

**Zeitschrift:** Helvetica Physica Acta  
**Band:** 48 (1975)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Suche nach schweren, schnellen Fragmenten oder Rückstoss-Kernen bei der Wechselwirkung von 21 GeV Neutronen und 700 MeV Alphas an Hg, Ta, Ce, Y, Cu, Mn und Ca  
**Autor:** Reist, H.W. / Hahn, B. / Moser, U.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-114678>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Suche nach schweren, schnellen Fragmenten oder Rückstoss-Kernen bei der Wechselwirkung von 21 GeV Neutronen und 700 MeV Alphas an Hg, Ta, Ce, Y, Cu, Mn und Ca

von H. W. Reist, B. Hahn und U. Moser

Physikalisches Institut, Universität Bern, Bern, Schweiz

(11. II. 75)

**Abstract.** Heavy and fast nuclear fragments or nuclear recoils in interactions of 21 GeV neutrons and 700 MeV alphas with Hg, Ta, Ce, Y, Cu, Mn and Ca were searched with a completely new technique, the spinner technique. The measured  $dE/dx$  of the fragments corresponds to an energy transfer up to  $3 \cdot 10^{-2}$  MeV/amu and  $9 \cdot 10^{-2}$  MeV/amu in collisions with the neutrons and alpha particles respectively at the cross section of  $10^{-30}$  cm<sup>2</sup>. There was no evidence observed for a compound nucleus formation with the alphas. The demonstrated higher energy transfer by the alphas opens the possibility of looking for hypothetical, heavy elementary particles or quanta by the detection of the local energy deliberated in collisions with nuclei.

## 1. Einleitung

In den letzten Jahren stieg das Interesse an Kollisionen hochenergetischer Teilchen mit Kernen. Speziell interessierte wieviel Energie und Transversimpuls auf den Targetkern oder dessen Fragmente mehr oder weniger kohärent übertragen werden kann. Eine bedeutende Anwendung wäre die Produktion superschwerer Elemente, entweder durch Fusion eines angestossenen und ruhenden Targetkerns oder eines schnellen, schweren Ions mit einem Targetkern.

Die Grösse der Rückstossenergie des Targetkerns vermag Hinweise auf die Art der Reaktion zu geben, ob das einfallende Teilchen mit einzelnen Nukleonen direkt wechselwirkte oder ob sich ein Compoundkern bildete.

Vermöchte ein einfallendes Teilchen einem mittelschweren Targetkern genügend Energie zu übertragen, bestünde die Möglichkeit, bis jetzt hypothetische, neutrale, schwere Teilchen in der kosmischen Strahlung oder an einem Hochenergiebeschleuniger nachzuweisen. Dazu müsste dieses Teilchen auf den Targetkern mehr kinetische Energie übertragen als ein hochenergetisches Nukleon.

Die Frage nach schweren, schnellen Fragmenten oder Rückstosskernen, erzeugt bei der Wechselwirkung hochenergetischer Teilchen an schweren und mittelschweren Kernen, ist nicht einheitlich beantwortet. Poskanzer [1] fand energetische Fragmente bis Argon in Kollisionen von 5,5 GeV Protonen mit Uran mit Energien bis zu 5 MeV pro Nukleon.

Katcoff und Perlman [2] beobachteten keine Fragmente mit  $z > 35$  und Energien über 3 MeV pro Nukleon beim Bombardieren von W, Au und U mit 28,5 GeV Protonen bis zu 10 nbarn Wirkungsquerschnitt.

Andererseits fand Maly [3] schnelle Fragmente mit  $10 \leq z \leq 40$  und Energien von 5 MeV pro Nukleon in Kollisionen von 1,3 GeV Elektronen mit U, Pb und W. Der Produktionsquerschnitt lag bei mehreren  $\mu\text{barn}$ .

Im Fall einer Compoundkernbildung ist mit Alphateilchen oder noch schwereren Ionen ein substanzieller Impulsübertrag denkbar. Mehrere Autoren [6–9] beobachteten bei ihren Experimenten mit mittelergetischen Alphateilchen einen den Compoundkern charakterisierenden Impulsübertrag. Bei hohen Energien liegen noch keine Angaben vor.

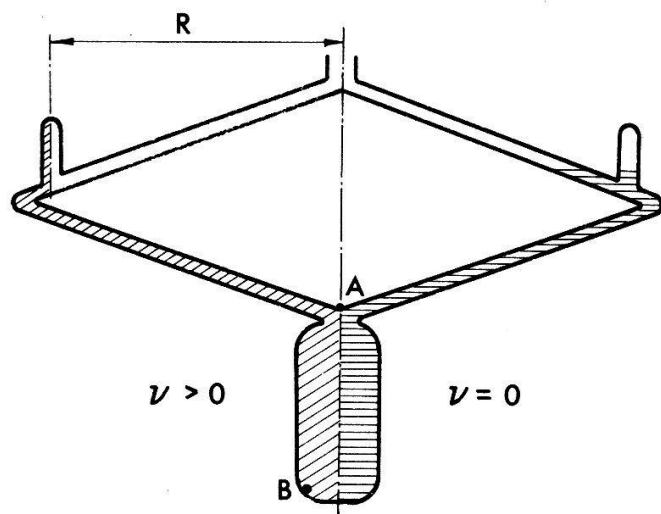
Bereits einfache theoretische und kinematische Ueberlegungen demonstrieren die äusserst kleine Wahrscheinlichkeit, mit einem hochenergetischen Teilchen auf den ganzen Targetkern oder auf ein grösseres Teilstück desselben, einen beträchtlichen Impuls direkt via elastischer Streuung zu übertragen. Die Impulsabgabe ( $p - p'$ ) ist wegen der Ausdehnung ( $R$ ) des Targetkerns durch die Unschärferelation begrenzt. Wird  $(p - p') > h/R$ , muss der Wirkungsquerschnitt rasch abnehmen. Grundsätzlich bleiben jedoch noch andere Reaktionsmechanismen für die Emission schneller Fragmente. Für die in [1, 4, 5] gefundenen schnellen Fragmente, deren Energien bis achtzehnmal über der nominellen Coulombabstossung liegen, ist bis jetzt keine befriedigende Modellvorstellung entwickelt worden.

