lich bei der Stelle *C* in Folge aller der anderen Umstände ein Wechsel der Dichtigkeit stattfindet, welcher die Bewegung in der dem Ohre zugeleiteten Röhre verursacht, von dessen Stärke also auch die Stärke des Tones abhängt, welchen der Beobachter vernimmt.

II. *Untersuchung über die elektromotorischen und thermo-elektrischen Kräfte einiger Metalllegirungen beim Contact mit Kupfer;*

von A. F. Sundell,

Docent an der Universität zu Helsingfors.

Die bemerkenswerthen thermo-elektrischen Eigenschaften der Metalllegirungen, welche durch die Untersuchungen Seebeck's, Rollmann's und anderer Physiker entdeckt worden sind, ließen vermuthen, daß auch in Bezug auf das Vermögen dieser Körper, in Berührung mit einander oder mit ungemischten Metallen elektricitätserregend zu wirken, interessante Erscheinungen vorkommen müßten. Nach dem Wunsche des Hrn. Prof. Edlund, der die elektromotorischen Kräfte einer größeren Zahl Metalle beim Contact mit Kupfer nach einer neuen Methode bestimmt und diese Kräfte mit den thermo-elektrischen verglichen hat, wurde daher von mir im Anfang d. J. 1872 eine ähnliche Untersuchung verschiedener Metalllegirungen unternommen. Der vorliegende Aufsatz enthält die Resultate dieser Untersuchung, die im physikalischen Laboratorium der Königl. schwedischen Akademie der Wissenschaften zu Stockholm ausgeführt wurde.

- 1) *Kongl. Svenska Vet.-Akademiens Handlingar* Bd. 9 (1871) No. 14; *Pogg. Ann.* Bd. 143, S. 404 und 534. Eine vorläufige Untersuchung findet man in „*Oefversigt af K. Vet.-Akad. Förhandlingar* 1870, S. 3; *Pogg. Ann.* Bd. 140, S. 435.

1. Hrn. Edlund's Methode gründet sich auf den aus der mechanischen Wärmetheorie hergeleiteten Satz, daß ein galvanischer Strom, der durch einen Elektromotor geht, in diesem eine seiner elektromotorischen Kraft proportionale Absorption oder Production von Wärme hervorruft, je nachdem der Strom dem vom Elektromotor selbst erzeugten Strome gleich oder entgegengesetzt gerichtet ist ¹⁾. Durch Messung der absorbirten oder producirtten Wärmemenge erhält man daher die relative GröÙe der elektromotorischen Kraft. Die Erscheinung zeigt auch, wie man leicht findet, die Richtung des vom Elektromotor erregten Stromes an.

Das von Hrn. Edlund für das Messen der betreffenden Wärmemengen construirte Luftthermometer ist ausführlich in seiner Abhandlung beschrieben; es genügt somit hier nur die Haupttheile dieses Apparates zu erwähnen. Zwei vollkommen gleiche Cylinder von dünnem Kupferblech communiciren durch eine horizontale Glasröhre von 2,5 Millimeter innerem Durchmesser. In beide Cylinder wird durch offene, in den Mittelpunkten der Böden angebrachte Röhren dieselbe Combination zweier Metalle in Draht- oder Stabform in solcher Weise eingesetzt, daß die Contactstelle sich in der Mitte des Cylinders befindet. Die Röhren sind inwendig zur Hälfte ihrer Länge mit Holz bekleidet, um Contact zwischen dem Cylinder und dem Drahte zu verhüten. Durch Eingießung einer geschmolzenen Mischung von gleichen Gewichtstheilen Wachs und Harz in die Röhren wird darnach die Communication zwischen der äußeren Luft und der des Cylinders vollkommen aufgehoben. Die beiden Metalldrähte werden in die Leitung eines galvanischen Stromes in solcher Weise eingeschaltet, daß, wenn der Strom in einem Drahte vom Metall *A* nach dem Metall *B* geht, der zweite Draht vom Strome in der entgegengesetzten Richtung von *B* nach *A* durchlaufen wird. Daher entsteht an der einen

1) Dieser Satz wurde zuerst von Hrn. Edlund aufgestellt (*Ofv. af K. Vet.-Akad. Förh.* 1869, S. 457; *Pogg. Ann.* Bd. 137, S. 474).

Contactstelle eine Wärmeproduction, an der anderen eine Wärmeabsorption. Der hierdurch hervorgerufene geringe Unterschied zwischen den Temperaturen der Luft in den Cylindern verursacht die Verschiebung einer in der Glasröhre befindlichen, einige Centimeter langen Flüssigkeitssäule (eine Mischung von Alkohol und Wasser vom spec. Gew. 0,9), die als ein Index fungirt. Wird der Strom umgekehrt, entsteht eine Abkühlung im Cylinder, wo vorher eine Erwärmung vorhanden war, und umgekehrt, wodurch der Index eine Bewegung nach der entgegengesetzten Seite erhält. Die Verschiebung nach der einen oder anderen Seite hört auf, sobald Gleichgewicht zwischen der von jedem Cylinder durch Strahlung und Leitung an die äußere Luft abgegebenen und der durch den Strom in den Drähten entwickelten Wärmemenge hergestellt ist. Die Lagen, in welchen der Index still steht, werden an einer an der Glasröhre befestigten Millimeterscale abgelesen. Die Größe des *Ausschlages* wird durch den Unterschied der abgelesenen Zahlen angegeben. Eine Verschiebung der Flüssigkeitssäule von einem Scalenthail entspricht einer Temperaturdifferenz $0^{\circ},002$ Cels.

Jede Combination wurde bei drei verschiedenen Stromstärken untersucht. Aus den Ausschlägen wurde die Quantität α , welche der bei Einheit der Stromstärke ($\text{tg } 45^{\circ}$) absorbirten oder producirten Wärmemenge proportional ist, berechnet nach der Gleichung:

$$\alpha s = (\sqrt{\beta s^2 + 1}) t \quad (1),$$

in welcher β eine dem galvanischen Widerstande des Drahtes im Cylinder proportionale Constante, s die Stromstärke und t der Ausschlag ist. Die Constante β erhielt man aus den Ausschlägen t und t_1 bei den Stromstärken s und s_1 durch die Formel:

$$\beta = \frac{(t_1 s + t s_1)(t s - t_1 s_1)}{s^2 s_1^2 (t + t_1)(t - t_1)} \quad (2).$$

Die Combination von je zweien der drei Stromstärken gab einen Werth von β ; das arithmetische Mittel der drei Werthe wurde bei der Berechnung von α in die Gleichung (1) eingesetzt.

