

I. *Ueber den Einfluss der Temperatur auf die elektrische Leitungsfähigkeit der Metalle;*
von A. Matthiessen und M. von Bose.

(Gelesen vor der Royal Society zu London.)

Die Resultate, welche verschiedene Beobachter in ihren Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur auf die elektrische Leitungsfähigkeit der Metalle erhalten haben, stimmen gar nicht überein. Die Verschiedenheiten in ihren Zahlen mögen theilweise in der Anwendung nicht reiner Metalle liegen, theilweise aber darin, dass sie die Thatsache nicht berücksichtigt haben, dass ein Draht eines reinen Metalles, nachdem er zum ersten Male auf 100° erhitzt worden ist, beim Abkühlen eine Verschiedenheit seiner Leitungsfähigkeit zeigt; dass es in der That nöthig ist, einen Draht für mehrere Tage bei 100° zu erhalten, bevor seine Leitungsfähigkeit bei der anfangs beobachteten Temperatur constant gefunden wird.

Bei den Experimenten die wir mitzutheilen im Begriff sind, haben wir uns große Mühe gegeben, einmal nur reine Metalle anzuwenden, und dann sowohl die Methode als die Anordnung der Apparate so zu wählen, dass wir im Stande wären, große Genauigkeit zu erhalten.

Die Methode, die wir für die Bestimmung der Widerstände anwendeten, ist ausführlich beschrieben in diesen Ann. Bd. 100, S. 177, und Fig. 4 Taf. II zeigt die Anordnung der Apparate. *B* ist der Trog, in welchem die Drähte erhitzt wurden. Sie wurden an zwei dicke Kupferdrähte *F* (4 bis 5^{mm} dick) angelöthet, welche, wie in der Figur

angegeben, gebogen waren und in den Quecksilbernäpfchen *E* endeten, die wieder mit dem Apparat durch zwei andere Kupferdrähte *F'* von demselben Durchmesser verbunden waren. *C* ist ein Brett, so angebracht, dafs es die Strahlung der Hitze des Troges auf den Apparat verhindert. Die Quecksilbernäpfchen *O* bestehen aus Holzblöckchen, durch welche Löcher gebohrt sind, gerade grofs genug, um die dicken Kupferdrähte aufzunehmen; ihren Boden bilden amalgamirte Kupferplatten. Nun ist klar, dafs, wenn die Enden der dicken Kupferdrähte flach gefeilt und wohl amalgamirt und die Näpfchen mit Quecksilber gefüllt sind, diese Art der Verbindung als ein Löthen der Kupferplatte mit Quecksilber betrachtet werden kann, oder mit anderen Worten: die Verbindung ist vollkommen, denn wir können den Draht herausnehmen, so oft wir wollen, wir werden alle Mal beim Schliesen denselben Widerstand wieder erhalten. Die Drähte *F''*, an welche der Normaldraht (im Glascylinder *G*) angelöthet ist, sind auch 4 bis 5^{mm} dick. Der Grund, warum solche dicke Drähte gewählt wurden, war der, jeden Unterschied im Widerstande dieser Drähte, welchen die Temperatur des Zimmers oder das Erhitzen der Enden, an welche der zu prüfende Draht angelöthet war, verursachten, so klein zu machen, dafs keine Correction nöthig war. Dafs diefs wirklich der Fall war, wurde durch den folgenden Versuch bewiesen: nachdem ein Draht im Troge angelöthet und sein Widerstand mit dem gewöhnlich gebrauchten Normaldraht bestimmt worden war, wurde der Draht *F'* bei *e* durch sechs Bunsen'sche Lampen weit über 100° erhitzt und der Widerstand des Systems wieder bestimmt, während der Draht diese Temperatur hatte; er hatte sich nur um 0,08 Proc. vergrößert, und wir hielten es daher nicht für nöthig, eine Correction für die Zunahme des Widerstandes durch Erhitzen der Enden der dicken Drähte im Troge anzubringen. Der Widerstand der Kupferdrähte wurde bei gewöhnlicher Temperatur bestimmt und ohne Correction in Rechnung gebracht.

Vor dem Beginne einer jeden Reihe wurden die Enden

der Drähte, welche in die Quecksilbernäpfchen tauchten, sorgfältig frisch amalgamirt. L und L sind die beiden Commutatoren, welche in die vier Quecksilbernäpfchen bei O passen.

Der auf dem Brette H ausgespannte Draht ist von Neusilber, statt, wie früher beschrieben, von Kupfer; seine halbe Länge war 4550^{mm} , die Länge des Brettes ungefähr 1500^{mm} , so dafs der Draht mehrmals entlang desselben gewunden war, was in der Figur nicht sichtbar ist. Dadurch dafs wir Normaldrähte von verschiedenen Widerständen brauchten und geeignete Längen der zu prüfenden Drähte wählten, konnten wir unsere Beobachtungen mit dem Block M gewöhnlich innerhalb 100^{mm} vom Nullpunkte der Scale beginnen. Wir trugen Sorge den Block M beim Bewegen allemal zu heben, um so viel als möglich ein Abnutzen des Drahtes zu verhindern. Es mag bemerkt werden, dafs, obgleich wir gewöhnlich nur mit dem einen der Commutatoren arbeiteten und daher meist die eine Hälfte des Drahtes brauchten, der Nullpunkt während der ganzen Dauer der Untersuchung, die fast ein Jahr in Anspruch nahm, nur um 3^{mm} sich veränderte. Der Nullpunkt wurde vor Anfang jeder Reihe bestimmt. Die Länge, über die der Block M bei Bestimmung des Widerstandes eines Drahtes zwischen 0° C. und 100° C. bewegt werden mußte, war für die Metalle im festen Zustande ungefähr 800^{mm} oder ungefähr 8^{mm} für 1° C. Da die Bewegung des Blockes um 1^{mm} eine Abweichung der Nadel des Galvanometers I um 20° bis 30° verursachte, so ist offenbar, dafs wir mit unserem Apparat mit Genauigkeit den Unterschied im Widerstande eines Drahtes bestimmen können, der weniger als $0,1^{\circ}\text{ C.}$ entspricht. Unsere Resultate beweisen dies außerdem, insofern in vielen Fällen die Unterschiede zwischen den beobachteten und den berechneten Leitungsfähigkeiten für die ganze Reihe Werthe nicht erreichen, die $0,1^{\circ}$ oder $0,2^{\circ}\text{ C.}$ gleich sind.

Der Trog B ist ein doppelter und der Raum zwischen der innern und äufsern Wand beträgt 20^{mm} . Der innere

Trog ist 400^{mm} lang, 80^{mm} breit und 80^{mm} tief. An den schmalen Seiten des Troges befinden sich zwei Löcher von ungefähr 20^{mm} Weite, in welche gute Korke eingepaßt sind, und durch diese gehen sowohl die dicken Kupferdrähte *F*, als auch an der einen Seite eine Glasröhre *d*, weit genug um das Thermometer *c* mit Leichtigkeit durchzulassen. Ein Stück Kautschuk-Röhre, welches über die Glasröhre *d* und um das Thermometer herum eng paßt, verschließt die Röhre, erlaubt aber das Thermometer mit Leichtigkeit rückwärts und vorwärts zu bewegen.

Die Röhren *a* dienen dazu, den Raum zwischen der äußern und innern Wand des Troges mit Oel zu füllen. Der Draht im Troge lag, wie Fig. 5 Taf. II zeigt, in einer Glasmulde, d. i. in einer der Länge nach halbirten Glasröhre, wodurch jeder Möglichkeit vorgebeugt wurde, daß der Draht den Trog berührte oder daß er beim Umrühren des Oels in Unordnung gerieth. Ein anderer Trog von etwas kleineren Dimensionen wurde auch benutzt.

Gegen den Gebrauch eines Oelbades zum Erhitzen der Drähte sind von einem früheren Beobachter (Arndtsen, Pogg. Ann. Bd. 104 S. 1) Einwürfe gemacht worden; es war daher nöthig durch das Experiment zu bestimmen, ob ein wirklicher Grund zu Einwürfen vorhanden wäre, da nicht ein einziges Experiment darüber angestellt wurde. Jener Beobachter behauptete, daß, da Oel heiß die Elektrizität besser leitet als kalt, die Unterschiede der Leitungsfähigkeiten von kaltem und von heißem Oel wesentlichen Einfluß haben würden auf die Werthe der Widerstände von Drähten, welche bei verschiedenen Temperaturen in Oel bestimmt wären. Um die Genauigkeit dieser Behauptung zu prüfen, verbanden wir zwei Kupferplatten, von ungefähr 150^{mm} Durchmesser, die eine mit dem Galvanometer, die andere mit einem einfachen Bunsen'schen Becher, und, um den Bogen zu schließen, diesen mit dem Galvanometer. Ein Stück mit Olivenöl getränkten Fließpapiers wurde zwischen die Kupferplatten gelegt und diese durch ein Gewicht zusammengepreßt: beim Schließen der Kette

wurde nicht die geringste Abweichung der Nadel beobachtet. Die Platten wurden dann über 100° C. erhitzt und immer noch war keine Abweichung sichtbar. Um zu zeigen, daß die Verbindungen gut waren, wurde ein Tropfen Wasser auf das geölte Papier gebracht und sogleich flogen die Nadeln des Galvanometers mit großer Heftigkeit bis zu den Stiften herum. Diefß beweist, daß, obgleich Oel heiß besser leiten mag als kalt, doch seine Leitungsfähigkeit so unendlich klein ist, daß sie auf die in der beschriebenen Art erhaltenen Resultate keinen Einfluß haben kann.

Es ist ferner in einer früheren Untersuchung bewiesen worden, daß ein Draht, gleichviel ob im Luft- oder Oelbade erhitzt, genau dieselben Resultate¹⁾ giebt; da jedoch genauere Resultate bei Anwendung des Oelbades als des Luftbades erhalten werden können, aus dem Grunde, weil der Draht schneller die Temperatur des Bades annimmt und schneller abgekühlt wird, wenn er durch den Strom erwärmt war, so haben wir dieser Methode zum Erhitzen der Drähte vor der andern den Vorzug gegeben. Da Oel die meisten Metalle in einem Grade angreift, der die Beobachtungen werthlos machen würde, so waren wir genöthigt die Drähte mit einem Firniß zu überziehen. Am besten dient hierzu eine Lösung von Schellack in Alkohol. Die Leitfähigkeit eines harten Kupferdrahtes, z. B., welcher, ohne vorher gefirnißt zu seyn, in einem Oelbade erhitzt worden, wird nach dem Erkalten geringer als die ursprüngliche gefunden; war der Draht gefirnißt, so hat er nach dem Erkalten gewonnen.

Um zu zeigen, daß das Firnissen auf die Resultate keinen Einfluß hatte, geben wir in Tabelle I die Leitungsfähigkeit eines Golddrahtes, erst nicht gefirnißt und dann gefirnißt. Jeder Werth ist das Mittel zweier Beobachtungen.

1) Pogg. Ann. Bd. 112 S. 353. Die Formel für die Correction der Leitungsfähigkeit eines weichen Drahtes der Gold-Silber-Legirung, im Luftbade erhitzt, war: $\lambda = 15,059 - 0,01077t + 0,00000722t^2$, und die des selben Drahtes im Oelbade erhitzt, $\lambda = 15,052 - 0,01074t + 0,00000714t^2$.

Tabelle I.