In der vorliegenden Arbeit wurden  $dE/dx$ -Werte von Fragmenten gemessen, welche einer auf den ganzen Targetkern übertragenen Energie bis zu 5 MeV in Kollisionen mit 20 GeV-Neutronen und bis zu 14 MeV in Kollisionen mit 700 MeV-Alphas bei einem Wirkungsquerschnitt von  $10^{-33} \text{ cm}^2$  entsprechen.

## 2. Experimentelle Technik

Für die vorliegende Untersuchung wurde ein neuer, in unserem Laboratorium entwickelter Detektor zum Nachweis von Kernrückstössen, die Rotationskammer, verwendet. Die Methode ist in [10] ausführlich beschrieben.

Der Zähler besteht aus einem Glasgefäss mit seitlichen Armen, gefüllt mit der Targetflüssigkeit (Fig. 1). Ungefähr 50 gr des Targetelementes ist in einer geeigneten Flüssigkeit gelöst. Durch Rotation der Kammer wird ein Unterdruck bis zu 4 atm



Figur 1

Rotationskammer. Die linke Hälfte zeigt das Flüssigkeitsniveau der drehenden, die rechte Hälfte dasjenige der ruhenden Kammer. Für ein festes  $dE/dx$  ist die Kammer bei hochdrehender Drehzahl zuerst in A, zuletzt in B nachweisempfindlich.

erreicht. Der Unterdruck ist durch die Rotationsfrequenz, den achsialen Abstand der Flüssigkeitsoberfläche von der Rotationsachse, die Dichte und den Dampfdruck der Targetlösung, durch den Aussendruck und den Ort eines betrachteten Flüssigkeitspunktes in der Kammer festgelegt. Wie in einer normalen Blaskammer erzeugt ein ionisierendes Teilchen eine Blase. Wegen der kurzen Reichweite von Spaltfragmenten oder Kernrückstößen ist jedoch nur eine makroskopische Blase zu beobachten. Nach jedem Ereignis wird der Motor gestoppt. Nachdem die Blase die Flüssigkeitsoberfläche erreicht hat, wird der Motor wieder gestartet.

Ein relatives Mass für die Empfindlichkeit der Messlösung ist die minimale Blasenbildungsenergie. Sie berechnet sich als Summe von Oberflächen-, Volumen- und Verdampfungsarbeit. Der Zusammenhang zwischen der Drehzahl und dem zur Blasenbildung notwendigen Ionisationsvermögen  $dE/dx$  der Fragmente wurde empirisch festgelegt. Bei niedrigen Drehzahlen dienten die Spaltproduktverteilungen von Cf und U, bei höhern Drehzahlen Fragmentverteilungen von Reaktionen hochenergetischer Protonen mit denselben oder ähnlicher Kerne wie die im Experiment verwendeten. Die  $dE/dx$ -Werte wurden den Tabellen von L. C. Northcliffe und R. F. Schilling [11] entnommen.

Für ein festes Ionisationsvermögen besitzt die Rotationskammer einen gut definierten Einsatz. Dieser Einsatz ist jedoch wegen der Kammergeometrieabhängigkeit des Unterdruckes verbreitert und muss entfaltet werden. Bei einer gegebenen Tourenzahl  $v$  misst der Detektor integral alle  $dE/dx$ -Werte, die grösser sind als  $(dE/dx)(v)$ . Das  $dE/dx$ -Spektrum muss durch Differentiation der integralen Einsatzkurve berechnet werden.

Schnelle Hyperfragmente oder eventuell gebildete Compoundkerne sind bis zu  $\sim 10^{-15}$  s Lebenszeit nachweisbar. Die noch messbare Lebenszeit ist durch die Zeit gegeben, die zum Durchlaufen der zur Blasenbildung notwendigen kritischen Strecke gebraucht wird.

Für schnelle, schwere Fragmente sind die möglichen Kombinationen der Ladungen und Energien pro Masseneinheit, die dem gemessenen Ionisationsvermögen genügen stark eingeschränkt. Für Fragmente mit den jeweils kleinstmöglichen Ladungen sind untere Grenzen für die Energien festlegbar.

Der Untergrund in Teilchenstrahlen, herrührend von der Kammerflüssigkeit und der Glaswand, ist praktisch vernachlässigbar und erlaubt Messungen von Wirkungsquerschnitten bis zu  $10^{-33}$  cm<sup>2</sup>.

Wirkungsquerschnitte für die Produktion von Fragmenten oder Kernrückstößen wurden über 9 Dekaden als Funktion des  $dE/dx$  bestimmt mit 21 GeV Neutronen und 700 MeV Alphas.

### 3. Untersuchungen mit 21 GeV Neutronen

Bei allen verwendeten Targetelementen (Hg, Ta, Ce, Y und Ca) wurden die Zählraten in Funktion der Rotationsfrequenz gemessen. Hatte die Tourenzahl den eingestellten Sollwert erreicht, wurde der Startimpuls für die Zeitmessung gegeben. Akzeptiert wurden diejenigen Ereignisse, die in ein burstsynchrones Zeitintervall fielen. Mit einem gepulsten Rubinlaser war vorher die Zeit zwischen der lokalen Energie-deposition in der Kammerflüssigkeit und dem Eintreffen des Stoppsignals in der Steuereinheit bestimmt worden. Neben den Wartezeiten, der Strahlintensität und der Drehzahl musste der Radius des Flüssigkeitsstandes in den seitlichen Armen, der Aussendruck und die Temperatur gemessen werden.

Die Neutronen wurden mit 24 GeV Protonen des PS am Cern an einem Berylliumtarget bei  $0^\circ$  produziert. Die mittlere Energie der Neutronen lag bei 21 GeV. Ein 65 mm dicker Bleifilter reduzierte den  $\gamma$ -Anteil auf  $<1\%$ , zwei 'Sweeping'-Magnete entfernten die geladenen Teilchen, vier Kollimatoren beschränkten den Strahl auf der Kammer auf  $15 \times 20 \text{ mm}^2$ . Die Absolutmessung der Neutronenintensität erfolgte mit Hilfe von zwei hintereinander aufgestellten Szintillatoren und einem Konverter. Je 1 cm C, Fe und Pb dienten zur Produktion geladener Teilchen.

Für die Reaktionsquerschnitte der Neutronen dienten die Angaben aus [13, 14].