Hr. Edlund benutzte bei fast allen seinen Versuchen zwei Kupfercylinder, die an der Außenseite versilbert waren. Diese Cylinder erwiesen sich jetzt nicht mehr ganz luftdicht, weshalb in der vorliegenden Untersuchung zwei andere, unversilberte, auch von Hrn. Edlund bei einigen Versuchen angewandte Kupfercylinder benutzt worden sind.

Wartet man mit der Ablesung der Lage der Flüssigkeitssäule ab, bis die Verschiebung aufhört, wird die Arbeit sehr langwierig. Diese Methode ist nicht einmal immer anwendbar, weil der Index meistens eine eigene, von der zu messenden Temperaturvariation unabhängige Bewegung hat, deren Grund weiter unten angegeben werden wird. Hr. Edlund stellte daher seine Versuche nach folgender Methode an. Die Stellung der Flüssigkeitssäule wurde je nach drei Viertelstunden abgelesen, worauf der Strom umgekehrt wurde. Der Einfluß der eigenen Bewegung, die als gleichförmig oder gleichförmig beschleunigt resp. verzögert angenommen werden konnte, wurde auf folgende Weise aufgehoben. Man erhielt den richtigen, der an der Berührungsstelle entwickelten oder verschwundenen Wärmemenge entsprechenden Ausschlag aus drei unmittelbar nach einander beobachteten Ausschlägen in der Weise, daß man das arithmetische Mittel aus dem ersten und dritten und danach das Mittel dieses Mittelwerthes und des zweiten Ausschlages nahm. Um Zeit zu ersparen machte Hr. Edlund bei einigen Versuchen die Ablesungen jede Viertelstunde. Obgleich die Temperatur der Cylinder in so kurzer Zeit nicht zum Gleichgewicht gelangen konnte, sind doch die so erhaltenen Ausschläge brauchbar, weil die aus ihnen berechneten Werthe der Quantität α , wie Hr. Edlund gezeigt hat, mit denen proportional sind, welche die Ablesungen nach 45 Minuten liefern. Durch besondere Versuche, die seiner Zeit angeführt werden sollen, wurde festgestellt, daß diese Proportionalität stattfand auch wenn die unversilberten Cylinder angewandt wurden. In der vorliegenden Untersu-

chung wurde daher überall, wo anders nicht bemerkt wird, die Ablesungen jede Viertelstunde vorgenommen.

Als wesentliche Theile des Apparates müssen genannt werden die von Metallblech gefertigten, mit Wasser gefüllten Doppelcylinder, die *Mäntel*, welche die Kupfercylinder gegen die Temperaturvariationen im Beobachtungszimmer schützten. Die Mäntel, die Hr. Edlund anwandte, waren aus Zinkblech gefertigt. Während der Untersuchung waren durch die oxydirende Einwirkung des Wassers die innern Wände der Mäntel mit einer dicken Schicht von Zinkoxydhydrat bekleidet worden, die den Uebergang der im Luftthermometer entwickelten Wärme in das Wasser erschwerte. Dadurch entstand eine Temperaturerhöhung in der ringförmigen Luftschicht zwischen einem Cylinder und seinem Mantel; und weil diese Temperaturerhöhung nicht gleich groß für beide Cylinder war, so wurde die Flüssigkeitssäule in die Glasröhre in die oben erwähnte continuirliche Bewegung nach der einen Seite versetzt. Um diese zu entfernen wurde ein Mittel versucht, das in Hrn. Edlund's Abhandlung angedeutet ist. Neue Mäntel wurden herbeigeschafft, von denselben Dimensionen wie die alten, aber aus Messingblech, dessen innere, dem Wasser zugewandte Seite galvanisch versilbert war ¹⁾. Diese Mäntel wurden mit destillirtem Wasser gefüllt. Die continuirliche Bewegung war bei dieser Einrichtung des Apparates beinahe gänzlich verschwunden. Nur gegen das Ende der Untersuchung zeigte sie sich wieder in etwas höherem Grade. Der Grund hierzu lag jedoch nicht in den Mänteln, denn die betreffende Verschiebung verschwand wieder, wenn ein Versuch mit den versilberten Cylindern gemacht wurde. Wahrscheinlich hatte der eine der unversilberten Cylinder eine Veränderung erlitten, so daß er die Wärme mit größerer oder kleinerer Geschwindigkeit als der andern abgab. Die im Folgenden angeführten Ausschläge sind der continuirlichen Verschiebung we-

1) Der ganze Apparat wird in dieser verbesserten Gestalt vom Mechaniker Hrn. M. Sörensen in Stockholm zu dem Preise von 110 Thlr. preuß. Cour. geliefert.

gen überall nach der oben angegebenen Methode aus drei successiv beobachteten Ausschlägen berechnet.

2. Der galvanische Strom wurde durch eine Säule von 2 bis 4 Bunsen's Elementen erzeugt, in deren Leitung nebst den Drähten in den Cylindern ein Rheostat, eine Tangentenbussole und ein Commutator eingeschaltet wurden. Die Metallegirungen, mit Ausnahme des Neusilbers, wurden in einer Form von Gyps in cylindrische Stäbe von ungefähr 16 Centimeter Länge und 2 Millimeter Dicke gegossen. Diese Stäbe wurden mit Zinn an ein Mm. dicke Kupferdrähte gelöthet, welche aus chemisch reinem, galvanisch niedergeschlagenem Kupfer gezogen waren. In den Legirungen wurden käufliche (unreine) Metalle angewandt. Während der Untersuchung wurde die Beobachtung gemacht, daß sowohl die elektromotorische, als auch die thermo-elektrische Kraft einiger Legirungen mit der Zeit abnahm. Diese Verminderung, die gleich nach dem Gusse besonders merklich war, beruhte ohne Zweifel auf physikalischen (vielleicht auch auf chemischen) Molecularveränderungen der Legirungen. Weil gewöhnlich die elektromotorische Kraft gleich nach dem Gusse, die thermo-elektrische aber erst einige Tage nachher bestimmt wurde, konnte man nicht sicher seyn, daß die beiden Bestimmungen demselben molecularen Zustande der Legirung entsprachen. Demzufolge wurde es nothwendig, die Versuche mit den meisten Legirungen noch einmal zu machen. Diese spätere Untersuchung wurde etwa sechs Wochen nach der ersten ausgeführt, wobei dieselben Drahtpaare wie bei den ersten Versuchen zur Anwendung kamen. Da es angenommen werden konnte, daß die molecularen Veränderungen nach dieser Zeit zum größten Theil aufgehört hätten und da überdies die Bestimmung der thermo-elektrischen Kraft unmittelbar nach der Ermittlung der elektromotorischen Kraft vorgenommen wurde, so entsprechen die auf diese Weise erhaltenen Werthe der beiden Kräfte demselben molecularen Zustande und sind mit einander vergleichbar.

