

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

Artikel: Über den hydraulischen Zähler für Elementarstrahlen. II. Mitteilung, Messung des elementaren Photo-Effekts an Wasser
Autor: Greinacher, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-110384>

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: 21.02.2026

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

Über den hydraulischen Zähler für Elementarstrahlen

(II. Mitteilung.)

Messung des elementaren Photo-Effekts an Wasser

von H. Greinacher.

(31. V. 34.)

Zusammenfassung: Es werden weitere Einzelheiten über den hydraulischen Zähler für Elementarstrahlen mitgeteilt. Insbesondere wird auf die Vergrösserung der Stossablenkung hingewiesen, die durch Zuschalten eines Kondensators bzw. durch passende Vergrösserung der Elektrodenkapazität erzielt werden kann. Hierdurch wird eine störungsfreie Registrierung nach den verschiedenen beschriebenen Verfahren gewährleistet. Es wurde gefunden, dass der Zähler in gleicher Weise wie für Elementarstrahlen auch anspricht, wenn man durch Ultraviolett Elektronen aus dem Wasserstrahl auslöst. Er kann also auch zur Messung des elementaren Photo-Effekts an Flüssigkeiten benutzt werden. Es ergab sich, dass die lichtelektrische Empfindlichkeit des Wassers sich nicht auf das äusserste U.V. beschränkt, sondern schon im Quarzglas-U.V. vorhanden ist.

I. Zur Methodik des Zählers.

Vor kurzem habe ich über einen hydraulischen Zähler für Elementarstrahlen berichtet¹⁾). Zwischen einer Metallelektrode und einem Wasserstrahl werden durch Elementarstrahlen Spitzenentladungen ausgelöst, die nun durch die Bewegung des Wasserstrahls registriert werden. Die Anordnung sei, so wie sie im folgenden benutzt wurde, nochmals kurz skizziert (Fig. 1a). Die Wasseroberfläche gegenüber der Elektrode *E* spielt die Rolle der Spitze im Geigerschen Zähler. Denn sie funktioniert nur gut, wenn sie den negativen Pol bildet. Eine eigentliche Spitze ist hier nicht vorhanden. Doch besitzt der Wasserstrahl, der ungefähr 1 mm dick ist, eine ziemliche Krümmung, die durch die elektrostatische Anziehung zwischen *E* und ihm noch verstärkt sein dürfte. Der Vorgang ist nun folgender. Ein Elementarteilchen, das zwischen *E* und dem Strahl hindurchfährt, löst eine Spitzenentladung aus. *E* erleidet einen Potentialsturz und der Wasserstrahl, der nun weniger stark angezogen wird, schnellt nach unten. Durch die ruckweise Ablenkung und Erschütterung des Strahls entsteht an der Aufprallstelle *B* (z. B. am Boden einer Blechbüchse) ein Knall. Ein promptes Abreissen der Momentanentladung wird

¹⁾ H. GREINACHER, H. P. A. 7, 360, 1934.

durch die plötzliche Abstandsvergrösserung zwischen E und Wasserstrahl befördert. Der akustische Effekt zeichnete sich auch stets durch Präzision und Schärfe aus. Auf die Art der Gegenelektrode E kommt es sehr wenig an. Mit Vorteil wurde ein rechtwinklig umgebogener (ausgeglühter) Fe-Draht von 2 mm Dicke verwendet, dessen einer Schenkel quer über dem Strahl angebracht war. Die Stelle des kleinsten Abstandes war dadurch gut definiert.

Hat man es nicht auf die akustische Registrierung abgesehen, sondern auf die Aufzeichnung der Strahlbewegung, so wird man die Stossablenkung des Strahls zweckmässig noch verstärken. Das geschieht durch Parallelstellen des Hakenendes mit dem Wasserstrahl. Um auch hierbei die Ansatzstelle für den Funken zu fixieren, kann die Unterseite von E bis auf einen kleinen Höcker (Fig. 1a) schwach abgefeilt sein. Die elektrostatische Einwirkung

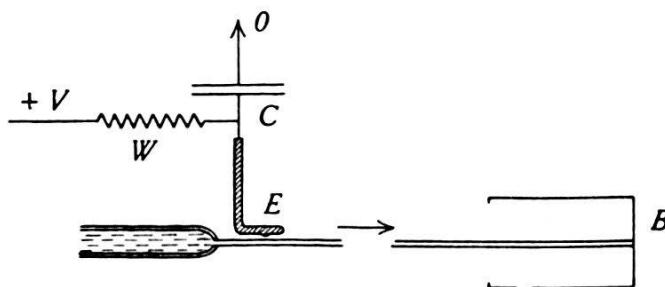


Fig. 1a.

