

Zeitschrift: Helvetica Physica Acta

Band: 8 (1935)

Heft: I

Artikel: Über einen weiteren hydroelektrischen Zähler für Elementarstrahlen und Photo-Elektronen

Autor: Greinacher, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-110520>

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>

Über einen weiteren hydroelektrischen Zähler für Elementarstrahlen und Photo-Elektronen

(III. Mitteilung.)

von H. Greinacher.

(20. XII. 34.)

Zusammenfassung. Es lässt sich ausser dem hydraulischen Zähler auch ein hydrostatischer verwirklichen, wenn man einer Flüssigkeitsfläche eine spitze Fe-Elektrode gegenüberstellt. Sowohl Elementarstrahlen als Photo-Elektronen lösen so intensive Funken aus, dass sie durch einen eingeschalteten Lautsprecher laut wiedergegeben werden. Photographische Registrierungen lassen sich mit Hilfe eines gewöhnlichen Blattelektroskops ausführen. Auch in Verbindung mit dem hydraulischen Zähler ist der hydrostatische zu verwenden. Jener dient dann nur als Indikator. Der hydrostatische Zähler ist etwas heikler als der hydraulische, besitzt aber den Vorteil, dass er den elementaren Photo-Effekt schon an kleinen Flüssigkeitsmengen zu messen erlaubt.

Mit Hilfe eines Wasserstrahls lassen sich, wie ich vor kurzem gezeigt habe¹⁾, sowohl Elementarstrahlen als Photo-Elektronen nachweisen und zählen. Dieser hydraulische Zähler bietet den Vorteil, dass er die Strahlteilchen ohne irgend welche Verstärker-einrichtung mit bemerkenswerter Intensität anzeigt und als neuartige Anwendung die Messung des elementaren Photoeffekts an Flüssigkeiten ermöglicht. So konnte denn bereits die lichtelektrische Empfindlichkeit des Wassers im gewöhnlichen Ultraviolett nachgewiesen werden. Indessen weist die Methode als einzige Schwierigkeit den Umstand auf, dass man zur Untersuchung relativ viel Flüssigkeit und eine besondere Druckanlage benötigt, da man ja im allgemeinen Fall den Apparat nicht mehr direkt an die Wasserleitung anschliessen kann.

Es erhob sich daher die Frage, ob sich nicht ein Zähler mit *ruhender* Flüssigkeitselektrode herstellen lässt. Es bestand die Möglichkeit, dass bei Ersatz eines Wasserstrahls durch eine ruhende Wasseroberfläche entsprechender Krümmung dann ebenfalls Zählwirkung eintreten würde. Zunächst wurde ein Fe-Draht von 3 mm Dicke (wie früher verwendet) am Ende halbkugelig abgerundet und einer ebenen Wasserfläche gegenübergestellt. Bei

¹⁾ H.P.A. 7, S. 360—367 und 514—519, 1934; ferner Naturwissenschaften 22, 761, 1934.

Anlegen einer Spannung von +2000 Volt (Sh. Schaltung, l. c.) und bei genügender Annäherung erhielt man schliesslich Funken, aber keine Zählwirkung. Infolge der elektrostatischen Anziehung der Flüssigkeitsoberfläche und der beim Funken eintretenden Verminderung derselben entstanden allerdings Oberflächenwellen, die zu einer Selbststeuerung der Funkenentladung führten, so dass eine regelmässige Funkenfolge eintrat. Diese stand in Beziehung zur Länge der Wasserwellen bzw. der Oberflächenspannung, was sich ohne weiteres daran erkennen liess, dass die Funkenzahl änderte, wenn man etwas Ätherdampf auf die Oberfläche goss. Nun wurde dem Drahtende ein Wassertröpfchen von etwa 2 mm Durchmesser als Elektrode gegenübergestellt. Aber auch hier