3. Die Bestimmung der *thermo-elektrischen* Kraft ge-

schah auf folgende Weise. Der Kupferdraht, der an die Legirung angelöthet war, wurde nahe bei der Löthstelle zwei Mal rechtwinklig gebogen und somit der Legirung in einem Abstände von etwa zwei Centimeter parallel gestellt. Die Löthstelle wurde in ein in kaltes Wasser eingesenktes Proberöhrchen eingesetzt, wodurch diese Contactstelle 7 bis 10° C. unter die Temperatur des Zimmers (15 bis 18° C.) abgekühlt wurde. Die freien Enden der Drähte wurden mittelst Klemmschrauben mit den Enden des Galvanometerdrahtes verbunden. Diese Klemmschrauben waren von einer Holzdose umgeben, deren Böden für den Durchgang der Drähte durchlöchert waren. Der Temperaturunterschied der Contactstellen wurde durch zwei vollkommen gleiche, sehr empfindliche Thermometer ermittelt. Die Kugel des Einen wurde nahe bei der Löthstelle im Proberöhrchen, die des Anderen in der Dose bei den Klemmschrauben angebracht, worauf die Oeffnung des Proberöhrchens und die Löcher der Dose mit Baumwolle zugestopft wurden, um Luftströme zu verhüten. Nachdem die Contactstellen die Temperatur der sie umgebenden Luft angenommen hatten, wurden gleichzeitig die beiden Thermometer und der Ausschlag des Galvanometers einige Male mit kurzen Zwischenzeiten abgelesen. Das Galvanometer war mit gewöhnlicher Spiegelablesung ausgestattet. Die mittelst eines Magnetinductors gemessene Leitungsfähigkeit konnte durch einen in die Leitung eingeschalteten Rheostaten modificirt werden.

4. Wir gehen jetzt zur Mittheilung der Beobachtungen. Die bei der *späteren* Bestimmung der elektromotorischen und thermo-elektrischen Kräfte gemachten Versuche werden hierbei vollständig angeführt. Von den zuerst angestellten Versuchen werden nur die Resultate mitgetheilt, um den Einfluß der molecularen Veränderungen hervorzuheben. Bei der Benennung der Combinationen werden wir immer den Namen desjenigen Körpers zuerst stellen, nach welchem der positive galvanische Strom an der Löthstelle gehen muß, um eine Erkältung hervorzubringen. Die elektromotorische Kraft der Combination erzeugt somit

einen Strom, der an der Contactstelle von dem letztgenannten Körper nach dem erstgenannten geht. Dieselbe Richtung hat sich auch immer für den thermo-elektrischen Strom an der wärmeren Berührungsstelle ergeben. Wir können daher den erstgenannten Körper als elektropositiven, den letztgenannten als elektronegativen Bestandtheil der Combination betrachten.

Eisen-Kupfer.

Um die elektromotorische Kraft der Legirungen mit der der ungemischten Metalle vergleichen zu können, wurden zuerst die Combinationen Eisen-Kupfer und Kupfer-Wismuth, und zwar die schon von Hrn. Edlund benutzten Drähte dieser Combinationen untersucht. Die Bestimmung der *elektromotorischen* Kraft der Combination *Eisen-Kupfer* gab folgendes Resultat.

Versuch 1. Die Stromstärke $s = \text{tg } 29^\circ 6',5$.

Ausschläge.
33,65
33,72
33,22
32,49
Mittel $\overline{33,27}$.

Versuch 2. $s = \text{tg } 19^\circ 30',5$.

Ausschläge.
23,57
23,50
23,50
23,70
Mittel $\overline{23,57}$.

Versuch 3. $s = \text{tg } 8^\circ 35'$

Ausschläge.
11,37
12,22
12,20
Mittel $\overline{11,93}$.

Der Mittelwerth von β wird $= 2,911$. Damit erhält man für α folgende Werthe:

aus dem Vers. 1	$\alpha = 82,42$
2	$\alpha = 77,74$
3	$\alpha = 81,62$
Mittel	$\overline{\alpha = 80,59}$.

Am Ende der ganzen Untersuchung wurde die Combination Eisen-Kupfer zur Ermittlung etwaiger Veränderungen des Apparates von Neuem geprüft. Dabei wurde erhalten $\beta = 2,976$ und

$$\alpha = 86,87 \text{ bei } s = \text{tg } 31^{\circ},1'$$

$$\alpha = 81,27 \quad s = \text{tg } 20^{\circ},18'$$

$$\alpha = 84,24 \quad s = \text{tg } 10^{\circ},13'$$

$$\text{Mittel } \alpha = 84,13.$$

Der Mittelwerth der beiden Bestimmungen wird $\alpha = 82,36$. Hr. Edlund erhielt $\alpha = 130,99$. Das Verhältniß dieser Werthe ist $= 1,59$.

Die elektromotorische Kraft dieser Combination wurde auch aus Ablesungen mit der Zwischenzeit von 45 Min. bestimmt.

Als Resultat dieser Versuche erhielt man: $\beta = 2,156$ und

$$\alpha = 106,4 \text{ bei } s = \text{tg } 30^{\circ},21'$$

$$\alpha = 100,5 \quad s = \text{tg } 19^{\circ},55'$$

$$\alpha = 104,6 \quad s = \text{tg } 10^{\circ},28'$$

$$\text{Mittel } \alpha = 103,83.$$

Das Verhältniß der beiden, nach den zwei verschiedenen Methoden erhaltenen Werthe von α ist $= 1,26$.

Die Bestimmung der *thermo-elektrischen* Kraft auf oben angegebene Weise ergab folgendes Resultat.

Versuch 4.

Temperaturdifferenzen der Contactsellen	Ausschläge des thermoel. Stromes.	Leitungsfähigkeit (Ausschläge mit dem Magnetinductor)
10°,2	111,2	198,0
10°,1	109,4	198,0
9°,9	108,4	197,6
9°,8	107,4	
Mittel 10°,0	Mittel 109,1	Mittel 197,9.

Versuch 5.

8°,9	94,0	198,4
8°,7	91,0	199,0
8°,6	88,8	197,6
8°,4	86,6	
Mittel 8°,64	Mittel 90,1	Mittel 198,3.

Wir werden im Folgenden überall die auf den Temperaturunterschied 10°C. und die Leitungsfähigkeit 160 reducirten Ausschläge als relative Maaße der thermo-elektrischen Kräfte annehmen. Die GröÙe dieser Kraft der Combination Eisen-Kupfer wird somit:

für das Drahtpaar No. 1 = 88,20

No. 2 = 84,04

Mittel = 86,12.

Der Quotient dieses Werthes in den von Hrn. Edlund erhaltenen 146,18 ist = 1,70.