° C. gefunden	berechnet	Diff.	° C. gefunden	berechnet	Diff.
15,3 = 72,697	72,705	— 0,008	13,85 = 73,120	73,085	+ 0,035
30,55 = 68,806	68,879	— 0,073	30,95 = 68,756	68,782	— 0,026
48,65 = 64,659	64,717	— 0,058	49,55 = 64,523	64,520	+ 0,003
69,55 = 60,409	60,423	— 0,014	68,4 = 60,636	60,645	— 0,009
83,25 = 57,915	57,966	+ 0,009	84,55 = 57,704	57,680	+ 0,024
99,85 = 55,151	55,174	— 0,023	98,7 = 55,346	55,352	— 0,006
84,55 = 57,704	57,680	+ 0,024	84,9 = 57,645	57,620	+ 0,025
70,8 = 60,224	60,184	+ 0,040	70,25 = 60,318	60,289	+ 0,029
50,85 = 64,239	64,239	0,000	51,2 = 64,149	64,164	— 0,015
30,95 = 68,746	68,782	— 0,036	30,6 = 68,886	68,866	+ 0,020
16,8 = 72,343	72,316	+ 0,027	17,85 = 72,111	72,045	+ 0,066

Die daraus abgeleitete Formel, woraus die Leitungsfähigkeit berechnet wurde, ist:

$$\lambda = 76,838 - 0,27973t + 0,0006285t_2.$$

Die Thermometer, die wir brauchten, waren:

1) Eins getheilt in ganze Grade, von denen jeder 3,5^{mm} lang; mit geringer Uebung waren wir im Stande die Temperaturen mit großer Genauigkeit auf 0,1° C. abzulesen. Dieses Thermometer calibrirten wir selbst und verglichen es dann mit einem Normalthermometer vom Observatorium zu Kew, welches uns Hr. Balfour Stewart freundlichst lieh. Die corrigirten Ablesungen unseres Thermometers stimmten vollkommen mit denen des Kew'schen überein.

2) Ein Normalthermometer von Negretti und Zambra getheilt in 0,2° C. Diefs wurde mit dem von Kew verglichen und für richtig befunden. Die Siede- und Gefrierpunkte der Thermometer wurden von Zeit zu Zeit bestimmt und die nöthigen Correctionen angebracht.

Da das Licht im Zimmer, wo die Experimente angestellt wurden, von oben kam und da die Thermometer horizontal lagen, so konnte jeder parallaxische Fehler dadurch vermieden werden, daß man das Auge in eine solche Stellung brachte, daß die Eintheilung auf der Scale ihr Spiegelbild auf der Quecksilbersäule bedeckte. Die Thermometer wurden allemal abgelesen mit Hülfe der Lupe A durch das Oel in der Glasröhre d, so daß die ganze Quecksilbersäule sehr nahe die Temperatur des Bades hatte.

Die Normaldrähte waren von weichem Neusilber und ihre Widerstände wurden bestimmt durch Vergleichen mit einem harten Draht der Gold-Silber-Legirung¹⁾. Sie waren an zwei dicke Kupferdrähte angelöthet, gefirnisset und beim Gebrauche in den Cylinder *G* gestellt, welcher mit Oel gefüllt war und worin ein Thermometer hing. Die Temperatur des Oels wurde sogleich nach jeder Beobachtung abgelesen und die Leitungsfähigkeit des Normaldrahtes corrigirt mit Hülfe der Formel

$$\lambda = 7,803 - 0,0034619t + 0,0000003951t^2.$$

Diese Formel wurde erhalten durch die Bestimmung der Leitungsfähigkeit eines Stückes Draht von derselben Rolle, von welcher die Normaldrähte abgeschnitten wurden. In der gegenwärtigen Arbeit haben wir als Einheit angenommen die Leitungsfähigkeit eines Silberdrahtes bei 0° C. = 100 (die hartgezogene Gold-Silber-Legirung bei 0° C. ist dann = 15,03), um im Stande zu seyn, die folgenden Bestimmungen auf den ersten Anblick mit denen zu vergleichen, die von Einem von uns vor Kurzem gemacht wurden²⁾.

Vor dem Anfange einer jeden Reihe wurden, wie vorher erwähnt, alle Drahtenden, die in Quecksilbernäpfchen tauchten, frisch amalgamirt und der Nullpunkt der Scale von Neuem bestimmt. Der Strom vom Becher *D* wurde jedesmal nur 1 bis 2 Sekunden durch den Apparat hindurch gelassen, um die Drähte etc. nicht zu erhitzen. Zwischen 0° bis 100° wurden sieben Intervalle gewählt, bei welchen die Beobachtungen gemacht wurden, nämlich bei 12°, 25°, 40°, 55°, 70°, 85° und 100°. Mit einiger Uebung konnten die Flammen der sechs Bunsen'schen Lampen so regulirt werden, daß man den obigen Temperaturen bis auf 1 oder 2 Grade nahe kam. Ohngefähr 5 Minuten vor und während jeder Beobachtung wurde das Oel im Troge gut umgerührt, indem ein Beobachter am Troge war, der andere die Widerstände bestimmte. Gewöhnlich wurden

1) Pogg. Ann. Bd. 112 S. 353.

2) Pogg. Ann. Bd. 103 S. 428, Bd. 110 S. 190 und 222.

vier Beobachtungen bei jedem Intervalle beim Erwärmen des Drahtes bis 100° gemacht; und ebenso vier bei jedem Intervalle beim allmählichen Abkühlen. Wir geben nur das Mittel dieser jedesmaligen acht Beobachtungen, da sonst die Zahl der Ziffern sehr groß werden würde. Tabelle I kann als ein billiges Beispiel der Genauigkeit der erhaltenen Resultate angesehen werden. Die Formel, nach welcher die Leitungsfähigkeiten berechnet sind, ist

$$\lambda = x + yt + zt^2,$$

wo λ die Leitungsfähigkeit bei t° C., x die Leitungsfähigkeit bei 0° und y und z Coefficienten sind. Die Werthe von x , y und z wurden mittelst der Methode der kleinsten Quadrate aus dem Mittel der Beobachtungen abgeleitet.

Wir gehen nun zu den Experimenten über, die mit jedem Metall angestellt wurden, indem wir zugleich einige Bemerkungen über ihre Reinigung etc. machen, und wir wollen dann sehen, welche allgemeine Gesetze und Schlüsse wir aus den Resultaten ziehen können, die wir erhalten haben.

Silber.

Gereinigt durch Niederschlagen von salpetersaurem Silberoxyd mit Salzsäure, und Reduciren des gewaschenen Chlorsilbers mit reinem kohlensaurem Natron. Die Drähte 1, 2 und 3 waren von verschiedenen Darstellungen. Tabelle II giebt die Resultate, die mit diesen Drähten erhalten wurden.

Tabelle II.

Länge: Durchmesser:	1. Draht		2. Draht		3. Draht	
	hart 1546mm 0,462mm	weich 1535mm 0,462mm	hart 1753mm 0,596mm	weich 1741mm 0,596mm	hart 1962mm 0,648mm	weich 1953mm 0,648mm
Leitungsfähigkeit des harten Drahtes vor dem Erhitzen	15,4° = 97,645	reducirt auf 0° = 103,528	16,0° = 95,112	reducirt auf 0° = 101,194	16,0° = 94,053	reducirt auf 0° = 99,800
Leitungsfähigkeit nach 1 täg. igem Erhitzen auf 100°	16,2° = 98,138	= 104,364	15,6° = 96,618	= 102,585	15,4° = 95,241	= 100,839
do. nach 2 tög. Erhitzen	15,6° = 98,913	= 104,951	16,8° = 104,544	= 108,303	16,0° = 96,337	= 102,223
do. nach 3 tög. Erhitzen	16,0° = 99,837	= 106,091	16,0° = 102,237	= 108,714	17,6° = 96,671	= 103,178
do. nach 4 tög. Erhitzen	18,4° = 99,212	= 106,377	19,2° = 104,427	= 109,162	15,6° = 97,917	= 103,747
do. nach 5 tög. Erhitzen	17,4° = 99,586	= 106,380	18,6° = 101,750	= 109,262	17,4° = 97,669	= 104,168
do. nach 6 tög. Erhitzen					18,2° = 97,322	= 104,100

Die Mittel der Leitungsfähigkeiten, welche bei jeder der folgenden Temperaturen gefunden wurden, waren:

°C.	1. Draht, hart.			°C.	2. Draht, hart.			°C.	3. Draht, hart.		
	beob.	berechn.	Diff.		beob.	berechn.	Diff.		beob.	berechn.	Diff.
11,0	102,238	102,272	-0,034	12,2	103,927	103,927	0,000	9,6	103,534	100,546	-0,012
26,17	96,710	96,645	+0,065	23,7	99,520	99,523	-0,003	23,9	95,452	95,437	+0,015
38,25	92,490	92,505	-0,015	41,7	93,224	93,236	-0,012	38,95	90,476	90,507	-0,031
55,4	87,130	87,149	-0,019	56,2	88,703	88,708	-0,005	56,0	85,513	85,478	+0,035
68,85	83,389	83,374	+0,015	64,9	85,142	85,137	+0,005	68,15	82,244	82,252	-0,008
84,0	79,540	79,572	-0,032	85,45	81,078	81,036	+0,042	84,47	78,393	78,391	+0,002
101,3	75,831	75,813	+0,018	99,2	78,073	78,103	-0,030	98,6	75,477	75,484	-0,007

°C.	1. Draht, weich.			°C.	2. Draht, weich.			°C.	3. Draht, weich.		
	beob.	berechn.	Diff.		beob.	berechn.	Diff.		beob.	berechn.	Diff.
11,3	103,391	103,404	-0,013	8,0	106,447	106,426	+0,021	9,25	102,543	102,461	+0,082
24,25	98,589	98,576	+0,013	24,35	99,968	99,990	-0,022	25,55	96,371	96,495	-0,124
41,85	92,520	92,530	-0,010	38,05	95,051	95,077	-0,026	40,10	91,589	91,639	-0,051
56,45	88,006	87,965	+0,041	55,17	89,554	89,554	0,000	55,17	87,655	87,047	+0,008
67,55	84,670	84,714	-0,044	68,22	85,847	85,803	+0,044	68,55	83,483	83,307	+0,116
83,65	80,562	80,554	+0,008	63,62	81,882	81,888	-0,006	83,57	79,667	79,674	-0,007
98,8	77,046	77,042	+0,004	100,00	78,319	78,331	-0,012	100,60	76,124	76,163	-0,039

Die Formeln, welche von diesen Beobachtungen abgeleitet und aus welchen die Leitungsfähigkeit berechnet wurde, waren:

für den 1. Draht, hart: $\lambda = 106,651 - 0,40948t + 0,0010370t^2$ oder $\lambda = 100 - 0,38394t + 0,0009723t^2$,
 weich: $\lambda = 107,880 - 0,40698t + 0,0009601t^2$ „ $\lambda = 100 - 0,37725t + 0,0008900t^2$,
 für den 2. Draht, hart: $\lambda = 108,928 - 0,42389t + 0,0011407t^2$ „ $\lambda = 100 - 0,38915t + 0,0010472t^2$,
 weich: $\lambda = 109,802 - 0,43138t + 0,0011667t^2$ „ $\lambda = 100 - 0,39287t + 0,0010625t^2$,
 für den 3. Draht, hart: $\lambda = 104,209 - 0,39124t + 0,0010133t^2$ „ $\lambda = 100 - 0,37544t + 0,0009724t^2$,
 weich: $\lambda = 106,088 - 0,40160t + 0,0010235t^2$ „ $\lambda = 100 - 0,37855t + 0,0009647t^2$.

