

Zeitschrift: Helvetica Physica Acta
Band: 7 (1934)
Heft: III

Artikel: Über einen hydraulischen Zähler für Elementarstrahlen
Autor: Greinacher, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-110371>

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: 30.01.2026

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

Über einen hydraulischen Zähler für Elementarstrahlen

von H. Greinacher.
(23. II. 34.)

Zusammenfassung. Es wird eine neue elektrische Zählmethode beschrieben, die auf hydrodynamischer Grundlage die Registrierung von Elementarstrahlen ermöglicht. Durch diese werden elektrische Momentanentladungen zwischen einer Metallelektrode und einem Wasserstrahl erzeugt, der die Aufgabe hat, sie durch seine Bewegungen anzuzeigen. Lässt man den Wasserstrahl auf eine Membran auffallen, so bewirkt jedes Strahlteilchen bzw. -quant einen laut vernehmbaren Knall (akustische Registrierung). Die ruckartige Bewegung des Wasserstrahls lässt sich aber auch aufzeichnen. Registrieraufnahmen für α -, β - und γ -Strahlen werden sowohl nach einem rein mechanischen als nach einem optischen Verfahren wiedergegeben. Auch auf eine indirekte Methode, wonach das durch den Wasserstrahl modulierte Licht auf eine Photozelle auffällt, wird hingewiesen.

Das älteste Verfahren, um die Stromstösse eines Geigerschen Spitzenzählers zu registrieren, besteht bekanntlich darin, dass man diese über einen Hochohmwiderrand mit dazu parallelgeschaltetem Elektrometer führt. Die Ströme sind indessen zu schwach zur Betätigung von ballistischen Galvanometern oder von Lautsprechern. Man kann sie zwar bei geeigneten Bedingungen allenfalls in einem Telephon hören. Die Ströme lassen sich aber leicht durch Elektronenröhren verstärken und so im Lautsprecher hörbar machen¹⁾. Im folgenden soll nun gezeigt werden, dass es möglich ist, die Stromstösse mit grosser Intensität akustisch zu registrieren ohne Verwendung von irgendwelchen elektrischen Verstärkern. Meine Versuche über die Anwendung des hydraulischen Mikrophons zur Registrierung von Schall und Erschütterungen²⁾ führten mich zur Idee, zu versuchen, ob dieser rein hydrodynamische Verstärker nicht auch für die Registrierung von Elementarstrahlen nutzbar gemacht werden könnte. Wie bekannt, besteht die Einrichtung einfach aus einem Wasserstrahl, der aus einer engen Düse austritt und vor seiner Auflösung in Tropfen auf eine Membran auffällt. Jede geringste mechanische Erschütte-

¹⁾ A. F. KOVARIK, Phys. Rev. **13**, 153, 272, 1919; **14**, 179, 1919; **19**, 433, 1922. — H. GREINACHER, Zeitschr. f. Phys. **23**, 361, 1924.

²⁾ H. GREINACHER, Schweiz. Techn. Zeitschr. **1932**, Nr. 15, S. 225.

rung der Düse überträgt sich auf den Wasserstrahl und macht sich durch einen verstärkten akustischen Effekt an der Membran bemerkbar. Es war nun kaum zu erwarten, dass etwa der Impuls von α -Teilchen, die man auf die Düse oder den Wasserstrahl auf-fallen lässt, bis zur Hörbarkeit verstärkt werden würde. Indessen war zu versuchen, ob die Spitzenentladung eines Zählers zur merkbaren Beeinflussung des Wasserstrahles ausreichte. Zu diesem Zwecke wurde eine Nähnadelspitze im Abstand von 1—2 mm vom Wasserstrahl in unmittelbarer Nähe der Düse angebracht. Erzeugte man nun mittels einer Elektrisiermaschine einen Spitzenstrom zwischen Spalte und Wasserstrahl, so entstand an der Membran tatsächlich ein laut vernehmbares kratzendes Geräusch. Auch Funkenentladungen bewirkten knallähnliche Effekte. Nun