Die oben erhaltenen Werthe der thermo-elektrischen und elektromotorischen Kraft haben das Verhältniß $\frac{86,12}{82,36} = 1,05$. Wird diese Zahl mit dem Reductionsfactor $\frac{1,70}{1,59} = 1,07$ multiplicirt, erhält man die Zahl 1,12, die der von Hrn. Edlund bestimmten Verhältnißzahl der beiden Kräfte vollkommen gleich ist.

Kupfer-Wismuth.

Die elektromotorische Kraft.

<i>Versuch 6.</i>	<i>Versuch 7.</i>	<i>Versuch 8.</i>
$s = \text{tg } 27^{\circ} 35'$	$s = \text{tg } 12^{\circ} 55'$	$s = \text{tg } 6^{\circ} 45'$
Ausschläge.	Ausschläge.	Ausschläge.
173,25	85,70	47,85
172,70	85,50	48,00
172,70	85,10	48,05
Mittel 172,88.	Mittel 85,43.	Mittel 47,97.

Diese Versuche geben $\beta = 2,794$ und

$\alpha = 439,33$ aus dem Vers. 6

$\alpha = 398,95$ 7

$\alpha = 413,14$ 8

Mittel $\alpha = 417,14$.

Hr. Edlund hat $\alpha = 783,10$ gefunden; das Verhältniß $\frac{783,10}{417,14} = 1,88$ ist größer als das der Combination Eisen-Kupfer entsprechende 1,59. Da man annehmen darf, daß der Eisen-Kupferdraht sich in einem ziemlich

constanten molecularen Zustande befindet, wird hierdurch angedeutet, daß die krystallinischen Wismuthstäbe irgend eine moleculare Veränderung erlitten hatten, seitdem sie von Hrn Edlund untersucht worden waren. Diese Veränderung hatte eine *Verminderung* der elektromotorischen Kraft herbeigeführt.

Die *thermo-elektrischen* Versuche gaben folgendes Resultat.

Versuch 9. No. 1.

Temperaturdiff.	Ausschläge	Leitungsfähigkeit
7°,8	231	111,4
7°,6	228	112,0
Mittel 7°,7	Mittel 229,5	Mittel 111,7.

Versuch 10. No. 2.

6°,6	226,2	111
5°,5	222,0	111
6°,4	219,0	
Mittel 6°,5	Mittel 222,4	Mittel 111.

Die reducirten Ausschläge werden:

für No. 1 = 426,93

No. 2 = 493,19

Mittel = 460,06.

Hr. Edlund erhielt für die thermo-elektrische Kraft den Werth 835,10, dessen Verhältniß zu 460,06 gleich 1,82. Für die Combination Eisen-Kupfer war dieses Verhältniß nur 1,70. Die thermo-elektrische Kraft der Combination Kupfer-Wismuth hatte sich also wie ihre elektromotorische Kraft *vermindert*.

Legirung No. 1. — Kupfer.

Die Legirung bestand aus 8 *Theilen Wismuth* und 1 *Theil Zinn*. Die Versuche zur Bestimmung der *elektromotorischen* Kraft ergaben:

<i>Versuch 11.</i>	<i>Versuch 12.</i>	<i>Versuch 13.</i>
$s = \text{tg } 18^{\circ},24.$	$s = \text{tg } 12^{\circ},33'.$	$s = \text{tg } 7^{\circ},32'.$
Ausschläge.	Ausschläge.	Ausschläge.
60,85	41,65	29,35
60,45	44,85	29,35
58,60	43,00	29,75
59,05		29,50
Mittel 59,74.	Mittel 43,17.	Mittel 29,44.

Daraus erhält man $\beta = 7,178$ und

$\alpha = 240,56$	aus dem Vers. 11
$\alpha = 225,79$	12
$\alpha = 236,18$	13
Mittel $\alpha = 234,18.$	

Bei der ersten Bestimmung wurde $\beta = 6,336$ und

$\alpha = 255,46$	bei $s = \text{tg } 18^{\circ} 22'$
$\alpha = 235,28$	$s = \text{tg } 12^{\circ} 0,5'$
$\alpha = 249,89$	$s = \text{tg } 5^{\circ} 32'$
Mittel $\alpha = 246,88.$	

Die elektromotorische Kraft der Legirung scheint somit sich mit der Zeit zu *vermindern*.

Die *thermo-elektrischen* Versuche gaben folgendes Resultat.

Versuch 14. No. 1.

Temperaturdiff.	Ausschläge.	Leitungsfähigkeit.
10 ^o ,0	143,6	93,4
9 ^o ,9	141,4	93,2
9 ^o ,7	140,0	93,2
9 ^o ,6	138,2	
Mittel 9 ^o ,8	Mittel 140,8	Mittel 93,3

Versuch 15. No. 2.

10 ^o ,8	142,8	93,2
10 ^o ,7	141,6	94,0
10 ^o ,6	141,0	93,8
10 ^o ,5	139,4	
Mittel 10 ^o ,65	Mittel 141,2	Mittel 93,7.

Die reducirten Ausschläge werden:

für No. 1 = 246,38

2 = 226,39

Mittel = 236,39.

Aus den ersten Versuchen folgt:

No. 1. Red. Ausschlag = 252,98

No. 2. = 229,53

Mittel = 241,26.

Die thermo-elektrische Kraft erwies sich somit wie die elektromotorische Kraft bei den späteren Versuchen etwas *kleiner* als bei den zuerst gemachten.

Legirung No. 2. — Kupfer.

Die Bestandtheile dieser Legirung waren 4 *Theile Wismuth* und 1 *Theil Zinn*. Die *elektromotorische* Kraft wurde durch folgende Versuche ermittelt.

<i>Versuch 16.</i>	<i>Versuch 17.</i>	<i>Versuch 18.</i>
$s = \text{tg } 19^{\circ} 17'.$	$s = \text{tg } 12^{\circ} 18'.$	$s = \text{tg } 6^{\circ} 0'.$
Ausschläge.	Ausschläge.	Ausschläge.
39,1	25,75	14,65
38,4	25,85	14,50
38,6	25,55	14,55
Mittel 38,7.	Mittel 25,72.	Mittel 14,57.

Der Werth von β wird = 4,815; damit erhält man

$\alpha = 139,45$ aus dem Vers. 16

= 130,77 17

= 142,26 18

Mittel $\alpha = 137,49.$

Auch mit der Zwischenzeit 45 Min. wurden Versuche gemacht, die folgendes Resultat lieferten: $\beta = 4,991$

und $\alpha = 178,52$ bei $s = \text{tg } 21^{\circ} 12'$

= 176,90 = $\text{tg } 15^{\circ} 8'$

= 178,62 = $\text{tg } 7^{\circ} 33'$

Mittel $\alpha = 178,01.$

Das Verhältniß der beiden Werthe von α ist $= 1,29$, das innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler dem bei der Combination Eisen-Kupfer gefundenen Werthe dieses Verhältnisses gleich ist. Die Methode mit verkürzter Zeit zwischen zwei successiven Ablesungen liefert daher ein hinreichend genaues Resultat.

