

Galvanische Elemente und deren Ersatz durch Wechselstrom-Gleichrichter.

Von

Prof. Dr. Max Jüllig,

Ministerialrat a. D.

Vortrag, gehalten den 4. Dezember 1918.

Mit 14 Abbildungen im Texte.



Es gibt wohl kaum ein Gebiet menschlichen Wirkens und Schaffens, auf das nicht der Krieg in gewaltsamer Weise Einfluß genommen hätte. Davon wissen nicht nur die besorgten Hausväter und Hausmütter zu erzählen, auch die Techniker haben alle Kräfte anzuspannen, um mit ihren Leistungen den oft ganz neuartigen und exorbitanten Forderungen zu entsprechen. Die Elektrotechniker mußten zunächst den Mangel an Kupfer zu fühlen bekommen. Andere Metalle, Zink, Aluminium, Eisen usw. mußten zu Zwecken verwendet werden, für welche früher das Kupfer als das einzige vollwertige Metall galt. Desgleichen mußte getrachtet werden, im Gebiete der Isolatoren für die schwer erreichbaren Stoffe: Kautschuk und Guttapercha, Ersatz zu schaffen. Auch die galvanische Batterie ist in ihrer Lebensexistenz bedroht. Kupfer und Kupfervitriol, Salmiak und Braunstein, bisher unentbehrliche Ingredienzien für den Batteriebetrieb, werden immer seltener und sind heute ganz gewaltig im Preise gestiegen.

Große, aber nicht immer unbesiegbare Schwierigkeiten haben sich auch im Betriebe der Elektrizitätswerke für Starkstrom fühlbar gemacht. Immerhin ist

es aber leichter, Strom für eine elektrische Lampe, als Öl, Petroleum und Kerzen zu bekommen. Dies war auch ein Fingerzeig für alle, welche sich galvanischer Batterien zu bedienen haben, einen Ersatz auf dem Wege der Transformation des Starkstromes in Schwachstrom zu suchen. Schon im Frieden haben große Telegraphenämter, die sich früher ausgedehnter Batterieanlagen bedienen mußten, Starkstromanlagen benützt und durch Akkumulatoreneinrichtungen die Auslagen für elektrische Energie wesentlich herabgedrückt.

Auch im Eisenbahnbetrieb wurden vielfach kleine Akkumulatorenbatterien angewendet, konnten jedoch keineswegs die galvanische Batterie verdrängen.

Bezüglich der Verwendung der letzteren kann man Ruhe- und Arbeitsstrombatterien unterscheiden. Als Ruhestrom bezeichnet man einen technischen Zwecken dienenden elektrischen Strom, der Tag und Nacht in gleicher Stärke zirkuliert. Für Telegraphen- und Signalzwecke wird häufig Ruhestrom benützt und werden telegraphische Zeichen, bezw. Signale durch Stromunterbrechung erzeugt. Als das geeignetste galvanische Element für Ruhestrom kann man das Zink-Kupfer-Element (Type Daniell) bezeichnen. Bei Arbeitsstrom erfolgt die Zeichengebung durch Stromschluß. Für Arbeitsstromlinien kann man sowohl das Daniell-Element und seine Abarten, als auch das Element System Leclanche (Zink-Kohle-Braunstein-Salmiak) verwenden und wird das letztere wegen seiner

höheren elektromotorischen Kraft und seines — in der Regel — geringeren Widerstandes halber oft bevorzugt.

Im Daniell-Element und seinen technisch brauchbaren Abarten (System Callaud, Krüger, Meidinger, Kohlfürst usw.) wird Zink und Kupfervitriol verbraucht und aus dem letzteren metallisches Kupfer niedergeschlagen.

Ein Strom von 1 Ampère scheidet nach F. u. W. Kohlrausch in der Sekunde 0·3288 mgr Kupfer aus. Von einer Zinkanode wird in derselben Zeit durch 1 Ampère die Masse von 0·3376 mgr Zink aufgelöst. Ein galvanisches Element außergewöhnlicher Größe könnte einen Strom von 1 Ampère liefern und würde bei einem Ruhestrom im Jahre 10·369 kg Kupfer abscheiden und 10·647 kg Zink auflösen. Zur Abscheidung von 10·369 kg Kupfer sind 40·84 kg Kupfervitriol $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ erforderlich. Der Preis des Kupfervitriols betrug 1914 noch 50 K für 100 kg (für Weinbauer sogar nur 36 K), ist jedoch im Laufe des Krieges auf 480 K und mehr gestiegen. Für Altkupfer wurden 1914 pro 100 kg 50 K bezahlt. Im Kriege stieg dieser Preis auf mehr als das Zehnfache. Bei Berechnung des Preises für das verbrauchte Zink ist zu berücksichtigen, daß wir es mit fertig montierten Zinkzylindern oder Platten zu tun haben, welche mit angenieteten oder eingelöteten Leitungsbügeln versehen sind, deren Wert durch die aufgewendete Fabrikationsarbeit steigt, daß man jedoch Zinkplatten

