

This paper is in a collection of

“Historic Papers in Electrochemistry”

which is part of

**Electrochemical Science and Technology Information
Resource (ESTIR)**

(<http://electrochem.cwru.edu/estir/>)

ANNALEN
DER
P H Y S I K
UND
C H E M I E.

FÜNFTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

NEUNUNDZWANZIGSTER BAND.

NEBST DREI FIGURENTAFELN.



LEIPZIG, 1873.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIOUS BARTH.

1) Dem, daß die berechneten Geschwindigkeiten oft *scheinbare* statt *wahre* Geschwindigkeiten waren.

2) Dem, daß die Berichtigungen, welche sich aus den Resultaten der vorläufigen Versuche ergaben, nicht allgemein auf alle Membranen anwendbar sind, sondern wahrscheinlich in vielen Fällen vergrößert werden müssen.

Wenn die vorstehenden Betrachtungen richtig sind, so giebt es keinen Grund mehr, der Geschwindigkeit des Schalls, wie es Hr. Regnault thut, mehrfache Werthe beizulegen, vielmehr kann diese Geschwindigkeit in trockener Luft und bei der Temperatur 0° nur einen einzigen Werth haben. Die Berichtigungen, welche nach dem, was wir gesehen haben, an Hrn. Regnault's Beobachtungen angebracht werden müßten, würden unzweifelhaft für die ersten Werthe der Reihen, welche wir unter den Buchstaben *W* und *T* gegeben haben, die geringste Wichtigkeit haben, so daß die Zahl 330,5 Meter als wahrscheinlichster Werth der Schallgeschwindigkeit in Röhren von 1,10 Met. Durchmesser betrachtet werden kann.

Tiel, im November 1872.

VI. *Beziehungen zwischen den capillaren und elektrischen Erscheinungen;* *von Gabriel Lippmann.*

Vorliegende Untersuchung wurde im Laboratorium des Herrn Professor Kirchhoff ausgeführt, dem ich für seinen Rath und gütige Unterstützung meinen herzlichsten Dank schuldig bin. — Es wäre wohl schwierig gewesen, Beziehungen zwischen den elektrischen Variablen und den sogenannten Capillarconstanten a priori aufzusuchen; ich gelangte in der That nur allmählig dazu, indem ich von

einem Experimente ausging, das ich Hrn. Prof. W. Kühne in Heidelberg verdanke, und das im Folgenden besteht. Ein Quecksilbertropfen wird in verdünnte Schwefelsäure gebracht, welche eine Spur von gelöstem doppelchromsauren Kali enthält; ein blanker Eisendraht wird in der Nähe so befestigt, daß er in die Säure taucht und den Rand des Quecksilbertropfens berührt. Sobald die Berührung stattgefunden hat, geräth der Tropfen in regelmäßige Schwingungen, welche Stunden lang dauern können. Die Verwandtschaft dieser Erscheinung mit den Bewegungen von Quecksilberelektroden (siehe Wiedemann Galv. § 368, 1872) ist auffallend und die Erklärung offenbar dieselbe. Sie wäre folgende nach der bisher angenommenen Anschauung. Die Chromsäure haltige Flüssigkeit würde die Oberfläche des Tropfens oxydiren und so eine Abflachung desselben hervorbringen. Bei der Berührung mit dem Eisen bildet sich eine Eisen-Quecksilberkette. Der entstehende Strom würde die Oberfläche elektrolitisch reduciren, der Tropfen sich contrahiren, der Contact mit dem Eisen aufgehoben sein; dann würde dasselbe Spiel wieder beginnen, und so immer weiter. Wenn man hinreichend concentrirte Chromlösungen nimmt, sieht man diese Vorgänge wirklich stattfinden. Hier bei verdünnter Lösung aber bleibt die Oberfläche immer blank. In der That haben messende Versuche bewiesen, daß die Polarisirung der Oberfläche eines Quecksilbertropfens mit Wasserstoff die Zusammenziehung desselben bewirkt, und daß man also nur an die bekannte depolarisirende Wirkung der Chromsäure zu denken braucht, um sich die beschriebene Bewegung zu erklären.

Versuche, die ich nun ausführlicher mittheilen will, haben gezeigt: *daß die Capillarconstante (Oberflächen-
spannung, Coefficient der Laplace'schen Formel) an den
Berührungsflächen von Quecksilber und verdünnter Schwefel-
säure eine stetige Function ist von der elektromotorischen
Kraft der Polarisirung an derselben Oberfläche.*

I.