Aus dieser Tabelle sieht man erstens, daß man die Leitungsfähigkeit eines Silberdrahtes durch mehrtägiges Erhitzen auf 100°C. fast in demselben Grade vergrößern kann, als es durch Weichmachen geschieht; ferner, daß Draht 1 und 2 völlig hart gezogen waren. Wenn wir die durch Weichmachen hervorgebrachten Unterschiede in der Leitungsfähigkeit vergleichen, so finden wir, daß der für No. 3 nur 6 Proc., während der für No. 2 fast 10 Proc. beträgt, wobei die Leitungsfähigkeit des harten Silberdrahtes bei $0^{\circ} = 100$ gesetzt ist. In einer früheren Untersuchung ¹⁾ wurde dieser Unterschied in zwei Experimenten gefunden als

1) hart	95,28	bei $14^{\circ},0$	100,47	auf 0° reducirt
weich	103,98	» $14^{\circ},8$	109,97	
2) hart	95,36	» $14^{\circ},6$	100,78	
weich	103,33	» $14^{\circ},6$	109,20	

Diese Werthe sind auf 0° reducirt mittelst einer Formel, welche das Mittel der sechs aus den Experimenten abgeleiteten ist; denn obgleich ein Unterschied in den Formeln für weiche und harte (oder vielmehr in gewissem Grade weiche) Drähte stattfindet, so ist er doch so klein, daß sie als gleich betrachtet werden dürfen, noch dazu, da der Unterschied zwischen den für verschiedene Drähte erhaltenen bei Weitem größer ist. Indem wir das Mittel der obigen Werthe nehmen und voraussetzen, daß der Einfluß der Temperatur auf die Leitungsfähigkeit bei harten und weichen Drähten derselbe ist, finden wir die folgenden Formeln:

$$\text{hart} \quad \lambda = 100 - 0,38287t + 0,0009848t^2$$

$$\text{weich} \quad \lambda = 108,74 - 0,41570t + 0,0010624t^2$$

Kupfer.

Die Drähte 1 und 2 waren von demselben Stück elektrotypen Kupfers, dargestellt für uns von Dr. H. Müller bei den Hrn. De la Rue & Co. Draht 3 wurde von einem Stück käuflichen elektrotypen Kupfers aus derselben Quelle abgeschnitten. Tabelle III giebt die mit diesen Drähten erhaltenen Resultate.

1) Pogg. Ann. Bd. 110 S. 222.

Tabelle III.

Länge: Durchmesser:	1. Draht		2. Draht		3. Draht	
	hart 2262mm 0,691mm	weich 2245,5mm 0,691mm	hart 1753mm 0,598mm	weich 1738mm 0,598mm	hart 1476mm 0,537mm	weich 1461mm 0,537mm
Leitungsfähigkeit des harten Drahtes vor dem Erhitzen	10,6° = 95,672	reducirt auf 0° = 99,526	15,0° = 94,355	reducirt auf 0° = 100,021	20,6° = 92,568	reducirt auf 0° = 100,327
Leitungsfähigkeit nach 1 täg. Erhitzen auf 100°	99,0 = 96,324	0 = 99,943	13,2 = 94,965	0 = 99,971	19,0 = 93,263	0 = 100,461
do. nach 2 tög. Erhitzen	11,8 = 96,750	0 = 101,097	14,2 = 94,880	0 = 100,268	18,0 = 93,720	0 = 100,563
do. nach 3 tög. Erhitzen	12,2 = 96,914	0 = 101,418	15,9 = 94,501	0 = 100,524	19,0 = 93,434	0 = 100,645
do. nach 4 tög. Erhitzen	9,8 = 97,950	0 = 101,671	17,2 = 94,153	0 = 100,656	19,6 = 93,278	0 = 100,708
do. nach 5 tög. Erhitzen	8,7 = 98,437	0 = 101,682	14,4 = 95,570	0 = 101,075	20,6 = 92,865	0 = 100,649
do. nach 6 tög. Erhitzen			18,2 = 94,327	0 = 101,230	20,1 = 92,738	0 = 100,705
do. nach 7 tög. Erhitzen			12,7 = 96,575	0 = 101,469		

Die Mittel der Leitungsfähigkeiten, welche bei jeder der folgenden Temperaturen gefunden wurden, waren:

1. Draht, hart.				2. Draht, hart.				3. Draht, hart.			
° C.	beob.	berechn.	Diff.	° C.	beob.	berechn.	Diff.	° C.	beob.	berechn.	Diff.
16,86	95,473	95,467	+ 0,006	19,17	94,359	94,334	+ 0,025	12,65	95,769	95,739	+ 0,030
29,88	91,063	91,002	+ 0,061	30,95	90,187	90,208	— 0,021	25,61	91,061	91,076	— 0,015
51,03	84,235	84,315	— 0,080	48,53	84,518	84,544	— 0,026	39,52	86,415	86,456	— 0,041
69,52	78,997	79,044	— 0,047	69,22	78,640	78,634	+ 0,006	53,92	82,069	82,090	— 0,021
83,77	75,413	75,347	+ 0,066	83,77	75,015	74,968	+ 0,047	69,90	77,798	77,741	+ 0,057
98,60	71,829	71,838	— 0,009	99,00	71,532	71,562	— 0,030	84,87	74,172	74,142	+ 0,030
								99,92	70,951	70,987	— 0,036
1. Draht, weich.				2. Draht, weich.				3. Draht, weich.			
17,00	95,535	95,567	— 0,032	18,96	94,987	94,959	+ 0,028	13,45	96,934	96,934	+ 0,020
29,63	91,291	91,239	+ 0,052	31,86	90,424	90,449	— 0,025	26,15	92,246	92,260	— 0,014
50,22	84,687	84,726	— 0,039	52,05	83,974	84,003	— 0,029	39,35	87,727	87,753	— 0,026
69,60	79,223	79,209	+ 0,014	70,27	78,836	78,829	+ 0,007	55,50	82,675	82,732	— 0,047
83,42	75,636	75,638	— 0,002	83,81	75,428	75,377	+ 0,051	69,90	78,742	78,686	+ 0,056
99,37	71,891	71,893	— 0,002	99,57	71,757	71,784	— 0,027	84,67	75,047	74,988	+ 0,059
								99,05	71,766	71,816	— 0,050

Die Formeln, welche von diesen Beobachtungen abgeleitet wurden und aus welchen die Leistungsfähigkeit berechnet wurde, waren:

für den 1. Draht, hart: $\lambda = 101,645 - 0,37963t + 0,0007844t^2$ oder $\lambda = 100 - 0,37351t + 0,0007717t^2$,
 weich: $\lambda = 101,791 - 0,37959t + 0,0007921t^2$ „ $\lambda = 100 - 0,38291t + 0,0007781t^2$,
 für den 2. Draht, hart: $\lambda = 101,614 - 0,39806t + 0,0009546t^2$ „ $\lambda = 100 - 0,39173t + 0,0009394t^2$,
 weich: $\lambda = 102,143 - 0,39629t + 0,0009179t^2$ „ $\lambda = 100 - 0,38797t + 0,0008986t^2$,
 für den 3. Draht, hart: $\lambda = 100,620 - 0,39885t + 0,0010236t^2$ „ $\lambda = 100 - 0,39639t + 0,0010173t^2$,
 weich: $\lambda = 102,243 - 0,40850t + 0,0010228t^2$ „ $\lambda = 100 - 0,39954t + 0,0010003t^2$.

Wir sehen aus der obigen Tabelle, daß nach dem Erhitzen auf 100° die Leitungsfähigkeit von Draht 1 sich fast in demselben Grade erhöhte, als ob er weich gemacht worden wäre; Draht 2 verhielt sich theilweise so, Draht 3 fast gar nicht. Das Weichmachen fand statt im Wasserstoffstrom in einer Glasröhre, die durch eine vierfache Bunsen'sche Lampe erhitzt wurde. Hier wieder dürfen wir annehmen, daß kein Unterschied zwischen den harten und weichen Drähten stattfindet. In einer früheren Untersuchung¹⁾ wurde die Leitungsfähigkeit von reinem Kupfer gefunden:

	reducirt auf 0°
1) 93,00 bei $18^{\circ},6$	99,877
2) 93,46 „ 20 ,2	100,980
3) 93,02 „ 18 ,4	99,824
4) 92,76 „ 19 ,3	99,886
5) 92,99 „ 17 ,5	99,453.

Der Unterschied, der damals zwischen harten und weichen Drähten gefunden wurde, war:

	reducirt auf 0° .
1) hart 95,31 bei $11^{\circ},0$	99,435
weich 97,83 „ 11 ,0	102,065
2) hart 95,72 „ 11 ,0	99,864
weich 98,02 „ 11 ,0	102,263.

Diese Werthe sind auf die folgende Weise auf 0° reducirt worden. Nehmen wir z. B. den ersten 93,00 bei $18^{\circ},6$, so erhalten wir, da das Mittel, der sechs für Kupfer erhaltenen Formeln (s. Tabelle III).

$$\lambda = 100 - 0,38701t + 0,0009009t^2$$

ist, die Leitungsfähigkeit für $18^{\circ},6$ nach dieser Formel $= 93,114$. Bilden wir nun die Proportion $100 : x = 93,114 : 93,00$, so erhalten wir den reducirten Werth 99,877.

Alle Reductionen früherer Bestimmungen in dieser Arbeit wurden auf diese Weise gemacht; bei den Reductionen auf 0° in den Tabellen fand nur der Unterschied statt,

1) Pogg. Ann. Bd. 110, S. 222.

dafs die Formeln, die für die respectiven Drähte gefunden waren, statt des Mittels der Formeln angewandt wurden.

Wenn wir nun das Mittel aller der für Kupfer gefundenen Werthe und das Mittel der in Tab. III gegebenen Formeln nehmen, so ergeben sich zur Correction der Leitungsfähigkeit für Temperatur die Formeln:

für einen harten Draht:

$$\lambda = 99,947 - 0,38681t + 0,0009004t^2$$

für einen weichen Draht:

$$\lambda = 102,213 - 0,39557t + 0,0009208t^2.$$

Die Werthe, welche als erstes Glied in der Formel gegeben sind, wurden auf folgende Weise gefunden:

Aus der Abhandlung, aus welcher die Leitungsfähigkeit des Kupfers hergeleitet wurde, wird erschen werden, dafs jeder Werth das Mittel von drei Bestimmungen ist. Wenn man daher die Werthe 1 bis 5, das Mittel der Werthe von 6 und 7 und von den drei ersten Bestimmungen der Drähte, deren Werthe in der Tabelle gegeben sind, addirt, so ist das Mittel aus diesen Summen die Leitungsfähigkeit des hartgezogenen Kupfers bei 0°. Um den Ausdruck für die weichgezogenen Drähte zu finden, wurde die procentische Differenz, welche beobachtet wurde, je nachdem der Draht hart oder weich war, sowohl in den Werthen der 6 und 7 als auch der 3 ersten und der 3 letzten Bestimmungen der in Tabelle III aufgeführten Drähte, addirt und das daraus gezogene procentische Mittel zu dem für hartgezogenen Kupferdraht gefundenen Werthe hinzugerechnet. Alle Formeln, welche als Endresultat für jedes Metall hier gegeben sind, sind auf diese Weise berechnet.

G o l d.

Gereinigt wie beschrieben in Pogg. Ann. Bd. 109, S. 526. Drähte 1, 2 und 3 sind von drei verschiedenen Darstellungen. Die mit diesen Drähten erhaltenen Resultate sind in Tab. IV gegeben.

Tabelle IV.