und Zylinder nur beiläufig bis zur Hälfte ihres Gewichtes in der Batterie verbrauchen kann, während der Rest nur als Altzink verwertet werden kann. Der Preis für 100 kg Fassonzink in Form von Zylindern und Platten mit angenieteten Leitungsbügeln betrug 1914 120 K pro 100 kg, dagegen 1918 400 K. Für Altzink wurden 1914 pro 100 kg 35 K bezahlt, 1918 zirka das Doppelte.

Um 100 kg Zink elektrolytisch in der Batterie zu verbrauchen, sind 200 kg Fassonzink erforderlich.

	1914	1918
200 kg Fassonzink kosten	K 240	K 800
ab Erlös für 100 kg Altzink . . .	K 35	K 70
100 kg elektrolysiertes Zink kosten	K 205	K 730

Berechnen wir nun die Materialkosten für den durch ein Daniell-Element erzeugten Strom pro Jahr und Ampère.

	1914	1918
10·647 kg Zink kosten	K 21.83	K 77.72
40·830 kg Kupfervitriol kosten .	K 20.42	K 195.98
	K 41.25	K 273.70
als Erlös für 10·369 kg Kupfer	K 5.18	K 51.84
	K 36.07	K 221.86

Es würden somit die Materialkosten pro Ampère und Jahr heute zirka 222 K betragen. Würde man einem Elemente nur 10 Milliampère entnehmen, so

betrügen die Kosten den hundertsten Teil: 2.22 K.; dies sind jedoch lediglich die Materialkosten. Zu diesen sind die Arbeitslöhne hinzuzurechnen. Es ist nicht leicht, über die letzteren eine allgemeine Übersicht zu gewinnen, und sollen zunächst statistische Daten herangezogen werden.

Laut einer in der Zeitschrift des elektrotechnischen Vereines Wien 1887 veröffentlichten Tabelle¹⁾ betragen die Erhaltungskosten pro Element und Jahr im Mittel 2.74 K. Mit Rücksicht auf die exorbitante Steigerung aller Materialpreise und Löhne kann man heute das Sechsfache des obigen Preises, also zirka 16 K rechnen. Wenden wir diese Ziffern für ein praktisches Beispiel an.

Eine Ruhestromtelegraphenlinie mit 10 Stationen werde mit 10 Milliampère Stromstärke betrieben. Hiezu sind zirka 40 galvanische Linienelemente erforderlich, welche jährlich $40 \times 16 = 640$ K kosten. Dabei sind die für Lokalströme erforderlichen Elemente nicht mitgerechnet. Die mechanische Leistung läßt sich leicht in Watt und Wattstunden ermitteln. Ein Strom, der in einem Widerstande von 1 Ohm 1 Ampère erzeugt, bedarf einer Klemmspannung (Potential-Differenz an den Drahtenden) von 1 Volt und leistet 1 Watt. Im obigen Beispiel handelt es sich um eine Stromstärke, die nur $\frac{1}{100}$ Ampère beträgt. Die erforderliche elektromotorische Kraft beläuft sich

¹⁾ Über die Schaltung galvanischer Elemente von M. Jüllig, Heft IV, 1887.

auf zirka 40 Volt, somit werden $40 \times 0.01 = 0.4$ Watt benötigt. Dies macht jährlich $8760 \times 0.4 = 3504$ Wattstunden, also beiläufig $3\frac{1}{2}$ Kilowattstunden. Von den oben gerechneten K 640. — entfallen zirka $2.22 \times 40 = 88.8$ auf Materialkosten, der Rest auf Arbeitslöhne.

Bezieht man elektrische Energie aus einer Starkstromzentrale, so wird pro Kilowattstunde 0.1 bis 1 K zu zahlen sein, je nachdem billigere Wasserkräfte oder teure Kraft aus kalorischen Motoren benützt wird. $3\frac{1}{2}$ Kilowattstunden würden im Maximum 3.50 K kosten, welcher Preis den Materialkosten, die aus dem Telegraphenbetrieb mit galvanischen Elementen entspringen, id est 88.80 K gegenüberzustellen wären. Die Kosten des elektrischen Stromes, den wir galvanischen Batterien entnehmen, sind somit 20—30 mal größer als jene, welche beim Bezuge elektrischer Energie aus Starkstromzentralen erwachsen. Dies ist leicht erklärlich. Bei den galvanischen Elementen wird behufs Erzeugung elektrischer Energie Zink, bei den mit kalorischen Motoren arbeitenden Elektrizitätswerken Kohle oder Petroleum verbrannt. Ein Gramm Zink entwickelt bei der Verbrennung etwa 1300 g Kalorien, ein Gramm Kohle 8000, das ist etwa das Sechsfache. Einem Gewichtsteile Kohle entsprechen somit 6 Gewichtsteile Zink.