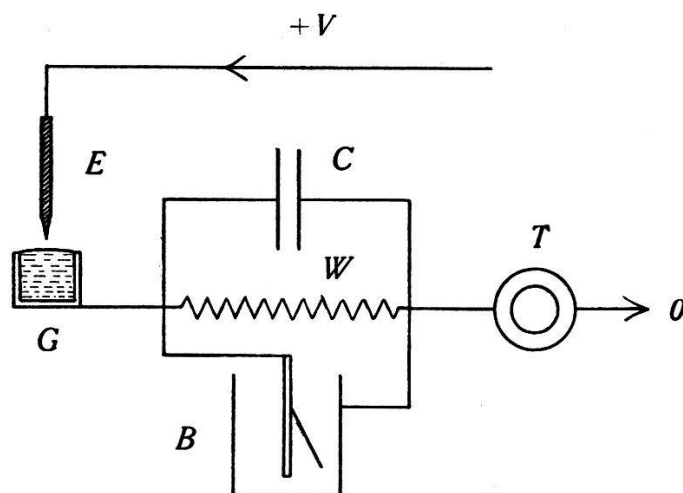


Fig. 1.

erhielt man keine Zählwirkung. Zum Ziel gelangte man erst, als man eine spitze Fe-Elektrode nach Art eines GEIGER'schen Spitzenzählers verwendete. Sowohl mit einer Nähnadelspitze als mit einem kegelförmig zugespitzten Eisendraht von 3 mm Dicke (ohne Präparation) erhielt man Zählwirkung, und zwar sowohl für α -, β -, γ -Strahlen als für UV-Licht, d. h. Photo-Elektronen.

Der hydrostatische Zähler. Die Versuchsanordnung, die sich als brauchbar erwiesen hat, ist in Fig. 1 wiedergegeben. Wie für den hydraulischen Zähler wurde $W = 10^8$ Ohm und $C = 50$ — 100 cm, gelegentlich auch 550 cm, gewählt. B ist ein ganz unempfindliches Blattelektroskop, T ein Telefon oder ein Lautsprecher. Das zylindrische Metallgefäss G wird zur Vermeidung störender Kapillarwellen und um Flüssigkeit zu sparen, klein gewählt. Jedoch ist dem Durchmesser eine Grenze gesetzt durch das Auftreten von nach dem Rande hin verlaufenden Gleitfunken. In die Spannungszuleitung (2000 Volt) schaltet man sicherheitshalber

einen hohen Widerstand ein. Es wurde indessen, um genügend raschen Nachfluss der Elektrizität sicherzustellen, nicht über 10^5 Ohm hinausgegangen. Andererseits darf auch W nicht zu klein gewählt werden, da die Zählwirkung sich schliesslich verschlechtert bzw. ganz aufhört. Mit $2 \cdot 10^7$ Ohm schien diese Grenze schon erreicht zu sein. Wurde der Abstand E -Flüssigkeit empfindlich eingestellt (eine Feinverschiebung ist zweckmässig), so traten beim Annähern von Po oder Ra an den Zähler gut hörbare und sichtbare Funken auf, und der Lautsprecher gab laute Knalle. Auch ein eingeschaltetes empfindliches Zeigergalvanometer gab deutlich sichtbare Stromstösse an. Am Blattelektroskop waren ferner grosse Ausschläge zu beobachten. Wurde hingegen E (wie dies beim Spitzenzähler üblich) — gepolt, so lösten die Strahlen zwar sehr zahlreiche, aber viel kleinere Stromstösse aus. Es entstand nur ein mehr oder weniger kontinuierlicher Spitzenstrom, der einen Dauerausschlag an B hervorrief. Wiederumpolen gab die frühere prompte Zählwirkung. Zumeist hielt diese allerdings nur kurze Zeit an. Verschiebungen des Flüssigkeitsniveau, z. T. infolge Verdampfung, waren der eine Grund. Nachstellen der Feinjustierung schaffte dann Abhilfe. Häufig wurde aber beobachtet, dass die Zählwirkung der Spitze nach einiger Zeit entweder ganz verschwunden oder nur noch für α -Teilchen (starke Ionisierung) vorhanden war. Dann konnte die volle Wirkung zumeist wieder erreicht werden, wenn man die Spitze (bei angelegter Spannung) einige Sekunden in die Wasserfläche eintauchte und dann von neuem einstellte. Wurde die Spitze statt Wasser einer Metallfläche gegenübergestellt (z. B. geschmirgeltes Messing), so wurde ebenfalls Zählwirkung für Strahlenteilchen und Photo-Elektronen beobachtet, sofern eine solche gegenüber Wasser vorhanden war. Die Funken waren dann viel heller (weisslich), während sie bei Wasser eine weniger leuchtende Rosafärbung aufwiesen. Es wurde gelegentlich bemerkt, dass sie hier aus 2 Teilen bestanden, aus einem von der Spitze direkt nach der Wasserfläche verlaufenden und einem von dort strahlig nach aussen gehenden Teil (Gleitfunke). Es hat den Anschein, dass beim Ersatz einer Metallfläche durch eine Wasserfläche der Vorgang im Prinzip nicht anders verläuft, namentlich, wenn man die ungefähr gleich grossen Stromstösse in Betracht zieht. Indessen bewirkt beim hydrostatischen Zähler jeder Funke infolge der damit verbundenen Verringerung der elektrischen Anziehung eine momentane Vergrösserung des Elektrodenabstandes, was den Abreissmechanismus zweifellos unterstützt. Weiter scheint die flüssige Elektrode etwas sauberere Bedingungen mit sich zu bringen

