

Geiger-Zählrohre mit Xenon-Sauerstoff-Füllung

Von OSWALD RIEDEL

Aus dem Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz

(Z. Naturforsch. 5a, 331–332 [1950]; eingegangen am 23. Mai 1950)

Bei einer Entladung in sauerstoffhaltigem Xenon entsteht, wie seit einigen Jahren bekannt ist, ein grünes Bandenspektrum; die Vermutungen über seine Entstehung legen im Hinblick auf den Selbstlöschungsmechanismus nahe, mit Xe-O₂-Gemischen Zählrohre zu füllen. Derartige Rohre zeigen Selbstlöschung, große Konstanz und Haltbarkeit.

Ein Gemisch von Xenon und Sauerstoff zeigt bei schwacher Anregung eine erst kürzlich entdeckte¹, eigentümliche Erscheinung, nämlich ein grünes Bandenspektrum, das ungefähr von 4900 bis 5600 Å reicht; das Xe-Spektrum selbst entsteht dabei nicht. Die Entdecker vermuten, daß das grüne Leuchten dem O₂-Molekül zukommt und durch Resonanz-Energieaustausch mit metastabilen Xe-Atomen entsteht. Denkt man an den Mechanismus der Zählrohr-entladung, so liegt es nahe, jenen Effekt für die Selbstlöschung auszunutzen.

Bekanntlich wird ein Zählrohr durch Zusatz vielatomiger Gase oder Dämpfe (z. B. Alkohol) zum Hauptgas selbstlöschend; das Ionisationspotential des Löschgases muß unter dem des Hauptgases liegen. In Kathodennähe besteht daher die Entladung aus Ionen des Löschgases, und zwar ausschließlich aus solchen, wie neuere Untersuchungen² beweisen dürften. Diese Ionen entladen sich durch Elektroneneinfang und entstehen dabei in angeregten Zuständen. Sie zerfallen aber strahlungslos, durch Prädissoziation, in einfachere Bruchstücke, so daß keine UV-Quanten entstehen, die durch ihre Sekundärelektronen die Entladung weiter aufrechterhalten würden. Die Dissoziationsprodukte verunreinigen indes die Elektroden, so daß die Zählrohre nach etwa 10⁸ Zählungen unbrauchbar sind, meistens lange bevor der Gehalt an Löschgas nachweisbar abgenommen hat. Zweiatomige Gase sind mit Ausnahme der Halogene³ als Löschgase ungeeignet.

Im Xenon-Sauerstoff-Zählrohr sind an der Kathode ausschließlich Xe-Ionen vorhanden, da das Ionisationspotential des Xenons 12,08 V, das des Sauerstoffs (O₂ → O₂⁺) aber 12,5 V beträgt. Auch aus den Xenon-

Ionen werden beim Elektroneneinfang an der Kathode metastabile Xe-Atome entstehen. Nun besagt der geschilderte spektroskopische Befund in Verbindung mit der vorgeschlagenen Deutung offenbar, daß diese Atome ihre Energie vorzugsweise an O₂-Moleküle abgeben und deshalb fast nur die verhältnismäßig energiearmen Quanten von rund 5000 Å emittieren sollten, anstatt der unerwünschten UV-Quanten.

Aluminium-Zählrohre von 20 mm Durchmesser und 30 mm Länge, beiderseits mit Hartgummistopfen verschlossen und mit einem blanken Stahldraht von 0,2 mm Durchmesser als Anode, wurden mit einer Kapselpumpe evakuiert und mit Xe-O₂-Gemischen gefüllt. Zum Zählbetrieb wurde zunächst an einen Ableitwiderstand von 1 MΩ ein Zählverstärker kapazitiv angekoppelt. Die Einsatzspannungen lagen zwischen 1000 und 1200 Volt. Die Plateaus waren aber recht wenig flach; selbst für den günstigsten Fall, nämlich 0,02 mm O₂ + 60 mm Xe, betrug die Steigung des Haltebereichs immer noch etwa 10% pro 10 Volt. Um den Haltebereich zu verbessern, wurde nun nicht der Ableitungswiderstand erhöht, sondern der kleineren Zeitkonstante halber eine Neher-Harper-Schaltung mit einem verhältnismäßig geringen Widerstand am Gitter von 1,5 MΩ benutzt. Die Plateaus hatten jetzt Steigungen unter 10% pro 100 Volt (bis 4%), am günstigsten war auch hier das bereits angegebene Mischungsverhältnis. Diese Sauerstoffkonzentration stimmt übrigens nahezu überein mit derjenigen, bei der nach Kenty u. Mitarbb. die grüne Bande am kräftigsten entsteht. Im Betrieb stieg die Einsatzspannung der Rohre langsam an, weil die Wände oxydieren und der Sauerstoff dadurch abnimmt. Ein vorheriges Formieren durch eine Dauerentladung in einem Ar-O₂-Gemisch verhindert den Gang der Einsatzspannung nicht ganz. Werden die Rohre jedoch mit der endgültigen Xe-O₂-Füllung etwa 2 Stdn. lang mit 50 μA betrieben, so sind sie sehr dauerhaft. Zum Beispiel wurde die Zählung eines Präparates von 25 000 Teilchen/min 7 Stdn. lang verfolgt, wobei die Zahl nur statistisch schwankte, ohne einen Gang zu zeigen. Desgleichen wurde eine selbständige Dauerentladung mit 50 μA (entsprechend ungefähr 10⁸ Teilchen) getragen, ohne daß sich die Zähl-Eigenschaften änderten; Entladungen von mehr als 1 Stde. verstärkten aber die Plateausteigung und erhöhten

¹ C. Kenty, I. O. Aicher, E. B. Noel, A. Poritsky u. V. Paolino, *Physic. Rev.* **69**, 36 [1947].