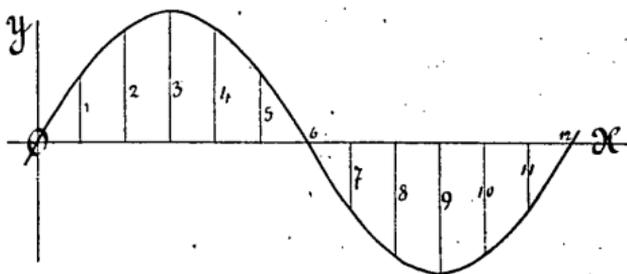
Ein Kilo Zink kostet in jener Form, in der es zum Beschicken galvanischer Elemente dient, 1918 7.30 K, ein Kilo Kohle, selbst wenn man dasselbe

mit dem höchsten Preise, der je erzielt wurde (Konstantinopel), erstehen würde, 1 K.

Nehmen wir an, daß wegen Unvollkommenheiten der Dampfmaschinen nur die Hälfte des kalorischen Effektes der Kohle zur Wirkung kommt, so ist immerhin 1 kg Kohle durch 3 kg Zink zu ersetzen, die zirka 22 mal soviel kosten als 1 kg Kohle. Wir gelangen somit auf zwei ganz verschiedenen Wegen zur Einsicht, daß elektrischer Strom, welcher galvanischen Batterien entnommen wird, ganz außerordentlich teuer ist. Es wird sich also wohl immer finanziell rentieren, an Stelle des Stromes aus galvanischen Elementen jenen einer Elektrizitätszentrale zu benützen. Allerdings ist die Spannung, mit welcher elektrische Zentralen Strom liefern, in der Regel viel zu groß, um unmittelbar für Schwachstromeinrichtung verwendet werden zu können. Die übliche Spannung für Starkstromzentralen liegt meist zwischen 110 und 220 Volt.

Es wird sich somit darum handeln, Ströme von dieser höheren Spannung auf niedrigere Spannung zu bringen. Dieser Zweck kann auf verschiedene Weise erreicht werden. Mit dem der Zentrale entnommenen Strome kann man einen kleinen Elektromotor betreiben, der seinerseits wieder eine Dynamomaschine in Bewegung setzt, welche den gewünschten Schwachstrom liefert. Diese Methode ist jedoch kostspielig, da ein Doppelaggregat von Motor und Dynamo Tag und Nacht ununterbrochen laufen muß, wodurch großer Ölverbrauch bedingt wird. Auch können derartige

Maschinen nicht dauernd ohne Aufsicht gelassen werden, Schließlich bedarf man zweier Doppelaggregate, damit beim Untauglichwerden des einen ein Ersatz vorhanden ist. Es hat deshalb diese Methode nur wenig Eingang in die Praxis gefunden. Auch die Verwendung geladener Akkumulatoren stößt auf eine Reihe praktischer Schwierigkeiten. Weit besser hat sich die Verwendung von Wechselstrom mit Strom-Gleichrichtern bewährt.



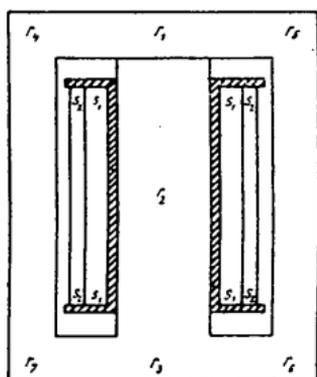
Figur 1.

Es läßt sich auf ungemein einfache und billige Weise Wechselstrom höherer Spannung auf solchen niedriger Spannung transformieren. Es handelt sich dann lediglich noch darum, den niedrig gespannten Wechselstrom, der für Telegraphen- und Signalzwecke nicht unmittelbar angewendet werden kann, in Gleichstrom zu verwandeln.

Der Verlauf eines Wechselstromes läßt sich durch eine Sinuslinie (Figur 1) annähernd darstellen.