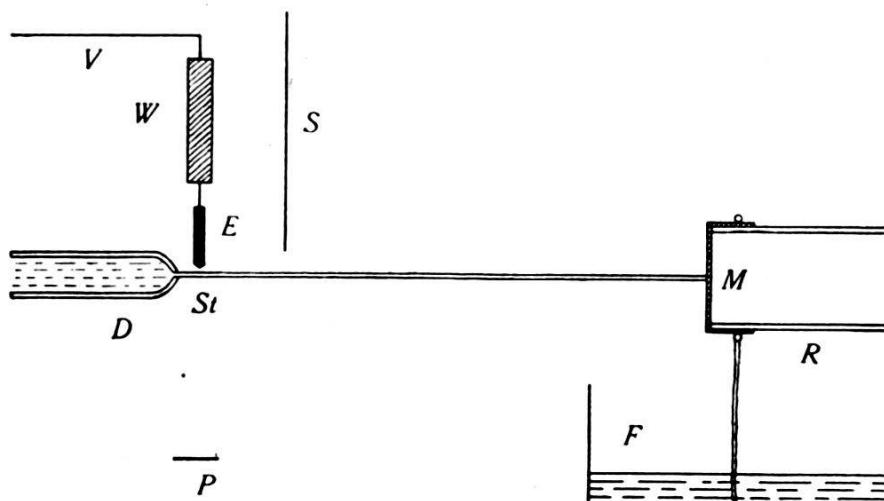


Fig. 1.

wurde versucht, die Anordnung durch α -Strahlen zum Ansprechen zu bringen. Wie dies beim Spitzenzähler üblich, wurde die Nadel erst geglüht und sodann dem Wasserstrahl in einem solchen Abstand gegenübergestellt, dass die Spitzenentladung bei 2000 Volt gerade nicht mehr überging. Es zeigte sich, dass α -Teilchen, die in die Entladungsstrecke hineingeschossen wurden, imstande waren, Funkchen auszulösen, die an der Membran Knalle hervorriefen. Indessen funktionierte die Anordnung recht unzuverlässig und spielte die Lage der Spalte gegenüber der Düsenmündung eine unkontrollierbare Rolle. Es wurde indessen festgestellt, dass man eine überraschend zuverlässige und lautstarke Registrierung erhielt, wenn man in die Zuleitung vom spannungsliefernden Gleichrichter her einen Hochohmwiderrand einschaltete.

Die einfache Anordnung ist in Fig. 1 skizziert: Aus einer Glasdüse *D* tritt ein etwa 1 mm dicker Wasserstrahl *St* aus und prallt

in ca. 2 dm Entfernung auf eine Gummimembran M , die mit einem Bindfaden auf ein ca. 2 cm weites offenes Rohr R aufgespannt ist. Die Schnur lässt man in einen Wasserfang F hängen, damit das Wasser daran herunterfliesst und so kein Nebengeräusch verursacht. Statt dieser Einrichtung kann man auch eine Konservenbüchse verwenden, gegen deren Boden hin man den Wasserstrahl richtet. Die Düse ist mit der Wasserleitung verbunden, befindet sich also auf Erdpotential. Zweckmässig ist es, zur Konstanthaltung und Kontrolle des auf $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ Atmosphäre einzustellenden Druckes einen Windkessel W und ein Manometer M in die Zuleitung einzuschalten (Fig. 2), wobei ausserdem eine Nebenleitung N mit Hahn zur genauen Einregulierung dient. Dem Strahl gegenüber ist in kleinem Abstand (ca. $\frac{1}{2}$ mm) eine ausgeglühte Eisenspitze E

