Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 27 (1936)
Heft: 14

Artikel: Ein neues Photoregistrierinstrument für Erdstrommessungen
Autor: Beck, W. / Bahrdt, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057512

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

L'augmentation du nombre de nouvelles sources lumineuses, dont chacune a ses propres caractéristiques, ne conduira pas à une diminution de la consommation d'énergie (comparez toutes les applications énumérées au début et leur répartition dans les différents domaines); la série de nouvelles sources lumineuses nous obligera à considérer avec toujours plus d'attention la question de savoir quelle lumière on doit utiliser. Cela signifie encore une fois que les nouvelles lampes à décharge ne remplaceront pas les lampes existantes, mais qu'elles les compléteront de manière fort utile, en nous permettant de disposer à loisir de diverses sources lumineuses s'adaptant au mieux aux différentes exigences.

—

Au cours de cette conférence, je n'ai pu noter que très brièvement les diverses possibilités qu'offre l'emploi des lampes à décharge en atmosphère gazeuse. J'ai montré que la tendance n'est pas d'obtenir à nouveau un spectre blanc, mais bien un spectre modifiable selon les besoins. Je ne veux toutefois pas passer complètement sous silence un autre domaine d'études, celui de la fluorescence et de la luminescence [15]). Mon aperçu serait d'autre part incomplet si je ne mentionnais enfin un domaine tout à fait différent dans les recherches de nouvelles sources lumineuses: celui auquel le professeur Ornstein, du Laboratoire de Physique d'Utrecht, s'est attaqué à la demande de la Fondation Rockfeller, sur les «bactéries luminescentes».

Nous sommes actuellement au début d'un développement tout nouveau de l'éclairage, développement dans plusieurs directions, qui nous force à considérer non seulement les problèmes physiques, mais dans la même mesure les problèmes physiologiques et psychologiques, développement qui conduira à une meilleure utilisation de la lumière et à un accroissement de la consommation d'énergie.

J'espère avoir ainsi éveillé votre intérêt pour ce nouveau développement.

[15]) Voir la conférence de M. Schneider, qui sera publiée dans un prochain numéro.

(La suite paraîtra dans un prochain numéro.)

Ein neues Photoregistrierinstrument für Erdstrommessungen.

Von *W. Beck*, Warschau, und *A. Bahrdt*, Berlin.

621.317.715.087.5 : 621.3.014.6.0014

Es wird ein Zeißsches Schleifengalvanometer beschrieben, das eine Einstelldauer von einigen Zehntel-Sekunden besitzt, und photographische Registrierung der Ausschläge gestattet. Als Beispiele für die Anwendung des Instrumentes werden einige in Berlin ausgeführte Erdstrommessungen erläutert, aus denen der Zusammenhang der Erdströme mit dem elektrischen Bahnbetrieb hervorgeht.

L'auteur décrit un galvanomètre à boucle Zeiss, dont l'équipage mobile prend en quelques dixièmes de seconde sa position équilibre et qui permet un enregistrement photographique. Il cite comme exemples d'application de cet instrument quelques mesures de courants vagabonds exécutées à Berlin et qui montrent la relation entre ces derniers et la traction électrique dans le voisinage.

In der Technik der Messung vagabundierender Ströme machte sich schon lange der Mangel an geeigneten Registriergeräten bemerkbar. Die oft angewendeten Fallbügelinstrumente erwiesen sich in all den Fällen als unzulänglich, wo schnell schwankende Ströme auftraten, oder wo es darauf ankam, sehr kleine Spannungsdifferenzen zu erfassen. Da im allgemeinen Messgeräte, die nach dem Prinzip eines Fadeninstrumentes mit Spiegelablesung [1]) aufgebaut sind, in jeder Hinsicht zu empfindlich scheinen, um für Messungen an Ort und Stelle allgemein verwendet zu werden, versuchte man, geeignetere Geräte ausfindig zu machen. So wurde vom General Post Office in London [2]) einmal der Vorschlag gemacht, mit Hilfe eines von der Firma Zeiss herausgebrachten Spezialgerätes, dem Schleifengalvanometer [3]), sehr kleine Spannungsabfälle, gegebenenfalls in Kombination mit Röhrenvoltmeter und Kalomelelektrode registrierend zu erfassen. Es schien von besonderem Interesse, Messungen mit dem genannten Instrument auf breiterer Basis durchzuführen und besonders auch damit die Verhältnisse an unterirdischen Gas- und Wasserrohren genauer zu untersuchen.