#### 4. Untersuchungen mit 700 MeV Alphas

Die Untersuchung mit Alphateilchen wurden im Space Radiation Effects Laboratory (SREL), Virginia, USA, wegen der hohen Energie und der möglichen grossen Strahlintensität, ausgeführt. Die zum Teil benützte hohe Strahlintensität erforderte die Bestimmung des Anteils, der aus dem Aluminiumfenster des Vakuumrohres in zwei auf einem speziellen Messtisch aufgestellte Teleskope gestreuten Teilchen. Die Eichung der Teleskope geschah bei kleiner Strahlintensität, indem die Zählrate des einen auf die Strahlachse ausgerichteten Teleskopes mit der des andern verglichen wurde. Zwei Ionenkammern, eine vor, die andere nach der Rotationskammer aufgestellt, erlaubten die Kontrolle der Strahlposition, da bei ihnen der zur Strahlintensität proportionale Strom auf der linken und rechten Seite der Beamachse getrennt gemessen werden konnte. Die experimentelle Anordnung blieb dieselbe wie bei den Messungen mit den Neutronen.

Zusätzlich wurden die Einzelzählraten und die Koinzidenzzählraten der beiden Teleskope, sowie die Zufälligen ausgedruckt.

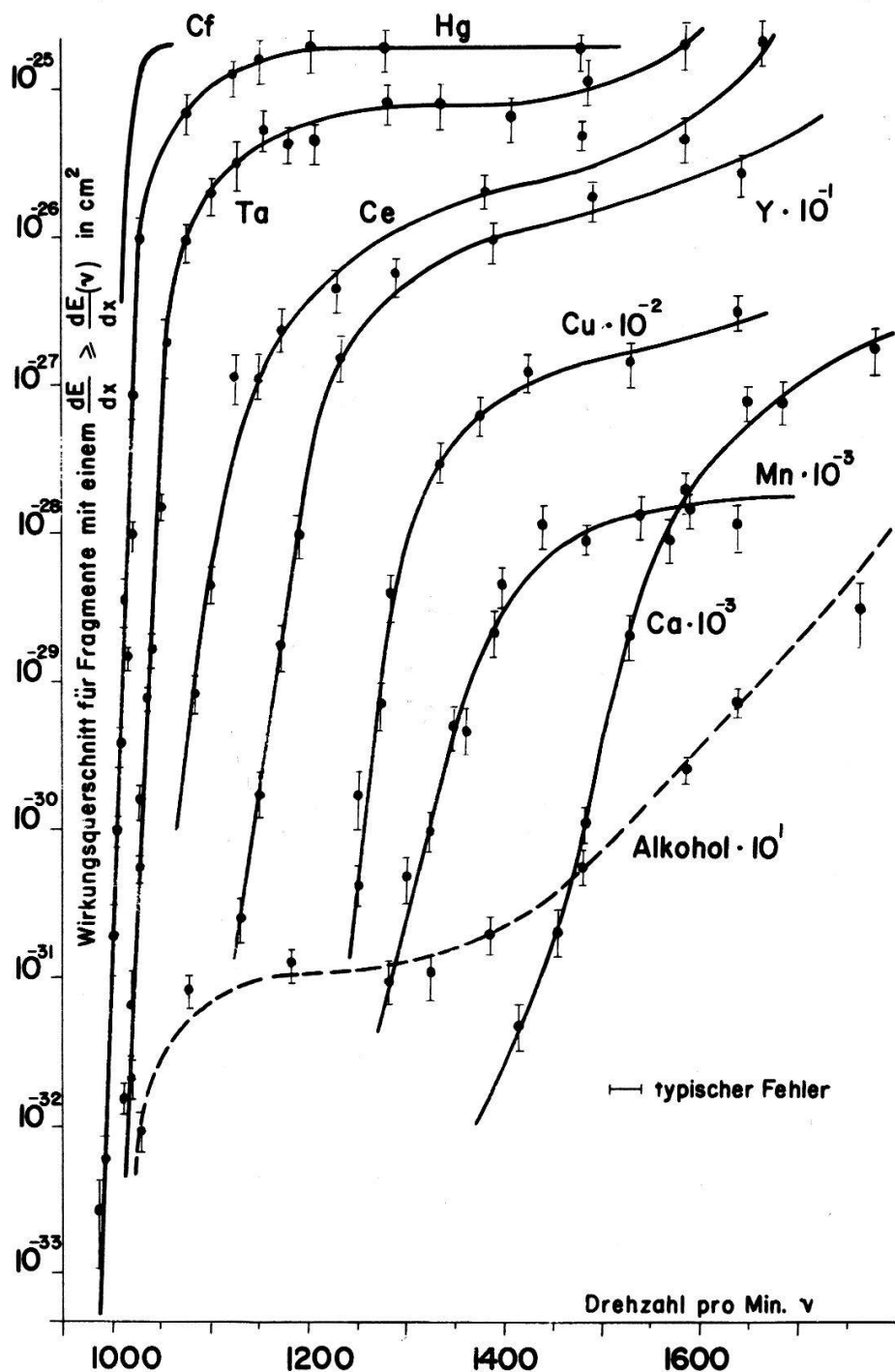
#### 5. Eichung und Normierung der Targetlösungen

Eine gute Vergleichbarkeit der verschiedenen Einsatzkurven erforderte eine Eichung und Normierung auf einheitliche Bedingungen. Die gewählten Bedingungen sind:

- Kammerflüssigkeit: reiner Alkohol bei  $20^\circ\text{C}$  [16]
- Achsialer Abstand des Flüssigkeitsniveaus von der Rotationsachse: 17,5 cm
- Aussendruck: 715 mm Hg

Die untersuchten Fragmente weisen mit guter Näherung in allen Lösungen dasselbe  $dE/dx$  auf. Dies ermöglichte eine Eichung mit den Spaltfragmenten des Cf. Wegen der kurzen Halbwertszeit für spontane Spaltung genügten bereits Spuren ( $\sim 10^{-6} \text{ g}$ ), so dass sich die Eigenschaften der Kammerflüssigkeiten durch die Zugabe von Cf nicht veränderten. Die gemessenen Einsätze wurden auf die normierten Aussenbedingungen umgerechnet. Die gewonnenen Drehzahldifferenzen der verschiedenen Einsatzdrehzahlen in den verwendeten Targetlösungen gegenüber demjenigen in reinem Alkohol sind die notwendigen Drehzahlverschiebungen, um in allen Kammerflüssigkeiten gleiche Empfindlichkeit zu erzielen. Sie gelten bei 1000 rpm. Aus ihnen und mit Hilfe der Beziehung für die minimale Blasenbildungsenergie lassen sich jedoch die analogen Verschiebungen bei höheren Drehzahlen berechnen. Dabei wird vorausgesetzt, dass