Veränderung der Capillarconstante mit der elektromotorischen Kraft der Polarisation.

a) *Messungen.* Der Apparat bestand aus einer vertikalen calibrirten Glasröhre GG' , die von unten mittelst eines Kautschukschlauches in Verbindung stand mit einem Quecksilberreservoir A (Fig. 1, Taf. III). Das Quecksilber stieg also in die Röhre GG' , erlitt aber daselbst eine Capillardepression, die mit dem Cathetometer gemessen wurde, und aus der die Capillarconstante nach bekannter Weise ermittelt wurde. Der obere Theil der Glasröhre war mit verdünnter Schwefelsäure ($\frac{1}{11}$ Vol. Säure) gefüllt, welche den Quecksilbermeniskus M benetzte, und sich durch den Glasheber H bis in das Glasgefäß B fortsetzte, welches gleichfalls mit der verdünnten Säure gefüllt war. Der Boden dieses Gefäßes war mit einer Quecksilberschicht B bedeckt, die als zweite Elektrode dienen sollte. Die Capillardepression des Quecksilbers in der Röhre GG' wurde natürlich von dem Druck der verdünnten Säure corrigirt. Um eine bekannte E. K. P. (elektromotorische Kraft der Polarisation) in M hervorzurufen, wurden die zwei Quecksilbermassen, nämlich die in B und die Masse AM respective mit zwei Punkten P, Q des Schließungskreises eines Daniells verbunden mittelst der Platindräthe α, β die man die Pole des Apparates nennen kann. Ein Zweigstrom durchlief dann den Apparat, der nun als Zersetzungszone arbeitete, und zwar so lange bis die hervorgerufene E. K. P. gleich war dem Potentialunterschiede zwischen P und Q . Dann steht die E. K. P. zu der elektromotorischen Kraft eines Daniells im selben Verhältniß wie der Widerstand PQ zu dem Widerstand der ganzen Schließung des Daniells. Dieses Verhältniß liefs sich aus der Ablenkung einer in dieser Schließung enthaltenen Tangentenboussole ableiten. Das Verhältniß der Quecksilberoberflächen in M und in B wurde absichtlich sehr klein genommen, damit die E. K. P. in M allein in Betracht komme; denn es ist ersichtlich, daß eine Elektrizitätsmenge, welche genügt

um in M eine beliebige Wasserstoffpolarisation hervorzurufen, auf der viele zehntausendmal größeren Fläche B keine merkliche Sauerstoffpolarisation geben wird. So hatte man denn aus den Angaben der Boussole die E. K. P. in M , aus den Angaben des Cathetometers die gleichzeitige Capillarconstante. — Um in M die E. K. P. auf Null zu reduciren, brauchte man nur eine einfache metallische Schließung zwischen α und β einzuschalten. — Die zu messenden Größen sind nicht gering. So ist die Depression in einer Röhre von Radius $= 0^{\text{mm}},32\ 14^{\text{mm}},0$, für E. K. P. $= 0$. Für E. K. P. $= 1$ Daniell ist sie $18^{\text{mm}},90$; die Niveauänderung also $= 4^{\text{mm}},90$, $= 0,35$ der anfänglichen Depression. Die Capillarconstante ist demnach gleich $30,4$, für E. K. P. $= 0$; gleich $40,6$ für E. K. P. $= 1$ Daniell.

Um die Veränderungen der Capillarconstante genauer noch zu messen, wurde anstatt der Röhre GG' eine äußerst feine offene Glasspitze $\gamma\gamma$ angewandt, die durch Ausziehen an dem Ende einer beliebigen Glasröhre erzeugt worden war. In diese Röhre wurde Quecksilber bis zu einer solchen Höhe gegossen, daß das Quecksilber in die feine Spitze eindrang und dieselbe zum Theil erfüllte (Fig. 2). Die Spitze tauchte in verdünnte Schwefelsäure; die Luftblase, welche ihr Ende anfangs erfüllte, wurde durch Auspressen von etwas Quecksilber entfernt. Und nun hatte man in der Spitze einen benetzten hemisphärischen¹⁾ Quecksilbermeniskus M von ungefähr $\frac{1}{100}^{\text{mm}}$ Radius, dessen Capillardruck dem Drucke des in der Röhre enthaltenen Quecksilbers (750^{mm} Höhe) das Gleichgewicht hielt. Die verdünnte Säure berührte noch eine zweite Quecksilbermasse B , welche wie früher als positive Elektrode dienen sollte; beide Quecksilbermassen konnten durch Platindräthe mit den äußeren Polen α , β in Verbindung gesetzt werden. Diese Pole wurden zuerst metallisch mit einander verbunden (wobei die E. K. P. in M gleich Null war), und ein Mikroskop vor der Spitze so befestigt, daß

