

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 54 (1963)

**Heft:** 11

**Artikel:** Rudolf Emanuel Clausius : 1822-1888

**Autor:** W., H.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916487>

### **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:** 13.01.2026

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

$$p_w \sim \left( \frac{2}{t_u^2} \int_0^{t_u} u \, dt \right)^2 \cdot \int_0^{t_u} t^2 \, dt = \frac{4}{3 t_u} \left( \int_0^{t_u} u \, dt \right)^2 \quad (15)$$

Es ist somit eine ungefähr lineare Zunahme der Verluste mit  $1/t_u$  zu erwarten. In Fig. 5 sind die gemessenen Verluste in Funktion von  $1/t_u$  aufgetragen. Die erhaltene Kurve weicht tatsächlich von der Geraden nicht stark ab. Das erleichtert die Extrapolation auf andere Ummagnetisierungszeiten. Die etwas schwächer als lineare Zunahme mit  $1/t_u$  erklärt sich mit der Zunahme des Wirbelstromwiderstandes infolge der Zunahme der Stromverdrängung mit der Frequenz. Es sei noch betont, dass die gemessenen Verluste nur in dem Fall gelten, wenn die ganze Ummagnetisierung durch den Hauptstrom bewerkstelligt wird. Wird zum Teil mit dem Steuerstrom ummagnetisiert, so erfolgt die Ummagnetisierung im allgemeinen langsamer, und die Verluste sind dann kleiner.

Im Verlauf der Messungen sind auch einige Verlustmessungen bei rechteckförmiger Spannung nach Fig. 1b ausgeführt worden. Drei Messungen bei  $t_u = 0,44\ldots 0,47$ , im Mittel 0,46 ms, haben Verluste von 9,5...10,8, im Mittel 10,0 W/kg, ergeben gegenüber 12,5 W/kg nach Fig. 5. Bei rechteckförmiger Spannung sind somit nur 80% der Verluste bei dreieckförmiger Spannung im Regeldrosselpulsenbetrieb nach Fig. 2 gemessen worden. Eine ähnliche Überlegung wie bei dreieckiger Spannung führt bei rechteckiger Spannung zu den folgenden Wirbelstromverlusten:

$$p_w \sim \int_0^{t_u} u^2 \, dt = u^2 t_u \quad (16)$$

$$\int_0^{t_u} u \, dt = u t_u \quad (17)$$

$$u = \frac{1}{t_u} \int_0^{t_u} u \, dt \quad (18)$$

$$p_w \sim \frac{1}{t_u} \left( \int_0^{t_u} u \, dt \right)^2 \quad (19)$$

Der Vergleich von Gl. (19) mit (15) ergibt 75% der Wirbelstromverluste bei dreieckiger Spannung. Da ausser den Wirbelstromverlusten noch die, vom Verlauf der Ummagnetisierung schwächer oder gar nicht abhängigen Hystereseverluste auftreten, muss der Unterschied der totalen Verluste in den beiden Fällen etwas kleiner als 25% sein. Die bei den Messungen erhaltenen 80% der Verluste im Regeldrosselpulsenbetrieb entsprechen somit recht gut dieser Berechnung.

#### Literatur

[1] Brailsford and Bradshaw: Iron losses at high magnetic flux densities in electrical steel sheets. Proc. of the Instn. of El. Engrs., Part A, 102(1955)4, p. 463.

#### Adresse des Autors:

Rudolf Risch, Physikalisches Laboratorium, AG Brown, Boveri & Cie., Baden (AG).

#### Berichtigung

Wegen eines Versehens ist im Bulletin SEV 1963, Nr. 9, S. 326 die Adresse des Autors unrichtig wiedergegeben. Sie lautet richtig: Prof. A. Imhof, Delegierter des Verwaltungsrates der Moser-Glaser & Co. AG, Muttenz (BL).

## RUDOLF EMANUEL CLAUSIUS

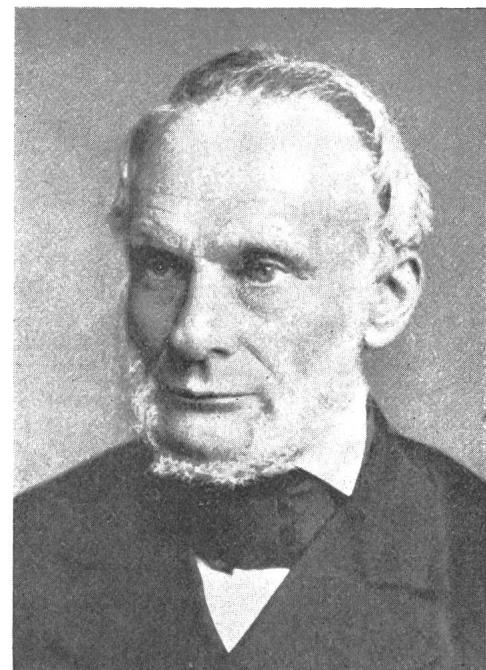
1822—1888

Jeder Zürcher Student kennt die Clausius-Strasse. Aber wer war Clausius, zu dessen Ehren die 1895 erbaute Strasse so benannt wurde?