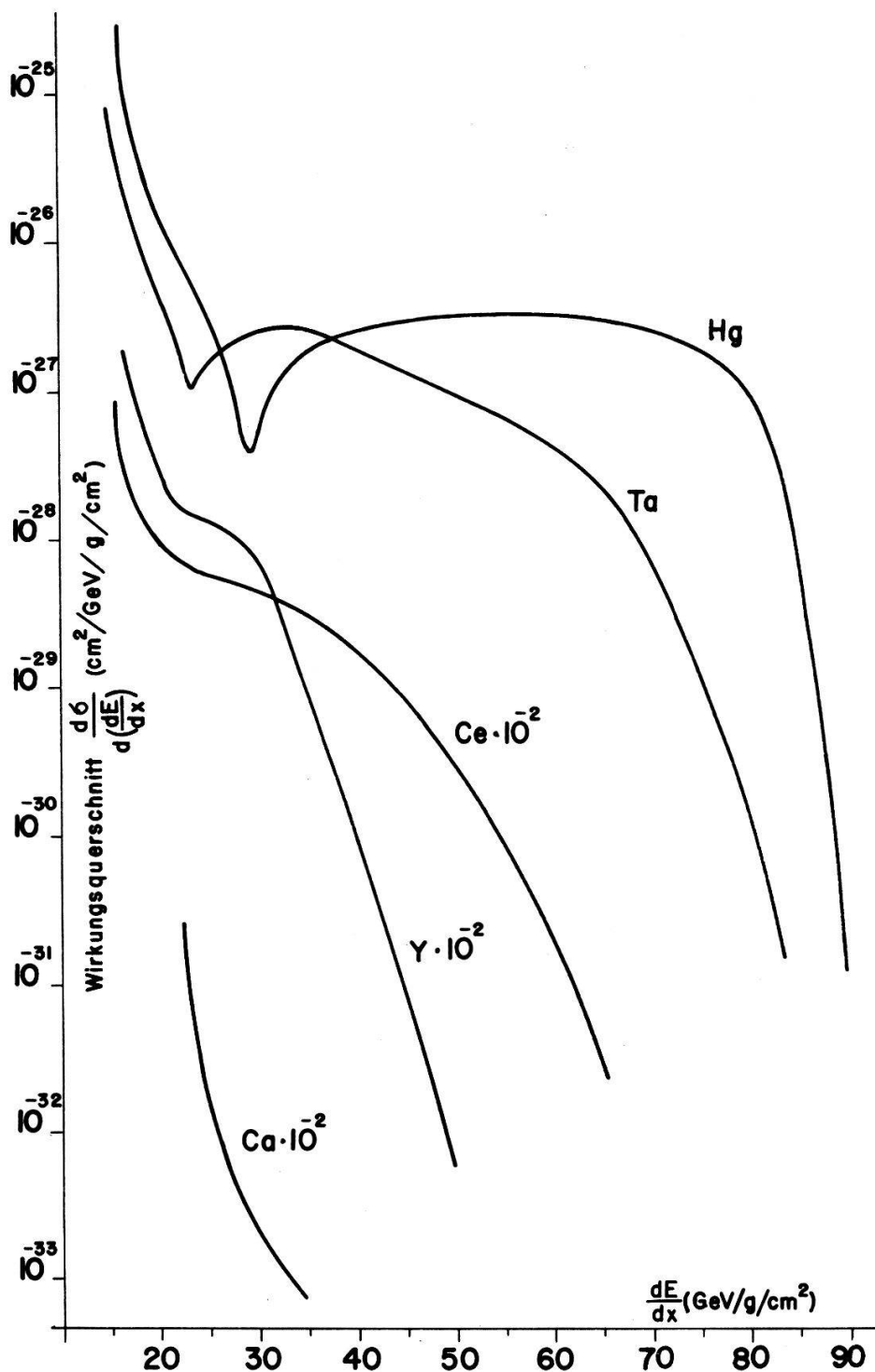




Figur 2

Integraler Wirkungsquerschnitt des  $dE/dx$  der Fragmente von Hg, Ta, Ce, Y, Cu, Mn und Ca gemessen mit 700 MeV Alphas. Die Kurven für Y, Cu, Mn und Ca sind um die angegebenen Dekaden nach unten, diejenige für Alkohol ist nach oben verschoben.

sich die Eigenschaften der Targetlösungen während der Bestrahlung mit den Neutronen und Alphateilchen nicht änderten. Einige Lösungen wurden deshalb nach der Bestrahlung erneut mit Cf geeicht. Die Abweichungen blieben innerhalb der Fehlergrenzen. Die normierten, entfalteten und auf reinen Alkohol umgerechneten integralen Einsätze sind in Figur 2 dargestellt, die  $dE/dx$ -Spektren in den Figuren 3 und 4.