Länge: Durchmesser:	1. Draht		2. Draht		3. Draht	
	hart 2214mm 0,7586mm	weich 2200mm 0,7586mm	hart 837mm 0,467mm	weich — —	hart 759,5mm 0,434mm	weich 742,5mm 0,434mm
Leitungsfähigkeit des harten Drahtes vor dem Erhitzen	15,2 = 73,239	reducirt auf 0° = 76,821	15,1° = 72,550	reducirt auf 0° = 76,561	36,8° = 67,530	reducirt auf 0° = 77,229
Leitungsfähigkeit nach 1 täg. igem Erhitzen auf 100°	15,2 = 72,746	0 = 76,854	12,6 = 73,359	0 = 76,733	19,4 = 71,868	0 = 77,223
do. nach 2 täg. Erhitzen	15,1 = 72,751	0 = 76,832	—	—	20,1 = 71,854	0 = 77,405
do. nach 3 täg. Erhitzen	—	—	—	—	19,0 = 72,191	0 = 77,457
do. nach 4 täg. Erhitzen	—	—	—	—	18,0 = 72,396	0 = 77,394

Die Mittel der Leitungsfähigkeiten, welche bei jeder der folgenden Temperaturen gefunden wurden, waren:

° C.	1. Draht, hart.			° C.	2. Draht, hart.			° C.	3. Draht, hart.		
	beob.	berechn.	Diff.		beob.	berechn.	Diff.		beob.	berechn.	Diff.
15,95	72,567	72,536	+ 0,031	13,36	73,222	73,212	+ 0,010	12,44	73,854	73,841	+ 0,013
30,76	68,798	68,828	- 0,030	24,79	70,329	70,325	+ 0,004	23,27	70,965	70,975	- 0,010
50,06	64,392	64,410	- 0,018	40,80	66,515	66,544	- 0,029	39,42	67,002	67,013	- 0,011
69,75	60,397	60,385	+ 0,012	55,65	63,306	63,312	- 0,006	55,47	63,441	63,448	- 0,007
84,31	57,742	57,722	+ 0,020	69,52	60,528	60,531	- 0,003	70,56	60,455	60,435	+ 0,020
99,27	55,248	55,263	- 0,015	84,12	57,905	57,854	+ 0,051	84,79	57,904	57,893	+ 0,011
				100,00	55,203	55,232	- 0,029	99,00	55,635	55,647	- 0,012
1. Draht, weich.				2. Draht, weich.				3. Draht, weich.			
14,92	74,020	73,992	+ 0,028	Beim Beginn der Bestimmungen mit diesem Drahte, rifs derselbe im Troge los.				14,10	74,327	74,293	+ 0,034
30,05	70,039	70,068	- 0,029					26,31	71,067	71,095	- 0,028
48,87	65,575	65,611	- 0,036					40,51	67,582	67,621	- 0,039
69,90	61,220 ^r	61,191	+ 0,029					53,72	64,645	64,628	+ 0,017
82,82	58,811	58,768	+ 0,043					70,17	61,229	61,220	+ 0,009
99,62	55,915	55,948	- 0,033					85,36	58,422	58,388	+ 0,034
								99,30	56,029	56,056	- 0,027

Die Formeln, welche von diesen Beobachtungen abgeleitet wurden und aus welchen die Leistungsfähigkeit berechnet wurde, waren:

für den 1. Draht, hart: $\lambda = 76,838 - 0,27973t + 0,0006285t^2$ oder $\lambda = 100 - 0,36405t + 0,0008180t^2$,
 weich: $\lambda = 78,161 - 0,28936t + 0,0006664t^2$ » $\lambda = 100 - 0,37993t + 0,0008750t^2$,
 für den 2. Draht, hart: $\lambda = 76,786 - 0,27549t + 0,0005995t^2$ » $\lambda = 100 - 0,35877t + 0,0007808t^2$,
 für den 3. Draht, hart: $\lambda = 77,343 - 0,29043t + 0,0007200t^2$ » $\lambda = 100 - 0,37551t + 0,0009309t^2$,
 weich: $\lambda = 78,231 - 0,28849t + 0,0006564t^2$ » $\lambda = 100 - 0,36877t + 0,0008390t^2$.

Hier finden wir bei Draht 1 keine Zunahme der Leitungsfähigkeit nach dem Erhitzen auf 100° , bei Draht 2 und 3 nur eine sehr geringe. Die Formeln für harte und weiche Drähte stimmen so nahe überein, daß wir sie gleich setzen dürfen.

In einer frühern Arbeit ¹⁾ wurde die Leitungsfähigkeit des reinen Goldes gefunden

	reducirt auf 0°
1) 72,68 bei $19,3^{\circ}$	77,966
2) 73,08 „ 23,3	79,524
3) 73,27 „ 13,8	77,053
4) 73,99 „ 15,1	78,178

und der Unterschied zwischen harten und weichen Drähten ist gefunden worden zu:

	reducirt auf 0°
1) hart: 74,20 bei $14,8^{\circ}$	78,314
weich: 75,53 „ 15,2	79,833
2) hart: 73,78 „ 15,5	78,067
weich: 75,18 „ 15,8	79,635.

Indem wir, wie früher, die Mittel der Werthe nehmen, leiten wir zur Correction der Leitungsfähigkeit für Temperatur die folgenden Formeln ab:

für harte Drähte

$$\lambda = 77,964 - 0,28648 t + 0,0006582 t^2$$

für weiche Drähte

$$\lambda = 79,327 - 0,29149 t + 0,0006697 t^2.$$

Z i n k.

Arsenfreies Zink wurde durch Destillation gereinigt, die Drähte sämmtlich geprefst. Tabelle V giebt die erhaltenen Resultate.

1) Pogg. Ann. Bd. 109, S. 26.

Tabelle V.

	1. Draht	2. Draht	3. Draht
Länge:	502,2mm	394mm	372mm
Durchmesser:	0,588mm	0,513mm	0,519mm
Leistungsfähigkeit vor dem Erhitzen	23,1° = 26,744 reducirt auf 0° = 29,093	18,5° = 26,903 reducirt auf 0° = 28,836	18,0° = 26,835 reducirt auf 0° = 28,639
Leistungsfähigkeit nach 1 tägigem Erhitzen auf 100°	23,7° = 26,695 0 = 29,103	17,5° = 27,081 0 = 28,918	18,5° = 26,784 0 = 28,636
do. nach 2 tägigem Erh.		18,5° = 26,980 0 = 28,919	17,4° = 26,885 0 = 28,632

Die Mittel der Leitungsfähigkeiten, welche bei jeder der folgenden Temperaturen berechnet wurden, waren:

° C.	1. Draht			2. Draht			3. Draht		
	beob.	berechn.	Diff.	beob.	berechn.	Diff.	beob.	berechn.	Diff.
11,60	27,915	27,902	+ 0,013	27,706	27,687	+ 0,019	27,518	27,513	+ 0,005
24,24	26,639	26,653	— 0,014	26,187	26,199	— 0,012	26,088	26,090	— 0,002
41,33	25,077	25,086	— 0,009	24,951	24,959	— 0,008	24,812	24,820	— 0,008
55,08	23,925	23,926	— 0,001	23,719	23,716	+ 0,003	23,423	23,428	— 0,005
70,27	22,757	22,747	+ 0,010	22,330	22,330	0,000	22,306	22,295	+ 0,011
82,01	21,924	21,912	+ 0,012	21,407	21,414	— 0,007	21,348	21,339	+ 0,009
98,07	20,865	20,875	— 0,010	20,540	20,534	+ 0,006	20,462	20,472	— 0,010

Die Formeln, welche von diesen Beobachtungen abgeleitet wurden und aus welchen die Leitungsfähigkeit berechnet wurde, waren:

$$\begin{aligned} \text{für den 1. Draht:} \quad & \lambda = 29,114 - 0,10727t + 0,00023721t^2 \\ & \text{oder } \lambda = 100 - 0,36845t + 0,00081476t^2, \\ \text{für den 2. Draht:} \quad & \lambda = 28,881 - 0,10949t + 0,00026162t^2 \\ & \text{oder } \lambda = 100 - 0,37912t + 0,00090585t^2, \\ \text{für den 3. Draht:} \quad & \lambda = 28,649 - 0,10424t + 0,00021824t^2 \\ & \text{oder } \lambda = 100 - 0,36385t + 0,00076177t^2. \end{aligned}$$

Die Leitungsfähigkeit der Drähte ward nicht verändert, nach mehrtägigem Erhitzen auf 100° . Der für Zink (galvanoplastisch niedergeschlagen, geschmolzen und geprefst) gefundene Werth der Leitungsfähigkeit war

$$\begin{array}{rcl} 27,39 \text{ bei } 17,6^\circ & \text{reducirt auf } 0^\circ & 29,220. \end{array}$$

Indem wir diese Werthe wie vorher behandeln, finden wir die Formel für Zink:

$$\lambda = 29,022 - 0,10752t + 0,0002401t^2.$$

Kadmium.

Das Metall wurde nach der, in Pogg. Ann. Bd. 110 S. 21, beschriebenen Methode gereinigt, die Drähte sämmtlich geprefst. Tabelle VI giebt die erhaltenen Resultate.

Die nach mehrtägigem Erhitzen auf 100° erhaltenen Veränderungen in der Leitungsfähigkeit der Drähte, sind unglücklicher Weise verloren gegangen. Es mag bemerkt werden, daß diese Veränderungen sehr gering waren und daß eine Abnahme in der Leitungsfähigkeit stattfand.

Die Leitungsfähigkeit des Kadmium war gefunden worden ¹⁾

$$22,10 \text{ bei } 18,8^{\circ} \quad \text{reducirt auf } 0^{\circ}. \quad 23,678.$$

Wir leiten daher in der oben angegebenen Weise für Kadmium die Formel ab:

$$\lambda = 23,725 - 0,087476t + 0,0001797t^2.$$

Wenn reines Kadmium über 80° C. erhitzt wird, so wird es äußerst spröde, ja es kann sogar in einem heißen Mörtel mit der größten Leichtigkeit gepulvert werden. Wir würden die Bestimmungen der Drähte nicht haben ausführen können, wenn sie nicht überfirnist gewesen wären, da sie sonst durch das Bewegen des Oeles beim Umrühren in Stücke zerfallen wären. Es ist bemerkenswerth, daß diese Aenderung in der molecularen Beschaffenheit der Drähte nicht irgend erheblich in der Leitungsfähigkeit sichtbar wird.

Z i n n.

Gereinigt durch Auflösen von käuflichem Zinn in Salpetersäure und Reduciren des gewaschenen Oxyds mit Lampenrufs. Gepresste Drähte wurden angewendet. Tabelle VII enthält die Resultate.

1) Pogg. Ann. Bd. 110, S. 222.

Tabelle VII.