Das Zeißsche Schleifengalvanometer (Fig. 1) ist ein Instrument, bei dem eine dünne Metallschleife, ein Band aus leichter Folie oder ein Draht mit jedem Schenkel in einem Magnetfeld hängt und

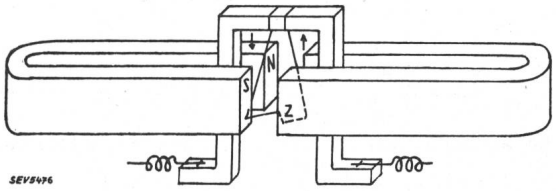

Fig. 1.
Schematische Darstellung des Zeiss-Schleifengalvanometers
(Schleife in hängender Lage).

gut gedämpft in ihm schwingen kann. Die magnetischen Felder werden durch starke Permanentmagnete erzeugt, die mit den ungleichnamigen Polen gegenüberstehen. Das Instrument ist fast so bequem im Gebrauch wie ein Zeigergalvanometer, weist indessen eine wesentlich höhere Empfindlichkeit auf. Die Einstelldauer beträgt einige Zehntelssekunden. Wie aus Fig. 1 noch hervorgeht, ist das

[1]) C. M. Longfield J. Inst. Electr. Engr. Bd. 76 (1935), S. 107.

[2]) 3e réunion plénière der Commission Mixte Internationale 1932, p. 111, 113/114, 139/140.

[3]) R. Mechau: Phys. Z. Bd. 24 (1923), S. 242.

untere Ende der Schleife in Form einer Zacke (Z) ausgebildet, deren mittlerer Teil zur Ablesung benutzt wird.

Es ist ein grosser Vorteil des Instrumentes, dass die Schleife durch schwach störende Felder so gut wie gar nicht beeinflusst wird, da sie sich in einem relativ starken Magnetfeld bewegt, so dass die störenden Fremdfelder gegenüber dem normalen Streufeld klein sind. Als besonderer Vorteil erwies sich bei unseren Messungen, dass das Gerät gegen Erschütterungen in hohem Masse unempfindlich ist; es lässt sich daher sicher transportieren. Auch nach grösseren Ausschlägen konnten wir merkliche Nullpunktsänderungen nicht feststellen. Weiterhin ist der Schleifenwiderstand nur sehr gering (7,3 Ohm) und die Spannungsempfindlichkeit gross. Das Galvanometer ist gegen Luftströmungen abgeschirmt und daher sehr gut im Freien verwendbar. Wir benutzten es im allgemeinen in hängender Schleifenstellung. Man kann indessen durch Drehung des Gehäuses, in dem sich die Schleife befindet, um 180° das Gerät in stehende Lage bringen, und dadurch eine etwa sechsmal grössere Empfindlichkeit erreichen, die durch optische Massnahmen abermals noch um das achtfache gesteigert werden kann. Die höchste Empfindlichkeit beträgt 10^{-8} A. Wir verwendeten durchgängig eine Bandschleife. Die Ausschläge der Schleife kann man in einem Mikroskop beobachten, in dessen Gesichtsfeld eine 100teilige Skala angeordnet ist. Man beobachtet im Mikroskop die Schleife als scharfen Schatten, der durch geeignete Einstellung einer im Gehäuse eingebauten und