² S. C. Brown u. C. Maroni, *Rev. sci. Instrum.* **21**, 241 [1950].

³ R. D. Present, *Physic. Rev.* **72**, 243 [1947].



die Einsatzspannung. Möglicherweise hat ein von Picein, Hartgummi u. ä. völlig freies, innen gut oxydiertes Zählrohr eine wirklich unbeschränkte Lebensdauer.

Wasserdampf oder Kohlendioxyd erwiesen sich als Zusatz zu Xenon viel weniger geeignet, auch Luft war schlechter als Sauerstoff. Füllungen mit Sauerstoff, Xenon und Argon scheinen ebenfalls weniger brauchbar zu sein; bemerkenswert ist, daß der Einsatz bei einem Gehalt von 2 bis 4 mm Xe (bei 60 mm Gesamtdruck $O_2 + Ar + Xe$) schon bei 700 bis 800 V erfolgt. Shore⁴ gibt Füllungen von Atmosphärendruck an, die u. a. auch Xe und O_2 enthalten, gut zählen und langlebig sind. Es ist aber vielleicht nicht ausgeschlossen, daß diese ebenfalls gekitteten Rohre durch einen Gehalt an Dampf selbstlöschend wirkten, da sie nicht durch eine vorausgehende längere Dauerentladung gereinigt worden waren. Versuche, die mit der beschriebenen Art von Al-Zählrohren mit einer von Shore in einem oxydierten Stahlzählrohr mit gutem Erfolg benutzten Füllung (15 mm Xe + 10 mm Luft, aufgefüllt mit Ar auf 700 mm) angestellt wurden, ergaben hier keinen Zähleffekt, ebenso auch nicht einige Varianten mit anderen Partialdrucken. Als ausgesprochene Dauerzählrohre können bisher wohl nur die Halogen-Edelgas-Zählrohre gelten, die aber infolge der chemischen Aggressivität der Halogene nicht allgemein anwendbar sind⁵.

Das Plateau steigt bei den Zählrohren mit Alkoholdampf, Ammoniak o. ä. mehratomigen Molekülen als

Löschgas deshalb an, weil die positiven Ionen des Löschgases bei ihrer Dissoziation an der Kathode z. Tl. zu negativen Ionen abgebaut werden. Infolge ihrer geringen Beweglichkeit können diese auch nach der toten Zeit des Zählrohres noch anwesend sein und dann Falschzählungen veranlassen. Auch bei den Halogen-Zählrohren steigt das Plateau infolge negativer Ionen an, die jedoch hier durch Elektronen-anlagerung der Halogen-Atome im Gas entstehen. Die Ionen Cl^- werden aus den Cl_2 -Molekülen nahe am Entladungsgebiet gebildet, also bei der Anode; in dem starken Feld können nur wenige die tote Zeit überdauern, so daß die Zahl der Falschzählungen und damit der Plateauanstieg nicht größer ist als etwa bei den Argon-Alkohol-Rohren². Wegen der ebenfalls beträchtlichen Elektronenaffinität des Sauerstoffs gibt es nun auch im Xe- O_2 -Zählrohr negative Ionen. Sieht man von der geringen Wahrscheinlichkeit ab, daß die Xe-Atome an der Kathode UV-Quanten emittieren, so zeigt der starke Plateauanstieg, daß hier die negativen Ionen auch noch in größerer Entfernung von der Anode gebildet werden. Diesem Nachteil sollte abgeholfen werden können, wenn man als Hauptbestandteil der Füllung ein Gas verwendet, in dem die Beweglichkeit der O^- -Ionen größer ist als im Xenon, etwa Helium oder Neon.

⁴ L. G. Shore, Rev. sci. Instruments **20**, 956 [1949].

⁵ H. Friedman u. S. H. Liebson, Rev. sci. Instruments **19**, 303 [1948].

Einfluß der Deformation eines zylindrischen Hohlraumresonators auf die Wellenzahlen der E_{010} und E_{011} -Schwingung

VON ROLF MÜLLER

Aus dem Institut für theoretische Physik der Technischen Hochschule München

(Z. Naturforsch. **5a**, 332—334 [1950]; eingegangen am 11. Mai 1950)

Es wird die Störung der Wellenzahlen der E_{010} - und E_{011} -Schwingung eines zylindrischen Hohlraumresonators berechnet, die durch die Abweichung von der idealen zylindrischen Gestalt bedingt ist und ihre Auswirkung auf die Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit aus Resonanzmessungen diskutiert.

In einer Untersuchung von L. Essen und Gordon-Smith¹ wurde die Lichtgeschwindigkeit c aus dem Verhältnis der Eigenfrequenz ω und der Wellenzahl k eines zylindrischen Hohlraumresonators

bestimmt, der in der E_{010} - und E_{011} -Schwingung erregt war. Es ergaben sich die folgenden Werte:

$$E_{010}: c = \frac{299\,793 \pm 9 \text{ km/sec}}{299\,796 \pm 9 \text{ km/sec}}$$

$$E_{011}: c = \frac{299\,791 \pm 9 \text{ km/sec}}{299\,789 \pm 9 \text{ km/sec}}$$

¹ L. Essen u. A. C. Gordon-Smith, Proc. Roy. Soc. [London], Ser. A **194**, 348 [1948], im folgenden mit E.G. zitiert.