Bei den *thermo-elektrischen* Versuchen wurden folgende Ausschläge erhalten.

Versuch 19. No. 1.

Temperaturdiff.	Ausschläge.	Leitungsfähigkeit.
10",5	188,5	213,2
10",3	185,1	213,4
10",2	179,7	213,4
10",0	178,3	
Mittel 10",23.	Mittel 182,9.	Mittel 213,3.

Versuch 20. No. 2.

11",1	232,4	212,3
11",0	230,6	212,8
10",9	228,4	212,4
10",8	225,0	
Mittel 10",95	Mittel 229,1	Mittel 212,7.

Die reducirten Ausschläge werden:

$$\text{No. 1} = 134,11$$

$$\text{No. 2} = 157,38$$

$$\text{Mittel} = 145,75.$$

Aus der ersten gleich nach dem Gusse vorgenommenen Bestimmung der elektromotorischen Kraft erhielt man:

$$\beta = 4,008 \text{ und}$$

$$\alpha = 184,8 \text{ bei } s = \text{tg } 26^{\circ} 34'$$

$$= 162,7 \quad = \text{tg } 16^{\circ} 3'$$

$$= 176,4 \quad = \text{tg } 6^{\circ} 37'$$

$$\text{Mittel} = 174,63.$$

Gleich nach dem Gusse war daher die elektromotorische Kraft merkbar gröfser als bei den späteren Ver-

suchen. Etwa zehn Tage nach dem Gusse waren die reducirten Ausschläge des thermo-elektrischen Stromes:

$$\begin{aligned}\text{für No. 1} &= 134,91 \\ \text{No. 2} &= 165,83 \\ \text{Mittel} &= 150,37.\end{aligned}$$

Dieser Werth ist nur wenig gröfser als der bei den späteren Versuchen erhaltene. Wahrscheinlich war die moleculare Veränderung, welche die Verminderung der elektromotorischen und thermo-elektrischen Kraft herbeiführte, schon zum gröfsten Theil vor sich gegangen, als die ersten thermo-elektrischen Versuche gemacht wurden.

Legirung No. 3 — Kupfer.

Die Bestandtheile dieser Legirung waren 2 *Theile Wis-muth* und 1 *Theil Zinn*.

Die elektromotorische Kraft.

<i>Versuch 21.</i>	<i>Versuch 22.</i>	<i>Versuch 23.</i>
$s = \text{tg } 19^{\circ} 12'.$	$s = \text{tg } 13^{\circ} 23'.$	$s = \text{tg } 7^{\circ} 40'.$
Ausschläge.	Ausschläge.	Ausschläge.
12,00	8,70	6,00
13,85	8,90	6,75
13,65	9,65	6,20
12,35		
Mittel 12,96.	Mittel 9,08.	Mittel 6,32.

Man erhält $\beta = 8,275$ und

$\alpha = 52,68$	aus dem Vers. 21
$\alpha = 46,25$	22
$\alpha = 50,35$	13
Mittel $\alpha = 49,76.$	

Die thermo-elektrische Kraft.

Versuch 24. No. 1.		
Temperaturdiff.	Ausschläge.	Leitungsfähigkeit.
10°,4	65,8	196,0
10°,3	64,8	196,2
10°,1	63,8	196,0
Mittel 10°,27.	Mittel 64,8.	Mittel 196,1.

Versuch 25. No. 2.

10,3	65,2	196,8
10,2	64,6	196,2
10,0	63,8	196,2

Mittel 10,17. Mittel 64,53. Mittel 196,4.

Die reducirten Ausschläge werden:

für No. 1 = 51,48

No. 2 = 51,69

Mittel = 51,59.

Die Abnahme der elektromotorischen Kraft dieser Legirung war besonders groß. Bei der ersten Bestimmung ergab sich nämlich $\alpha = 94,34$, ein Werth, der beinahe doppelt so groß als der oben gefundene ist. Auch die thermo-elektrische Kraft war anfangs viel größer; die reducirten Ausschläge wurden nämlich:

für No. 1 = 78,76

No. 2 = 75,08

Mittel = 76,92.

Um das Vorhandenseyn der betreffenden Veränderung zu bestätigen, wurden mit dieser Legirung besondere Versuche vorgenommen. Drei Stäbe wurden gleichzeitig gegossen und an Kupferdrähte gelöthet. Zwei von diesen Drahtpaaren wurden in das Luftthermometer eingesetzt. In den folgenden Tagen wurde sowohl die elektromotorische Kraft bestimmt, als auch mit dem dritten Drahtpaar gleichzeitige thermo-elektrische Versuche gemacht.

Versuch 26, am 28. Februar gleich nach dem Gusse angestellt. Bei der Stromstärke $s = \text{tg } 20^\circ$ erhielt man im Mittel den Ausschlag 34,43. Der reducirte Ausschlag des thermo-elektrischen Stromes war = 120,24.

Versuch 27. Am selben Tage etwa fünf Stunden später. Ausschlag bei $s = \text{tg } 20^\circ 10'$: 30,33. Reducirter Ausschlag des thermo-elektrischen Stromes = 113,39.

Versuch 28. Am 29. Februar. Zur Ermittlung des Werthes von β wurden Ausschläge bei zwei verschiedenen Stromstärken genommen. Man erhielt:

bei $s = \text{tg } 19^\circ 53'$ den Ausschlag 27,15

$s = \text{tg } 7^\circ 45' \quad 12,80,$

woraus $\beta = 5,600$ folgt. Die thermo-elektrische Kraft ergab sich bei diesem Versuche = 103,37.

Versuch 29. Am 6. März. Bei $s = \text{tg } 20^\circ 13'$ wurde der Ausschlag im Luftthermometer = 22,35. Die thermo-elektrische Kraft = 84,27.

Versuch 30. Am 19. März. Ausschlag = 19,08 bei $s = \text{tg } 19^\circ 35'$. Die thermo-elektrische Kraft = 74,61.

Die folgende Tabelle macht die stetige Verminderung der beiden Kräfte anschaulich. In der ersten Verticalcolumnne ist der Tag des Versuches angegeben. Die zweite Columnne enthält die Werthe von α , die mit dem Werth $\beta = 5,6$ aus den Versuchen 26 bis 30 berechnet sind. Die reducirten Ausschläge des thermo-elektrischen Stromes sind in der dritten Columnne angeführt. Die vierte Columnne ist durch Division der Zahlen der ersten Columnne in die der zweiten erhalten.

		Elektromotorische Kraft.	Thermo-elektrische Kraft.	Verhältniß.
Februar	28.	124,85	120,24	0,96
"	28.	109,42	113,39	1,03
"	29.	98,81	103,37	1,05
März	6.	80,51	84,27	1,05
"	7.	70,11	74,61	1,06.