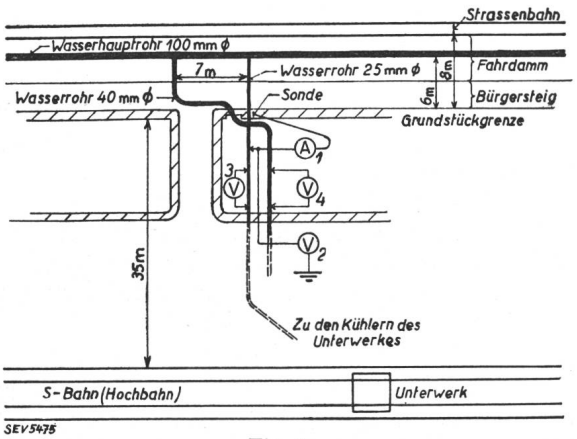

Fig. 2.
Situationsplan der für die Aufnahmen Fig. 3 benützen Messanlage.
A, V Ampèremeter, bzw. Voltmeter zur Messung
1 des Stromes 25 mm-Rohr—Sonde,
2 der Spannung 25 mm-Rohr—Erde,
3 des Stromes im 25 mm-Rohr,
4 des Stromes im 40 mm-Rohr.

von aussen verdrehbaren Spaltblende erzeugt wird. Da wir in unserem Falle photographisch registrierten, wurde als Lichtquelle eine Glühlampe geeigneter Helligkeit verwendet [4]). Bei den Messungen erwies sich ein Filmvorschub von ca. 122 mm pro Minute als zweckmässig; die Registrierung erfolgte auf Schmalfilm.

Fig. 3 zeigt einige mit dieser Einrichtung an einer Anlage nach Fig. 2 aufgenommene Registrierstreifen. Der senkrechte, lange, weisse Strich auf den Streifen ist die Nullinie. Die Zeitzeichen (waagerechte, kurze, weisse Striche) wurden durch elektro-

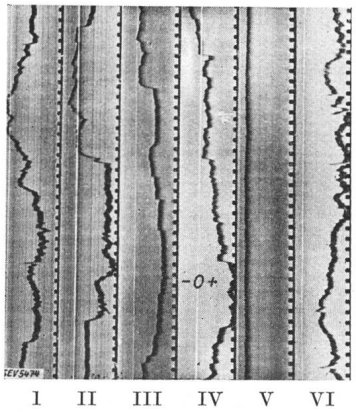

Fig. 3.
Beispiele von Registrierungen mit dem Zeiss-Schleifengalvanometer nach Fig. 1. (Erklärungen im Text.)

magnetische Ausschaltung des Lichtstromes mit Hilfe einer Signaluhr bewirkt, und zwar immer nach 6 m 20 s.

Streifenabschnitt I zeigt das Ergebnis der photographischen Registrierung des Spannungsabfalles über eine 2,11 m lange Strecke des 25 mm-Rohres (Fig. 2).

Unter II sind die Schwankungen des Stromes, der von einer elektrolytischen Sonde in das Innere einer Hausmauer ausgestrahlt wurde, photographisch registriert.

III zeigt die gleiche Messung wie II, zu einer andern Tageszeit ausgeführt.

Unter IV findet man die Spannungsdifferenzen zwischen dem 25 mm- und dem 40 mm-Rohr.

Die Aufnahmen V und VI sind gesondert zu betrachten. Es handelte sich um Ermittlungen, die an einem andern Messobjekt ausgeführt wurden, und zwar an Rohren der Berliner städtischen Wasserwerke, die in der Gegend eines Spreeufers verliefen und durch Korrosionen beschädigt wurden. Nahe bei den Rohren befanden sich eine Anzahl von gleichstromgespeisten Kohlenkranen, die meist in Betrieb waren.

V zeigt wieder den Charakter des Stromes, der von einer elektrolytischen Sonde in das Erdreich ausgestrahlt wurde. Die Messung erfolgte nach Schluss des Kranbetriebes.

VI zeigt einen Registrierstreifen, der die Spannung desselben Rohres gegen eine in die Erde eingeführte Bezugselektrode aufweist (Entfernung des Erdstabes von dem Rohr 50 cm). Der besonders unruhige Charakter dieses Stromes ist recht auffällig, während der nach Betriebsschluss festgestellte Strom (V) verschwindend klein war und kaum Schwankungen zeigte.

