgestreuter Strahlung nur unwesentlich.

Zähler kann dagegen aus dem radiochemisch abgetrennten Strontium der ^{90}Sr -Anteil in wenigen Minuten mit großer Genauigkeit bestimmt werden (s. Abb. 7). Die in dieser Abbildung gezeigte Eichkurve gilt für Yttrium-freies Strontium (Messung unmittelbar nach der Abtrennung). Sie könnte aber genauso gut aufgenommen werden, wenn sich das Yttrium eine — nicht allzulange — Zeit nachgebildet hat.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten sind die Nachprüfung der Reinheit eines bestimmten β -Strahlers, den man etwa zu Eichzwecken verwenden will, oder die Bestimmung des Alters von Spaltprodukten.

Schlußbemerkungen

Diese Arbeit beschränkt sich bewußt nur auf die Darstellung der Konstruktionsmerkmale und der praktischen Anwendung des Rückstreu-Zählers. Die theoretischen Grundlagen sowie experimentelle Untersuchungen mit diesem Zähler über verschiedene Eigenschaften der rückgestreuten Strahlung sollen an anderer Stelle behandelt werden.

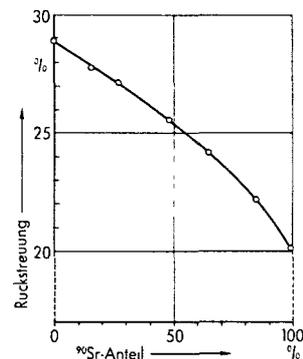


Abb. 7: Rückstreu-Anteil für ein ^{88}Sr — ^{90}Sr — Gemisch in Abhängigkeit vom ^{90}Sr — Anteil des Gemisches.

Unsere Mitarbeiterinnen, Fräulein D. Coste und Fräulein K. Bußmann, haben wir für ihre wertvolle Hilfe bei der Herstellung der Eichproben und den Messungen, unseren Mitarbeitern, Herrn H. Bailer und Herrn R. Becker, für die sorgfältige Arbeit beim Bau des Zählers zu danken.