und auch eine rasche Regenerierung einer verschwundenen Zählwirkung zu ermöglichen. Immerhin wird er dem hydraulischen Zähler, bei dem immer zuverlässige Registrierung beobachtet wurde, so lange nachstehen, als es nicht gelingt, die Zählwirkung, etwa durch passende Beschaffenheit der Elektrode, auf konstanter Höhe zu erhalten. Was ihn aber gegen jenen auszeichnet, ist der Umstand, dass nun der elementare *Photo-Effekt an kleinen Flüssigkeitsmengen* untersucht werden kann. Auch bietet sich die Möglichkeit, Flüssigkeiten auf Radioaktivität zu prüfen.

In Fig. 2 sind nun einige Aufnahmen mit dem Blattelektroskop wiedergegeben. Da die Ausschläge sehr gross ausfielen, wurde das

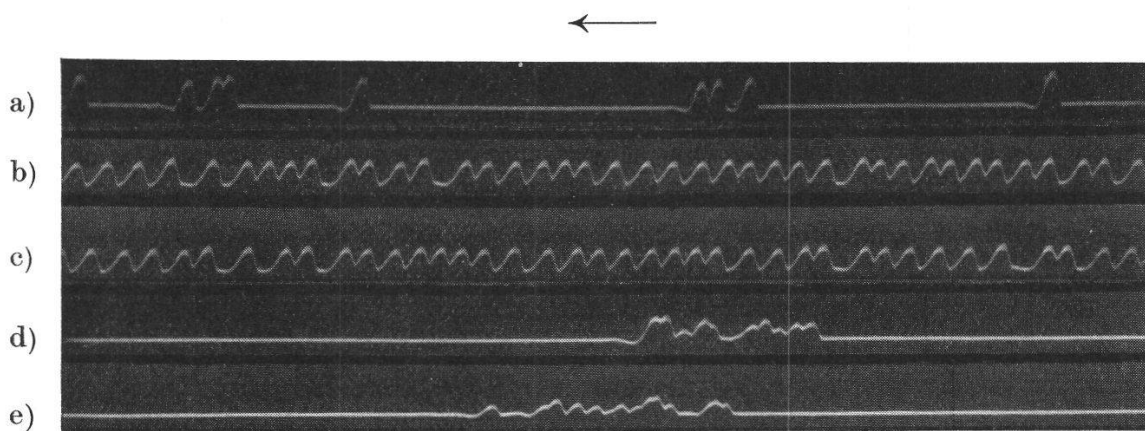


Fig. 2.

Aufnahmen mit dem hydrostatischen Zähler in Verbindung mit Blattelektroskop.
Registrierdauer ca. 20''.