Länge: Durchmesser:	1. Draht		2. Draht		3. Draht	
	27 ^{mm} 0,559 ^{mm}		375 ^{mm} 0,634 ^{mm}		315 ^{mm} 0,729 ^{mm}	
Leitungsfähigkeit vor dem Erhitzen	reducirt auf 0° = 11,710		reducirt auf 0° = 12,324		reducirt auf 0° = 13,108	
nach 1 tög. Erhitzen	18,2° = 10,970		18,1° = 11,532		18,2° = 12,285	
nach 2 tög. Erhitzen	19,4 = 11,124		19,1 = 11,442		18,4 = 12,291	
nach 3 tög. Erhitzen	27,0 = 10,852		18,6 = 11,448		18,4 = 12,296	
	28,0 = 10,835		18,4 = 11,464		—	

Die Mittel der Leitungsfähigkeiten, welche bei jeder der folgenden Temperaturen gefunden wurden, waren:

° C.	1. Draht			° C.			2. Draht			° C.			3. Draht		
	beob.	berechn.	Diff.	beob.	berechn.	Diff.	beob.	berechn.	Diff.	beob.	berechn.	Diff.	beob.	berechn.	Diff.
12,90	11,4110	11,4202	— 0,0092	11,80	11,7141	11,7227	— 0,0083	10,00	12,649	12,660	— 0,011	12,649	12,660	— 0,011	— 0,011
25,27	10,9320	10,9246	+ 0,0073	26,32	11,1287	11,1153	+ 0,0134	26,54	11,944	11,934	+ 0,010	11,944	11,934	+ 0,010	+ 0,010
40,55	10,3570	10,3436	+ 0,0134	40,04	10,5805	10,5732	+ 0,0073	39,52	11,408	11,391	+ 0,017	11,408	11,391	+ 0,017	+ 0,017
54,15	9,8498	9,8558	— 0,0060	54,02	10,0451	10,0526	— 0,0075	56,27	10,717	10,727	— 0,010	10,717	10,727	— 0,010	— 0,010
70,53	9,2980	9,3046	— 0,0066	70,02	9,4583	9,4961	— 0,0078	70,30	10,189	10,202	— 0,013	10,189	10,202	— 0,013	— 0,013
83,13	8,9033	8,9078	— 0,0045	85,02	9,0102	9,0127	— 0,0025	85,72	9,654	9,657	— 0,003	9,654	9,657	— 0,003	— 0,003
100,90	8,3937	8,3881	+ 0,0056	98,50	8,6158	8,6096	+ 0,0062	97,30	9,279	9,270	+ 0,009	9,279	9,270	+ 0,009	+ 0,009

Die Formeln, welche von diesen Beobachtungen abgeleitet wurden und aus welchen die Leitungsfähigkeit berechnet wurde, waren:

$$\begin{aligned} \text{für den 1. Draht:} \quad & \lambda = 11,9613 - 0,042902t + 0,00007422t^2 \\ & \text{oder } \lambda = 100 - 0,35867t + 0,00062053t^2. \\ \text{für den 2. Draht:} \quad & \lambda = 12,2419 - 0,044965t + 0,00008213t^2 \\ & \text{oder } \lambda = 100 - 0,36730t + 0,00067088t^2. \\ \text{für den 3. Draht:} \quad & \lambda = 13,1186 - 0,046561t + 0,00007206t^2 \\ & \text{oder } \lambda = 100 - 0,35492t + 0,00054929t^2. \end{aligned}$$

Wir sehen aus diesen Resultaten, daß nach Erwärmen auf 100° Draht 1 und 2 an Leitungsfähigkeit in geringem Grade abnahmen, während Draht 3 wenig zunahm. Die Leitungsfähigkeit von Zinn wurde gefunden:

$$\begin{array}{rcl} & & \text{reducirt auf } 0^\circ \\ 11,45 & \text{bei } 21 & 12,351 \end{array}$$

und indem wir, wie früher, die Formel für Zinn berechneten, fanden wir:

$$\lambda = 12,366 - 0,044554t + 0,00007588t^2.$$

Blei.

Gereinigt durch Glühen des zweimal unkristallisirten essigsauren Salzes. Die Drähte 1 und 2 waren geprefst, Draht 3 gezogen. Keine Veränderung der Leitungsfähigkeit konnte nach zweitägigem Erhitzen auf 100° bemerkt werden. Tabelle VIII giebt die Resultate.

Tabelle VIII.

	1. Draht	2. Draht	3. Draht
Länge:	416mm	453mm	389mm
Durchmesser:	0,669mm	0,698mm	0,959mm

Die Mittel der Leitungsfähigkeiten, welche bei jeder der folgenden Temperaturen gefunden wurden, waren:

° C.	1. Draht		° C.	2. Draht		° C.	3. Draht	
	beob.	berechn.		beob.	berechn.		beob.	berechn.
14,55	7,9365	7,9336	+ 0,0029	14,50	7,8685	+ 0,0032	7,9038	+ 0,0016
25,40	7,6129	7,6152	- 0,0023	25,70	7,5336	- 0,0056	7,4967	- 0,0001
40,30	7,2036	7,2071	- 0,0035	40,37	7,1405	+ 0,0008	7,1309	- 0,0015
54,80	6,8423	6,8420	+ 0,0003	54,80	6,7789	+ 0,0014	6,7565	- 0,0020
70,33	6,4881	6,4863	+ 0,0018	69,63	6,4392	+ 0,0022	6,4205	+ 0,0018
84,52	6,1964	6,1929	+ 0,0035	84,80	6,1189	- 0,0029	6,1250	+ 0,0021
99,35	5,9159	5,9189	- 0,0030	100,10	5,8388	+ 0,0007	5,8642	- 0,0016

Die Formeln, welche von diesen Beobachtungen abgeleitet wurden und aus welchen die Leitungsfähigkeit berechnet wurde, waren:

für den 1. Draht: $\lambda = 8,3882 - 0,032346t + 0,0007540t^2$ oder $\lambda = 100 - 0,38561t + 0,0008989t^2$,
für den 2. Draht: $\lambda = 8,3147 - 0,032055t + 0,0007307t^2$ „ $\lambda = 100 - 0,38533t + 0,0008792t^2$,
für den 3. Draht: $\lambda = 8,2925 - 0,032468t + 0,0008011t^2$ „ $\lambda = 100 - 0,39153t + 0,0009661t^2$.

Der für die Leitungsfähigkeit von Blei gefundene Werth war:

7,77 bei 17,3° C.

reducirt auf 0°.

8,304

und indem wir die Mittelwerthe wie oben behandeln, erhalten wir die Formel:

$$\lambda = 8,318 - 0,032237t + 0,00007608t^2$$

Arsenik.

Durch Sublimation gereinigt. Kleine Stäbe wurden von einem verhältnißmäßig dichten Stück geschnitten und an Kupferdrähte angelöthet; aber wegen der äußersten Sprödigkeit des Arseniks wurden die Stäbe in Glasröhren gethan, deren Enden mit Gyps verschlossen waren, durch welchen die Kupferdrähte hindurchgingen. Da diese, um den Gyps zu trocknen, mehrere Tage im Wasserbade erhitzt wurden, so zeigte sich nach zweitägigem Erhitzen im Oelbade keine Veränderung in der Leitungsfähigkeit.

Die für die Leitungsfähigkeit des Arseniks gefundenen Werthe stimmen so gut überein, als man erwarten kann, wenn man bedenkt, daß die Stäbe mit der Hand angefertigt waren, und daß das Metall etwas porös war. Die Schwierigkeiten, Stäbe des Metalls von gehöriger Länge zu erhalten, sind so groß, daß wir uns mit zwei Reihen begnügt haben. Diese sind in Tabelle IX gegeben.

Tabelle IX.

	1. Stab.	2. Stab.
Länge:	50,4 ^{mm}	55,5 ^{mm}
Durchmesser:	0,93 ^{mm}	1,01 ^{mm}

Die Mittel der Leitungsfähigkeiten, welche für jede der folgenden mittleren Temperaturen gefunden wurden, waren:

1. Stab				2. Stab			
° C	beob.	ber.	Diff.	° C	beob.	ber.	Diff.
14,20	5,0203	5,0180	+ 0,0023	13,50	4,0051	4,0037	+ 0,0014
25,30	4,8007	4,8008	— 0,0001	24,50	3,8371	3,8450	— 0,0079
37,80	4,5710	4,5736	— 0,0026	40,15	3,6367	3,6311	+ 0,0056
55,00	4,2854	4,2906	— 0,0052	55,55	3,4447	3,4341	+ 0,0106
70,00	4,0767	4,0722	+ 0,0045	69,90	3,2559	3,2628	— 0,0069
85,30	3,8810	3,8764	+ 0,0046	82,50	3,1144	3,1221	— 0,0077
101,00	3,7005	3,7041	— 0,0036	99,80	2,9485	2,9435	+ 0,0050

Die Formeln, welche von diesen Beobachtungen abgeleitet wurden, und aus welchen die Leitungsfähigkeit berechnet wurde, waren:

$$\text{für den 1. Stab: } \lambda = 5,3168 - 0,021874t + 0,00005848t^2 \\ \text{oder } \lambda = 100 - 0,41141t + 0,0011000t^2,$$

$$\text{für den 2. Stab: } \lambda = 4,2078 - 0,015506t + 0,00002843t^2 \\ \text{oder } \lambda = 100 - 0,36851t + 0,00067570t^2.$$

Indem wir das Mittel der beiden für Arsenik bei 0° gefundenen Werthe nehmen, so erhalten wir für die Correction der Leitungsfähigkeit für Temperatur die Formel:

$$\lambda = 4,7623 - 0,018571t + 0,00004228t^2.$$

A n t i m o n.

Gereinigt durch zweimaliges Umkrystallisiren von käuflich reinem weinsaurem Antimonoxyd-Kali, Glühen und Schmelzen mit Antimonsäure.

Da Antimon so sehr spröde ist, so konnte man nicht damit in Form von Draht umgehen. Es wurde daher im Kopfe einer Thonpfeife geschmolzen und in den Stiel hinabfließen gelassen. Auf diese Weise konnten wir Drähte des Metalls erhalten, mit denen sich arbeiten liefs. Nachdem der Kopf abgebrochen worden war, wurden die Enden des Stiels so heiß gemacht, dafs das Metall schmolz: es wurden nun reine Kupferdrähte in das flüssige Metall geschoben und dieses hielt beim Erstarren jene fest. Die freien Enden der Kupferdrähte wurden dann an die dicken Kupferdrähte im Troge angelöthet. Unglücklicherweise wurden die Kupferdrähte im Pfeifenstiele nach zwei- oder dreitägigem Erhitzen jedesmal locker und mußten von Neuem angelöthet werden; es konnten daher keine zuverlässigen Bestimmungen gemacht werden über die Wirkung von mehrtägigem Erhitzen auf 100° auf die Leitungsfähigkeit. Es mag jedoch im Allgemeinen erwähnt werden, dafs die Leitungsfähigkeit abnahm.

Da der Durchmesser des Pfeifenstiels nicht genau gemessen werden kann und man nicht wissen konnte, ob in den Drähten Höhlungen waren (verursacht durch Zusam-

menenziehen beim Abkühlen und Krystallisieren), so wurde die zuerst beobachtete Leitungsfähigkeit $= 100$ gesetzt. Tabelle X gibt die erhaltenen Resultate.

Tabelle X.

° C.	1. Draht			2. Draht			3. Draht		
	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.
10,00	100,000	100,052	- 0,052	100,000	99,999	+ 0,001	100,000	99,901	+ 0,099
26,35	94,062	93,910	+ 0,152	93,947	93,850	+ 0,097	96,378	96,514	- 0,136
40,40	88,982	89,089	- 0,107	88,139	88,329	- 0,190	90,552	90,527	+ 0,025
54,55	84,033	84,664	- 0,031	83,707	83,731	- 0,024	85,671	85,692	- 0,021
70,65	80,126	80,152	- 0,026	80,691	80,517	+ 0,174	81,118	81,082	+ 0,036
83,50	77,071	76,953	+ 0,118	76,138	76,159	- 0,021	77,480	77,454	+ 0,026
99,40	73,430	73,484	- 0,054	72,922	72,953	- 0,031	74,448	74,480	- 0,032

Die aus diesen Beobachtungen abgeleiteten Formeln waren:

für den 1. Draht: $\lambda = 104,095 - 0,41487t + 0,0010755t^2$ oder $\lambda = 100 - 0,39855t + 0,0010332t^2$,

für den 2. Draht: $\lambda = 103,190 - 0,38721t + 0,0008748t^2$ » $\lambda = 100 - 0,37524t + 0,0008477t^2$,

für den 3. Draht: $\lambda = 105,801 - 0,44541t + 0,0012995t^2$ „ $\lambda = 100 - 0,42099t + 0,0012283t^2$

Die beobachteten und die berechneten Werthe der Leitungsfähigkeit stimmen in dieser und der vorhergehenden Tabelle nicht so gut überein, deswegen, weil die Temperatur des Bades nicht genau dieselbe war wie die des Drahtes: denn in einem Falle hatte die Hitze die mit Luft gefüllte Glasröhre, im andern die Wände des Pfeifenstieles zu passieren, ehe sie an das Metall gelangte.