Zur Charakterisierung des Wechselstromes diene Figur 1, auf der Achse ox werde die Zeit als Abszisse aufgetragen. Die parallel zu oy aufgetragenen Ord-

naten 1, 2, 3, . . . 12 bedeutenden Stromstärken. Die Stromstärke wächst allmählich bis zu ihrem Maximum (Ordinate 3) an und nimmt dann wieder bis auf 0 ab. Nun wechselt der Strom seine Richtung und wächst in einer der früheren entgegengesetzten Richtung bis zu einem negativen Maximum (Ordinate 9), um sodann wieder bis zur Intensität 0 herabzusinken. Die Stromwechsel schließen sich in ununterbrochener Reihenfolge aneinander und erfolgen sehr rasch, so zwar, daß bei vielen Maschinen etwa 50 doppelte Stromwechsel (50 Perioden) in der Sekunde entstehen. Die Länge 0—12 in Figur 1 entspricht dann einem sehr kleinen Bruchteil einer Sekunde (1:50).



Figur 2.

Zur Transformation von Strömen höherer Spannung auf solche niedriger Spannung dienen Apparate ungemein einfacher Konstruktion, die den Namen „Transformatoren“ führen. In Figur 2 ist eine Type eines kleinen Transformators dargestellt.

Zwei Drahtspulen s_1 , s_2 umschließen einen Eisenkern (Figur 2) r_1 , r_2 , r_3 , der mit einem Rahmen r_1 , r_2 , r_3 , r_4 aus einem Stück besteht. Der mit r_1 bis r_7 bezeichnete Kern nebst Rahmen besteht aus vielen übereinander gelagerten, etwa 0,35 mm dicken Eisenblechstücken, die voneinander durch ganz dünnes auf-

geklebtes Papier isoliert sind. Spule s_1 besteht aus vielen dünnen, s_2 aus wenigen dicken Drahtwindungen.

Die Anzahl der Windungen ist den zugehörigen Spannungen des Stromes direkt proportional. Wollte man Strom von 110 Volt in solchen von 11 Volt umwandeln, so müßte die Windungszahl der an 110 Volt angeschlossenen Spule s_1 zehnmal so groß sein als jene der Spule s_2 , die 11 Volt Spannung liefert. Die Stromstärken sind den zugehörigen Spannungen umgekehrt proportional. Wollte man der Spule mit wenigen Windungen Strom von 10 MA entnehmen, so würde die Stromstärke in der anderen Spule nur 1 MA betragen.



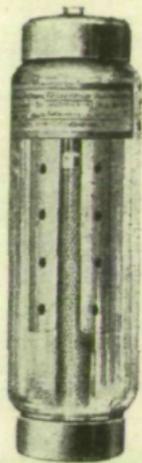
Figur 3.

Auch der nieder gespannte Wechselstrom ist zum Telegraphieren nicht unmittelbar geeignet. Es gelingt jedoch unter Zuhilfenahme elektromagnetischer oder elektrochemischer Strom-Gleichrichter, den Wechselstrom der art zu modifizieren, daß derselbe in seinen elektromagnetischen Wirkungen sich wie Gleichstrom verhält. Der in Figur 1 dargestellte Wechselstrom verläuft während $\frac{1}{100}$ Sekunde in einer bestimmten Richtung, während des darauffolgenden Zeitelementes von $\frac{1}{100}$ Sekunde in einer der früheren entgegengesetzten Richtung.

Durch rechtzeitige Kommutierung des Stromes könnten nun beide Stromimpulse gleich gerichtet werden und an Stelle des in Figur 1 dargestellten

Wechselstromes würde ein Gleichstrom variabler Intensität (Figur 3) entstehen.

Bei einem Wechselstrom mit 50 Perioden (100 Stromwechsel) pro Sekunde müßte die Stromkommutierung hundertmal pro Sekunde erfolgen und zwar genau in jenen Momenten, in welchem die Intensität des Wechselstromes Null ist. Dies läßt sich durch schwingende Federn, die von elektromagnetischen Kräften beeinflußt werden, erzielen, doch bedürfen die betreffenden Apparate einer ständigen Aufsicht und sehr sorgsamer Instandhaltung. Ein einfacheres und sichereres Mittel zur Erzielung des gleichen Zweckes ist die Graetzsche Gleichrichterzelle. Dieselbe besteht aus einem mit einem Elektrolyt gefüllten Glasgefäß, in welchem sich zwei Elektroden befinden, von denen die untere aus Aluminium, die obere aus Eisen, Platin, Gold oder Kohle besteht. Figur 4 zeigt die Einrichtung einer derartigen Zelle, die für technische Zwecke von der Fa. Kremenezky (Wien) erzeugt wird.*)