Die beiden Kräfte nahmen somit in fast demselben Verhältnisse ab. Die Veränderung ging am schnellsten gleich nach dem Gusse vor sich, wo die Abnahme schon nach einigen Stunden bemerkbar war. Man könnte vermuthen, daß der galvanische Strom, der bekanntlich sowohl temporäre als auch permanente Veränderungen der Leitungsdrähte hervorruft, auch die Ursache der hier beobachteten Erscheinung sey. Daß dies nicht der Fall ist, zeigen sowohl die Versuche mit den zuerst gegossenen

Stäben, bei welchen die Veränderung statt gefunden hatte, obgleich sie mehrere Wochen ungebraucht gelegen hatten, als auch die soeben angeführten Versuche 26 bis 30, in welchen Eins der Drahtpaare dem Einflusse keines stärkeren Stromes als dem des durch die Abkühlung der Löthstelle hervorgerufenen thermo-elektrischen Stromes ausgesetzt worden war. Es muß auch bemerkt werden, daß die Abnahme der elektromotorischen Kraft nicht irgend einer Structurveränderung des Kupferdrahtes zugeschrieben werden kann, weil dieser eine längere Zeit vor den Versuchen gezogen worden war.

Legirung No. 4 — Kupfer.

Die Bestandtheile waren 12 *Theile Wismuth* und 1 *Theil Zinn*.

Die elektromotorische Kraft.

<i>Versuch 31.</i>	<i>Versuch 32.</i>	<i>Versuch 33.</i>
$s = \text{tg } 19^{\circ} 28'.$	$s = \text{tg } 12^{\circ} 54'.$	$s = \text{tg } 7^{\circ} 50'.$
Ausschläge.	Ausschläge.	Ausschläge.
67,95	47,15	34,3
68,25	50,25	32,7
	47,00	32,6
Mittel 68,10.	Mittel 48,13.	Mittel 33,2.

Die Berechnung giebt $\beta = 6,866$ und

$\alpha = 262,61$ aus dem Vers. 31	
$\alpha = 245,09$	32
$\alpha = 256,52$	33
Mittel $\alpha = 254,74.$	

Die thermo-elektrische Kraft.

Versuch 34. No. 1.

Temperaturdiff.	Ausschläge.	Leitungsfähigkeit.
$9^{\circ},8$	283,0	170,0
$9^{\circ},7$	277,0	170,8
$9^{\circ},5$	273,4	170,2
Mittel $9^{\circ},67.$	Mittel 277,8.	Mittel 170,3.

Poggendorff's Annal. Bd. CXLIX. 11

Versuch 35. No. 2.

7°,7	220,0	168,0
7°,6	217,4	169,4
7°,5	215,2	168,6
<hr/> Mittel 7°,6.	<hr/> Mittel 217,53.	<hr/> Mittel 168,7.

Reducirter Ausschlag

für No. 1 = 269,91

No. 2 = 271,46

Mittel = 270,69.

Bei der ersten Bestimmung ergab sich die elektromotorische Kraft = 256,69 und die thermo-elektrische = 266,89. Diese Werthe sind von den später erhaltenen nur wenig verschieden. Um zu erfahren, ob diese Legirung mit der Zeit eine ähnliche Veränderung wie die vorhergehenden erleide, wurde sie von Neuem gegossen und ihre thermo-elektrische Kraft untersucht. Gleich nach dem Gusse war der reducirte Ausschlag = 297,63, einen Tag später = 292,63 und sechs Tage nach dem Gusse = 274,12. Diese Versuche zeigen deutlich, daß die thermo-elektrische Kraft (und folglich auch die elektromotorische Kraft) dieser Legirung mit der Zeit *abnimmt*.

Kupfer-Legirung No. 5.

Die Bestandtheile waren 32 *Theile Wismuth* und 1 *Theil Antimon*.

Die elektromotorische Kraft.

Versuch 36. Versuch 37. Versuch 38. $s = \text{tg } 19^\circ 20'.$ $s = \text{tg } 12^\circ 45'.$ $s = \text{tg } 7^\circ 0'.$

Ausschläge.	Ausschläge.	Ausschläge.
86,48	57,60	36,0
88,15	57,55	35,9
	58,00	34,2
<hr/> Mittel 87,32.	<hr/> Mittel 57,72.	<hr/> Mittel 35,37

Daraus ergibt sich $\beta = 4,213$ und

$$\alpha = 306,70 \text{ bei } s = \text{tg } 19^{\circ} 20'$$

$$\alpha = 281,25 \quad s = \text{tg } 12^{\circ} 45'$$

$$\alpha = 297,08 \quad s = \text{tg } 7^{\circ} 0'$$

$$\text{Mittel } \alpha = 295,01.$$

Bei der ersten Bestimmung erhielt man $\beta = 6,083$ und

$$\alpha = 307,61 \text{ bei } s = \text{tg } 16^{\circ} 14'$$

$$\alpha = 290,19 \quad s = \text{tg } 8^{\circ} 35'$$

$$\alpha = 298,64 \quad s = \text{tg } 4^{\circ} 6'$$

$$\text{Mittel } \alpha = 298,81.$$

Die beiden Werthe von α sind nicht viel von einander verschieden.

Die thermo-elektrische Kraft.

Versuch 39. No. 1.

Temperaturdiff.	Ausschläge.	Leitungsfähigkeit.
10°,5	217,8	163,6
10°,3	214,8	112,8
10°,2	213,8	113,4
10°,0	210,8	

$$\text{Mittel } 10^{\circ},25. \quad \text{Mittel } 214,3. \quad \text{Mittel } 113,3.$$

Der reducirte Ausschlag wird $= 295,24$.

Der Versuch mit dem Drahtpaare No. 2 konnte nicht ausgeführt werden, weil dasselbe bei der Vorbereitung des Versuches an der Löthstelle beschädigt worden war. Bei der ersten Bestimmung erhielt man für beide Drähte wenig verschiedene Werthe der thermo-elektrischen Kraft, nämlich für No. 1 den Werth 313,06, für No. 2 309,62, im Mittel 311,34. Die thermo-elektrischen Kräfte der beiden Drähte können wir daher auch bei der späteren Bestimmung als gleich annehmen. Der Unterschied der beiden Zahlen 295,24 und 311,34 ist nicht von Belang.

Kupfer-Legirung No. 6.

Diese Legirung wurde durch Zusammenschmelzung von 32 Theilen Wismuth und 3 Theilen Antimon erhalten.

Die elektromotorische Kraft.