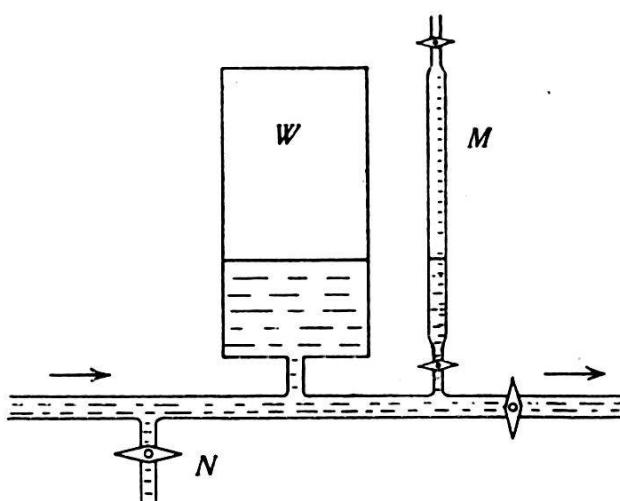


Fig. 2.

angebracht. Zur Erzielung starker Effekte erwies es sich als günstig, einen ca. 2 mm dicken Draht zu verwenden, der an seinem Ende unter sehr stumpfem Winkel zugespitzt oder auch nur abgerundet war. Der Hochohmwiderrand W (10^8 Ohm), der übrigens auch eine Zehnerpotenz kleiner oder grösser gewählt werden kann, ist möglichst unmittelbar, d. h. ohne längere Zuleitung, an die Zählelektrode angeschlossen. Die Spannung V wird aus einem durch einen Glühkathodengleichrichter dauernd aufgeladenen Kondensator entnommen. Sie ist im Gegensatz zum Geigerschen Spitzenzähler positiv zu wählen¹⁾ und von der Grössenordnung 2000 Volt. Eine Kartonscheibe S ist noch angebracht, um von der Membran abspritzendes Wasser von der Zählelektrode fernzuhalten. Der Abstand zwischen St und E ist mittels einer

¹⁾ Mit der Erklärung dieses Verhaltens wird sich eine von Herrn F. Moning hier im Institut ausgeführte Arbeit befassen.

Mikrometerschraube fein einstellbar und wird so reguliert, dass gerade keine selbständige Entladung mehr übergeht. Bringt man jetzt einen α -Strahler, etwa ein Poloniumpräparat P , in die Nähe, so gehen von der Membran Knalle aus, die an Intensität den mit Elektronenverstärkern betriebenen Lautsprechern nicht nachstehen und sich sogar durch besondere Präzision, d. h. Schärfe, auszeichnen. Die Lautstärke war derart, dass man die Knalle selbst durch die geschlossene Türe hindurch noch in einiger Entfernung gut hören konnte.

Wahrscheinlich werden nur die Strahlen registriert, die in den Zwischenraum zwischen St und E hineingelangen. So hörte die Registrierung plötzlich auf, sobald das Polonium über die Reichweite hinaus entfernt wurde. Als maximaler Abstand zwischen P und St wurde 4,25 cm gefunden, während die Reichweite für Po unter den gegebenen Verhältnissen 4,2 cm betrug. Wie scharf sich die Registrierweite einstellen lässt, geht aus folgendem Befund hervor. Brachte man P gerade in den Abstand, wo die Registrierung aufhörte, so setzte sie sofort wieder ein, wenn man die Luft zwischen P und St nur ein klein wenig erwärmte (Erhöhung der Reichweite). Es genügte in einfachster Weise, zwei Finger derart über P zu halten, dass die α -Strahlen dazwischen hindurchgehen mussten. Diese Versuche zeigen, dass hier der wirksame Teil der Zählkammer im Gegensatz zu den Verhältnissen bei der gewöhnlich verwendeten zylindrischen Anordnung nur aus einem kleinen Volumen besteht. Dies und der Umstand, dass bei dieser offenen Zählkammer sozusagen von allen Seiten her registriert werden kann, bieten unzweifelhafte Vorteile. Dabei ist auch bei der sich fortwährend erneuernden flüssigen Elektrode ein Verstauben nicht zu befürchten.