Die erwähnte elektrolytische Sonde wurde in bestimmter Ausführungsform zu Messungen an Eisenrohren zuerst von uns [5]) benutzt. Wie das Schleifengalvanometer wurde sie von Michalke [6]) für Messungen an Fernmeldekabeln vorgeschlagen und spä-

[4]) Der Firma Zeiss unterbreiteten wir eine Reihe von Aenderungsvorschlägen konstruktiver Art, die das Instrument für Erdstrommessungen noch geeigneter machen sollen.

[5]) W. Beck: Trans. Inst. Gas Engr. 1933, Nr. 69.

[6]) C. Michalke: Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen, Bd. 7 (1909), S. 226; Z. Verkehrstechnik Bd. 9 (1922), S. 114; ETZ Bd. 44 (1923), S. 329.

ter von Messmer [7]) und Haehnel [8]) erprobt. Die Sonde besteht aus einem kleinen Zylindersektor gleichen Materials wie das Rohr, an dem die Messungen ausgeführt werden. Sie wird isoliert von diesem fest auf die Rohroberfläche aufgebracht und (in unserm Falle) über das Schleifengalvanometer mit dem Rohr leitend verbunden. Strahlt das Rohr Strom aus, so strahlt auch die Sondenelektrode, die infolge des Kurzschlusses mit dem Rohr das gleiche Potential gegen Erde besitzt wie das Rohr [9]). Da die Oberfläche der Elektrode bekannt ist, kann man die Stromdichte z. B. auf 1 dm² ausrechnen und sich eine gewisse Vorstellung über die Korrosionsgefahr machen. In unserm Falle wurde ein Loch aus der Mauer ausgestemmt, die Sonde aufmontiert und fest einzementiert.

Die Auswertung der beschriebenen Registrierstreifen führte zu interessanten Ergebnissen. Sie erfolgte derart, dass alle 10 s die Entfernung der aufgenommenen Linie von der Nullinie ausgemessen wurde, d. h. auf etwa 2 cm Filmlänge kamen 6 Messungen.

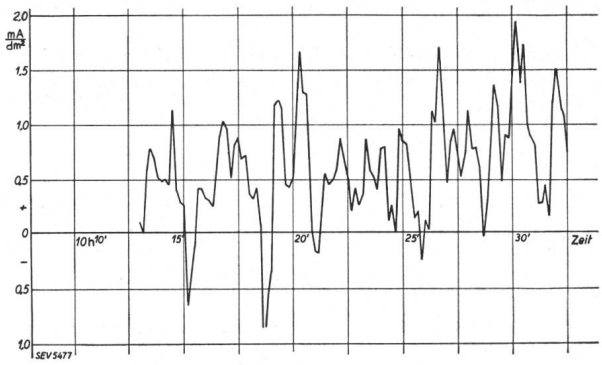

Fig. 4.
Sondenmessungen am Rohr von 25 mm ⌀.

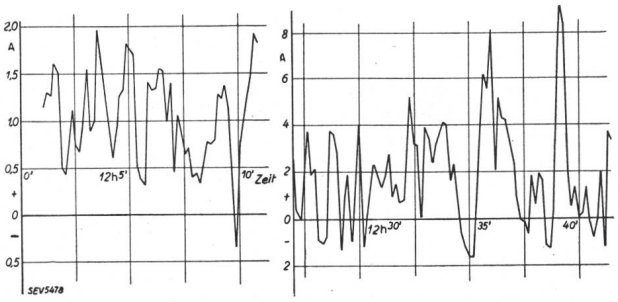

Fig. 4A.
a **Strom im 25 mm-Rohr.** *b* **Strom im 40 mm-Rohr.**

Fig. 4 zeigt die Sondenströme zu bestimmten Beobachtungszeiten nach der Auswertung der entsprechenden Registrieraufnahmen am 25 mm-Rohr. Es geht aus diesem Diagramm hervor, dass das Rohr meistens Ströme in das Mauerwerk ausstrahlt, die im Mittel etwa 1 mA/dm² betragen; weiter treten Spitzenwerte auf, die fast 2 mA/dm² betragen. In Fig. 4 A sind die entsprechenden Rohrströme aufgezeichnet, die aus Spannung und Widerstand ermittelt wurden; wie man sieht, treten ganz beträchtliche Ströme in den Rohrleitungen auf. Wie die Erfahrung bestätigt, muss man das betreffende Rohr unbedingt als gefährdet ansehen [10]).

