

# Über die Anregung von Leuchtstoffen durch schnelle Korpuskularteilchen I

## (Eine neue Methode zur Registrierung und Energiemessung schwerer geladener Teilchen)

Von IMMANUEL BROSER und HARTMUT KALLMANN

Aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie, Berlin-Dahlem

(Z. Naturforschg. 2a, 439—440 [1947]; eingegangen am 2. Mai 1947)

Es werden die von einem einzigen  $\alpha$ -Teilchen in Zinksulfid hervorgerufenen Szintillationen einer mit einem Elektronen-Vervielfacher versehenen Photozelle zugeführt und der durch die Szintillation hervorgerufene Elektronen-Stromstoß mit einem Elektronen-Oszillographen zeitlich aufgelöst und seine Intensität gemessen. Da die von einem  $\alpha$ -Teilchen verursachte Lichtintensität proportional der von einem  $\alpha$ -Teilchen an den Leuchtstoff abgegebenen Energie ist, kann diese Methode zur Registrierung und Energiemessung einzelner schwerer geladener Teilchen verwendet werden.

Wir haben in der letzten Zeit damit begonnen, die Anregung von Leuchtstoffen, z. B. Zinksulfid, Calciumwolframat und anderen, durch Röntgenstrahlen, Elektronen und schnelle schwere geladene Teilchen systematisch zu untersuchen. Einen besonders wichtigen Punkt, der dabei zu klären ist, bildet die Frage nach der Ausbeute, d. h. die Frage, welcher Bruchteil der an den Leuchtkörper abgegebenen Energie in Licht umgesetzt wird, und die Frage nach der Zeitdauer, in der dieser Umsatz vor sich geht. Nun haben Riehl und Wolf schon vor vielen Jahren mitgeteilt, daß bei der Erregung von Zinksulfid durch  $\alpha$ -Teilchen nahezu 100 % der gesamten an den Leuchtstoff durch Bremsung abgegebenen Energie in sichtbares Licht umgesetzt werden. Bei schnellen Elektronen ist nach Versuchen von Born, Riehl und Zimmer<sup>1</sup> diese Ausbeute, verglichen mit der von  $\alpha$ -Teilchen, etwa um den Faktor 1/2 schlechter, nach eigenen früheren, bisher nicht veröffentlichten Versuchen etwa um den Faktor 3 bis 4. Infolge der großen Ausbeute führt der durch ein einzelnes schnelles geladenes  $\alpha$ -Teilchen erzeugte Lichtblitz (Szintillation) eine außerordentlich große Menge von Quanten, etwa eine Million, mit sich. Diesen Umstand hat der eine von uns schon vor längerer Zeit dazu benutzt, ein Verfahren der Photographie schwerer Korpuskularteilchen mit Hilfe von Leuchtschirmen zu entwickeln, bei dem gegenüber der üblichen photographischen Methode eine Verstärkung um den Faktor 100 möglich war.

Wir haben nunmehr diesen Umstand, daß ein solcher Lichtblitz eine so große Zahl von Quanten

<sup>1</sup> H. J. Born, N. Riehl u. K. G. Zimmer, Physik. Reichsber. 1, 153 [1947].

enthält, dazu verwendet, den Elementarvorgang der Anregung durch den Stoß eines einzelnen schweren Teilchens näher zu analysieren.

**Versuchsordnung:** Es wurde ein Kristallkörnchen eines Leuchtstoffes, welches eine Spur einer  $\alpha$ -strahlenden Substanz enthielt, auf das Fenster eines Elektronenvervielfachers aufgebracht (s. Abb.). Verwendet wurde ein Netzvervielfacher nach Weiß mit einem Verstärkungsfaktor von etwa  $10^5$ . Der Ausgang des Elektronenvervielfachers wurde über einen Ableitwiderstand an einen Elektronen-Oszillographen gelegt, der mit einem Breitbandverstärker (Verstärkungsfaktor 1000) versehen war.

Bei einer solchen Anordnung sieht man die Lichtblitze, die durch die einzelnen  $\alpha$ -Teilchen hervorgerufen werden, als einzelne Ausschläge des Elektronenstrahles, die um ein Vielfaches die Unruhe des Elektronenvervielfachers übertreffen. Die Größe der Ausschläge ist direkt proportional der von den  $\alpha$ -Teilchen an den Leuchtstoff abgegebenen Energie. Man erkennt dies ganz deutlich, wenn man mit einem Leuchtschirm arbeitet und die  $\alpha$ -Teilchen, bevor sie auf den Leuchtschirm auftreffen, durch eine Folie hindurchtreten läßt und sie so abbremst. Dann sind die Ausschläge wesentlich kleiner, weil nur eine kleine Energiemenge von den  $\alpha$ -Teilchen an den Leuchtstoff abgegeben wird. Die Anordnung ist schon ohne weitere zusätzliche Verstärkung zwischen Elektronenvervielfacher und dem Elektronenstrahl-Oszillographen so empfindlich, daß noch kleine Bruchteile der Energie, die bei der Anregung des Leuchtstoffes durch ein einziges  $\alpha$ -Teilchen ausgesandt werden, gemessen werden können.