1) Der Begegnungswinkel von Quecksilber mit Glas unter verdünnter Schwefelsäure ist stets gleich Null.

ein Faden seines Okularfadenkreuzes den Meniskus genau tangirte, bei einer 220fachen Vergrößerung des Mikroskops (Fig. 3). Um eine Messung auszuführen, wurde z. B. ein Daniell zwischen α β eingeschaltet; die Quecksilbersäule verschwand aus dem Gesichtsfelde; um den Meniskus auf den Faden wieder einzustellen, mußte ein neuer gewisser Druck, den man *Compensationsdruck* nennen kann, auf die Quecksilbersäule, die der Meniskus trägt, ausgeübt werden. Und zwar steht dieser Compensationsdruck zu dem früheren Drucke im selben Verhältniß, wie die Vergrößerung der Capillarconstante an dem Meniskus zu dem früheren Werth dieser Constante: dies erhellt aus der Laplace'schen Formel, in der man die Krümmung, bei der constanten Einstellung des Meniskus, als constant voraussetzen muß, und also der Druck proportional der Capillarconstante ist. In dem angeführten Beispiele beträgt der Compensationsdruck 260^{mm} Quecksilber bei Einschaltung eines Daniells (mehr als $\frac{1}{3}$ Atmosphäre); also 0,35 des früheren Drucks 750. Die Capillarconstante hat um 0,35 ihres Werthes zugenommen.

Der Compensationsdruck wurde durch comprimirt Luft ausgeübt, mittelst einer Luftpumpe und eines Quecksilbermanometers erzeugt und gemessen; E. K. P., die gleich bekannten Bruchtheile eines Daniells waren, wurden nach der oben beschriebenen Methode der Zweigströme erzeugt. — So zeigte sich, daß jedem Werth der E. K. P. ein ganz bestimmter Werth der Capillarconstante entspricht, so daß man aus der einen GröÙe den Werth der andern schließen kann.

Sehr überraschend aber war bei *allen* diesen Versuchen, wo der Kreis geschlossen war, d. h. wo zwischen α und β entweder ein einfacher Drath oder eine constante elektromotorische Kraft eingeschaltet war, die Constanz der Resultate, d. h. der Capillarconstante, und die Unveränderlichkeit der Gleichgewichtslage des Meniskus. Man war ja von jeher an gewisse „Störungen“ gewöhnt, die in Capillarversuchen bei der gewöhnlichen Anordnung,

d. h. ohne elektrische Schließung, vorkommen, und die sich auch natürlich hier wiederfanden sobald α und β von einander isolirt blieben. Diese Störungen bestehen darin, daß 1) die Gleichgewichtslage eine verschiedene ist je nach dem Sinne der eben vorhergegangenen Bewegung der Quecksilbersäule; 2) dieselbe sich bei einer Erschütterung, z. B. beim Anklopfen, plötzlich ändern kann; 3) daß sich außerdem die Gleichgewichtslage mit der Zeit langsam ändert, und nur nach Stunden sich zu verschieben aufhört. — Schloß man aber die Leitung, indem man z. B. einen einfachen Drath zwischen α und β einschaltete, so verschwand plötzlich jede Unregelmäßigkeit, und es ward unmöglich, eine solche wieder hervorzurufen, d. h. die Gleichgewichtslage wurde dermaßen constant, daß sich der Meniskus auf das Fadenkreuz immer wieder einstellte mit einer Schärfe, die, trotz der angewandten 220fachen Vergrößerung, nichts zu wünschen übrig liefs. Es gelang übrigens auch die Ursache dieser Störungen nachzuweisen (S. 559).

Der Capillarelektrometer.