auf den Wasserstrahl ist bei Parallelstellung naturgemäss grösser. Trotzdem erhält man auch so infolge der Trägheit des Wasserstrahls eine grössere Stossablenkung nur dann, wenn die Potentialsenkung *nicht zu kurz andauert*. Die Zeit, bis E sich nach einer Entladung wieder ganz aufgeladen hat, d. h. die elektrische Stossdauer hängt, wie früher dargetan (loc. cit.), vom Widerstand W und der Kapazität der Elektrode E ab, und zwar wächst sie mit dem Produkt CW . Andererseits wird die Grösse des Potentialsturzes nur wenig von diesen Faktoren beeinflusst, so dass die Ablenkungsdauer praktisch unabhängig davon mittels Variation von W oder C eingestellt werden kann. Es erwies sich als zweckmässig, bei $W = 10^8$ Ohm einen Kondensator von $C = \text{ca. } 50$ cm zuzuschalten, was, nach den Photogrammen abzuschätzen, immer noch einer mechanischen Stossdauer von weniger als 10^{-1} sec entspricht. Auch ohne Kondensatorzuschaltung liessen sich zwar optische Registrierungen aufnehmen, indessen zeichneten sich die Stösse nur recht schwach ab. Auch die Verwendung eines zu grossen Kondensators ist nicht zu empfehlen, da sonst begreiflicherweise die mögliche Registrierfrequenz herabgesetzt wird.

Die Aufzeichnung der Stossablenkungen lässt sich, wie seinerzeit (loc. cit.) angeführt, sowohl rein mechanisch als auch optisch durchführen. Auch können die Strahlablenkungen bequem von Auge verfolgt und gezählt werden, während für die akustische Registrierung gewisse Vorsichtsmassregeln am Platze sind. Denn häufig liessen sich Knalle hören, auch wenn gar keine Elementarstrahlen vorhanden waren, und zwar blieb der Effekt bestehen, auch wenn man von E die Spannung wegnahm. Es liess sich feststellen, dass gelegentlich in der Zuleitung vorhandene kleinste Partikel (z. B. Gummi), wenn sie vom Wasserstrahl mitgeführt wurden, solche Knalle auslösten. Indessen besteht die Vermutung, dass der oft lang anhaltende Störeffekt zumeist durch kleine Luftbläschen verursacht wurde, die allmählich aus dem Wasser frei werden und den Strahl beim Austritt aus der Düse erschüttern. Es ist daher bei der akustischen Methode angezeigt, in die Wasserzuführung einen Luftfänger einzuschalten oder aber die Anordnung so zu treffen, dass ausgekochtes Wasser verwendet werden kann. Die Störeffekte lassen sich aber auch bei Verwendung gewöhnlichen Wassers auf folgende Weise beseitigen. Man verwendet nach

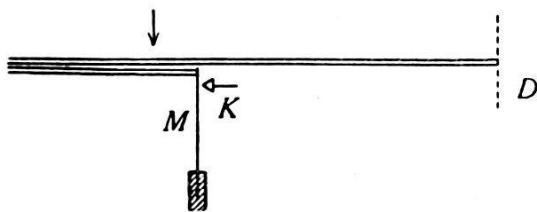


Fig. 1b.

Fig. 1b einen dünnen Blechstreifen M , dessen eines Ende man einspannt und dessen anderes man seitlich dicht an den Wasserstrahl heranbringt. Den Wasserstrahl selbst fängt man, um störendes Geräusch zu vermeiden, etwa auf einem Drahtnetz D auf. Bei jeder Stossentladung schnellt nun der Wasserstrahl nach unten und prallt mit lebhaftem Geräusch auf den Blechrand auf, dabei nach allen Seiten zerstäubend, so dass der Stoss auch von weitem schon wahrgenommen werden kann. Die einfache Anordnung funktioniert recht zuverlässig, wenn man durch Zuschalten des Kondensators C für genügende Strahlablenkung sorgt. Bringt man etwa dicht hinter dem Blechstreifen noch einen elektrischen Kontakt K an, so können die Elementarstrahlen und, wie im folgenden berichtet sei, auch Photo-Elektronen ohne Anwendung eines Verstärkers durch das Aufblitzen einer Lampe, das Ansprechen irgendeines akustischen Apparates oder durch ein Zählwerk registriert werden.