Als sechstes einer 18-köpfigen Kinderschar kam Rudolf Emanuel Clausius am 2. Januar 1822 im deutschen Köslin in Pommern zur Welt. Sein Vater, der Theologe war, liess Rudolf mit 18 Jahren an die Universität Berlin ziehen. Um seine vielen Geschwister etwas unterstützen zu können, betätigte er sich als Lehrer, wodurch sich aber seine Studien bis ins Jahr 1848 hinauszogen. Seine Promotionsarbeit handelte über «den Regenbogen und verwandte Erscheinungen». Als Physiklehrer wirkte er alsdann an der Artillerieschule zu Berlin und nebenbei als Privatdozent an der dortigen Universität.

1855 kam Clausius als Physikprofessor an das neu gegründete Polytechnikum nach Zürich. Zwei Jahre später, von 1857 bis 1867 lehrte er dieses Fach an beiden Zürcher Hochschulen, folgte dann aber einem Ruf an die Universität Würzburg. 1869 wechselte er bereits wieder an die Universität Bonn, wo er 1884/85 das Amt des Rektors bekleidete. Am 24. August 1888, also vor 75 Jahren, starb R. E. Clausius in Bonn. Seine Hauptverdienste liegen auf dem Gebiet der Wärmelehre.

Die Erforschung der Wärmevergänge war zu jener Zeit noch nicht sehr weit gediehen. Noch war man der Meinung, Wärme sei eine unzerstörbare und unerschaffbare Substanz. Erst als man erkannt hatte, dass Wärme eine Energieform darstellt, kam man mit den Erkenntnissen vorwärts. 1840 hatte der grosse deutsche Arzt und Physiker Robert Mayer das Prinzip der Erhaltung der Energie postuliert (1. Hauptsatz), sowie zwei Jahre später das mechanische Wärmeäquivalent errechnet und experimentell bestimmt. Auf diesen Errungenschaften aufbauend stellt der 28-jährige Clausius im Jahr 1850 den sog. «zweiten Hauptsatz» der Thermodynamik auf, der besagt, dass Wärme nicht von selbst von einem kälteren auf einen wärmeren Körper übergehen kann.



In seine Zürcher Zeit fällt die Aufstellung einer zwar wenig bekannten Theorie über die elektrolytische Leitung, dann aber die Publikation einer seiner grundlegenden Arbeiten «Über die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen» (beides 1857). In der letztern Arbeit berechnet er die mittleren Geschwindigkeiten und die freien Weglängen der Gasmoleküle. 1865 definiert er den für die Thermodynamik wichtigen Begriff der Entropie, eine Zustandsfunktion der Wärmeenergie, deren Gesamtwert in einem geschlossenen System nie abnimmt, vielmehr stets wächst.

Mit diesen wichtigen Beiträgen zur Wärmetheorie reiht sich Clausius mit Carnot, Robert Mayer und andern in die vordersten Ränge derjenigen Wissenschaftler ein, die den Wärmekraftmaschinen den Weg ebneten und ohne deren Erkenntnisse die heutige Energiewirtschaft nicht existieren könnte.

H. W.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Kurznachrichten über die Atomenergie

621.039

Zwischen dem 11. und 14. März 1963 fand in Bombay ein wissenschaftliches Symposium statt, in welchem über die Wahl der Standorte von Atomreaktoren und Forschungsanlagen diskutiert wurde.

Neben technischen Erwägungen, die für die Eignung eines Standortes, besonders des Bodens, für eine Kernanlage massgebend sind, muss vor allem die Möglichkeit einer radioaktiven Verseuchung der Umgebung bei einem Unfall in Betracht gezogen werden. An der Tagung wurde betont, dass bei der Ausarbeitung von Kriterien für die Standortwahl alle Umstände berücksichtigt werden müssen, durch die bei einem Unfall in einer kerntechnischen Anlage die Bevölkerung gefährlichen Strahlendosen ausgesetzt werden könnte.

Das erste regionale Radioisotopeninstitut wurde mit einem Festakt im Sitzungssaal der Arabischen Liga in Kairo eröffnet.

Die Sowjetunion ernannte ihren neuen ständigen Vertreter bei der Internationalen Atomenergie-Organisation in der Person von P. K. Panomarenko. Botschafter Panomarenko übernimmt den Posten, den seit der im November 1961 erfolgten Rückkehr Molotows provisorisch A. I. Alexandrow innehatte.

Bolivien hat am 15. März 1963 das Dokument über die Annahme der Satzung der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) bei der Regierung der Vereinigten Staaten hinterlegt und ist damit der Organisation als einundachtzigstes Mitglied beigetreten.