Da in dem eben beschriebenen Apparat jedem Compensationsdrucke ein bestimmter Werth der zwischen α β eingeschalteten elektromotorischen Kraft entspricht, kann man letztere aus ersterem schließen, nachdem die Tabelle dazu construirt worden ist; so war im oben beschriebenen Apparate die freie elektrische Spannung an den Polen eines Daniells durch den Compensationsdruck von 260^{mm} Quecksilber gemessen, kleinere elektromotorische Kräfte durch kleinere Drücke. Der Apparat ist dabei von keinem Strom durchflossen, indem die E. K. P. der elektromotorischen Kraft zwischen α und β das Gleichgewicht hält. Nur muß diese elektromotorische Kraft so klein sein, daß sie keine sichtbare Wasserzersetzung giebt; sie darf 1 Daniell nicht viel überschreiten. Dies kann man aber immer erzielen, wenn man der zu prüfenden elektromotorischen Kraft eine bekannte Anzahl von Daniell'schen Elementen

entgegenwirken läßt. — Auch ist der Capillarelektrometer gegen Elektrizitätsmengen sehr empfindlich; ihn zu laden, heisst ja eine merkliche Polarisaton auf einen Meniskus hervorzurufen, dessen Oberfläche gleich $(2\pi \times \frac{1}{100} \text{ mm})^2 = 0,0006$ beträgt. Wirklich erhält man einen Ausschlag, wenn man eine schwach geladene Probescheibe aus einer Coulomb'schen Waage dem Pole α nähert, oder wenn man einen Augenblick durch den Apparat den Strom eines Daniells schießt, der ausserdem durch Einschaltung eines Stücks lufttrockenen Glases abgeschwächt ist. Die Empfindlichkeit des Apparats ist demnach eine so grosse, dass kein anderer Elektrometer ausser dem Thomson'schen mit ihm verglichen werden kann; diese Empfindlichkeit ist ausserdem auf alle Zeiten constant, die Ausschläge scheinbar momentan, in den meisten Fällen wenigstens, und die Dämpfung sehr rapid. — Der Pol β muss in metallischer Verbindung mit der Gas- oder Wasserleitung stehen, während α vom Tische sorgfältig (mittelst Schellacksäulen) isolirt ist. Wenn α eine Zeit lang auch von β isolirt bleibt, ladet sich der Apparat von selbst, wie man das ja beim Thomson'schen auch beobachtet; zufällige Contacte, atmosphärische Elektrizität u. s. w. rufen diese Ladungen hervor.

Wenn man zur Messung des Druckes sich mit den Angaben eines Luftdruckmanometers begnügen kann, kann man dem Elektrometer eine leicht transportable Gestalt geben. Die ausgezogene Glasröhre hat nur einige Centimeter Länge und steht in Verbindung mit einer zweiten am Ende zugeschmolzenen Röhre, welche Quecksilber und comprimirt Luft enthält und als Luftdruckmanometer dient; diese Verbindung geschieht mittelst eines kurzen starken Kautschukschlauches, welcher unter einer kleinen Schraubenpresse steht, welche den nöthigen Druck erzeugt. Das Ganze findet auf einer kleinen Holzleiste Platz, welche sich bequem auf den Tisch eines beliebigen Mikroskops festklemmen lässt. Die Angaben des Instruments sind vollkommen constant. — Es wurde auch mit Erfolg einige

Mal probirt, statt Compensationsdrücke auszuüben, die jedesmalige Verschiebung des Meniskus mikrometrisch zu messen; die ausgezogene Röhre ist dann am äußeren Ende zugeschmolzen und enthält eine Menge von comprimierter Luft, welche den nöthigen constanten Druck ausübt; der Elektrometer hat dann einige Centimeter Länge. Er muß aber empirisch graduirt werden. — Es ist am Besten, wenn die elektrometrische Glasspitze gegen die Wandung der Röhre, welche die verdünnte Säure enthält, federnd sich anpreßt, damit man sie bequem unter allen Vergrößerungen beobachten kann.

Elektrocapillar-Kraftmaschine (Fig. 5, Taf. III).

Wie man elektromagnetische Motoren gebaut hat, die, auf den Principien des Elektromagnetismus beruhend, ihre Arbeitsleistung der Säule entlehnen und von magnetischen Kräften getrieben werden, so gelang es auch einen elektrocapillaren Motor zu construiren, der von capillaren Kräften getrieben wird und elektrische Arbeit in mechanische verwandelt. — Ein solcher Motor, der im Physikalischen Institut zu Heidelberg sich befindet, besteht aus einem mit verdünnter Schwefelsäure à 15% Vol. gefüllten Glaskasten KK' , der zwei Gläser bb' enthält, welche zum Theil mit Quecksilber gefüllt sind. Diese Quecksilbermassen bb' können respective durch Platindrähte (ee'), deren oberer Theil vor Berührung mit der Säure mittelst Glasröhrchen geschützt ist, mit den Polen eines Daniells D gesetzt werden. In der Schließung ist eine Wippe W enthalten, welche diese Verbindungen umzukehren erlaubt, so daß jede Quecksilbermasse successive sich mit Wasserstoff polarisirt. Auf jeder Quecksilbermasse schwimmt ein Bündel von Glasröhren BB' , welche etwa 2^{mm} Durchmesser haben und oben und unten offen sind; circa 300 dieser Röhren bilden ein vertikales Bündel, welches durch Platindrath zusammengehalten ist und 60^{mm} Höhe, 60^{mm} Durchmesser hat. In der Axe des Bündels ist ein Glasstab mit eingeklemmt, welcher die Rolle des Stiels eines Stempels