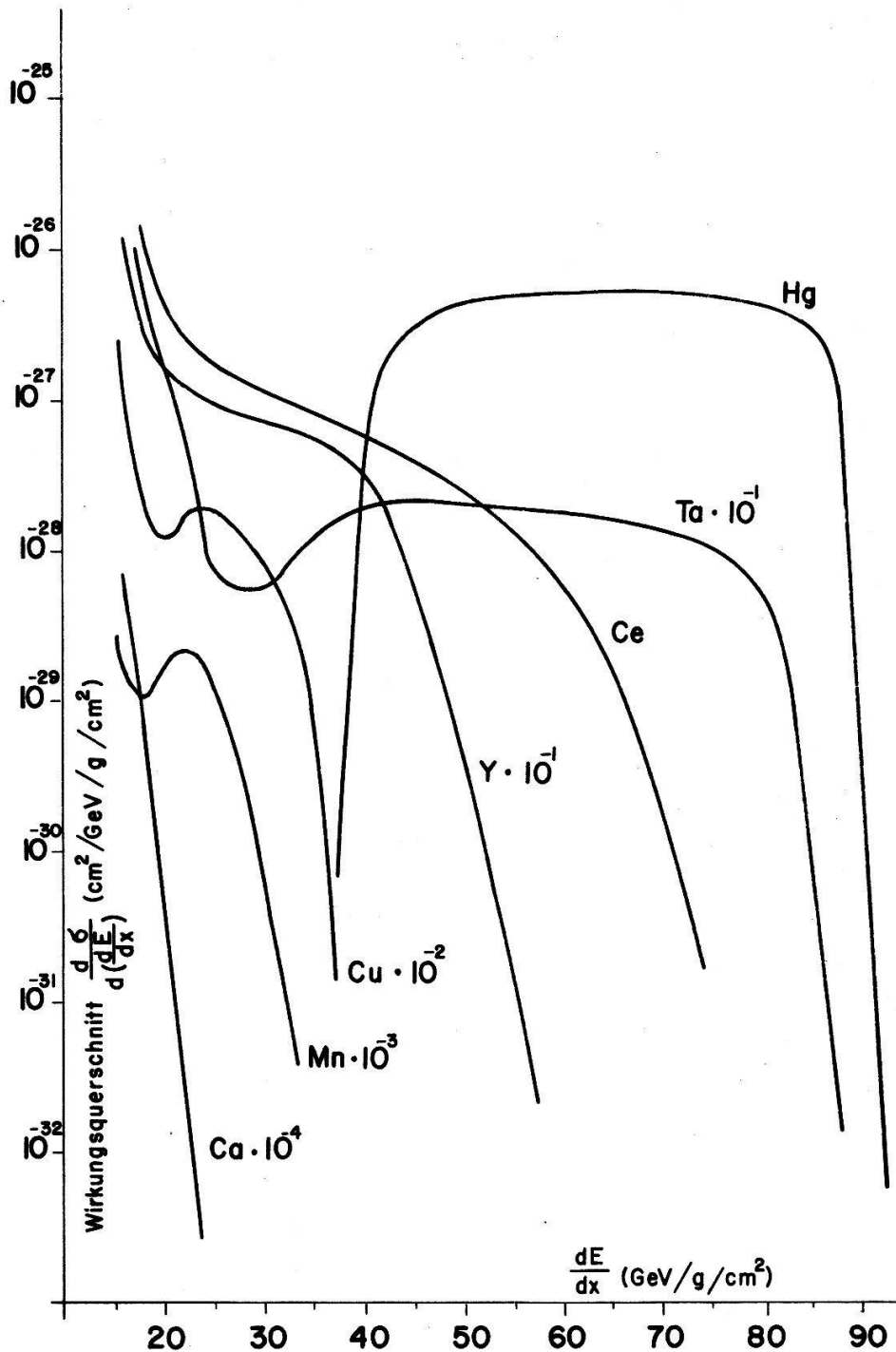


Figur 3  
 $dE/dx$ -Spektren der Fragmente von Hg, Ta, Ce, Y und Ca gemessen mit 21 GeV Neutronen. Die Kurven für Ce, Y und Ca sind um die angegebene Anzahl Dekaden nach unten verschoben.

## 6. Fehler und Untergrund

Die Unsicherheit in der  $dE/dx$ -Angabe ist mit den Fehlern in der Drehzahlmessung, der Normierung und in der empirischen Drehzahl –  $dE/dx$  Zuordnung verknüpft, die Ungenauigkeit im Wirkungsquerschnitt ist vor allem durch den statistischen Fehler in der Bestimmung der Strahlintensität gegeben.

Der Gesamtfehler in der normierten Drehzahl beträgt 6,5‰, der Fehler in der



Figur 4

$dE/dx$ -Spektren der Fragmente von Hg, Ta, Ce, Y, Cu, Mn und Ca gemessen mit 700 MeV Alphas. Die Kurven für Ta, Y, Cu, Mn und Ca sind um die angegebene Anzahl Dekaden nach unten verschoben.

$dE/dx$  Angabe bewegt sich bei den hohen  $dE/dx$ -Werten zwischen 1 % und 2,5 %, bei den kleinern  $dE/dx$ -Werten zwischen 5 % und 10 %.

Die integralen Wirkungsquerschnitte besitzen bei den Neutronen einen Fehler von 30 % und bei den Alphas von 35 %. Die Fehler in den differentiellen Wirkungsquerschnitten sind 5 % höher. Der Beitrag der Kammerflüssigkeit (C, O) zur Zählrate war bei den Untersuchungen mit den Neutronen vernachlässigbar klein. Klicks liessen sich erst bei hohen Drehzahlen und um einige Grössenordnungen seltener als bei den Messlösungen nachweisen. Die Alphateilchen erzeugten einen spürbaren, unverständenen



Untergrund zwischen 1100 und 1500 rpm. Er verunmöglichte die Untersuchungen an Ce, Y, Cu, Mn und Ca bei Wirkungsquerschnitten tiefer als  $10^{-30} \text{ cm}^2$ . Sonst behinderte er die Messungen nicht.