Die Leitungsfähigkeit des Antimon wurde gefunden¹⁾:

$$4,29 \text{ bei } 18,7^{\circ} \qquad \text{reducirt auf } 0^{\circ} \qquad 4,6172.$$

Indem wir diesen reducirten Werth, wie vorher angegeben, behandeln, erhalten wir für Antimon die Formel:

$$\lambda = 4,6172 - 0,018389t + 0,00004785t^2.$$

Wismuth.

Gereinigt durch Reduction von basisch salpetersaurem Wismuthoxyd mittelst Lampenrufs. Die Drähte waren geprefst. Tabelle XI giebt die erhaltenen Resultate.

1) Pogg. Ann. Bd. 110, S. 222

Tabelle XI.

Länge: Durchmesser:	1. Draht		2. Draht		3. Draht	
	117mm 0,596mm		121,4mm 0,596mm		42,5mm 0,217mm	
Leitungsfähigkeit vor dem Erhitzen	reducirt auf 0° = 1,1787		reducirt auf 0° = 1,1036		reducirt auf 0° = 1,2215	
	16,6° = 1,1787		18,8° = 1,1036		16,6° = 1,2215	
	17,6° = 1,3599		19,0° = 1,3110		17,8° = 1,3683	
	18,2° = 1,3595		19,0° = 1,3121		17,6° = 1,3709	
do. nach 1 täg. Erhitzen	0 = 1,4494		0 = 1,3995		0 = 1,4569	
do. nach 2 täg. Erhitzen	0 = 1,4521		0 = 1,4006		0 = 1,4587	
do. nach 3 täg. Erhitzen	0 = 1,4541		0 = 1,4023		0 = 1,4603	

Die Mittel der Leitungsfähigkeiten, welche für jede der folgenden Temperaturen gefunden wurden, waren:

° C.	1. Draht		° C.		2. Draht		° C.		3. Draht	
	beob.	berechn.	beob.	Diff.	beob.	berechn.	beob.	Diff.	beob.	berechn.
9,20	1,4059	1,4058	1,3654	+ 0,001	1,3641	+ 0,0013	9,40	+ 0,0013	1,4129	1,4128
26,15	1,3226	1,3226	1,2909	0,000	1,2935	- 0,0026	25,65	- 0,0026	1,3329	1,3339
39,50	1,2609	1,2614	1,2287	- 0,005	1,2297	+ 0,0010	43,05	+ 0,0010	1,2531	1,2538
57,25	1,1863	1,1858	1,1591	+ 0,005	1,1593	- 0,0002	57,45	- 0,0002	1,1913	1,1912
68,95	1,1397	1,1397	1,1058	0,000	1,1050	+ 0,0008	71,60	+ 0,0008	1,1315	1,1328
84,35	1,0833	1,0833	1,0478	0,000	1,0474	+ 0,0004	88,60	+ 0,0004	1,0671	1,0666
96,35	1,0428	1,0429	1,0039	- 0,001	1,0042	- 0,0006				

Die Formeln, welche von diesen Beobachtungen abgeleitet wurden, und aus welchen die Leitungsfähigkeit berechnet wurde, waren:

$$\begin{aligned}
 \text{für den 1. Draht:} \quad & \lambda = 1,4535 - 0,0052831t + 0,00001060t^2 \\
 & \text{oder } \lambda = 100 - 0,36347t + 0,0007293t^2, \\
 \text{für den 2. Draht:} \quad & \lambda = 1,4049 - 0,0047972t + 0,000006452t^2 \\
 & \text{oder } \lambda = 100 - 0,34146t + 0,0005762t^2, \\
 \text{für den 3. Draht:} \quad & \lambda = 1,4603 - 0,0051286t + 0,000007737t^2 \\
 & \text{oder } \lambda = 100 - 0,35120t + 0,0005298t^2.
 \end{aligned}$$

Wir sehen aus dem Obigen, wie die Leitungsfähigkeit von Wismuth nach eintägigem Erhitzen auf 100° zugenommen hat. Diese Zunahme ist in der That so äußerst schnell, daß man sie in den ersten zwei Stunden von fünf zu fünf Minuten verfolgen kann. Draht 1 änderte sich am ersten Tage um 16 Proc., Draht 2 um 19 Proc. und Draht 3 um 12 Proc. Draht 1 und 2 waren von demselben Stücke. Dieses Verhalten erklärt den Umstand, daß die Leitungsfähigkeit von Wismuth-Drähten so variirt; denn in der hier oft erwähnten Arbeit wurde das Maximum der Differenz bei 12 Drähten 22 Proc. gefunden. Beim Pressen der Drähte ist die Hitze der Presse nie constant, so daß, wenn bei großer Erhitzung geprefst wurde, wahrscheinlich Drähte von hoher Leitungsfähigkeit resultiren würden.

Die Leitungsfähigkeit des Wismuths wurde gefunden:

$$\begin{array}{rcl}
 & & \text{reducirt auf } 0^\circ \\
 1,19 \text{ bei } 13,8^\circ & & 1,2484
 \end{array}$$

und indem wir, wie vorher, das Mittel der Werthe nehmen, finden wir die Formel für Wismuth

$$\lambda = 1,2454 - 0,0043858t + 0,000007134t^2$$

Quecksilber.

Gereinigt durch wochenlanges Stehenlassen einer Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxydul über Quecksilber, während es oft gut damit umgeschüttelt wurde. Die Bestimmungen wurden in einer calibrierten Thermometerröhre gemacht, an deren Enden Glasröhren von 13 bis 14^{mm} Weite angeschmolzen und wie aus Fig. 6 Taf. II ersichtlich, ge-

bogen waren. Das angewandte Quecksilber war von verschiedenen Darstellungen. Die Röhren wurden mit heissem Quecksilber gefüllt, abkühlen gelassen und der Widerstand bestimmt. Diefs wurde zweimal wiederholt und der Widerstand gleich gefunden; es wurde daher angenommen, dafs wir auf diese Weise eine Röhre mit Quecksilber füllen können, ohne Luftbläschen. Diefs wird bewiesen durch die zwei erhaltenen Formeln, welche so gut mit einander übereinstimmen; denn wenn Luftbläschen da gewesen wären, so würden sich viel gröfsere Differenzen gefunden haben, da man kaum annehmen kann, dafs sie in beiden Fällen gleich grofs gewesen wären.

Das Quecksilber war mit dem Apparate verbunden durch amalgamirte Kupferdrähte von 4 bis 5^{mm} Dicke. Tabelle XII giebt die erhaltenen Resultate.

Tabelle XII.

Länge der Röhre 269^{mm}
Durchmesser der Röhre 1,424^{mm}

1. Reihe.				2. Reihe.			
° C.	beob.	berechn.	Diff.	° C.	beob.	berechn.	Diff.
0,00	1,6529	1,6533	— 0,0004	0,00	1,6521	1,6530	— 0,0009
20,95	1,6272	1,6268	+ 0,0004	20,55	1,6276	1,6272	+ 0,0004
39,92	1,6010	1,6018	— 0,0008	40,45	1,6003	1,6011	— 0,0008
60,40	1,5741	1,5738	+ 0,0003	59,82	1,5750	1,5746	+ 0,0004
80,70	1,5454	1,5450	+ 0,0004	79,78	1,5465	1,5462	+ 0,0003
99,30	1,5174	1,5177	— 0,0003	99,90	1,5162	1,5164	— 0,0002

Die Formeln, welche von den Beobachtungen abgeleitet wurden und aus welchen die Leitungsfähigkeit berechnet wurde, waren:

$$\begin{aligned} \text{für die 1. Reihe: } \lambda &= 1,6533 - 0,001237t - 0,000001297t^2 \\ &\text{oder } \lambda = 100 - 0,07482t - 0,0000785t^2, \\ \text{für die 2. Reihe: } \lambda &= 1,6530 - 0,001224t - 0,000001434t^2 \\ &\text{oder } \lambda = 100 - 0,07405t - 0,00008676t^2. \end{aligned}$$

Der für die Leitungsfähigkeit von Quecksilber gefundene Werth war

$$\begin{array}{ll} 1,63 \text{ bei } 22,8^\circ & \text{reducirt auf } 0^\circ \\ & 1,6588 \end{array}$$

Indem wir wie vorher das Mittel der Werthe nehmen, erhalten wir die Formel für Quecksilber:

$$\lambda = 1,656 - 0,0012326t - 0,000001368t^2.$$

TELLURIUM.

Um das käufliche Metall zu reinigen, wurde es in Königswasser gelöst, zur Trockne abgedampft, der Rückstand mit Ueberschuß von kohlensaurem Natron geschmolzen, die Masse in Wasser gelöst und mit salpetersaurem Baryt versetzt, um etwa vorhandene selenige Säure niederzuschlagen. Das Filtrat wurde zur Trockne verdampft mit Ueberschuß von Salzsäure, der Rückstand in Wasser wieder gelöst und durch schweflige Säure gefällt.

Da die Leitungsfähigkeit desselben so gering ist, so wurden Stäbe von ungefähr 15^{mm} Länge und 3 bis 5^{mm} Durchmesser angewandt. Stäbe 1 und 2 waren von derselben Darstellung. Stab 3 von einer andern. Die Messungen der Stäbe konnten nicht genau ausgeführt werden, wir haben deshalb den zuerst beobachteten Werth der Leitungsfähigkeit = 100 gesetzt. Tabelle XIII giebt die erhaltenen Resultate.

Tabelle XIII.