II. Die Lichtelektrizität des Wassers.

Mit dem Geigerschen Spitzenzähler können, wie bekannt¹⁾, auch einzelne Photo-Elektronen nachgewiesen werden. Zu diesem Zwecke hat man nur auf die (— geladene) Spitze ultraviolettes Licht auffallen zu lassen. Es lag nun nahe, zu untersuchen, ob auch der hydraulische Zähler auf einzelne Elektronen anspricht. Der Versuch musste um so mehr interessieren, als hier ein Mittel vorlag, die Lichtelektrizität des Wassers und allgemein von Flüssigkeiten bei reinster Oberfläche und mittels eines äusserst empfindlichen Verfahrens zu studieren. In der Tat gelang der Versuch ohne weiteres. Als man die Entladungsstrecke von der Seite her mit einem Bogenlämpchen bestrahlte, erhielt man zahlreiche Registrierknalle, deren Zahl allerdings bei Einschaltung eines Quarzfilters stark abnahm. Dies war auch zu erwarten, da nach OBOLENSKY²⁾ die lichtelektrische Erregbarkeit des Wassers im äussersten Ultraviolet liegt (maximal bei etwa $130 \mu\mu$). Nach den dortigen Angaben sollte allerdings oberhalb etwa $200 \mu\mu$ überhaupt keine Wirkung mehr vorhanden sein. Bei Verwendung von Quarzglas-U.V. hätte demnach der Effekt ganz verschwinden müssen. Das ist, wie vorliegende Versuche nun zeigen, keineswegs der Fall.

Die Verhältnisse seien durch einige Aufnahmen nach dem optischen Verfahren illustriert. Der Wasserstrahl wurde in etwa 25 cm Entfernung von der Düse intensiv beleuchtet und in etwa 4-facher Vergrösserung auf dem Spalt eines Registrierapparates abgebildet. Um die Aufzeichnung der Photo-Elektronen mit denjenigen von Elementarstrahlen vergleichen zu können, stellte man zur einen Seite von *E* eine Quarz-Hg-Lampe (Abstand ca. 13 cm), zur anderen Seite ein Poloniumpräparat auf. Fig. 2a zeigt nun die Registrierung von α -Teilchen allein, 2c von Photo-Elektronen allein und 2b, wenn beide Effekte zusammen wirkten. Die Stosszahl beträgt für *a* und *c* zusammen $18 + 21 = 39$ und bei *b* : 36, ist also, abgesehen von den Schwankungerscheinungen, wie es sein soll, gleich gross. Die Registrierung erfolgt sehr gleichmässig. Ein Unterschied in der Registrierung von α -Teilchen und von einzelnen Photo-Elektronen ist nicht zu beobachten. Rasch aufeinanderfolgende Stösse wie der 19. und 20. in Fig. 2b werden noch angezeigt. Aus 2c folgt, dass selbst Licht, das durch das Quarzglas der Lampe hindurchgegangen ist, noch eine lebhafte

¹⁾ P. PRINGSHEIM, Verh. d. D. Phys. Ges. **15**, 705, 1912; W. GERLACH und E. MEYER, ebenda **15**, 1037, 1913; H. GREINACHER, Zeitschr. f. Phys. **23**, 361, 1924.

²⁾ W. OBOLENSKY, Ann. d. Phys. **39**, 961, 1912.

Elektronenemission aus dem Wasser hervorruft. Aufnahme 2d zeigt ferner, dass weitere 3 mm Quarzglas die Zahl auf etwa die Hälfte reduziert, glasgefilterte Strahlen ergeben keinen Effekt mehr. Die 2 in 2e noch verzeichneten Stösse sind kaum Photo-Elektronen zuzuschreiben, dürften vielmehr natürliche Entladungsstösse sein. Wird nämlich der Elektrodenabstand sehr nahe an der Grenze der selbständigen Entladung gewählt, so können auch kleine spontane Deformationen des Wasserstrahls Entladungen auslösen. In der Tat liessen sich solche Stösse bei etwas grösser gewähltem Elektrodenabstand vermeiden. Indessen nimmt dann auch die Zahl der lichtelektrischen Stösse ab.

