Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 40 (1949)
Heft: 21

Artikel: Über ein neues statisches Voltmeter
Autor: Greinacher, H.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1056421

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: 22.08.2025

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

Über ein neues statisches Voltmeter

Von *H. Greinacher*, Bern

621.317.725

Taucht man zwei Kondensatorplättchen in ein flüssiges Dielektrikum ein, so beobachtet man, dass zwischen ihnen die Flüssigkeit um einen gewissen Betrag in die Höhe steigt, sobald man an die Elektroden Spannung anlegt. Diese Steighöhe hängt in einfacher Weise mit der Dielektrizitätskonstanten der Flüssigkeit und der angelegten Spannung zusammen. Sie kann daher zur Bestimmung der einen oder der anderen Grösse benützt werden. Hier werden zwei auf dieser Basis hergestellte Voltmeter beschrieben, eines mit mikroskopischer Ablesung und eines mit Projektionsskala. Die Instrumente sind für Gleich- und Wechselstrom benützbar.

Si l'on plonge deux plaques métalliques l'une à coté de l'autre dans un liquide diélectrique, on observe que celui-ci monte à une certaine hauteur si l'on applique une tension électrique aux électrodes. Il existe une relation très simple entre le montant de l'élevation du liquide et la constante diélectrique d'une part et la tension électrique appliquée d'autre part, tel qu'on peut employer la methode pour la mesure de l'une et l'autre. Ici sont décrits deux voltmètres basés sur ce principe, l'un à lecture microscopique, l'autre avec système à projection. Les instruments peuvent être utilisés pour la mesure de tensions continues et alternatives.

Das zu beschreibende Voltmeter basiert auf einem Steighöheneffekt an Flüssigkeiten, den ich seinerzeit beschrieben und zur Messung von Dielektrizitätskonstanten verwendet habe [1]). Taucht man zwei vertikal gestellte Kondensatorplatten in eine isolierende Flüssigkeit ein (Fig. 1), so steigt diese im Zwischenraum beim Anlegen einer elektrischen

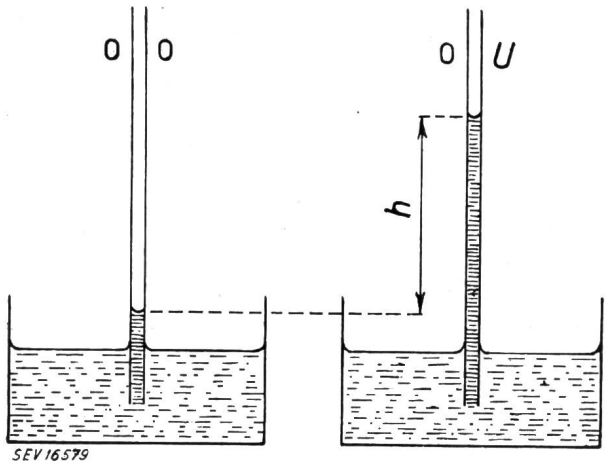

Fig. 1
Prinzip des Voltmeters

Spannung um einen gewissen Betrag in die Höhe. Die Ursache ist der Maxwellsche Querdruck im elektrischen Feld, der an der Trennungsfläche zwischen zwei Medien mit den Dielektrizitätskonstanten (DK) ε und 1 den Betrag aufweist

$$p = \frac{\varepsilon - 1}{8\pi} E^2 \qquad (1)$$

E bedeutet die Feldstärke (elektrostatisches Mass-System). Man erhält somit ein Ansteigen, bis der nach oben gerichtete Querdruck durch den entstehenden hydrostatischen Druck kompensiert ist. Wenn man mit h die Steighöhe, mit ϱ die Dichte und mit g die Schwerbeschleunigung bezeichnet, schreibt sich somit die Beziehung

$$p = h\,\varrho\,g = \frac{\varepsilon - 1}{8\pi} E^2 \qquad (2)$$

In Wirklichkeit ist nun aber die Oberfläche der gehobenen Flüssigkeit nicht horizontal eben, sondern bildet infolge der Kapillarität einen Meniskus. In der angeführten Arbeit ist jedoch gezeigt, dass auch in diesem Falle die Hebung des Meniskus (h) die Beziehung (2) exakt erfüllt. Diese kann daher verwendet werden sowohl zur Absolutmessung von DK, als auch von elektrischen Spannungen U. Hier interessiert uns der zweite Fall.