spielt. Die untere Hälfte des Bündels taucht in Quecksilber, während die obere unter der Säure steht und ganz mit derselben gefüllt ist. Das Bündel schwimmt frei auf dem Quecksilber, es bleibt deswegen vertikal, weil der Glasstab, der ihm als Stiel dient, in einem metallischen Ω förmigen Bügel (UU') gefaßt ist, dessen untere Enden nicht frei sind, sondern in die untere Fläche eines doppelten horizontalen Hebels eingreifen, welcher um eine feste horizontale Axe drehbar ist, und wie ein Waagebalken oscilliren kann; an ihm hängen die zwei Bündel gleichsam nach oben, wie die Waageplatten nach unten, und halten sich das Gleichgewicht. Mittelst des vertikalen Bügels V , der Stange s und des Krummzapfens z kann die oscillirende Bewegung vom Hebel in eine drehende des Schwungrades R umgesetzt werden; die Welle des Schwungrades trägt einen zweiten Krummzapfen z' , der die Wippe W in Bewegung setzt. Das Ganze erinnert stark an gewisse Schiffsdampfmaschinen. Wird nun die Maschine mittelst der Schraubenklemme oo' in Verbindung mit einem Daniell gesetzt, so polarisirt sich die eine Quecksilbermasse mit Wasserstoff, die andere mit Sauerstoff. Auf der ersten Seite werden die Capillarconstante, die Capillardepression in und zwischen den Röhren, und somit die Kraft mit welcher das Bündel in die Höhe getrieben wird, um 0,35 ihres Werthes vergrößert, und dieses Bündel steigt in die Höhe; auf der anderen Seite findet das Entgegengesetzte statt. Das Rad fängt an sich zu drehen, nach vollendeter Excursion wird der Strom durch die Wippe umgelegt, und das Spiel fängt im entgegengesetzten Sinne wieder an.

Diese Maschine arbeitet geräuschlos ohne Funken und mit sehr schwachen Strömen, also sehr ökonomisch. Einmal ging sie 5 Tage und Nächte mit demselben Daniellschen Becher. Die Umdrehungszahl, die sonst 108 pro Minute betrug, nimmt natürlich ab, wenn das Kupfervitriol erschöpft ist.¹⁾

1) Diese Maschine, sowie der oben erwähnte Elektrometer, wird bei Hrn. Mechanicus R. Jung in Heidelberg construiert.

Die Leistungsfähigkeit einer solchen Maschine, die von Capillarkräften getrieben wird, ist durchaus unabhängig von dem Volum, das sie einnimmt, und hängt nur ab von der Variation der Berührungsfläche der beiden Flüssigkeiten. Dies läßt sich leicht aus dem bekannten Satze ableiten, daß die Arbeit von Capillarkräften der Variation der Oberfläche proportional, und von deren Form unabhängig ist. Wenn z. B. die E. K. P. der Quecksilber-Oberfläche successive die Werthe 0 und 1 Daniell nimmt, berechnet man leicht aus den oben angegebenen Zahlen, daß die Arbeit gleich

$$0,01 \times S \text{ Kilogrammometer}$$

ist, wenn S die Variation der Oberfläche in Quadratmetern bedeutet.

II.

Elektricitätsentwicklung und Polarisaton bei Capillarercheinungen.

Der Versuch hat gezeigt, daß die Capillarkräfte es umgekehrt erlauben, mechanische Arbeit in elektrische umzuwandeln: jede Vorrichtung, die beim Durchleiten des Stromes eine Bewegung giebt, kann umgekehrt als Elektromotor dienen. Dieses Reciprocitätsverhältniß ist bekanntlich von Helmholtz für Elektromagnetismus und Induction aus dem Princip der Erhaltung der Kraft abgeleitet worden; seine Demonstration kann ohne Mühe eine etwas allgemeinere Form erhalten. — Etwas ähnliches hat man scheinbar hier, wie bei der Induction.