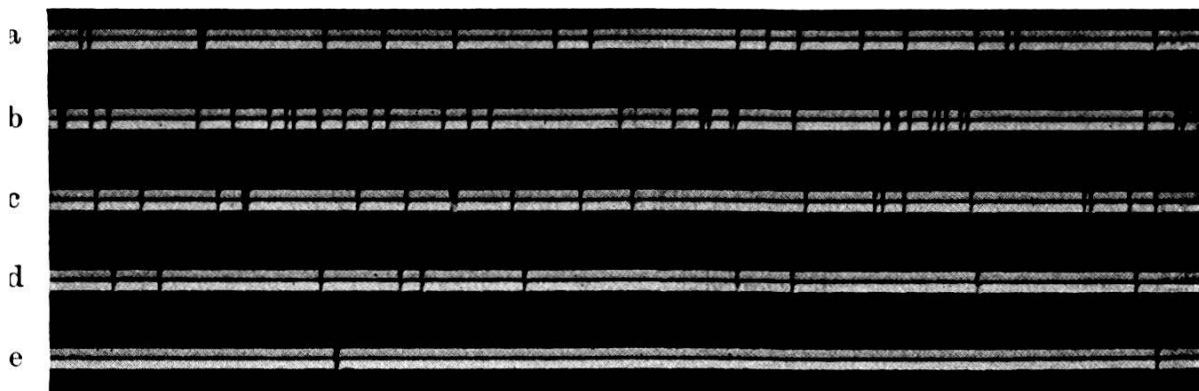


Fig. 2.

Optische Aufzeichnung von Elementarstrahlen und Photo-Elektronen.
Registrierdauer pro Aufnahme ca. 20''.

- a: α -Teilchen allein.
- b: α -Teilchen und Photo-Elektronen zusammen.
- c: Photo-Elektronen allein, aus H_2O durch Hg-Lampe ausgelöst.
- d: dito, mit Quarzfilter von 3 mm.
- e: dito, mit Glasfilter von $3\frac{1}{2}$ mm.

Dies ist so zu verstehen. Nur die Elektronen, die gerade der Elektrode E gegenüber aus dem Wasser kommen, können eine Spaltenentladung hervorrufen. Diese an und für sich kleine wirksame Wasserfläche schrumpft nun noch mehr zusammen, wenn die Gegenelektrode weiter entfernt wird. Da sozusagen das Einzugsgebiet für die registrierbaren Elektronen stark mit dem Elektrodenabstand variiert, so muss bei vergleichenden Messungen sehr auf unveränderliche Verhältnisse gesehen werden. Bei der Registrierung von Elementarstrahlen ist der Einfluss geringer. Da die Primärionen, welche die Spaltenentladung auslösen, im Luftraum *zwischen* den Elektroden entstehen, so spielt auch deren Abstand nicht die ausschlaggebende Rolle. Dies liess sich experimentell bestätigen. Es wurden abwechselnd Lichtelektronen

und α -Teilchen gezählt und zwar einmal bei möglichst kleinem, dann bei etwas vergrössertem Elektrodenabstand. Im ersten Fall ergab sich im Mittel ein Rückgang der sekundlichen Teilchenzahl von 0,55 auf 0,2, im zweiten hingegen nur von 1,2 auf 0,8.

Es wäre äusserst interessant, nach der neuen Methode nun wirklich die Grenze der lichtelektrischen Empfindlichkeit des Wassers zu bestimmen. Es könnte damit dann auch die Frage, inwieweit die Sonnenstrahlung im Wasserdampf der Atmosphäre lichtelektrische Träger zu bilden vermag, ihrer definitiven Beantwortung zugeführt werden. Tatsache ist es, dass im Wellenlängenbereich des Quarzglas-U. V., der nur bis ca. $220 \mu\mu$ hinunterreicht (Handbuch der Experimentalphysik XXIII, 2, S. 1475), bereits eine lebhafte Wirkung zu beobachten ist. Nach Aufnahme Fig. 2c tritt schon aus einer Wasserfläche von schätzungsweise nur $1/10 \text{ mm}^2$ bei Verwendung von Quarzlicht etwa 1 Elektron pro sec aus. Das würde für eine Fläche von 3 cm^2 , wie sie OBOLENSKY (loc. cit.) für seine Versuche benützte, bereits 3000 pro sec ausmachen. Dies entspricht allerdings erst einem Strom von ca. $5 \cdot 10^{-16} \text{ Amp.}$, so dass es ohne weiteres zu verstehen ist, warum man mit den bisherigen elektrometrischen Methoden zu einem negativen Ergebnis gelangt ist.

Wir bemerken noch, dass die hier mitgeteilten Resultate sich zwar auf kalk- und lufthaltiges Wasser beziehen. Es ist jedoch nicht zu erwarten, dass sie für reines Wasser wesentlich anders ausfallen werden. Man wird vielmehr bei der ausserordentlichen Empfindlichkeit des neuen Verfahrens annehmen dürfen, dass bei allen Flüssigkeiten ganz allgemein die Grenze der lichtelektrischen Empfindlichkeit, sofern sich überhaupt eine solche exakt bestimmen lässt, bei grösseren Wellen gefunden werden wird, als gemeinhin angenommen.

Physikalisches Institut der Universität Bern.