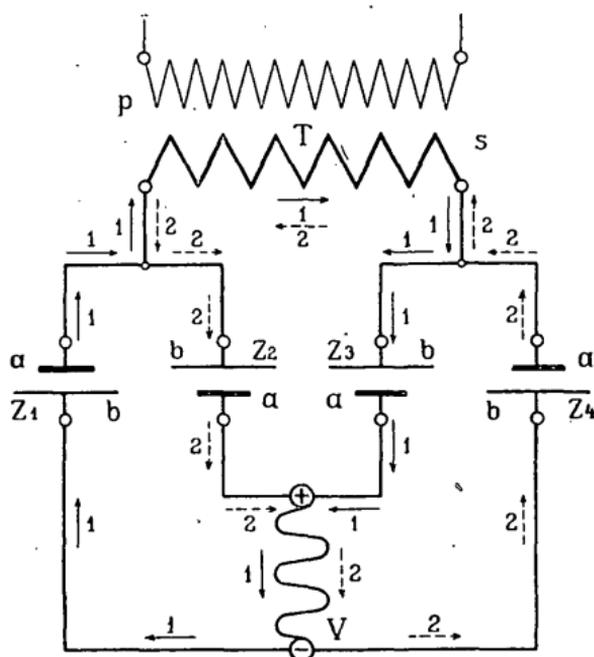


Figur 4.

Ein Strom, der den Elektrolyt der Zelle in der Richtung vom Eisen zum Aluminium durchfließt, findet nur den verhältnismäßig geringen Widerstand des Elektrolyten vor und erreicht eine dem Ohmschen Gesetze entsprechende Intensität. Wechselt man jedoch

*) Um die Ausbildung dieser Einrichtung hat sich der Abteilungsvorstand der genannten Firma, Ing. Wiaberger sehr verdient gemacht.

die Stromrichtung, so daß der Strom im Innern der Zelle vom Aluminium zum Eisen fließt, so tritt rasch eine bedeutende Verminderung der Stromintensität auf $\frac{1}{10}$ und noch weniger der früheren ein. Die Zelle wirkt wie ein Ventil, das einem Flüssigkeitsstrom in der einen Richtung freien Durchgang gestattet, in der entgegen-



Figur 5.

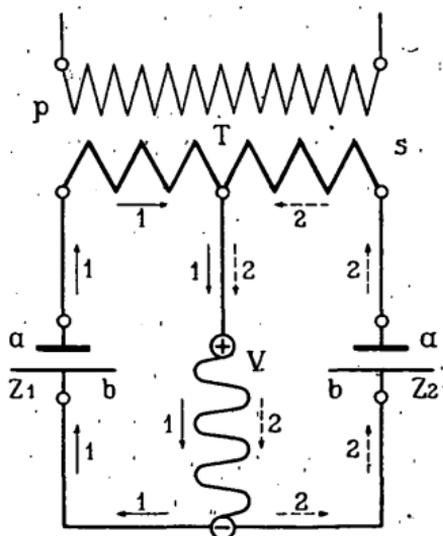
gesetzten Richtung dagegen denselben teilweise oder gänzlich abdrückt. Diese Erscheinung läßt sich durch die elektrolytischen Wirkungen des Stromes erklären.

Tritt der Strom beim Aluminium in die Zelle, so wird dieses zur Anode und es scheidet sich bei gewissen Salzlösungen, z. B. kohlensaurem Natron oder Alaun, Sauerstoff am Aluminium ab und bildet eine dünne

isolierende Haut, die dem Durchgange des Stromes großen Widerstand entgegenstellt. Ähnliche Sperrwirkungen wurden auch bei anderen Metallen beobachtet, und zwar bei Magnesium, Antimon, Wismut, Tantal und Niob.¹⁾ Bisher hat sich die Aluminium-Sperrzelle praktisch am besten bewährt.

Um jedoch den in Figur 3 dargestellten Effekt zu erzielen, müssen mindestens zwei Sperrzellen angewendet werden. Graetz hat die in Figur 5 dargestellte Schaltung mit vier Zellen angegeben. Es bedeuten: p Primärspule eines Transformators, T Sekundärspule, a Aluminiumelektroden, b Eisenelektroden, beide von einem Elektrolyt umgeben. Der in T entstehende Wechselstrom hat abwechselnd die durch die Pfeile 1 und 2 angedeutete Richtung.

Die im System entstehenden Ströme sind durch die Pfeile 1 und 2 charakterisiert. Die Ströme 1 und 2 durchfließen den Leiter, der von V in Form einer Schlangenlinie nach + aufwärts führt, in gleicher Richtung. In diesem Leiter findet der Verbrauch des gleichgerichteten Wech-



Figur 6.