	Stab 1	Stab 2	Stab 3
Leitungsfähigkeit vor dem Erhitzen	15,4° = 100	15,9° = 100	15,6° = 100
do. nach 1 tag. Erhitzen	15,4 = 79,145	13,0 = 86,50	12,6 = 83,16
do. » 2 » »	16,0 = 45,449	13,6 = 76,51	14,1 = 69,23
do. » 3 » »	16,0 = 22,378	16,4 = 70,43	16,9 = 61,25
do. » 4 » »	15,0 = 16,129	16,6 = 65,68	17,2 = 54,92
do. » 5 » »	15,2 = 8,068	16,8 = 61,68	17,8 = 50,69
do. » 6 » »	15,0 = 6,989	17,2 = 56,85	16,6 = 46,11
do. » 7 » »	14,2 = 5,787	16,6 = 54,88	16,4 = 42,35
do. » 8 » »	15,5 = 4,800	16,1 = 51,33	15,8 = 38,64
do. » 9 » »	16,8 = 4,621	15,6 = 46,27	16,2 = 35,31
do. » 10 » »	15,3 = 4,894	16,2 = 45,26	16,4 = 33,50
do. » 11 » »	15,0 = 4,181	16,6 = 42,10	16,8 = 30,97
do. » 12 » »	16,1 = 4,1371	17,4 = 41,31	18,2 = 29,98
do. » 13 » »	14,6 = 4,0844	16,0 = 39,28	15,6 = 28,21
do. » 14 » »		17,1 = 37,72	16,8 = 26,73
do. » 15 » »		15,4 = 35,35	15,4 = 23,68
do. » 16 » »		15,6 = 32,23	16,0 = 19,43
do. » 17 » »		17,0 = 29,92	17,6 = 16,65
do. » 18 » »		17,6 = 28,11	17,0 = 14,43
do. » 19 » »		16,2 = 26,25	16,4 = 12,59
do. » 20 » »		13,0 = 25,54	14,4 = 11,68
do. » 21 » »		13,4 = 24,12	13,6 = 10,34
do. » 22 » »		12,8 = 23,29	13,6 = 9,32
do. » 23 » »		13,6 = 22,00	14,1 = 8,64
do. » 24 » »		14,1 = 21,45	13,8 = 7,92

redneirt auf
 $0^{\circ} = 3,7662$
 $0 = 3,7646$

do. » 25 » »	14,6 = 20,86	14,6 = 7,36
do. » 26 » »	15,8 = 20,17	14,2 = 6,97
do. » 27 » »	16,0 = 19,74	14,8 = 6,66
do. » 28 » »	13,0 = 19,68	15,8 = 6,52
do. » 29 » »	12,2 = 19,650	15,8 = 6,35
do. » 30 » »	12,0 = 19,633	12,6 = 6,12
do. » 31 » »	11,9 = 19,633	12,0 = 6,0464
do. » 32 » »		11,8 = 6,0330
do. » 33 » »		12,2 = 6,0602

reducirt auf

reducirt auf

0° = 5,6161
0° = 5,6134
0° = 5,6191

Die Mittel der für die Leitungsfähigkeit gefundenen Werthe bei den folgenden mittleren Temperaturen waren:

° C.	Stab 1			Stab 2			° C.	Stab 3		
	beob.	berechn.	Diff.	beob.	berechn.	Diff.		beob.	berechn.	Diff.
10,40	3,9566	3,9575	- 0,0009	A.	19,976	19,972	4,2	5,6646	5,6797	- 0,0151
25,25	4,5212	4,5240	- 0,0028				22,8	6,7456	6,7392	+ 0,0064
38,85	5,3940	5,3846	+ 0,0094				39,4	8,6703	8,5781	+ 0,0922
55,10	6,9089	6,9060	+ 0,0029				53,9	10,8480	10,9426	- 0,0946
70,45	8,8706	8,9019	- 0,0313	B.	19,477	19,466	69,5	14,2472	14,3441	- 0,0969
83,10	11,0316	11,0018	+ 0,0298				83,6	18,4043	18,2406	+ 0,1637
99,40	14,3690	14,3764	- 0,0074				98,8	23,3209	23,3769	- 0,0560
					19,468	19,496				
					19,546	19,544				
					19,689	19,653				
					20,513	20,464				
					21,825	21,942				
					25,096	25,019				
					29,765	29,784				

Die Formeln, welche von den Beobachtungen abgeleitet wurden und nach welchen die jedesmaligen berechneten Werthe erhalten wurden, waren:

Für Stab 1:

$$\lambda = 3,7619 + 0,011614t + 0,0006598t^2 + 0,000002994t^3$$

oder $\lambda = 100 + 0,30873t + 0,01754t^2 + 0,00007959t^3,$

Für Stab 2, A:

$$\lambda = 20,162 - 0,055238t + 0,001085t^2$$

oder $\lambda = 100 - 0,27447t + 0,005380t^2,$

Für Stab 2, B:

$$\lambda = 20,014 - 0,029569t + 0,0000939t^2 + 0,00001063t^3$$

oder $\lambda = 100 - 0,14774t + 0,0004692t^2 + 0,00005314t^3,$

Für Stab 3:

$$\lambda = 5,5752 + 0,019274t + 0,0013235t^2 + 0,000003088t^3$$

oder $\lambda = 100 - 0,34571t + 0,02374t^2 + 0,00005539t^3.$

Aus der obigen Tabelle ist ersichtlich, daß sich Tellur von den andern Metallen sehr verschieden verhält; man sieht, um wie viel sich die Leitungsfähigkeit bei fortgesetztem Erhitzen auf 100° verringert und wie groß die Verschiedenheit in der Zeit ist, die erfordert wird, um eine constante Leitungsfähigkeit der Stäbe zu erhalten, oder in andern Worten, bis die Leitungsfähigkeit durch Erhitzen auf 100° nicht mehr verändert wird. Stab 1 erforderte 13 Tage, Stab 2 32 Tage und Stab 3 33 Tage; und wenn wir die zuerst beobachtete Leitungsfähigkeit = 100 setzen, so wurde Stab 1 auf 4, Stab 2 auf 19,6 und Stab 3 auf 6 reducirt.

Wenn wir nun die Bestimmungen der Leitungsfähigkeit der drei Stäbe bei verschiedenen Temperaturen betrachten, so fällt uns der große Mangel an Uebereinstimmung in den Resultaten auf. Bei der ersten Reihe bemerken wir, daß die Leitungsfähigkeit mit der Temperatur rasch steigt, bei der zweiten findet eine Abnahme bis zu 29,4° statt, dann eine Zunahme, die ebenso schnell mit der Temperatur steigt wie vorher. Der dritte Stab verhält sich wie der erste. Es wurde vermuthet, daß die enorme Veränderung der Leitungsfähigkeit mit einer durch das Erhitzen veränderten krystallinischen Structur verbunden sey. Stab 1 zeigte aber nach dem Erhitzen keine veränderte Structur; Stab 2 und 3

werden von Zeit zu Zeit wieder geprüft werden, um zu sehen, ob sie ihre ursprüngliche Leitungsfähigkeit wieder erlangen.

Alle drei Stäbe verhalten sich beim ersten Erhitzen bis zu 70° — 80° wie Metalle, d. h. ihre Leitungsfähigkeit nimmt bis zu dieser Temperatur ab, während sie dann zuzunehmen beginnt. Die Temperatur dieses Wendepunktes wird beim Erhitzen nach jedem Tage niedriger und bei den Stäben 1 und 3 ist er so zu sagen verschwunden.

Dieses Verhaltens wegen kann man Tellur als das Verbindungsglied zwischen Metallen und Metalloiden ansehen, denn nach Hittorf¹⁾ nimmt Selen bei steigender Temperatur sehr schnell an Leitungsfähigkeit zu, Graphit und Gaskohle²⁾ verhalten sich ebenso; dann wieder hat Becquerel bewiesen, daß Gase erhitzt besser leiten als kalt. Aus diesen Thatsachen lernen wir eine andere Verschiedenheit in den physikalischen Eigenschaften der Metalle und Metalloide kennen; nämlich daß die Leitungsfähigkeit der Metalle bei Erhöhung der Temperatur abnimmt, während die der Metalloide unter denselben Verhältnissen zunimmt.

Um die mit den reinen Metallen erhaltenen Resultate besser vergleichen zu können, geben wir die folgenden Tabellen. Tabelle XIV enthält alle von den Beobachtungen durch die Methode der kleinsten Quadrate abgeleiteten Formeln, die Leitungsfähigkeit jedes Metalles bei $0^{\circ} = 100$ gesetzt. Tabelle XV giebt das Mittel jener Formeln.

Tabelle XIV.

Silber 1, hart:	$\lambda = 100 - 0,38394t + 0,0009723t^2$
» » weich:	$\lambda = 100 - 0,37725t + 0,0008900t^2$
» 2, hart:	$\lambda = 100 - 0,38915t + 0,0010472t^2$
» » weich:	$\lambda = 100 - 0,39287t + 0,0010625t^2$
» 3, hart:	$\lambda = 100 - 0,37544t + 0,0009724t^2$
» » weich:	$\lambda = 100 - 0,37855t + 0,0009647t^2$

1) Pogg. Ann. Bd. 84 S. 214.

2) Pogg. Ann. Bd. 103 S. 432.

Kupfer	1, hart:	$\lambda = 100 - 0,37351 t + 0,0007716 t^2$
»	» weich:	$\lambda = 100 - 0,37291 t + 0,0007781 t^2$
»	2, hart:	$\lambda = 100 - 0,39173 t + 0,0009384 t^2$
»	» weich:	$\lambda = 100 - 0,38797 t + 0,0008986 t^2$
»	3, hart:	$\lambda = 100 - 0,39639 t + 0,0010173 t^2$
»	» weich:	$\lambda = 100 - 0,39954 t + 0,0010003 t^2$
Gold	1, hart:	$\lambda = 100 - 0,36405 t + 0,0008181 t^2$
»	» weich:	$\lambda = 100 - 0,37017 t + 0,0008526 t^2$
»	2, hart:	$\lambda = 100 - 0,35877 t + 0,0007807 t^2$
»	3, hart:	$\lambda = 100 - 0,37551 t + 0,0009309 t^2$
»	» weich:	$\lambda = 100 - 0,36877 t + 0,0008490 t^2$
Zink	1:	$\lambda = 100 - 0,36845 t + 0,0008147 t^2$
»	2:	$\lambda = 100 - 0,37911 t + 0,0009058 t^2$
»	3:	$\lambda = 100 - 0,36385 t + 0,0007618 t^2$
Kadmium	1:	$\lambda = 100 - 0,36745 t + 0,0007220 t^2$
»	2:	$\lambda = 100 - 0,39915 t + 0,0010511 t^2$
»	3:	$\lambda = 100 - 0,33953 t + 0,0004995 t^2$
Zinn	1:	$\lambda = 100 - 0,35867 t + 0,0005205 t^2$
»	2:	$\lambda = 100 - 0,36730 t + 0,0006709 t^2$
»	3:	$\lambda = 100 - 0,35492 t + 0,0005493 t^2$
Blei	1:	$\lambda = 100 - 0,38561 t + 0,0008989 t^2$
»	2:	$\lambda = 100 - 0,38553 t + 0,0008788 t^2$
»	3:	$\lambda = 100 - 0,39153 t + 0,0009661 t^2$
Arsenik	1:	$\lambda = 100 - 0,41141 t + 0,0011000 t^2$
»	2:	$\lambda = 100 - 0,36851 t + 0,0006757 t^2$
Antimon	1:	$\lambda = 100 - 0,39855 t + 0,0010332 t^2$
»	2:	$\lambda = 100 - 0,37524 t + 0,0008477 t^2$
»	3:	$\lambda = 100 - 0,42099 t + 0,0012283 t^2$
Wismuth	1:	$\lambda = 100 - 0,36383 t + 0,0007293 t^2$
»	2:	$\lambda = 100 - 0,34146 t + 0,0004593 t^2$
»	3:	$\lambda = 100 - 0,35120 t + 0,0005298 t^2$
Quecksilber	1:	$\lambda = 100 - 0,074820 t - 0,00007847 t^2$
»	2:	$\lambda = 100 - 0,074047 t - 0,00008676 t^2$
Tellurium	1:	$\lambda = 100 + 0,30873 t + 0,017540 t^2$
		$+ 0,00007959 t^3$
»	2, A:	$\lambda = 100 - 0,27447 t + 0,0053802 t^2$
»	2, B:	$\lambda = 100 - 0,14774 t + 0,00046917 t^2$
		$+ 0,00005314 t^3$
»	3:	$\lambda = 100 + 0,34571 t + 0,023739 t^2$
		$+ 0,00005539 t^3.$

Tabelle XV.