Flüssigkeit	Bestrahlung mit
a) Gewöhnliches Wasser	α -Teilchen
b) „ „	β - „
c) Destilliertes „	Quarzlampe
d) Lösung von NH_4Br	{ Quarzlampe, nur in der Mitte
e) „ „ KBr	

Blättchen nicht am Ende, sondern im mittleren Teil auf dem Spalt des Registrierapparates abgebildet.

Unter a) sieht man eine langsame Registrierung (α -Strahlen), unter b) eine rasche (β -Strahlen). Hierbei fällt auf, dass der Abstand aufeinanderfolgender Stösse nicht unter einen gewissen Betrag heruntergeht, was den Eindruck einer gewissen Regelmässigkeit der Funkenfolge hervorruft. Dies dürfte den Grund in der hier verwendeten relativ hohen Kapazität C (Leidenerflasche von 550 cm) haben. Je grösser diese, um so längere Zeit braucht es nach einem Funken zur Wiedererreichung des Funkenpotentials. Der Zeitabstand kann also nicht unter einen gewissen Betrag sinken, und zu rasch folgende Teilchen werden nicht mehr

registriert. Unter c) erkennt man lebhaft lichtelektrische Wirkung, wenn destilliertes Wasser verwendet wird. Die Teilchenzahl beträgt bei b) und c) etwa 2 pro Sekunde. d) und e) geben noch die Resultate wieder über die Lichtelektrizität von gelöstem NH_4Br und KBr bzw. über die Radioaktivität des letzteren. Es wurden die Lösungen seitlich mit einer Quarzlampe aus 30 cm Abstand bestrahlt, jedoch nur kurzzeitig während der Registrierung. Wie zu ersehen, erfolgten ohne Belichtung keine Stromstöße. Die Radioaktivität des K machte sich also nicht bemerkbar, obwohl die Anordnung voll empfindlich war. Dies bezeugt die starke Wirksamkeit des UV. in der Mitte der Aufnahme. Hierin zeigen die beiden Salze keine erkennbaren Unterschiede. Ähnlich verhielt sich übrigens auch gewöhnliches Wasser.

Der hydraulische Zähler als Indikator. Seine Kombination mit dem hydrostatischen Zähler. Der hydraulische Zähler funktioniert (wie in der I. Mitteilung schon erwähnt) nicht nur bei Funkenübergang zum Wasserstrahl, sondern *ganz allgemein bei jedem Potentialstoss an der Zählelektrode*. Er kann also als Indikator bzw. Verstärker für irgendeine Zählkammer (Spitzenzähler usw.), bei der Entladungsstöße auftreten, verwendet werden. Insbesondere musste auch der oben beschriebene hydrostatische Zähler in Verbindung mit dem hydraulischen zu gebrauchen sein. An Stelle des Elektroskops trat dann der Wasserstrahl mit Influenzierungselektrode. Wie früher erwähnt, ist die Wirkungsweise des hydraulischen Zählers eine doppelte. Durch die Stossinfluenzierung entsteht *sowohl eine Erschütterung als eine seitliche Ablenkung* des Wasserstrahls. Die erstere bewirkt, dass die Länge des klaren Teils des Strahls sich ruckweise verkürzt bzw. dass der Strahl sich vorzeitig in Tropfen aufzulösen beginnt, was dann den akustischen Effekt bei den Spannungsstößen herbeiführt. Für diese Art von Registrierung genügt daher auch die Anbringung einer *quer* zum Strahl angebrachten Drahtelektrode. Will man die Erschütterung rein, ohne elektrische Ablenkung, bewirken, so wird man, wie dies MONING bereits ausführte¹⁾, eine ringförmige Elektrode, die den Strahl konzentrisch umgibt, anbringen, z. B. ein Blech mit Kreisblende. Hier bildet der Wasserstrahl dann infolge der elektrischen Anziehung einen feinen ringförmigen Wulst, der nun bei jedem Potentialsturz seinen Durchmesser ruckartig verkleinert und so die zur Beförderung der Tropfenauflösung benötigte Erschütterung des Strahls hervorruft.