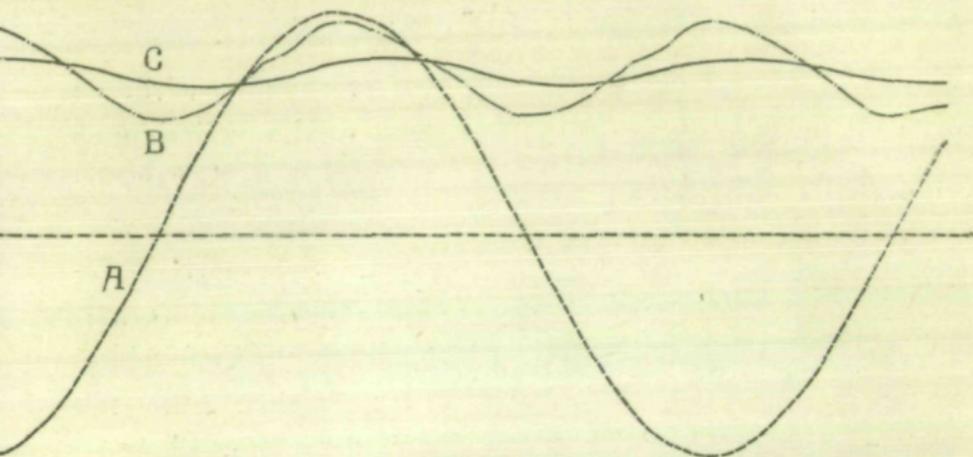
¹⁾ Vgl. W. v. Bolton, Zeitschr. f. Elektrochemie 13, S. 145; 1907.

selstromes statt und in Fällen der Praxis tritt an dessen Stelle eine Telegraphen- oder Signalleitung. Ein Gleichrichter mit nur zwei Zellen ist in Figur 6 dargestellt. Von der Sekundärspule T führt eine Mittelleitung zur Klemme $+$ der an Stelle der geschlängelten Linie V $+$ $-$ gedachten Telegraphen- oder Signallinie. Die entstehenden Stromkurven entsprechen jedoch nicht ganz genau dem Strombilde Figur 3.

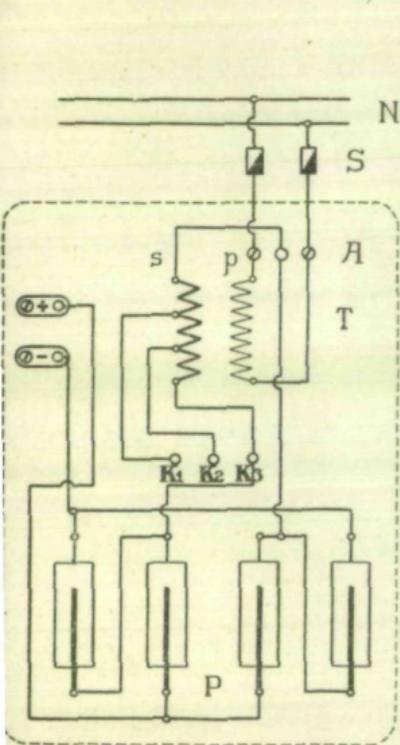
Durch die Wirkung der Selbstinduktion der eingeschalteten Elektromagnete werden die in Figur 3 gezeichneten Zacken abgerundet und es entsteht eine mehr oder weniger flache Wellenkurve, wie dies Figur 7 zeigt. Die Kurven A , B und C wurden mit dem Oscillographen aufgenommen. A ist die Wechselstromkurve des Transformators, B die durch den Umformer erzeugte Kurve bei geringer, C bei großer Selbstinduktion. Es ist möglich, die Kurve C so flach zu gestalten, daß der Strom auch für die Betätigung von Mikrofonen benützt werden kann.

Figur 8 zeigt einen von der Firma Kremenezky konstruierten Apparat mit Graetzscher Schaltung für die Zwecke der praktischen Anwendung im Telegraphenbetrieb, Figur 9 eine Ansicht des Apparates. Die Telegraphenleitungen werden bei den Klemmen G (Figur 9) eingeschaltet. Mit Hilfe der Klemmen K_1 , K_2 , K_3 können drei verschiedene Spannungen erzielt werden.