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

Eine solche Anordnung kann also die bisher zur Zählung und Energiemessung einzelner schwerer geladener Teilchen üblichen Vorrichtungen — Ionisationskammer mit dahinter geschaltetem sehr empfindlichem Verstärker bzw. Proportionalzählrohr — ohne weiteres ersetzen. Wir hoffen sogar, daß es mit dieser Anordnung möglich sein wird, die durch einzelne Höhenstrahlteilchen beim Durchgang durch Leuchtstoffe erzeugten Lichtblitze oszillographisch nachzuweisen. Da nach unseren bisherigen Versuchen auch noch aus relativ dicken Leuchtschirmen das im Inneren erzeugte Licht austritt, sollten die durch die Lichtblitze von Höhenstrahlteilchen erzeugten Ausschläge noch immer über dem natürlichen Störungsuntergrund der Elektronenvervielfacherröhre liegen, besonders dann, wenn man zur Zählung nicht eine, sondern mindestens zwei oder mehrere Vervielfacherröhren in Koinzidenzschaltung verwendet. Diese Methode hätte den großen Vorzug vor den bisher verwendeten Zählrohren, daß sie die an den Leuchtschirm abgegebene Energie zu messen gestattet und damit einen Rückschluß auf die Energie und Art des Teilchens erlauben würde. Versuche in dieser Richtung sind bei uns im Gange.

Wir haben außerdem noch die *Zeitdauer* eines solchen durch ein einzelnes Korpuskularteilchen erzeugten *Lichtblitzes* untersucht. Löst man den durch diesen hervorgerufenen Elektronen-Stromstoß in dem Oszillographen mit einer Zeitkonstante von  $10^{-4}$  sec auf, so sieht man einen nahezu senkrechten Anstieg und einen allmählichen Abfall. Der Anstieg ist durch die außerordentlich schnelle Aufladung der Kapazitäten durch den Elektronenvervielfacher bedingt, der langsame Abfall durch den Gitterableitwiderstand am Eingang des Oszillographen. Erst wenn man diesen Widerstand genügend gering wählt, etwa in der Größenordnung von 100 000 Ohm, ändert sich das Bild. Der Abfall ist dann in unserer Apparatur auf eine Zeit von etwa  $10^{-5}$  sec herunter-

gesetzt, und in diesem Zeitintervall zeigt sich auch schon eine gewisse Neigung bzw. zeitliche Auflösung des aufladenden Astes der Oszillographenkurve. Wenn wir zu einer zeitlichen Auflösung von noch weniger als  $10^{-5}$  sec übergehen, werden die Effekte am Oszillographenrohr sehr lichtschwach, so daß wir bisher nur sagen können, daß die hauptsächlichste Emission der Lichtquanten in einer Zeit vor sich geht, die noch etwas kleiner als  $10^{-5}$  sec ist. Eine genaue Bestimmung hoffen wir demnächst mitteilen zu können. Auch über andere Leuchtstoffe als Zinksulfid, das wir bei diesen Versuchen verwendet haben, hoffen wir, demnächst berichten zu können.

Diese außerordentlich kurze Zeitdauer des Lichtblitzes erlaubt es, den von einem einzelnen Lichtblitz herrührenden Impuls von Störimpulsen sauber zu trennen, denn alle Störimpulse haben nach unseren Messungen eine wesentlich größere Zeitkonstante. Bei Ionisierung durch kosmische Teilchen könnte die Zeitdauer eines solchen Lichtblitzes bis etwa zu einem Faktor 1000 größer sein als bei der Erregung durch  $\alpha$ -Teilchen, wenigstens wenn man Leuchtmassen vom Typus des Zinksulfids verwendet, denn die durch die schnellen kosmischen Teilchen in dem Leuchtschirm erzeugte Erregungsdichte ist um ein Vielfaches kleiner als die durch  $\alpha$ -Teilchen hervorgerufene.

Rechnet man, daß ein  $\alpha$ -Teilchen etwa  $5 \cdot 10^5$  Quanten erzeugt, und daß etwa größenordnungsmäßig  $10^5$  Quanten auf die photoempfindliche Schicht des Vervielfachers gelangen, dann lösen sie dort aus der Photokathode  $10^3$  Elektronen aus. Wenn diese alle zur Vervielfachung benutzt werden, erhält man am Ausgang des Vervielfachers einen Ladungsstoß von  $\sim 10^8$  Elektronen oder  $5 \cdot 10^{-2}$  absolute elektrostatische Einheiten. Bei einer Kapazität von 100 cm ergibt sich daraus eine momentane Aufladung von  $10^{-1}$  Volt, also ein verhältnismäßig großer Spannungsstoß. Aus den Ausschlägen des Oszillographen ergab sich am Ausgang des Elektronen-Vervielfachers bei der oben

zugrunde gelegten Kapazität von 100 cm eine Spannung von einigen  $10^{-2}$  Volt\*.

\* Anm. bei der Korrektur: Inzwischen ist uns mit Hilfe anderer Leuchtstoffe auch die Zählung und Registrierung einzelner Elektronen und  $\gamma$ -Quanten gelungen. Weitere Arbeiten darüber erscheinen demnächst in dieser Zeitschrift