Wenn man z. B. statt der Säule einen Galvanometer mit der oben beschriebenen Elektrocappillarkraftmaschine in Verbindung setzt und nun das Rad mit der Hand dreht, so sieht man, daß die Nadel des Galvanometers ausschlägt; die Ablenkung derselben dauert so lange wie die Drehung des Rades; der Sinn der Ablenkung ändert sich zugleich mit dem Sinne der Drehung.

Diese Ströme lassen sich auf einfache Weise erzeugen und messen.

Zur Messung diene der bereits oben beschriebene Apparat (Seite 548). Die Pole $\alpha\beta$ wurden respective mit den Enden eines Spiegelmagnetometers von 2000 Windungen verbunden. Um einen Versuch zu machen, wurde das Quecksilberreservoir A entweder gesenkt oder gehoben; dadurch änderte sich das Niveau in der Glasröhre, zugleich schlug die Galvanometernadel aus, und zwar genügte es, Niveauänderungen von einigen Millimetern vorzunehmen um Messungen machen zu können; man erhält sonst solche Ströme, daß der nicht astatisirte Magnet an die Hemmung schlägt. Wenn das Niveau gehoben wird, so vergrößert sich die Berührungsfläche des Quecksilbers mit der Säure in M . Dann zeigt der Galvanometer einen Strom an, der *durch die verdünnte Schwefelsäure von der sich vergrößernden Elektrode zu der andern geht*. Bei der Senkung ändert sich der Sinn des Stromes.

Es wurde mit verschiedenen Hubhöhen und mit verschiedenen Glasröhren experimentirt. — Sei α der beobachtete Ausschlag des Galvanometers, l die Hubhöhe, r der Radius der Röhre; alle gefundenen Zahlen genügten der Bedingung

$$\frac{\alpha}{2\pi r l} = \text{const.} = \alpha_0$$

das heißt: *Die entwickelte Elektrizitätsmenge ist der Vergrößerung der Oberfläche proportional, und von deren Form unabhängig.*

Diese Elektrizitätsmenge wurde nun in absolutem elektromagnetischen Maasse bestimmt. Obige Constante α_0 bedeutet den Ausschlag in Skalentheilen für eine Oberflächenvergrößerung von 1mm^2 . Es fand sich $\alpha_0 = 0,55$ Sk. Um diese Zahl in elektromagnetisches Maass auszudrücken, wurden die Enden des Galvanometerdraths mit den Drathenden einer Rolle verbunden, über welche eine zweite Rolle gelegt wurde; diese letztere war von einem Strom durchflossen, dessen Intensität 4,5 in absolutem elektromagnetischen Maasse betrug. Das Potential beider Rollen auf einander (von Hrn. Prof. Kirchhoff angegeben) be-

trug 23223000. Wurde der Strom in der zweiten Rolle unterbrochen, so entstand in der ersten ein inducirter Strom, der den Spiegel um 57 Skalentheile ablenkte. Ueberdies wurde der Widerstand von Galvanometer sammt inducirter Rolle mit einem bekannten Widerstande, nach der Methode der Wheatstone'schen Brücke verglichen, und gleich 78×10^{10} gefunden. Demnach betrug die Elektrizitätsmenge für 1 Skalentheil Ablenkung

$$\frac{23223000 \times 4,5}{78 \times 10^{10} \times 57}$$

und endlich also für eine Ablenkung von 0,55, oder für eine Oberflächenvergrößerung von 1 mm^2 ist die entwickelte Elektrizitätsmenge nach absolutem elektromagnetischen Maafse

$$q = \frac{23223000 \times 4,5 \times 0,55}{78 \times 10^{10} \times 57} = \frac{12927}{10^{10}}.$$

Um dies übersichtlicher zu machen, erinnern wir daran, daß das elektrische Aequivalent des Wassers nach Weber $0,0098 \text{ mm}^2$ ist. Demnach würde eine Oberflächenvergrößerung von 1 mm^2 eine Elektrizitätsmenge entwickeln, die nahezu 130 Milligr. Wasser zersetzen würde.