Bezeichnet man den Plattenabstand mit l, so hat man

$$h\,\varrho\,g = \frac{\varepsilon - 1}{8\pi} \left(\frac{U}{l}\right)^2$$

und somit

$$U = k\sqrt{h} \qquad (3)$$

wo

$$k = l \sqrt{\frac{8\pi\,\varrho\,g}{\varepsilon - 1}} \qquad (4)$$

Die Apparatekonstante k lässt sich entweder aus den bekannten, bzw. messbaren Grössen l, ϱ, g, ε berechnen, was zu einer Absolutmessung von U führt. Oder aber man kann sie experimentell bestimmen durch Messung der Steighöhe h für irgendeine bekannte Spannung U. Beziehung (3) bildet nun die

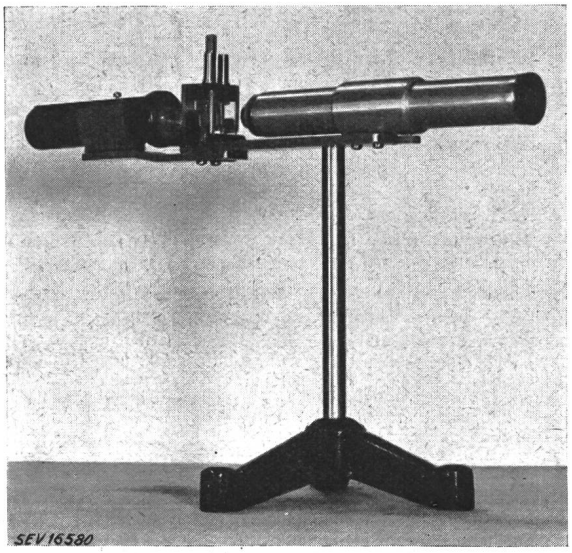

Fig. 2
Ausführung mit mikroskopischer Ablesung

Grundlage für die Spannungsmessung. Da h quadratisch mit U ansteigt, so lässt sich das Steighöhenverfahren sowohl zur Messung von Gleichspannun-

[1]) *Greinacher H.*: Über eine Methode zur Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten von Flüssigkeiten. Helv. Phys. Acta Bd. 21(1948), Nr. 3/4, S. 261...272.

gen als auch von effektiven Wechselspannungen anwenden.

In Fig. 2 und 3 seien nun zwei Ausführungsformen des neuen statischen Voltmeters wiedergegeben. Das eigentliche Messorgan besteht aus einem kleinen, wurzelförmigen, keramischen Gefäss (2,5 × 2,5 × 3 cm), in dem sich etwas gut isolierendes Öl passender Viskosität befindet. In dieses tauchen zwei 4 mm breite, etwa 1 mm auseinanderstehende Metallplättchen ein. Diese sind an einem auf das Glasgefäss dicht aufgekitteten Cibanitdeckel befestigt und besitzen zwei aus diesem herausragende Anschlussbuchsen, an welche die zu messende Potentialdifferenz angelegt wird.

Bei der Ausführung der Fig. 2 wird der Ölmeniskus von links her durch eine Taschenlampenbatterie beleuchtet und von rechts durch ein kleines, mit Okularskala versehenes Mikroskop anvisiert, um die bis mehrere Millimeter betragende Steighöhe beobachten zu können. Die Kapillarität gibt dabei eine wesentliche Hilfe ab, insofern als der aus dem äusseren Niveau hervorragende Meniskus auch bei der Spannung 0 ungehindert anvisiert werden kann. Eine Regulierschraube erlaubt, diesen Nullpunkt stets exakt einzustellen.