In der Fig. 5 sind die Schwankungen der Spannungsdifferenzen zwischen den beiden Rohren als Funktion der Zeit und in Abhängigkeit vom Verkehr der Stadtbahn(S-Bahn-)-züge aufgezeichnet, während Fig. 6 das entsprechende Dia-

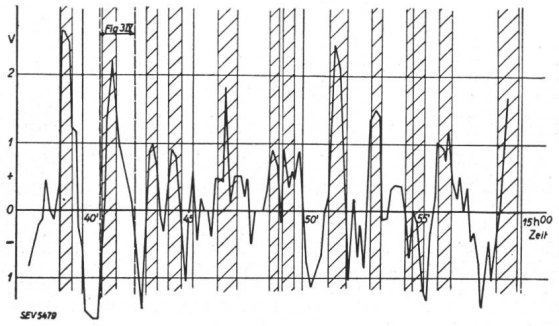

Fig. 5.
Schwankungen der Spannung zwischen dem 25 mm-Rohr und dem 40 mm-Rohr
in Abhängigkeit vom Verkehr der Stadtbahnzüge.
Die schraffierten Teile geben die Anfahrtperioden der Züge an.

gramm für die aufgenommenen Sondenströme zeigt. Durch Schraffierung ist eine Messperiode kenntlich gemacht, von dem Moment des Anfahrens eines S-Bahnzuges in einem ganz nahe gelegenen Bahnhof an gerechnet. Ausserdem ist eingetragen, zu welchem Stück der Schaulinien die in Fig. 2 niedergelegten Photoregistrierungen (Nr. IV, bzw. Nr. II) gehören. Es ist unverkennbar, dass die auftretenden Spannungs-

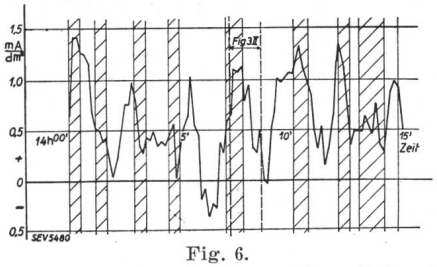

Fig. 6.
Schwankungen des aus der Sonde am 25 mm-Rohr strahlenden Stromes, in Abhängigkeit vom Verkehr der Stadtbahnzüge.

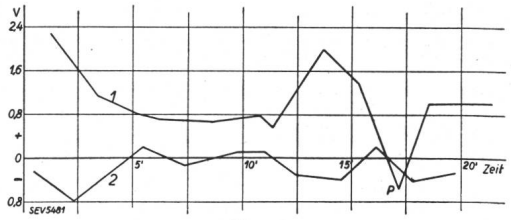

Fig. 7.
Mittlere Spannungsunterschiede zwischen dem 25 mm-Rohr und dem 40 mm-Rohr.
Kurve *1* S-Bahn-Verkehr.
Kurve *2* Verkehrspause.
P Vorbeifahrt einer Strassenbahn.

höchstwerte mit dem Verkehr der S-Bahn in einem ursächlichen Zusammenhang stehen; ähnliches lehrt auch Fig. 6 [11]) und Fig. 7. In Fig. 7 sind die Mittelwerte der Spannungen zwischen den beiden Rohren als Funktion der Zeit, einmal während des Zugsverkehrs, ein anderes Mal während einer Betriebspause, eingetragen. Auffällig ist, dass sich auch die Vorbeifahrt einer Strassenbahn an dem betreffenden Hause deutlich bemerkbar macht.

[7]) T. D. F. Messmer: Telegr. u. Fernsprechtechn. Bd. 10 (1921), S. 117, 140.

[8]) O. Haehnel: Z. Fernmeldetechn. Bd. 4 (1923), S. 35, 49.