Es sei erwähnt, dass auch β - und γ -Strahlen eines Radiumpräparats Knalle lieferten, deren Intensität, subjektiv wenigstens, von derjenigen der α -Knalle nicht zu unterscheiden war. Beim Annähern der Präparate an die Elektrode beobachtete man, dass die Knallfrequenz zwar bis zu sehr hohen Werten anwuchs, schliesslich aber wieder abnahm und sogar auf Null sank. Dies konnte mit der Trägheit des Wasserstrahls zusammenhängen. Wie sich indessen herausstellte, lag die Ursache der Hauptsache nach in der Abhängigkeit der Registrierung von den elektrischen Vorgängen. Aufschluss hierüber musste aus der allgemeineren Frage nach der Erklärung der Wirkungsweise des neuen Zählers gewonnen werden. Hierfür konnten mechanische und elektrische Effekte in Betracht kommen. Einmal konnte sich der akustische Effekt der Spitzenentladung oder der mechanische Ionenimpuls

(elektrischer Wind) auf den Wasserstrahl übertragen und diesen steuern, oder aber, es konnte die Strahlsteuerung rein elektrischer Natur sein. Es ist bekannt, in welch besondrer Weise der Tropfenzerfall eines Wasserstrahls durch elektrische Influenz beeinflusst wird. Auch hier beobachtete man beim Anlegen der Elektrodenspannung eine merkliche elektrische Anziehung bzw. Ablenkung des Strahls.

Der Mechanismus lässt sich nun folgendermassen erklären: Fliegt ein α -Teilchen durch die Entladungsstrecke, so entsteht ein momentaner Spitzenstrom und das Potential von E sinkt bis auf die Abreissspannung. Die elektrostatische Anziehung des Strahls verringert sich plötzlich, schnellt aber infolge des Nachströmens von Elektrizität über den hohen Widerstand W wieder auf den Anfangswert hinauf. Diese Störung bewirkt den knallähnlichen Effekt an der Membran, der darum beträchtliche Intensität besitzen kann, weil die Energie hierfür vom Wasserstrahl geliefert wird, während die Ladung der Spitze nur die Steuerenergie herzugeben hat.

Für die Richtigkeit der Auffassung sprechen folgende Umstände und Versuche: Berührte man die Spitze mit einem isolierten Metallstück, z. B. mit einem Schraubenzieher an Holzgriff, so erhielt man einen analogen Knall wie bei der Auslösung der Entladung durch α -Teilchen. In diesem Falle wurde eben auch durch Ladungsteilung das Potential der Elektrode E plötzlich gesenkt, um dann wieder durch den Zustrom aus W auf den früheren Wert anzusteigen. War das Metall gut isoliert, so erhielt man nur bei erstmaliger Berührung einen Knall. Zur Wiederholung des Versuchs musste jedesmal erst wieder entladen werden. Die Wirkung war um so stärker, je grösser die Kapazität des Metallstücks war. Eine grosse Rolle spielte der Vorschaltwiderstand W . Bei zu kleinen Werten wurden die α -Strahlenknalle schwächer. Aber auch ein zu grosser Widerstand (über 10^9 Ohm) erwies sich als ungünstig. Hierdurch wurde 1) die Registriergeschwindigkeit herabgesetzt, da zur Wiederaufladung von E nach den Stößen eine zu lange Zeit benötigt wurde, 2) eine zu starke Entladung von E durch die ausserhalb der Entladungsbahn vorhandene Ionisierung bewirkt, so dass das Potential der Elektrode dauernd tiefer als V war und somit die Registrierung ganz aussetzte. Will man mit grossem Vorschaltwiderstand arbeiten, so wird man eine Ionisierung in der weiteren Umgebung der Elektrode E vermeiden müssen, was durch Ausblenden der vom Präparat ausgehenden Strahlen geschehen kann. Die Knalleffekte waren bei sehr stumpfen Elektroden bzw. bei