## 7. Diskussion und Messresultate

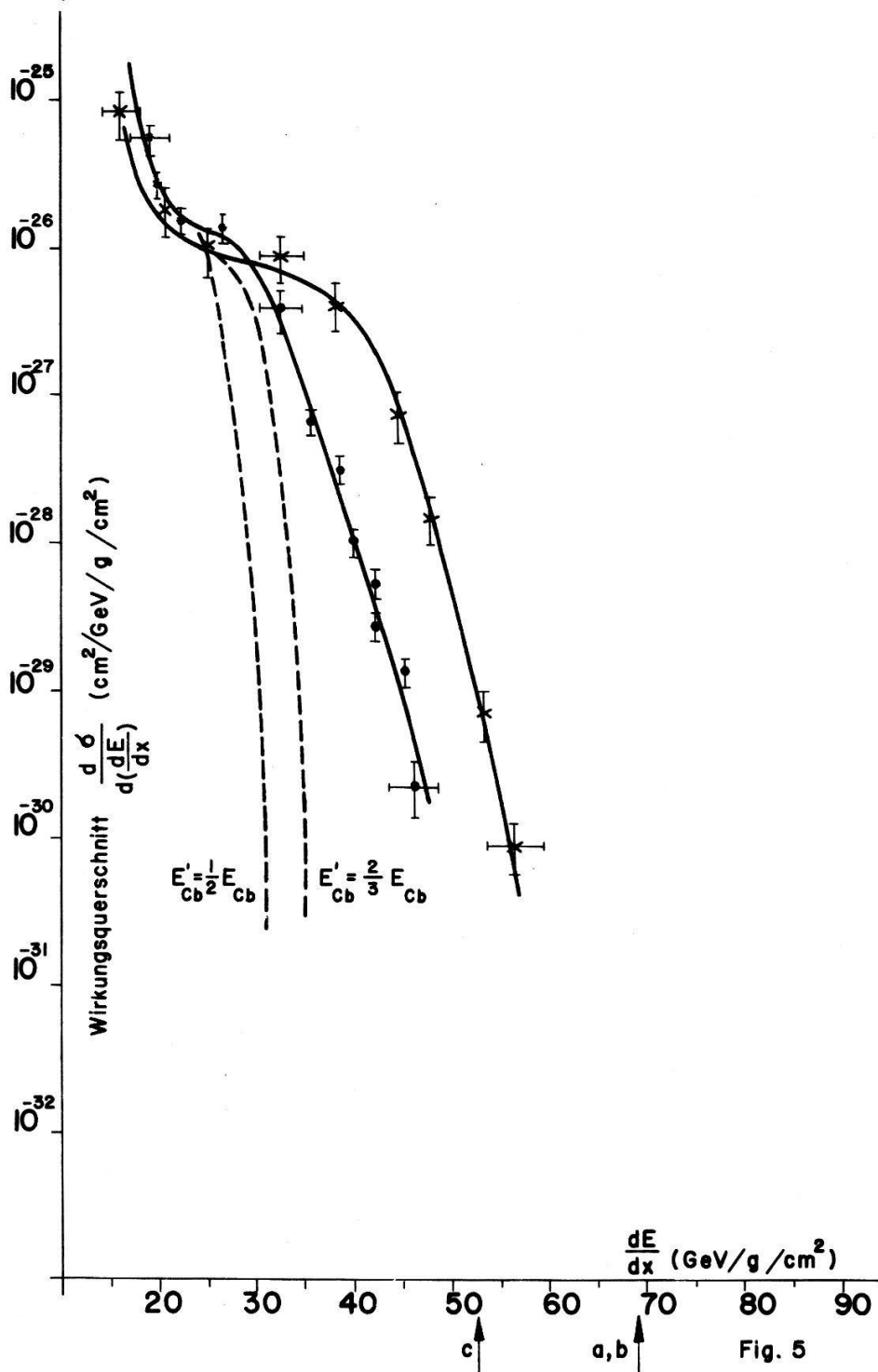
Die Untersuchungen mit den 700 MeV Alphas und 21 GeV Neutronen zeigen, dass die bei der Wechselwirkung mit den Alphateilchen produzierten Fragmente ein grösseres Ionisationsvermögen aufweisen als die bei der Wechselwirkung mit den Neutronen erzeugten. Bei den schweren Targetkernen ist der Unterschied nur gering, er verstärkt sich aber zu den leichteren hin. Dies widerspiegelt zusammen mit der Steilheit der Einsätze den zunehmenden Anteil der Verdampfung und Fragmentation von den schweren zu den leichten Kernen hin. Bei den schweren Kernen Hg und Ta ist der Spaltanteil im  $dE/dx$ -Spektrum noch ersichtlich, bei den leichteren Kernen (Ce und Y) wird die Spaltung immer mehr durch die Verdampfung und Fragmentation verdrängt mit den entsprechend höhern Wirkungsquerschnitten für die 21 GeV Neutronen.

Die relativ hohen Wirkungsquerschnitte bei Mn und Cu, wie die Form der  $dE/dx$ -Spektren deuten auf die zunehmende Spaltbarkeit für Kerne leichter als Silber [15].

Um die auf die Targetkerne übertragenen Impulse zu ermitteln, wurden die gemessenen  $dE/dx$ -Werte mit den unter der Annahme eines ruhenden Targetkernes berechneten verglichen. Für die Abschätzung diente für den spaltenden Kern, als obere Grenze, der Targetkern selbst. Bei der Berechnung wurde für den Einheitsradius  $r_0 = 1,4 \text{ f}$  und  $1,2 \text{ f}$  gewählt. Zum Vergleich sind auf den Figuren 5 und 6 jeweils beide Kurven eingezeichnet. Bei den mittelschweren und leichten Kernen fand wegen der vorherrschenden Fragmentation und Verdampfung die experimentell bestimmte, effektiv wirksame Coulombabstossung Verwendung [4, 14]. Die gemessenen  $dE/dx$ -Werte sind durchwegs deutlich höher als die gerechneten oberen  $dE/dx$ -Grenzen. Die Annahme eines ruhenden Restkernes trifft somit nicht zu. Durch Ermittlung der zusätzlichen Geschwindigkeitskomponenten, die die Fragmente benötigen, um die gemessenen  $dE/dx$ -Werte zu erreichen, lässt sich die auf die Targetkerne übertragene kinetische Energie bestimmen. In der Tabelle sind die zur Erklärung der gemessenen  $dE/dx$ -Werte erforderlichen Energieüberträge zusammengestellt. Die ermittelten Geschwindigkeiten der Restkerne bewegen sich für  $r_0 = 1,4 \text{ f}$  bei den Neutronen zwischen  $(7,2 \pm 1) \cdot 10^{-3} \text{ c}$  und  $(9 \pm 1) \cdot 10^{-3} \text{ c}$ , bei den Alphas zwischen  $(1,2 \pm 0,1) \cdot 10^{-2} \text{ c}$  und  $(1,9 \pm 0,1) \cdot 10^{-2} \text{ c}$ . Für  $r_0 = 1,2 \text{ f}$  sind die Geschwindigkeiten etwa  $2 \cdot 10^{-3} \text{ c}$  niedriger. Die mit den 21 GeV Neutronen erzielten Geschwindigkeiten stimmen mit denjenigen, die in [1, 4, 5] mit 5 GeV Protonen an Ag und U gefundenen Rückstossgeschwindigkeiten innerhalb der Fehler überein.

Um die bei Ca mit den Neutronen gemessenen  $dE/dx$  zu erklären, müsste der Rückstosskern (Ar oder K) etwa 20 MeV Rückstossenergie aufweisen. Dieser Wert ist nur mit der Emission eines schnellen, leichten Fragmentes zu verstehen. Ein 100 MeV  ${}_3\text{Li}^7$ -oder ein 200 MeV  ${}_1\text{H}^3$ -Fragment vermöchten einen genügend grossen Rückstoss zu erzeugen. Nach R. G. Korteling [5] beträgt der Wirkungsquerschnitt für die Produktion eines 100 MeV  ${}_3\text{Li}^7$ -oder 200 MeV  ${}_1\text{H}^3$ -Fragmentes an Silber mit 5 GeV Protonen  $2 \cdot 10^{-30} \text{ cm}^2$ , respektive  $4 \cdot 10^{-29} \text{ cm}^2$ . Der bei Ca mit 21 GeV Neutronen gemessene Wirkungsquerschnitt für die grössten  $dE/dx$  beläuft sich auf  $10^{-31} \text{ cm}^2$ .