Mit der Revision der von der IAEO ausgearbeiteten Sicherheitsvorschriften für die Beförderung radioaktiver Materialien befasste sich eine von der Organisation einberufene Sachverständigengruppe, die am 22. März 1963 eine zweiwöchige Tagung beendete.

Die Revision durch die Arbeitsgruppe zeitigte folgende Ergebnisse:

Man einigte sich auf eine Anzahl von Änderungen der Vorschriften, durch die die Beförderung geringer Mengen radioaktiver Stoffe erleichtert werden soll. Für die Beförderung von Spaltstoffen und Kernbrennstoffen, die rasch zunimmt, wurden genauere Richtlinien ausgearbeitet. Ferner wurde beschlossen, Kriterien für die Konstruktion von Transportbehältern festzulegen und im Einvernehmen mit anderen Organisationen Testverfahren auszuarbeiten, um klare Richtlinien für die Verpackung zu geben. Außerdem wurde festgestellt, welche anderen Probleme weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten erfordern.

Der neue Entwurf der Vorschriften, der auf einigen Gebieten noch weitere Untersuchungen erfordert, wird vor der Veröffentlichung noch zur Meinungsäußerung an die Mitgliedstaaten und an zuständige Organisationen gesandt.

Kurzlebige Radioisotope in frisch gefallenen Meteoriten bieten eine ausgezeichnete Möglichkeit, das Vorhandensein und die Natur von Strahlungen im Weltraum und auch im Strahlungsgürtel um die Erde zu bestimmen. Wenn jedoch Meteoriten nicht sehr bald nach ihrem Eintreffen auf der Erdoberfläche in entsprechend ausgerüsteten Laboratorien analysiert werden, sind die in ihnen vorhandenen kürzerlebigen Radioisotope bereits soweit zerfallen, dass eine genaue quantitative Bestimmung nicht mehr möglich ist. Der Generaldirektor der IAEO hat daher alle 81 Mitgliedstaaten der Organisation aufgefordert, Laboratorien namhaft zu machen, die an derartigen Untersuchungen interessiert sind, und mitzuhelfen, um den Transport frischer Meteoriten an den Amtssitz der IAEO in Wien sowie die rasche Verteilung von Proben an die verschiedenen Laboratorien zu ermöglichen.

Die Anwendung von Radioisotopen und radioaktiven Strahlen zur Bekämpfung von Insekten, die Pflanzen und Tiere angreifen, bildet den Gegenstand eines gemeinsam von der IAEO und der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinigten Nationen (FAO) einberufenen Symposiums, das auf Einladung der griechischen Regierung vom 22. bis 26. April 1963 in Athen abgehalten wurde.

Im Laufe des Symposiums wurde eine Reihe von Problemen, wie die Anwendung von Radioisotopen in ökologischen Studien betreffend die Ausbreitung, die Wanderung und den Lebenskreislauf der Schädlinge behandelt. Auch die Verwendung von Schädlingsbekämpfungsmitteln, deren Markierung, Anwendung, Aufnahme, Verlagerung, Stoffwechsel und Wirkungsweise, die Feststellung von Rückständen solcher Mittel bei Pflanzen und Tieren, der Insektenstoffwechsel, die Wirkung radioaktiver Strahlung auf Insekten und die dadurch hervorgerufenen Mutations- und Sterilisationserscheinungen und schliesslich die Anwendung einer auf dem Einsatz sterilisierter männlicher Insekten beruhenden Methode zur Bekämpfung und Ausrottung der Schädlinge wurden behandelt.

Radioisotope und radioaktive Strahlungsquellen haben sich als ein überaus nützliches Werkzeug bei der Bekämpfung von Schädlingen erwiesen, die den Ernte- und Viehbeständen ungeheure Schäden zufügen können (für die Welterde werden die Verluste jährlich auf 4 Milliarden Dollar geschätzt). Ihr Wert liegt hauptsächlich darin, dass sie ein einzigartiges Mittel für die Erforschung der Physiologie von Insekten, der in ihnen ablaufenden biochemischen Prozessen, ihrer biologischen Gepflogenheiten sowie der Beziehungen der Insekten zu ihrer Umwelt bietet. Chemische Mittel waren früher die einzige und sind zur Zeit noch die wichtigste Waffe im Kampf gegen solche Schädlinge. Die Verwendung von Giftstoffen hat jedoch neue Probleme mit sich gebracht. Einerseits konnten Insekten eine gewisse Widerstandsfähigkeit gegen toxische Substanzen erlangen, so dass man gezwungen ist, fortwährend neue Mittel zu entwickeln. Andererseits haben sich die Chemikalien oft für die Tiere und sogar für den Menschen als schädlich erwiesen. Rückstände solcher Chemikalien, die von Nährpflanzen längere Zeit mitgeführt werden, können daher eine Gefahr für die öffentliche Gesundheit darstellen. Hier bieten die Radioisotope übrigens ein Mittel, das Vorhandensein solcher Rückstände wie auch die Grenzen der Verwendungsmöglichkeit chemischer Gifte festzustellen.