Will man hingegen die Spannungsstöße photographisch auf-

¹⁾ F. MONING, Diplomarbeit, in Bern eingereicht 9. März 1934.

nehmen, so ist es zweckmässig, die Ablenkung des Strahls zu benutzen. Um einen genügend grossen Effekt zu erhalten, wird man hier die Elektrode *auf einer Seite* des Strahles, und zwar *in einer gewissen Ausdehnung* gegenüberstellen (z. B. Drahtelektrode parallel zum Strahl). Ausserdem soll wegen der mechanischen Trägheit des Strahls der Spannungsschoss nicht zu kurz dauern. In Mitteilung II wurde daher als Verbesserung die Anbringung eines Kondensators angegeben. Die Anordnung, wie sie für die Verwendung des hydrostatischen Zählers in Verbindung mit dem hydraulischen als Indikator verwendet wurde, ist in Fig. 3 skizziert. Es ist im Prinzip die in Mitteilung II angegebene

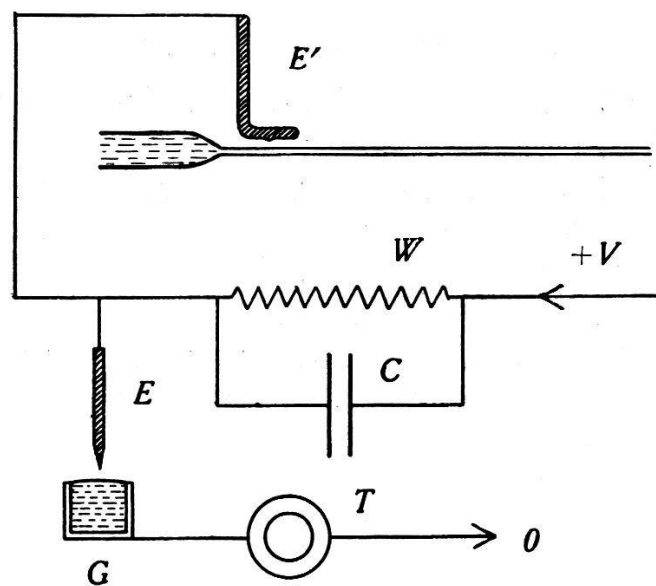


Fig. 3.

Schaltung. Nur ist jetzt die mit E' verbundene Spitze E Zähl-elektrode, während E' nur die Rolle der Influenzierungselektrode spielt. Natürlich kann die Elektrode E' so nahe an den Wasserstrahl herangebracht werden, dass sie selbst auch auf Strahlen anspricht. Der Wasserstrahl zählt dann gleichzeitig die eigenen und die fremden Teilchen, d. h. E und E' sind gleichzeitig Zähl-elektroden. Der Lautsprecher T zählt andererseits natürlich nur die Funken an E , es sei denn, dass er in den Hochspannungskreis vor E und E' geschaltet werde. Wegen der damit verbundenen technischen Unzukömmlichkeit wurde von der Verwendung eines Lautsprechers beim hydraulischen Zähler abgesehen, obschon die Lautstärke, gleich wie beim hydrostatischen Zähler, eine recht gute ist.

Fig 4 gibt nun ein Bild von der Wirkungsweise des hydrostatischen Zählers, in Verbindung mit dem hydraulischen Indikator. Wie bei früheren Aufnahmen (Mitteilungen I und II),

wurde ein Lichtbündel quer durch den Wasserstrahl hindurchgesandt, worauf man eine Stelle am Ende des klaren Teils auf dem Spalt des Registrierapparates abbildete. Man sieht, dass der hydraulische Zähler die Entladungen der Nebenfunkkenstrecke *E* ebenso kräftig anzeigt, wie seine eigenen, dass ferner alle Arten von Teilchen in durchaus gleicher Weise registriert werden. Die Registriergeschwindigkeit ist eine ganz erhebliche, was z. T. dem Umstand zu verdanken ist, dass hier *C* nur 75 cm gegenüber 550 bei Fig. 2 beträgt. So wurden bei einer (hier nicht wiedergegebenen Aufnahme) bei statistischer Funkenfolge im Mittel 5 Teilchen pro