[9]) Das gilt allerdings nur mit einer gewissen Näherung (Polarisationspotentiale!).

[10]) S. z. B. Deutsche Erdstromvorschriften p. 22, § 5, Abs. 2 (1910/1911).

[11]) Aus früheren Messungen mit weniger empfindlichen Geräten konnte dieser Zusammenhang nicht mit Sicherheit erschlossen werden.

Bei diesen Messungen handelte es sich um eine Aufzeichnung von relativ erheblichen Strömen und Potentialdifferenzen und besonders um die Verfolgung von Strömen, die in das Innere einer Hausmauer ausgestrahlt wurden. Weitere Messungen mit einer elektrolytischen Sonde im Boden, ausgeführt an einer Oelgasleitung, deren Flanschen in Luftschächten liegen und eine isolierende Zwischenlage enthalten, erwiesen, dass man mit dem Schleifengalvanometer auch winzige Spannungsabfälle und Ströme sehr genau ermitteln kann. Die elektrolytische Sonde gab dabei auch die kleinsten und lebhaftesten Stromschwankungen wieder.

Ueber die Bewährung des Schleifengalvanometers in der Technik der Messung vagabundierender Ströme kann man zusammenfassend ausführen, dass es vorzüglich geeignet ist, einen deutlichen Ueberblick über die Natur von Erdströmen und Spannungsabfällen zu geben. Durch seine hohe Empfindlichkeit ist es den üblichen Punktschreibern und ähnlichen Geräten weit überlegen. Das gleiche gilt auch für die Klarheit und Uebersichtlichkeit der aufgenommenen Registrierstreifen. Es hat sich herausgestellt, dass die Auswertung der damit gewonnenen Aufnahmen mit viel grösserer Sicherheit auf die Ursachen von Streuströmen auch kleinster Grössenordnung zu schliessen gestattet, als es bisher möglich war.

Herrn Reichsbahnoberrat Schieb, Berlin, danken wir auch an dieser Stelle für das grosse Interesse und die Förderung, die er dieser Arbeit zuteil werden liess, ferner Herrn Dr. E. Schneider für die Hilfe, die er uns bei den Messungen geleistet hat. Bei dieser Gelegenheit sei auch auf die interessante Arbeit von Herrn Dipl.-Ing. G. Böninger im «Gas- und Wasserfach» vom 4. Januar 1936, S. 5, aufmerksam gemacht, wo ausführlich über die vergleichenden Versuche berichtet wird, die hier als Beispiele angeführt wurden.

Die Tariffrage in England.

Von *Walter Ohr*, zur Zeit London.

621.317.8(42)

Es wird das wesentlichste aus den aktuellen englischen Diskussionen über die Tariffrage mitgeteilt. Das interessanteste ist dabei das Experiment von Oxford, wo die Tarife im Jahre 1931 auf einen Schlag ganz beträchtlich reduziert wurden, mit dem Resultat, dass der Konsum sich von 1931 bis 1935 verdreifachte, während die maximale Belastung sich nicht einmal verdoppelte; dabei war der Nettogewinn 1935 grösser als 1931. — Die Tendenz geht in England allgemein nach einem Tarif mit Grundabgabe und möglichst geringem kWh-Preis.

L'auteur résume l'essentiel des discussions engagées en Angleterre à propos des tarifs. L'expérience la plus intéressante a été tentée à Oxford, où les tarifs ont été abaissés considérablement et tout d'un coup en 1931. Il en est résulté que la consommation d'énergie a quadruplé de 1931 à 1935, bien que la charge maximum n'ait pas seulement doublé; et le bénéfice net a été supérieur en 1935. La tendance actuelle, en Angleterre, est de répandre un tarif avec taxe de base, le prix du kWh étant maintenu aussi bas que possible.

Die «Institution of Electrical Engineers» hielt am 2. April 1936 in London eine Diskussion über das Tarifsystem in England ab. Der Diskussion lagen zwei Arbeiten zugrunde, eine von Professor Miles Walker, in welcher über die sehr grossen Elektrizitätspreisunterschiede in den verschiedenen Distrikten hingewiesen wurde, und eine Arbeit von B. Handley, in welcher besonders zum sogenannten «two-part-tarif» [1]) Stellung genommen wird.