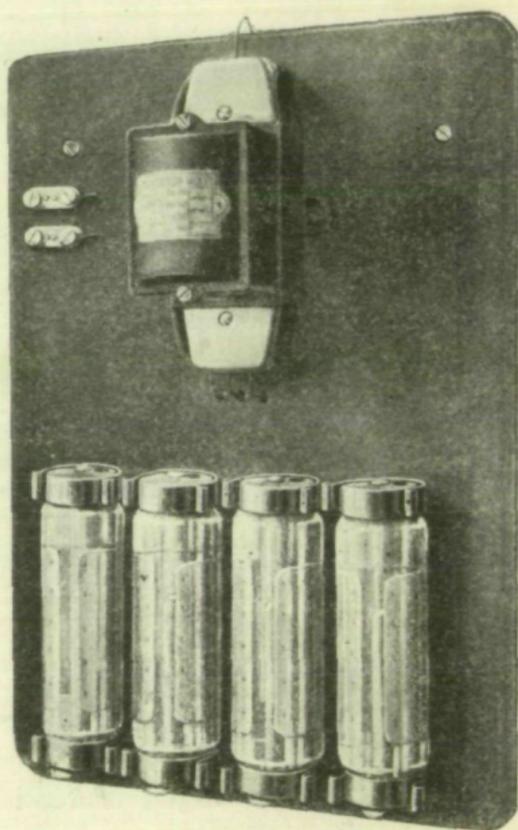
Die größte Spannung wird erzielt, wenn die erste Zelle links von P mit ihrem oberen Pol mit



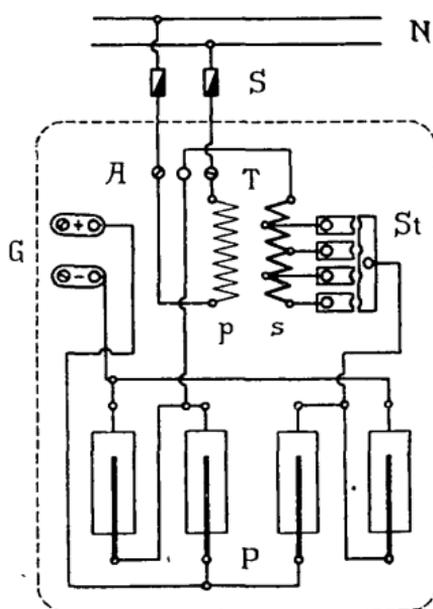
Figur 7.



Figur 8.



Figur 9.

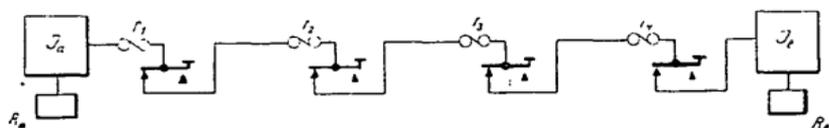


Figur 10.

In Figur 10 wird, da dann alle Windungen des kleinen Transformators ausgenützt werden. Sukzessiv geringere Spannungen erhält man durch Verbindung der gleichen Zelle mit K_2 , bzw. K_7 . Figur 10 zeigt die Anwendung eines Stöpselklemmwechsels für vier verschiedene Spannungen.

In Figur 11 ist eine Ruhestrom-Telegraphenlinie dargestellt.

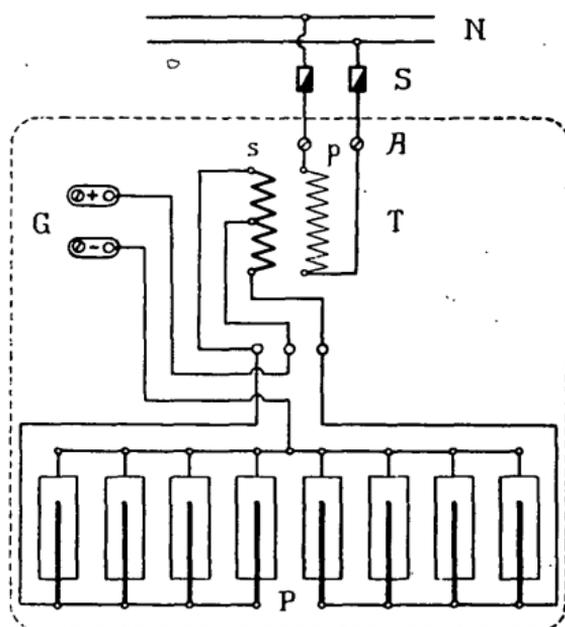
In derselben sind in vier Stationen die Relais r_1, r_2, r_3, r_4 nebst den zugehörigen Stromunterbrechungstasten eingeschaltet.



Figur 11.