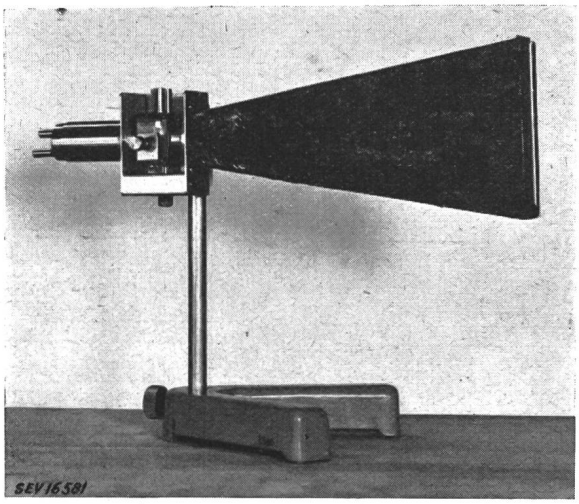

Fig. 3
Ausführung mit Projektionsskala

Bei der Ausführung nach Fig. 3 wird der Meniskus auf eine Mattscheibe mit 10 cm langer Skala projiziert. Zu diesem Zwecke ist links ein 4-V-Lämpchen (mit Steckeranschluss) angebracht, dessen Licht durch einen kleinen Kondensor auf den Meniskus konzentriert wird. Dieser wird seinerseits durch eine Projektionslinse auf die Mattscheibe rechts abgebildet.

Das Gesichtsfeld, das im Mikroskop (Fig. 2) erscheint, ist in Fig. 4 ersichtlich [2]). Hier ist das Gesichtsfeld auf derselben Photoplatte zweimal aufgenommen, einmal bei der Spannung 0 und einmal bei der Spannung 1830 V. Aus der Ablesung $h = 42{,}4$ Teile ergibt sich die Apparatekonstante zu $\frac{1830}{\sqrt{42{,}4}} = 281\ \mathrm{V}\cdot(\mathrm{Teile})^{-\frac{1}{2}}$. Die Spannung für den Ausschlag von 100 Teilen, d. h. für den ganzen Messbereich, ergibt sich damit zu 2810 V.

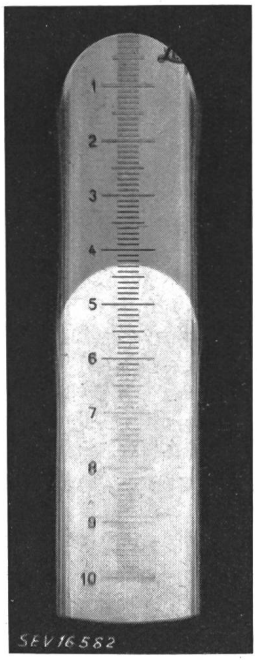

Fig. 4
Gleichzeitige Wiedergabe des Gesichtsfeldes bei den Spannungen 0 und 1830 Volt

Die Einstellung der Voltmeter erfolgt fast momentan, so dass man auch kontinuierliche Spannungsänderungen leicht verfolgen kann. Der Umstand, dass die Kapazität des Instrumentes recht klein ist, bedingt nicht nur eine gute Ladungsempfindlichkeit, sondern ermöglicht auch die Messung von Wechselspannungen höherer Frequenz. Das Voltmeter ist trotz seiner Kleinheit recht stabil, da ja keine mechanisch empfindliche bewegliche Teile (Achsen und feine Fäden) vorhanden sind. Kleine Änderungen der Nullstellung sind sofort korrigierbar. Auch ist die Eichung infolge der genau quadratischen Abhängigkeit einfach. Wenn erforderlich, kann aber die Funktion $U = \mathrm{f}\ (h)$ auch geändert werden, indem statt ebener, geeignet profilierte Kondensatorplättchen verwendet werden. Von Interesse wäre etwa die Herstellung einer mit der Spannung proportional verlaufenden Skaleneinteilung. Schliesslich darf noch darauf hingewiesen werden, dass der hier vorliegende Messbereich von 0...3000 V sich sowohl nach unten, als nach oben bedeutend erweitern lässt, einmal durch Änderung des Plattenabstandes, dann durch Verwendung von Flüssigkeiten mit verschiedenen DK, und schliesslich auch durch Benützung verschiedener Mikroskopvergrösserungen.

Adresse des Autors:
Prof. Dr. *H. Greinacher*, Physikalisches Institut der Universität Bern.

[2]) Diese Figur ist der ersten Veröffentlichung über das neue statische Voltmeter entnommen:

Greinacher, H.: Über ein neues statisches Voltmeter. Helv. Phys. Acta Bd. 21(1948), Nr. 3/4, S. 273...277.