Da das englische Tarifsystem wesentlich verschieden von unseren schweizerischen Tarifen ist, die Probleme des Elektrizitätsverkaufes aber hier wie dort dieselben Motive haben, ist es wohl auch für uns Schweizer interessant, wesentliches aus dem englischen Tarifkampf zu erfahren.

Dieser Kampf ist in ein besonders reges Fahrwasser gekommen, nachdem eine sehr mutige Preisreduktion in der Stadt Oxford die enormen Möglichkeiten einer allgemeinen Preissenkung gezeigt hat. Bis 1931 war die Elektrizitätsversorgung von Oxford in Händen eines Privatunternehmens, welches den folgenden Tarif über 40 Jahre beibehalten hatte:

für Beleuchtung:	erste	260 kWh	. 47	Rp./kWh [2])
	nächste	3500 »	. 38	»
	nächste	2000 »	. 31½	»
	alle weiteren	»	. 22	»
für Heizung	. . . . .		. 17,3	»
für Kraft:	erste	2000 kWh	. 22	»
	nächste	1000 »	. 14	»
	alle weiteren	»	. 9½	»

Nachdem 1931 die Gemeinde Oxford die Elektrizitätsversorgung übernommen hatte, wurde dieser Tarif folgendermassen geändert:

Für Haushaltbedarf (Beleuchtung, elektr. Kochen und Heizen, Warmwasserbereitung und Kleinkraftbedarf):

1. Staffel: vierteljährlich eine bestimmte, von der Zahl der Räume abhängige kWh-Zahl zum Preise von 30 Rp./kWh.
2. Staffel: der über die 1. Staffel hinausgehende Verbrauch zum Preise von 3,16 Rp./kWh im Winter und von 2,1 Rp./kWh im Sommer.

Für ein Haus mit 20 Räumen, in dem 8000 kWh im Jahre verbraucht werden, stellen sich somit die Jahreskosten auf:

1. Staffel:	750 kWh zu 30 Rp.	Fr. 225.—
2. Staffel:	Winterverbrauch: 3500 kWh zu 3,16 Rp.	» 110.60
	Sommerverbrauch 3750 kWh zu 2,1 Rp.	» 78.75
	Total 8000 kWh	Fr. 414.35

Aus dieser Aufstellung ergibt sich der mittlere Preis zu $\frac{415{,}35}{8000} \cdot 100 = 5{,}18$ *Rp./kWh.*

Diese Zahlen sind der Praxis entnommen. Die für England sehr erfreuliche Tatsache, dass Sommer- und Winterverbrauch ziemlich ausgeglichen sind, ist daraufhin zurückzuführen, dass im modernen englischen Haus im Winter mit Kohle, Gas und Elektrizität und im Sommer vorzugsweise nur mit Elektrizität geheizt wird, so dass der Elektrizitätsverbrauch für Heizzwecke im Sommer steigt und ein gutes Aequivalent gegen den grösseren Lichtbedarf im Winter bildet. Die englische Elektrizitätsindustrie gibt sich auch alle Mühe, diesen Typ des modernen elektrischen Hauses zu propagieren. Das englische Küstenklima mit milderen Wintern und kühleren Sommerabenden kommt dabei den Propagandisten zu Hilfe, welche mit Recht in jedem Haus *ein* Kohlekamin, im sog. «drawing-room» und *mehrere* im ganzen Haus verteilte elektrische Heizöfen von kleineren bis mittleren Heizleistungen sehen möchten.

[1]) Zweigliedtarif. Der in der Folge näher beschriebene Tarif ist jedoch nach unserer Auffassung kein Zweigliedtarif, sondern ein Staffel- oder Regelverbrauchstarif, bei welchem die Grösse der ersten Staffel von einem ausserhalb des effektiven Verbrauchs liegenden Kriteriums abhängig ist. *(Red.)*

[2]) Alle Umrechnungen nach Kurs 1 £ = Fr. 15.15.