Versuch 40.	Versuch 41.	Versuch 42.
$s = \text{tg } 18^{\circ} 18'$	$s = \text{tg } 13^{\circ} 10'$	$s = \text{tg } 7^{\circ} 28'$
Ausschläge.	Ausschläge.	Ausschläge
149,45	110,6	60,55
146,05	109,8	69,60
147,40	109,3	
Mittel 147,63.	Mittel 109,9.	Mittel 68,08.

Nach diesen Versuchen ist $\beta = 4,306$ und

$\alpha = 541,40$ bei $s = \text{tg } 18^{\circ} 18'$	
$= 522,21$	$= \text{tg } 13^{\circ} 10'$
$= 538,32$	$= \text{tg } 7^{\circ} 28'$
Mittel $\alpha = 533,98.$	

Die thermo-elektrische Kraft.

Versuch 43. No. 1.

Temperaturdiff.	Ausschläge.	Leitungsfähigkeit.
7°,0	231	79,8
6°,7	225	80,0
6°,4	221	80,2
Mittel 6°,7.	Mittel 225,67.	Mittel 80,0.

Versuch 44. No. 2.

7°,0	246,0	82,2
6°,9	243,2	82,0
6°,8	240,0	81,6
Mittel 6°,9.	Mittel 243,07.	Mittel 81,9.

Reducirter Ausschlag

für No. 1 = 673,64
No. 2 = 688,23
Mittel = 680,94.

Elf Tage vorher wurde die thermo-elektrische Kraft zu 680,93 und die elektromotorische zu 521,23 bestimmt. Diese Legirung scheint somit, ebenso wenig wie die vorhergehende Wismuth-Antimon-Legirung, in Bezug auf ihre elektromotorischen Eigenschaften veränderlich zu seyn. Ein besonderer thermo-elektrischer Versuch bestätigt dies. Gleich nach dem Gusse erhielt man den reducirten Ausschlag 613,87 und fünf Tage später den Ausschlag 624,13. Der Unterschied dieser Ausschläge beträgt nicht volle 2 Proc., so dafs sie nicht als wesentlich verschieden angesehen werden können.

Kupfer-Neusilber.

Der Kupferdraht wurde an einen Neusilberdraht von derselben Dicke (1 Mm.) gelöthet. Diese Combination wurde nur ein Mal untersucht.

Die elektromotorische Kraft.

Versuch 45.	Versuch 46.	Versuch 47.
$s = \text{tg } 23^{\circ} 30'.$	$s = \text{tg } 15^{\circ} 16'.$	$s = \text{tg } 7^{\circ} 10'.$
Ausschläge.	Ausschläge.	Ausschläge.
32,60	21,75	12,05
32,70	21,95	12,05
32,35		12,15
Mittel 32,55.	Mittel 21,85.	Mittel 12,08.
Die Constante β wird $= 4,556$ und		
	$\alpha = 102,13$ aus dem Vers. 45	
	$= 92,65$	46
	$= 99,47$	47
	Mittel $\alpha = 98,08.$	

Die thermo-elektrische Kraft.

Versuch 48. No. 1.

Temperaturdiff.	Ausschläge.	Leitungsfähigkeit.
11°,9	158,8	210,2
11°,4	151,8	210,0
11°,3	150,8	209,8
11°,1	149,6	
Mittel 10°,43.	Mittel 152,75	Mittel 210,0.

Versuch 49. No. 2.

Temperaturdiff.	Ausschläge.	Leitungsfähigkeit.
11°,0	153,2	209,2
10°,6	145,4	210,6
10°,3	138,2	
Mittel 10°,63.	Mittel 145,6	Mittel 209,9.

Reducirter Ausschlag

für No. 1 = 101,82

No. 2 = 104,41

Mittel = 103,12.

5. *Die Resultate der Untersuchung.* Ordnet man die untersuchten Körper nach der Gröfse der elektromotorischen und thermo-elektrischen Kräfte auf die Weise, daß ein vorhergehender elektropositiv gegen einen nachfolgenden ist, so erhält man folgende Reihen, in welchen die Zahlen die relativen Werthe dieser Kräfte beim Contact mit Kupfer angeben. Bei der Aufstellung dieser Reihen sind nur die bei der *späteren* Bestimmung erhaltenen Werthe berücksichtigt.

			Elektromotorische	Thermo - elektrische
			Kraft	Kraft
12 Wismuth -	1 Zinn		254,74	270,69
8 "	1 "		234,18	236,39
4 "	1 "		137,49	145,75
Eisen			82,36	86,12
2 Wismuth -	1 Zinn		49,76	81,59
Kupfer			0	0
Neusilber			98,08	103,12
32 Wismuth -	1 Antimon		295,01	295,24
Wismuth			417,14	460,06
32 Wismuth -	3 Antimon		533,98	680,94.

Eine Metalllegirung nimmt somit, gleich den reinen Metallen, dieselbe Stellung in der elektromotorischen wie in der thermo-elektrischen Reihe ein. Weil der thermo-elektrische Strom an der wärmeren Berührungsstelle dieselbe Richtung hat wie der durch die dort wirksame elektromo-

torische Kraft erzeugte galvanische Strom, so *wird diese Kraft durch die Erwärmung vermehrt*. Diese Resultate gelten nur für Wärmegrade unter $+30^{\circ}$ C., über welche hinaus die Temperatur der Drähte während der Versuche nicht gestiegen ist.

Dividirt man die Zahlen der elektromotorischen Reihe in die entsprechenden der thermo-elektrischen Reihe, so erhält man folgende Quotienten.

12 Wismuth- 1 Zinn-Kupfer	1,10
8 Wismuth- 1 Zinn-Kupfer	1,09
4 Wismuth- 1 Zinn-Kupfer	1,06
Eisen	1,05
2 Wismuth- 1 Zinn-Kupfer	1,04
Kupfer-Neusilber	1,05
„ - 32 Wismuth- 1 Antimon	1,00
„ - Wismuth	1,10
„ - 32 Wismuth- 3 Antimon	1,29.