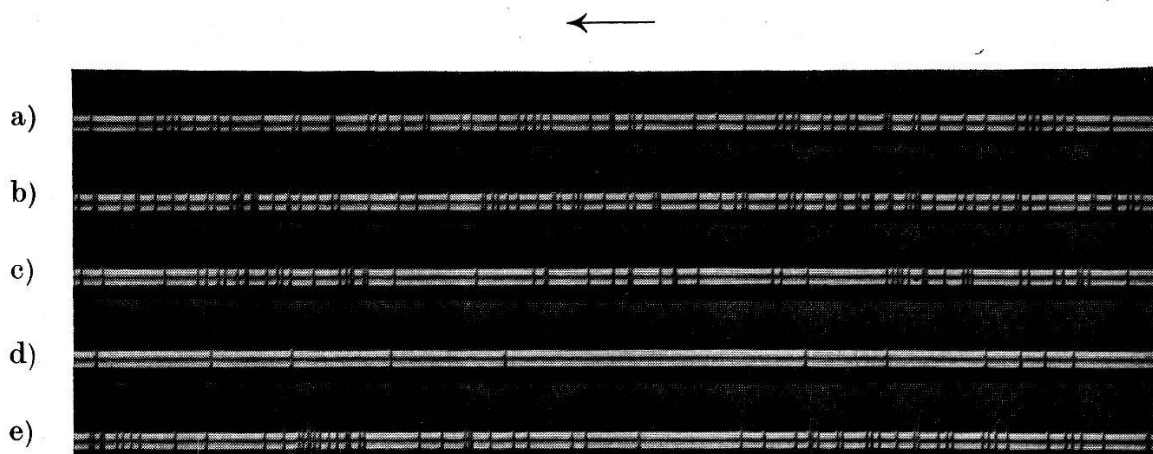


Fig. 4.

Aufnahmen mit dem hydrostatischen Zähler in Verbindung mit dem hydraulischen Indikator. Rein optische Registrierung der Ablenkung des Wasserstrahls. Registrierdauer ca. 20''.

- a) Bestrahlung mit Quarzlampe
- b) α -Teilchen
- c) β -Teilchen
- d) γ -Strahlen
- e) Dasselbe wie unter a)

Sekunde gezählt. Auch in Fig. 4b erkennt man 2 in etwa $\frac{1}{20}$ Sekunde aufeinanderfolgende Teilchen noch deutlich als Doppeltstoss (No. 21 von rechts). a) und e) sind unter denselben Bedingungen aufgenommen. Da sich praktisch dieselbe Teilchenzahl ergibt: 62 bzw. 64, so ist die Zählwirkung der Anordnung während der Aufnahmeserie (Reihenfolge: e bis a) als konstant erwiesen. Eine fortwährende Kontrolle scheint indessen angezeigt, da immer mit einer spontanen Abnahme gerechnet werden muss. Auch falls sich dieser Nachteil nicht beheben lassen sollte, wird der statische Zähler wegen seines geringen Flüssigkeitsbedarfs für lichtelektrische Messungen Vorteil bieten. Um zuverlässige Resultate zu erhalten, wird man immerhin dafür sorgen müssen, dass nur die Photoelektronen aus der Flüssigkeit, nicht aber die vom

Gefässrand mitgemessen werden. Untersuchungen über die Erfüllung der erforderlichen Bedingungen, sowie auch über die Ausdehnung des Zählbereiches, liegen noch nicht vor. Es war hier zunächst auch nur beabsichtigt, zu zeigen, dass sich zwei Ausführungen von hydroelektrischen Zählern angeben lassen, und dass die beiden Methoden, die hydrostatische und die hydrodynamische auch miteinander kombiniert werden können.

Physikalisches Institut der Universität Bern.