dicken Drähten viel stärker als bei spitzen. Dies war zu erwarten, da die Influenzierung des Wasserstrahls um so intensiver ausfallen muss, je grösser die gegenübergestellte Metallfläche gewählt wird. Dass die Änderung der Influenzierung durch die Potentialsprünge für den Mechanismus verantwortlich zu machen ist, konnte durch folgenden Versuch dargetan werden. Man stellte eine Spitzenelektrode einer kleinen Metallplatte nach Art einer gewöhnlichen Zählkammer gegenüber, verband sie aber gleichzeitig mit einem kleinen Metallblech, das man nahe an den Wasserstrahl heranbrachte. Löste man nun durch α -Strahlen Spitzentladungen aus, so erhielt man auch hier, trotzdem gar keine Entladungen zum Wasserstrahl übergingen, intensive Knalle. Dieser Befund spricht dafür, dass allgemein bei der Registrierung durch Spitzenzähler das Potential momentan sinkt und dass das Abreissen der Entladung hauptsächlich diesem Umstand zuzuschreiben ist und weniger der Feldverzerrung während der Entladung. Schon EMELÉUS¹⁾ hat nachgewiesen, dass der Potentialsturz an der Kammer eine grosse Rolle spielt. Der von ihm beschriebene Versuch, wonach die Stossentladung einer beweglich aufgehängten Zählkammer einen mechanischen Rückstoss bewirkt, bildet den Vorläufer der hier beschriebenen Versuche mit der Ablenkung eines Wasserstrahls. Nur wurde dort keine Verstärkerwirkung erzielt.

Die Dauer der Potentialsenkung kann allerdings gelegentlich sehr kurz sein, so, wenn in den Registrierkreis nur ein Telephon, also ein relativ kleiner Widerstand, eingeschaltet ist. Da der Vorgang dann äusserst rasch verläuft, ist auch nur ein schwacher akustischer Effekt zu erwarten. Dieser lässt sich, wie ich feststellen konnte, wesentlich verbessern, wenn zum Telephon noch ein Hochohmwidderstand zugeschaltet wird. Dies lässt sich so verstehen, dass die Dauer des Potentialstosses hierdurch den akustischen Frequenzen besser angepasst wird. Für die Stossdauer massgebend ist, wie leicht zu zeigen, der Ausdruck CW . Die Zeit, die es dauert, bis E wieder bis zur Hälfte aufgeladen ist, beträgt $t = CW \log 2$ sec. Ist, wie in unserem Fall, $W = 10^8$ Ohm, und C schätzungsweise gleich 5 cm, so wird

$$t = \frac{5 \cdot 10^8}{9 \cdot 10^{11}} \log 2 = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ sec.},$$

also von der Größenordnung der akustischen Schwingungszeiten.

Der hydraulische Zähler erlaubt nicht nur die akustische, sondern auch die mechanische und optische Registrierung der

¹⁾ K. G. EMELÉUS, Proc. Cambr. Phil. Soc. **23**, 85, 1927.

Elementarstrahlen. Die mechanischen Stöße des Wasserstrahls sind so kräftig, dass man sie gut spürt, wenn man an die Stelle der Membran die Hand hinhält. Ja, man kann das Aufprallen auf die Hand sogar hören. Eine mechanische Registrierung lässt sich nun z. B. so erreichen, dass man die Bewegung der Membran durch eine passende Vorrichtung aufzeichnet, z. B. optisch projiziert, indem man auf der Rückseite ein Spiegelchen befestigt.

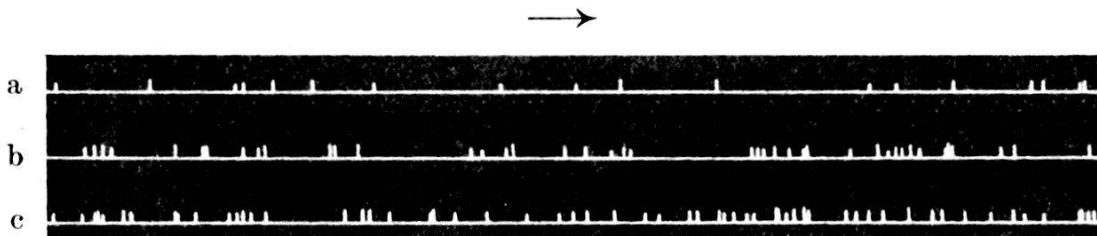


Fig. 3.