Auch bei den andern Targetkern stehen die gemessenen  $dE/dx$ -Werte mit der Annahme einer Emission eines leichten, schnellen Fragmentes nicht im Widerspruch mit den von den Autoren [1, 4, 5] angegebenen Produktionsquerschnitten.

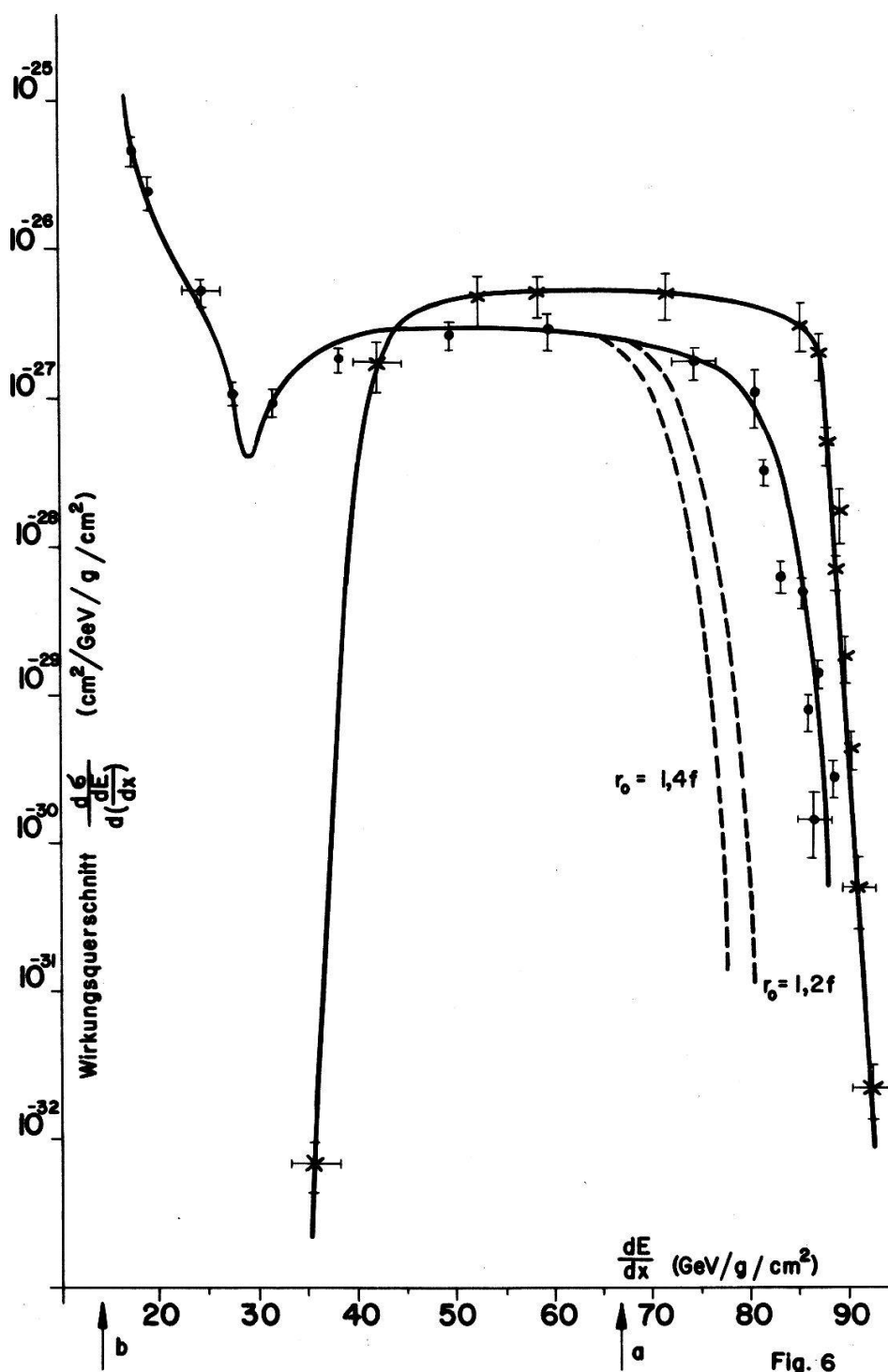


Figur 5

$dE/dx$ -Spektren der Y-Fragmente gemessen mit 21 GeV Neutronen (●) und 700 MeV Alphas (×). -----erwartet, falls auf den Targetkern kein Impuls übertragen wird für  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{2}{3}$  der nominellen Coulombbarriere. a) Das maximale  $dE/dx$  des Targetkerns beträgt  $\sim 69$  GeV/g/cm<sup>2</sup>. b)  $dE/dx$  des Targetkerns bei total elastischem Impulsübertrag des Alpha (nur Braggmaximum nachweisbar). c)  $dE/dx$  des Targetkerns bei total inelastischem Impulsübertrag des Alpha ( $\sim 52$  GeV/g/cm<sup>2</sup>).

Bei den Alphateilchenen wird diese Erklärung, der kleinere Anregungsenergie der Targetkerne wegen, jedoch fraglich.

Bei den 21 GeV Neutronen wie bei den 700 MeV Alphas liegen die gemessenen  $dE/dx$ -Werte wesentlich unterhalb den maximal möglichen  $dE/dx$ -Werten der Targetkerne. Somit hätte ein mit einem Alphateilchen und einem Calcium-, Mangan- oder



Figur 6

$dE/dx$ -Spektren der Hg-Fragmente gemessen mit 21 GeV Neutronen (●) und 700 MeV Alphas (×). ----- erwartet, falls auf den Targetkern kein Impuls übertragen wird für  $r_0 = 1,4$ , resp. 1,2 Fermi. Das maximale  $dE/dx$  des Targetkerns beträgt  $\sim 132$  GeV/g/cm<sup>2</sup>. a)  $dE/dx$  des Targetkerns bei einem total elastischen Impulsübertrag des Alpha ( $\sim 67$  GeV/g/cm<sup>2</sup>). b)  $dE/dx$  des Targetkerns bei einem total inelastischen Impulsübertrag des Alpha ( $\sim 14$  GeV/g/cm<sup>2</sup>).