Damit die Ausschläge den Elektrizitätsmengen proportional blieben, mußten die Ströme selbstverständlich eine gegen die Dauer einer Schwingung der Nadel verschwindende Dauer haben. Das Quecksilberreservoir wurde zu diesem Zwecke mit einem Hahn versehen, der erst nach vollendeter Hebung oder Senkung auf kurze Zeit geöffnet wurde. Außerdem arbeitete man mit kleinen Verschiebungen. Denn der Strom nimmt eine merkliche Zeit in Anspruch, wenn bei einer gegebenen Glasröhre die Verschiebung des Quecksilbers eine gewisse Gröfse übersteigt; weil nämlich mit dieser Länge der Widerstand der dünnen Säureschicht, die sich zwischen Glas und Quecksilber befindet und die einen Theil der Leitung ausmacht, größer und die Entladung langsamer wird.

Man kann dieselben elektrischen Ströme auf sehr einfache Weise erzeugen. Ein Glasgefäß enthält Quecksilber und verdünnte Schwefelsäure. Ein Glastrichter mit Quecksilber gefüllt wird so befestigt, daß seine untere feine Oeffnung in die Säure taucht. Wenn nun die zwei Quecksilbermassen, die in dem Glasgefäß und die in dem Trichter respective mit den Drathenden eines Galvanometers verbunden sind, so bleibt die Nadel so lange abgelenkt als das Ausfließen des Quecksilbers dauert. Die Ausdehnung der Oberfläche eines jeden sich bildenden Tropfens bedingt die Entstehung des Stroms.

Man kann den Trichter durch ein ausgezogenes Rohr, das Gefäß durch ein zweites ähnliches Rohr ersetzen und so den einfachen Elektromotor der Fig. 4, Taf. III construiren. Dann fließt das Quecksilber durch beide Röhren hindurch; wenn der stationäre Zustand erreicht ist, bleibt die Ablenkung der Galvanometernadel constant.

Polarisation durch Capillarkräfte.

Wenn man, nach aufgehobener metallischer Verbindung zwischen den Polen $\alpha\beta$, eine Verschiebung des Quecksilbers vornimmt, befindet man sich eben in den gewöhnlichsten Umständen, da man ja bisher in Capillarversuchen für eine elektrische Schließung nicht gesorgt hat. Dann bemerkt man Erscheinungen, von denen ein Theil als „unerklärte Störungen“ wohl bekannt ist. Wenn man das Reservoir *A* hebt, also die Oberfläche in *M* vergrößert, und zugleich den Pol β zur Erde ableitet, ladet sich der Drath α mit negativer freier Elektricität, wie dies mittelst des Thomson'schen Elektrometers constatirt wurde; der Ausschlag des Elektrometers kann so groß werden als hätte man seine Pole mit denen eines Daniell'schen Bechers verbunden. Zugleich bemerkt man, daß die Depression des Quecksilbers in der Glasröhre größer ist als bei geschlossener Leitung. Mit andern Worten, die Capillarconstante ist größer als vorher. Nun ist die Vergrößerung der elektromotorischen Kraft zwischen Queck-

silber und verdünnter Säure, mit gleichzeitiger Vergrößerung der Capillarconstante an der gemeinsamen Oberfläche, eben das was man Polarisation durch Wasserstoff nennt; man wird also die Erscheinungen so deuten: *Wenn man auf mechanischem Wege die Berührungsfläche zwischen Quecksilber und saurem Wasser vergrößert, polarisirt sich dieselbe dadurch mit Wasserstoff.*

Darauf begründet sich ein recht frappanter Versuch, den man mit dem Capillarelektrometer ausführen kann. Wenn man durch Anblasen oder Saugen mit dem Munde den Luftdruck über der Quecksilbersäule variiren läßt, kann man ganz ohne Anstrengung die Quecksilbersäule in der feinen Spitze in Bewegung setzen: dies aber nur so lange die metallische Schließung zwischen α und β besteht; wird diese plötzlich aufgehoben, so wird momentan die Quecksilbersäule unbeweglich, wie festgefroren. Dies erklärt sich so: wenn man z. B. hineinbläst, fängt die Quecksilberoberfläche an sich zu vergrößern, dabei polarisirt sie sich, und die Vergrößerung der Capillarconstante bedingt eine Vergrößerung des Capillardruckes, die für die Lunge unüberwindlich ist. Das Entgegengesetzte findet beim Saugen statt.