Mit Ausnahme des letzten können diese Quotienten als gleich betrachtet werden. Der Mittelwerth ist nämlich, wenn die letzte Zahl ausgeschlossen wird, $= 1,06$ und die Abweichungen vom Mittel, die höchstens 6 Proc. betragen, können den Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden. Bezüglich den letzten Quotienten hat man Grund, ihn als mit den übrigen nicht ganz vergleichbar anzusehen. Die Combination Kupfer- 32 Wismuth, 3 Antimon erzeugt nämlich, seiner großen elektromotorischen Kraft zufolge, beim Umkehren des Stromes bedeutende Temperaturvariationen in den Cylindern des Luftthermometers; es ist daher möglich, daß die Gleichungen, die bei der Berechnung von α angewandt werden und die unter der Voraussetzung abgeleitet worden seyen, daß die Temperaturvariationen in den Cylindern mäßig sind, für diese Combination einen Werth von α liefern, der mit den für die übrigen Combinationen gefundenen Werthen dieser Quantität nicht vergleichbar ist. Diese Vermuthung wird dadurch bestätigt, daß die Quotienten mit der elektromotorischen Kraft zu

wachsen scheinen. Wir glauben uns daher zu der Annahme berechtigt, daß *das Verhältniß zwischen der thermo-elektrischen und elektromotorischen Kraft der untersuchten Legirungen constant und gleich dem Verhältnisse für die Combination Eisen-Kupfer und Kupfer-Wismuth ist.*

Zuletzt erwähnen wir noch als ein Resultat dieser Untersuchung die bemerkenswerthe stetige Abnahme der elektromotorischen und thermo-elektrischen Kraft, die bei den Wismuth-Zinn-Legirungen beobachtet wurde. Von den reinen Metallen scheint auch das Wismuth eine solche Veränderung zu erleiden. Wenn man die bekannte That-
sache in Betracht zieht, daß das thermo-elektrische Verhalten der festen Leiter gegen moleculare Veränderungen, z. B. gegen kleine Verunreinigungen oder eine durch mechanische Behandlung, wie Spannung, Drehung, Druck etc. ¹⁾ hervorgerufene relative Verschiebung der Molecüle, äußerst empfindlich ist, so scheint es sehr wahrscheinlich, daß die betreffende Erscheinung mit irgend einer Molecularveränderung zusammenhängt. Durch die schnelle Erstarrung in der Gußform wird die freie Krystallisation der Legirung gehindert und es entsteht ein Spannungszustand, aus welchem die Molecüle sich frei zu machen streben. Gleichzeitig können chemische Veränderungen vor sich gehen; entweder treten die Bestandtheile der Legirung zum Theil in chemische Verbindung mit einander oder es können auch beim Gusse entstandene Verbindungen wieder zerfallen.

Äehnliche Molecularveränderungen sind schon früher bei einigen Körpern beobachtet. Es ist z. B. bekannt, daß der Gefrierpunkt eines gewöhnlichen Thermometers zufolge einer Volumenabnahme der Kugel mit der Zeit etwas steigt. Eine ähnliche Erscheinung wurde von Hrn.

1) Thomson, *Phil. Trans.* 1856, *T. III*, p. 711; Magnus, *Pogg. Ann.* Bd. 83, S. 469; Matthiessen fand die thermo-elektrischen Kraft bei Wismuth und Antimon bedeutend ungleich, je nachdem diese Metalle gegossen oder als geprefte Drähte untersucht wurden (*Pogg. Ann.* Bd. 103, S. 412).

Edlund beobachtet, als er drei geaichte Reichsmaafse der schwedischen *Kanne* im Jahre 1857 von Neuem justirte. Das Volumen dieser Maafse, die aus Glas angefertigt waren, war von F. Rudberg im Jahre 1833 auf das Genaueste zu 100 Cub. dec. Zollen bestimmt worden. Hr. Edlund fand jedoch das Volumen aller drei Gefäße merkbar kleiner. Dadurch ist eine fortdauernde Structurveränderung des Glases erwiesen, die in 24 Jahren eine merkbare Volumverminderung dieser Maafse herbeigeführt hatte. Zuletzt erwähnen wir der Umwandlung der auf künstlichem Wege hergestellten monoklinischen Schwefelkrystalle in ein Aggregat von kleinen rhombischen Krystallen, den Uebergang der arsenigen Säure aus der amorphen in die krystallinische Form und andere in der Chemie bekannte Erscheinungen dieser Art.

Es ist wahrscheinlich, daß auch die Wismuth-Antimonlegirungen einer ähnlichen Veränderung wie die Wismuth-Zinnlegirungen unterworfen sind, obgleich der Einfluß dieser Veränderung auf die elektromotorische Kraft zu klein seyn mag, um sich während der verhältnißmäßig kurzen Dauer dieser Untersuchung zu zeigen. Ob sich alle festen Leiter, die mechanischer Behandlung unterworfen werden, in solcher Weise verändern, und in wie fern diese Veränderung von Modificationen den anderen physikalischen Eigenschaften, wie der Dichte, der Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektricität etc. begleitet ist, mögen künftige Untersuchungen an den Tag legen.

Nachtrag. Ich erlaube mir hier zu erwähnen, daß der General Freiherr v. Wrede in Stockholm ganz neulich sehr merkwürdige Veränderungen der Länge eines 1 Decimeter langen Stabes von der Legirung 2 Theile Wismuth-1 Theil Zinn, so wie Variationen der Wärmeausdehnung desselben, entdeckt hat ¹⁾. Bezüglich etwaiger Variationen des galvanischen Leitungswiderstandes einiger Metallegirun-

1) *Kongl. Svenska Vet.-Akad. Handl.* 1872.

gen habe ich am Ende des letzten Sommersemesters (1872) in Bonn einige Versuche gemacht. Durch die Güte des Hrn. Geh. Rathes Clausius hatte ich Gelegenheit bei diesen Versuchen ein vortreffliches Universalgalvanometer von Siemens zu benutzen. Die Resultate dieser Versuche waren: der Widerstand der Legirung 2 Theile Wismuth- 1 Theil Zinn verminderte sich in 21 Tagen um 0,064 seiner ursprünglichen GröÙe, der der Legirung 1 Theil Wismuth- 1 Theil Zinn um 0,07 in 9 Tagen und der der Legirung 1 Theil Wismuth- 2 Theile Zinn um 0,06 in 4 Tagen. Die Geschwindigkeit der Veränderung hatte ihren größten Werth gleich nach dem Gusse. Die Legirungen 12 Theile Wismuth- 1 Theil Zinn, 1 Theil Wismuth- 5 Theile Blei und 10 Theile Wismuth- 1 Theil Antimon erwiesen sich in Bezug auf Leitungswiderstände ziemlich constant, da die Variationen nicht über 1 Procent betrugen.

III. *Ueber das elektro-chemische Aequivalent des Silbers; von F. Kohlrausch.*

(Der K. Gesellsch. d. Wiss. zu Göttingen im Auszuge mitgetheilt
am 1. Febr. 1873.)

Meine Absicht bei dieser Arbeit ging dahin, das Verhältniß der magnetischen zur chemischen Strom-Einheit so genau zu bestimmen, wie es mit aller Sorgfalt und den besten gegenwärtigen Hilfsmitteln möglich seyn würde. Wie dieß Unternehmen an sich durch die Bedeutung der fraglichen Naturconstante hinreichend gerechtfertigt ist ¹⁾,

- 1) Ich verhehle übrigens nicht, daß neben dem wissenschaftlichen Interesse noch ein praktisches Ziel vorlag. Im Göttinger physikalischen Practicum ließ ich als Übungsgegenstand wiederholt die Aufgabe ausführen, mittels der Messung eines und desselben Stromes durch