Kupferkern gebildeter Compoundkern direkt nachgewiesen werden können, falls  $\tau_{\text{Comp.}} \geq 5 \cdot 10^{-15}$  s (total inelastischer Impulsübertrag) und bei den leichten und mittelschweren Kernen bis und mit Cer ein eventueller total elastischer Impulsübertrag des Alphateilchens auf den Targetkern. (Pfeile auf den Fig. 5 und 6.)

Tabelle: Rueckstossenergien

Target	Teilchen	Wirkungsquerschnitt ( $\mu\text{b}$ )	Rückstossenergie (MeV)		$E_R/E_{\text{Comp.}}$	
			$r_0 = 1,4 \text{ f}$	$r_0 = 1,2 \text{ f}$	$r_0 = 1,4 \text{ f}$	$r_0 = 1,2 \text{ f}$
Hg	$n$	0,5	$5,6 \pm 1$	$3,2 \pm 1$	$4,8 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$
	$\alpha$	0,02	$11,5 \pm 1,5$	$7,7 \pm 1,5$	0,83	0,55
Ta	$n$	0,2	$4,2 \pm 1$	$3,0 \pm 1$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$
	$\alpha$	0,02	$11,2 \pm 1,5$	$7,6 \pm 1,5$	0,74	0,5
Ce	$n$	2	$4,0 \pm 1$	$2,2 \pm 1$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$
	$\alpha$	0,5	$12,9 \pm 1,5$	$9,5 \pm 1,5$	0,67	0,49
Y	$n$	1	$4,1 \pm 1^\dagger$		$1,4 \cdot 10^{-3}$	
	$\alpha$	1	$13,8 \pm 1,5^\ddagger$		0,46	
Cu	$\alpha$	20	$9,2 \pm 1,5^\ddagger$		0,22	
Mn	$\alpha$	50	$11,0 \pm 1,5^\ddagger$		0,23	
Ca	$n$	1	$5,7 \pm 1^\dagger$		$10^{-3}$	
	$\alpha$	20	$6,0 \pm 1,5^\ddagger$		0,09	

$^\dagger E'_{\text{Cb}} = 1/2 E_{\text{Cb}} (r_0 = 1,4 \text{ f}).$

$^\ddagger E'_{\text{Cb}} = 2/3 E_{\text{Cb}} (r_0 = 1,4 \text{ f}).$

$E_R/E_{\text{Comp.}}$  ist das Verhältnis der gemessenen Rückstossenergie zur kinetischen Energie des Compoundkerns (bestehend aus Targetkern und Alpha).

## 8. Zusammenfassung

Mit der Rotationskammer wurde nach schnellen, schweren Fragmenten und Rückstosskernen gesucht. Eine Auswahl von Kernen, schwere, mittelschwere und leichte dienten als Targets, Neutronen und Alphateilchen als Geschossteilchen. Die Messungen mit den Neutronen zeigten bis auf  $10^{-31} \text{ cm}^2$  Wirkungsquerschnitt keine grossen Energieüberträge auf die Targetkerne.

Die 700 MeV Alphateilchen vermochten zwei- bis dreimal mehr kinetische Energie auf den Targetkern zu übertragen als die hochenergetischen Neutronen. Die gemessenen  $dE/dx$ -Werte schliessen bei den gemessenen Wirkungsquerschnitten eine Compoundkernbildung aus. Durch Extrapolation sind mit schwereren Geschossteilchen höhere Energieüberträge zu erwarten.

Die angewendete Methode gestattete den höhern Energieübertrag der Alphateilchen aufzulösen. Demnach könnte ein hypothetisches, schweres Teilchen mit einer Ruhemasse ab 4 GeV und 700 MeV kinetischer Energie an einem Hochenergiebeschleuniger nachgewiesen werden, falls der Targetkern durch die Wechselwirkung nicht allzusehr aufgeheizt wird.

## Verdankungen

Wir danken den Herren A. Flückiger und A. Trepp für ihre Hilfe bei der Ausführung der Experimente, den Drs. P. Beusch und K. Runge für ihre Hilfe am CERN, den Drs. R. T. Siegel und C. F. Perdrisat für ihre Unterstützung am SREL. Dr. H. R. von Gunten stellte uns das Cf zur Verfügung. Den Herren M. Hess, P. Oberli und H. Schütz sind wir für das gute Funktionieren der Apparatur dankbar.

**Literaturverzeichnis**

- [1] A. M. POSKANZER, G. W. BUTLER und E. K. HYDE, Phys. Rev. C 3, 882 (1971).
- [2] S. KATCOFF und M. L. PERLMAN, Nature 231, 522 (1971).
- [3] J. MALY, RC 71/01, 91 Orsay, France (1971).
- [4] E. K. HYDE, G. W. BUTLER und A. M. POSKANZER, Phys. Rev. C 4, 1759 (1971).
- [5] R. G. KORTELING, C. R. TOREN und E. K. HYDE, Phys. Rev. C 7, 1611 (1973).
- [6] J. V. NOBLE und H. T. COELHO, Phys. Rev. C 3, 1840 (1971).
- [7] R. STOCK, Phys. Rev. C 6, 1229 (1972).
- [8] M. BLANN und A. EWART, Phys. Rev. 134, 783 (1964).
- [9] G. B. SAHA und N. T. PORILE, Phys. Rev. 149, 880 (1966).
- [10] B. HAHN und A. SPADAVECCHIA, Il Nuovo Cimento 54B, 101 (1968).
- [11] L. C. NORTHCLIFFE und R. L. SCHILLING, Nucl. Data A7, 233 (1968).
- [12] L. W. JONES, M. J. LONGO, J. R. O'FALLON und M. N. KREISLER, Phys. Lett. 27B, 328 (1968).
- [13] J. ENGLER, K. HORN, F. MONNIG, P. SCHLUDECKER, W. SCHMIDT-PARZEFALL, H. SCHOPPER, P. SIEVERS, M. ULRICH, R. HARTUNG, K. RUNGE und YU. GALAKTIONOV, Phys. Lett. 32B, 716 (1970).
- [14] J. M. ALEXANDER, CH. BALTZINGER und H. F. GAZDIK, Phys. Rev. 129, 1826 (1963).
- [15] W. D. MYERS und J. SWIATECKI, Nucl. Phys. 81, 1 (1966); J. R. NIX und E. SASSI, Nucl. Phys. 81, 61 (1966).
- [16] *Handbook for Chemistry and Physics* (1973).