Auf denselben Erscheinungen beruht eine scheinbare Störung, die man in Capillarversuchen beobachtet, nämlich eine langsame Abnahme der Capillarconstante, wie sie Quincke für Quecksilber in Wasser nachgewiesen hat. Wenn man z. B. Quecksilber in ein benetztes Capillarrohr von unten steigen läßt, vergrößert und polarisirt sich dabei die Oberfläche in der Röhre. Nun aber nimmt, wie bekannt, die Polarisation mit der Zeit zuerst rasch, dann immer langsamer ab. Dem entsprechend bemerkt man eine Abnahme der Capillarconstante. Aehnliches geschieht, wenn man einen Tropfen Quecksilber in Wasser bringt; indem er sich auf dem Boden abflächt, vergrößert sich seine Oberfläche und nimmt eine langsam abnehmende Polarisation an. — Man kann übrigens ganz direct mit

Elektrometer oder Galvanometer nachweisen, daß wenn Quecksilber unter verdünnter Schwefelsäure in einem Glasgefäß sich befindet, es genügt einen Glasstab einzutauchen oder einfach das Gefäß zu neigen, um eine Veränderung des elektrischen und Capillarzustandes hervorzurufen. In ähnlicher Weise giebt jede Erschütterung eine Veränderung der Capillarconstante. Bei geschlossenem Kreise dagegen bleibt, wie früher mehrmals bemerkt wurde, Polarisation, Capillarconstante und Depression constant.

Unter „Vergrößerung der Berührungsoberfläche“ von Quecksilber und verdünnter Säure könnte man zweierlei verstehen: 1) Benetzung neuer, bisher trocken gebliebener Theile des Quecksilbers, oder 2) das weitere Auseinandertreten der bereits benetzten Theile. In allen oben betrachteten Erscheinungen ist nur das *Zweite* zu verstehen. Dies kann man augenscheinlich zeigen durch folgenden einfachen Versuch.

Auf eine trockene Quecksilberoberfläche bringt man einen breiten Tropfen von verdünnter Schwefelsäure, den man nun abpipettirt, so daß nur ein nasser Flecken auf der Metallfläche bleibt. Wird dieser Flecken mit einer Eisenspitze durchstoßen, polarisirt er sich und contrahirt sich augenblicklich. Man sieht aber nur eine Verzerrung der ganzen Oberfläche eintreten, wie sie auf der Oberfläche eines gespannten Kautschukballons, auf dem ein nasser Flecken sich befände, und aus dem Luft austräte, Statt finden würde. Die einzelnen Details an dem gewöhnlich gezackten Rande des Fleckens, so wie die etwa vorher bezeichneten Punkte der trockenen Oberfläche bleiben individuell erkennbar während der Verzerrung, als wären sie auf einer Kautschukmembran gezeichnet, und kehren nach aufgehobener Polarisation in ihre alte Lage zurück. In der Young'schen Anschauungsweise, nach der die Capillarconstante als eine Oberflächenspannung angesehen wird, würde sich das zuletzt angeführte Resultat, nämlich daß bei ungeschlossenem Kreise die Constante bei der

Ausdehnung wächst, einfach so ausdrücken lassen: daß die Quecksilberoberfläche sich wie eine gewöhnlich elastische Membran verhält, deren Spannung ja sich vergrößert, wenn man die Membran ausdehnt.

VII. *Ueber die von Hrn. Sekulić beschriebene
Interferenzerscheinung;
von Dr. W. Feufsner in Marburg.*

In dem mir soeben zugehenden neuesten (fünften) Heft der Annalen finde ich von Hrn. Sekulić eine vorläufige Notiz über eine Interferenzerscheinung, mit welcher ich mich vor fast drei Jahren ebenfalls etwas näher beschäftigt habe. Selbstverständlich ohne die Priorität für mich zu beanspruchen will ich hier Einiges aus meinen damaligen Beobachtungen über diese interessante Erscheinung mittheilen.

Hauptsächlich ist mir bei der Notiz des Hrn. Sekulić aufgefallen, daß derselbe beständig mit zwei oder mehr Lichtquellen operirt, während eine einzige vollkommen ausreicht, und die andern entweder überflüssig sind, wie die vor dem Spiegel aufgehängte Petroleumlampe, oder die Reinheit der Erscheinung stören.

Man macht nun das Experiment am einfachsten so, daß man in einer Entfernung von mehreren Metern, vor einem längere Zeit nicht geputzten („angelaufenen“) oder behauchten Spiegel ein Licht anbringt und sich so stellt, daß die von der Flamme auf die Ebene des Spiegels zu fallende Senkrechte oder ihre Verlängerung möglichst nahe an dem Auge vorbeigeht. Man wird dann je nach der Beschaffenheit des Spiegels mehr oder weniger brillant die Interferenzcurven entstehen sehn. Diese Curven schnei-