Mechanische Registrierung mit dem hydraulischen Elementarzähler; Reproduktion dreier Morsestreifen. Registrierdauer pro Streifen ca. 8''. a) Ra-Strahlen, mit 5 mm Pb gefiltert (γ -Strahlen). b) Ra-Strahlen, mit Glimmer gefiltert (β -Strahlen). c) Polonium-Strahlen (α -Strahlen).

Ein rein mechanisches Verfahren, das hier im Institut durch Herrn F. MONING ausgearbeitet worden ist, besteht darin, dass man die Strahlablenkung beim Stromstoss mittels einer federnden feinen Kapillaren registriert. Zu diesem Zwecke bringt man diese neben dem stationär abgelenkten Strahle an. Bei jeder ruckweisse durch die Stromstösse bewirkten Verminderung der Ablenkung fällt nun der Strahl kurzzeitig auf das Kapillarfeder-

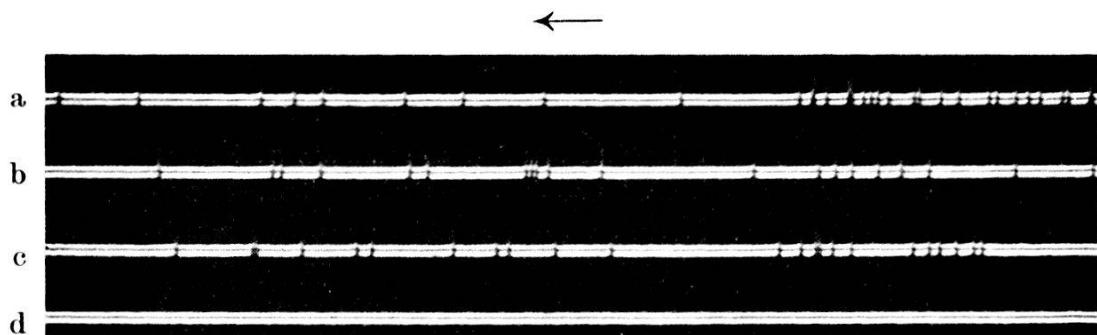


Fig. 4.

Optische Registrierung mit dem hydraulischen Elementarzähler; Registrierdauer pro Aufnahme ca. 6''. a), b) und c) wie bei Fig. 3; d) ohne Strahlen.

chen, das mit Tinte gefüllt ist und die Stöße auf einem am Kapillarende vorbeilaufenden Registrierstreifen aufzeichnet. In Fig. 3 ist eine solche Aufnahme, die mit α -, β - und γ -Strahlen erhalten wurde, wiedergegeben. Für eine rein optische Registrierung kann man auch die Trübung des Wasserstrahls während der Ablenkungs-

stösse benützen. Der Strahl braucht dann nicht aufgefangen zu werden. Man sendet hier an der Stelle, wo sonst die Membran angebracht wird, quer durch den Wasserstrahl hindurch ein Lichtbündel und bildet die beleuchtete Stelle auf dem Spalt eines photographischen Registrerapparates ab. Bei jedem Stoss ändert sich nun das Bild des Strahlquerschnitts. Eine Registrieraufnahme nach diesem Verfahren zeigt Fig. 4. Ähnlich, wie früher beschrieben¹⁾, kann man das durch den Wasserstrahl modulierte Licht auch auf eine Photozelle auffallen lassen und durch die erzielten elektrischen Stromstösse eine oszillographische oder akustische Fernregistrierung ausführen.

Physikalisches Institut der Universität Bern.

¹⁾ Schweiz. Techn. Zeitschr. 1932, Nr. 15, S. 229.