Zum Betriebe dieser Telegraphenlinie sei eine Spannung von 20 Volt notwendig. Diese Spannung ließe sich leicht mit einem einzigen Umformer erzielen, der entweder am Anfang, am Ende der Linie oder in einer beliebigen Station eingeschaltet ist. Aus Sicherheitsgründen empfiehlt es sich jedoch, mindestens

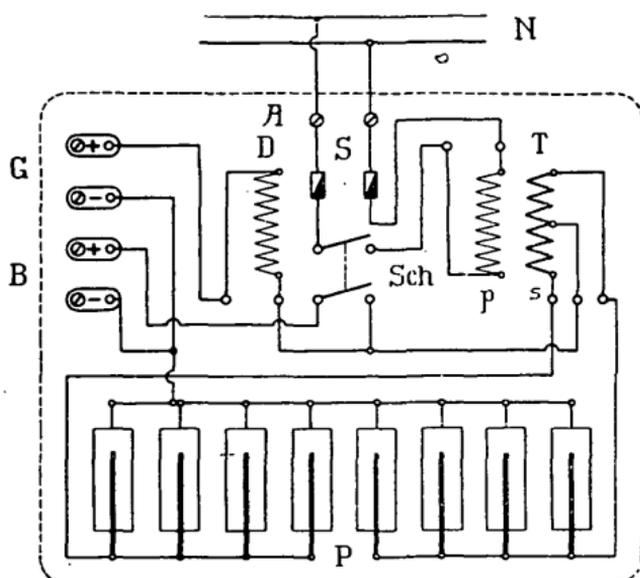
zwei Umformer Ja u Je einzustellen, von denen jeder 10 Volt elektromotorischer Kraft liefert. Wird ein Umformer untauglich, so ist der zweite bereit, die volle Stromlieferung zu übernehmen, wozu lediglich ein Stöpsel des in Figur 10 dargestellten Stöpselklemmenumschalters *St* umzustecken ist.



Figur 12.

Die Stromstärke in Telegraphenlinien wird in der Regel mit 10—20 Milliampère bemessen. Für Schreibapparate und gewisse Signaleinrichtungen bedarf man höherer Stromstärken von 50—200 Milliampère. In diesem Falle dient ein Umformer mit mehreren parallel geschalteten Zellen, wie dies in Figur 12 dargestellt ist.

Es ist auch gelungen, Wechselstromumformer der geschilderten Art zum Betriebe von Telephonzentralen zu verwenden. In der Regel verwendete man bisher zu diesem Zwecke eine Akkumulatorenbatterie, die von Zeit zu Zeit ausgeschaltet und nachgeladen werden mußte. Diese Manipulation läßt sich ersparen, wenn



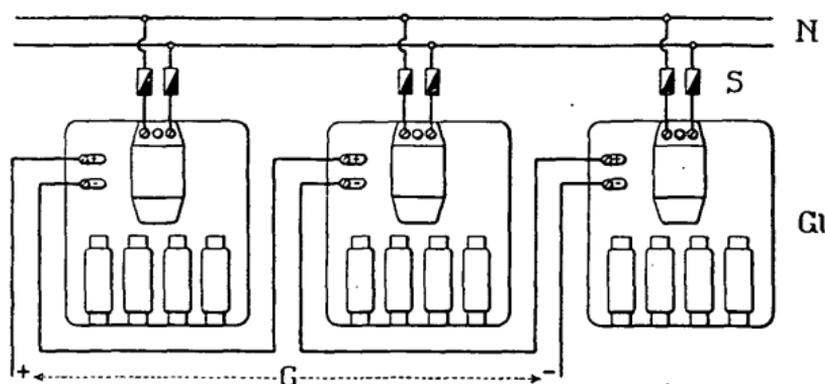
Figur 13.

man die Akkumulatorenbatterie derart mit einem Gleichrichter parallel schaltet, daß die elektromotorische Kraft des Gleichrichters etwas größer ist als jene der Akkumulatorenbatterie.

Die Schaltung ist in Figur 13 dargestellt. Der Verbrauchsstrom wird den Klemmen *G* entnommen. Die Akkumulatorenbatterie wird bei den Klemmen *B* eingeschaltet. *D* ist eine Spule mit entsprechend

großer Selbstinduktion, durch welche die in Figur 7 dargestellte Welle *C* derart flach wird, daß man im Telephon keinerlei vom Wechselstrom der Elektrizitätsquelle stammende Schallwirkung wahrnehmen kann.

Beim Betriebe außergewöhnlich langer Telegraphenlinien können mehrere Umformer hintereinander geschaltet werden, wie dies aus Figur 14 zu entnehmen ist.



Figur 14.

Es läßt sich mit den geschilderten Wechselstrom Gleichstrom-Umformern allen Bedürfnissen der Elektrotechnik schwacher Ströme entsprechen, und wenn auch noch jahrelang die Beschaffung anderer Hilfsmittel auf größte Schwierigkeiten stoßen sollte, die Not macht erfinderisch und lehrt uns neue Kräfte zu schöpfen aus dem niemals versiegenden Jugendbrunnen der Naturwissenschaft!

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1919

Band/Volume: [59](#)

Autor(en)/Author(s): Jüllig Max

Artikel/Article: [Galvanische Elemente und deren Ersatz durch Wechselstrom-Gleichrichter. 145-165](#)