Silber	$\lambda = 100 - 0,38287t + 0,0009848t^2$
Kupfer	$\lambda = 100 - 0,38701t + 0,0009009t^2$
Gold	$\lambda = 100 - 0,36745t + 0,0008443t^2$
Zink	$\lambda = 100 - 0,37047t + 0,0008274t^2$
Kadmium	$\lambda = 100 - 0,36871t + 0,0007575t^2$
Zinn	$\lambda = 100 - 0,36029t + 0,0006136t^2$
Blei	$\lambda = 100 - 0,38756t + 0,0009146t^2$
Arsen	$\lambda = 100 - 0,38996t + 0,0008879t^2$
Antimon	$\lambda = 100 - 0,39826t + 0,0010364t^2$
Wismuth	$\lambda = 100 - 0,35216t + 0,0005728t^2$
Mittel	$\lambda = 100 - 0,37647t + 0,0008340t^2.$

Aus der letzttern Tabelle sieht man, wie nahe die Werthe der Constanten y und z übereinstimmen, und um diefs in noch auffallenderer Weise zu zeigen, so sind die nach diesen Formeln berechneten Werthe der Leitungsfähigkeit bei 0° , 20° , 40° , 60° , 80° und 100° in Tabelle XVI zusammengestellt, zugleich mit den Werthen, die sich für diese Temperaturgrade aus dem Mittel jener Formeln berechnen.

Tabelle XVI.

° C.	Silber	Kupfer	Gold	Zink	Kadmium	Zinn	Blei	Arsen	Antimon	Wismuth	nach dem Mittel der Formeln berechnet	größte Differenz vom Mittel
0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00
20	92,74	92,62	92,99	92,92	92,93	93,04	92,62	92,56	92,45	93,18	92,80	0,38
40	86,26	85,96	86,65	86,50	86,46	86,51	85,96	85,82	85,73	86,83	86,27	0,56
60	80,57	80,01	80,98	80,75	80,60	80,59	80,04	79,80	79,84	80,93	80,41	0,61
80	75,67	74,80	76,01	75,66	75,35	75,10	74,85	74,50	74,77	75,49	75,23	0,78
100	71,56	70,31	71,70	71,23	70,70	70,11	70,39	69,88	70,54	70,51	70,69	1,01

In Tabelle XVII geben wir die Leitungsfähigkeit der Metalle bei 0° = 100, verglichen mit einem harten Silberdraht bei 0° = 100, und ferner die bei 100°, einen harten Silberdraht = 100 gesetzt.

Tabelle XVII.

	Leitungsfähigkeit		
	bei 0°	bei 100°	bei 100°
Silber, hart	100	71,56	100
Kupfer, hart	99,95	70,27	98,20
Gold, hart	77,96	55,90	78,11
Zink	29,02	20,67	28,89
Kadmium	23,72	16,77	23,44
Zinn	12,36	8,67	12,12
Blei	8,32	5,86	8,18
Arsen	4,76	3,33	4,65
Antimon	4,62	3,26	4,55
Wismuth	1,245	0,878	1,227

Aus diesen Tabellen dürfen wir wohl das Gesetz ableiten, daß *alle reinen Metalle im festen Zustande ihre Leitungsfähigkeit zwischen 0° und 100° in demselben Maafse verändern,*« vorzüglich da wir finden, daß Drähte desselben Metalles fast dieselben Unterschiede zeigen, als zwischen den mittlern Resultaten für verschiedene Metalle gefunden wurde. In Tabelle XVIII sind zwei Beispiele hiervon gegeben.

Tabelle XVIII.

° C.	Kupfer		Kadmium	
	1. weich	3. weich	2.	3.
0	100,00	100,00	100,00	100,00
20	92,85	92,41	92,44	93,41
40	86,33	85,62	85,72	87,22
60	80,43	79,63	79,84	81,42
80	75,15	74,44	74,79	76,03
100	70,49	70,05	70,60	71,04

In Tabelle XIX sind die Widerstände der Kupferdrähte 1, 2 und 3 und die aus dem Mittel aller sechs Formeln berechneten enthalten: wir stellen diese zusammen, um zu beweisen, daß der Widerstand eines Drahtes nicht (wie von einigen Forschern auf diesem Gebiete behauptet wird) in geradem Verhältniß mit der Temperatur zunimmt, sondern daß die Formel für die Correction des Widerstandes für Temperatur $\lambda = x + yt + zt^2$ und nicht $\lambda = x + yt$ ist.

Tabelle XIX.

1. Draht.

° C.	hart		° C.	weich	
	Widerstand	Zunahme des Wider- standes für 1°		Widerstand	Zunahme des Wider- standes für 1°
0	98,382	—	0	98,241	—
16,86	104,74	0,3771	17,00	104,67	0,3782
29,88	109,81	0,3825	29,63	109,54	0,3813
51,03	118,72	0,3985	50,22	118,08	0,3950
69,52	126,59	0,4057	69,60	126,23	0,4021
83,77	132,60	0,4085	83,42	132,21	0,4072
98,60	139,22	0,4142	99,37	139,10	0,4112

2. Draht.

0	98,412	—	0	97,902	—
19,17	105,98	0,3948	18,96	105,28	0,3891
30,95	110,88	0,4028	31,86	110,59	0,3982
98,53	118,32	0,4102	52,05	119,08	0,4069
69,22	127,16	0,4153	70,27	126,85	0,4119
83,77	133,31	0,4166	83,81	132,58	0,4138
99,00	139,80	0,4181	99,57	139,36	0,4164

3. Draht.

0	99,384	—	0	97,806	—
12,65	104,42	0,3981	13,45	103,14	0,3966
25,61	109,82	0,4075	26,15	108,41	0,4055
39,52	115,72	0,4134	39,35	113,99	0,4113
53,92	121,85	0,4167	55,50	120,95	0,4170
69,90	128,54	0,4171	69,90	127,00	0,4176
84,87	134,82	0,4175	84,67	133,25	0,4186
99,92	140,94	0,4159	99,05	139,32	0,4190

Widerstand berechnet aus dem Mittel
der sechs für das Kupfer gefundenen
Formeln

Widerstand berechnet aus dem Mittel
von allen Formeln

0	100	—	0	100	—
20	107,97	0,3985	20	107,76	0,3880
40	116,33	0,4082	40	115,91	0,3977
60	124,98	0,4163	60	124,36	0,4060
80	133,69	0,4211	80	132,92	0,4115
100	142,22	0,4222	100	141,46	0,4146

Die mit einer Formel von vier oder mehr Gliedern berechneten Werthe würden noch besser mit den beobachteten übereingestimmt haben, als die gegebenen. Wir haben, wie Tabelle XX zeigt, für einen harten Kupferdraht (natürlich erst für mehrere Tage auf 100° erhitzt), eine Formel mit drei und eine mit vier Gliedern berechnet, und man wird sehen, um wie viel besser die mit der erstern berechneten Werthe übereinstimmen mit den Beobachtungen.

Tabelle XX.

°C.	beobachtet	I.		II.	
		berechnet	Diff.	berechnet	Diff.
10,9	95,169	95,166	+ 0,003	95,134	+ 0,035
30,1	88,537	88,534	+ 0,003	88,588	— 0,051
49,5	82,610	82,605	+ 0,005	82,627	— 0,017
69,0	77,320	77,334	— 0,014	77,297	+ 0,023
82,8	73,976	73,966	+ 0,010	73,926	+ 0,050
97,9	70,579	70,580	— 0,001	70,619	— 0,040

I. berechnet nach Formel:

$$\lambda = 99,307 - 0,39301t + 0,0012318t^2 - 0,000002193t^3.$$

II. berechnet nach der Formel:

$$\lambda = 99,137 - 0,37675t + 0,0008728t^2$$

Wir haben uns indeß begnügt mit einer Formel von drei Gliedern, da die daraus berechneten Werthe gewöhnlich mit den Beobachtungen so weit übereinstimmen als einem Unterschiede von 0,1° bis 0,2° entspricht, und da die Berechnungen viergliedriger Formeln die mit der Untersuchung verbundene Arbeit ungeheuer vermehrt haben würde.

Es könnte aber gefragt werden, wie es komme, daß die für Drähte desselben Metalles erhaltenen Formeln so sehr variiren, daß sie in der That Unterschiede zeigen, die fast der mittleren Differenz der verschiedenen Metalle gleich sind. Daß hieran nicht Beobachtungsfehler Schuld sind, davon haben wir uns wiederholt überzeugt; denn man vergleiche die Formeln der harten (oder vielmehr theilweise weichen) und der weichen Drähte, und sehe wie gut sie mit einander übereinstimmen. Es scheint jedoch wohl daran zu liegen, daß die moleculare Beschaffenheit der Drähte

in jedem Falle verschieden ist: denn man betrachte nur den Einfluß, den mehrtägiges Erhitzen der Drähte desselben Metalles auf 100° hervorbringt, und wie verschieden verhalten sie sich! Man nehme z. B. Kupfer: Die Leitungsfähigkeit von Draht 1 nimmt fast ebenso sehr zu, als ob er weich würde. Draht 2 verhält sich theilweise so, Draht 3 fast gar nicht. Und hier mag erwähnt werden, daß Silber- und Kupferdrähte durch Erhitzen auf 100° geschmeidiger werden und ihre Elasticität verlieren, während Gold gar nicht weicher zu werden scheint. Wiederum bei Kadmium haben wir gezeigt, daß es bei 80° spröde wird, und hier finden wir, daß die Formeln mehr als bei irgend einem andern Metall verschieden sind. Ferner betrachte man die mit Wismuth oder Tellur erhaltenen Resultate, und es kann wenig Zweifel seyn, daß der Grund, warum die Formeln von Drähten desselben Metalles nicht übereinstimmen, darin liegt, daß die moleculare Beschaffenheit in jedem verschieden ist. Und daß die Differenzen wirklich daher kommen, kann man auch aus dem Umstande schließen, daß bei den Metallen, deren Drähte nach dem Erhitzen ihre Leitungsfähigkeit entweder gar nicht oder nur in geringem Grade verändert haben, die Formeln der einzelnen Drähte sehr genau mit einander übereinstimmen; man vergleiche z. B. Blei, Zinn und Quecksilber. Das Mittel der in den Tabellen gegebenen Werthe für die Leitungsfähigkeit stimmt mit dem der früheren Bestimmungen sehr gut überein, welche mit Drähten von Metallen von verschiedenen Darstellungen gemacht wurden.

Die folgenden Fragen haben sich uns im Laufe der gegenwärtigen Untersuchung aufgedrängt, deren Beantwortung wir uns selbst vorbehalten. Wir beabsichtigen sie zu Gegenständen kurzer Mittheilungen zu machen, die wir von Zeit zu Zeit der Royal Society vorlegen werden.

Wird ein hartgezogener Draht durch bloßes Liegenlassen etwas weich werden, und umgekehrt wird ein weicher

Draht theilweise hart werden? Werden Wismuth und Tellur durch Zeit oder durch starke Erkältung ihre ursprüngliche Leitungsfähigkeit wieder erlangen? Können wir durch Erhitzen von Tellur etc. auf 200° oder höher, dasselbe Resultat in viel kürzerer Zeit hervorbringen als bei 100° ? Welches sind die thermoelektrischen Eigenschaften von Wismuth und Tellur, nachdem sie für mehrere Tage auf 100° erhitzt worden sind? Haben sie sich nicht verändert? Es ist eine merkwürdige Thatsache, daß Wismuth, welches am einen Ende der thermoelektrischen Reihe steht, an Leitungsfähigkeit zugenommen hat, nachdem es mehrere Tage auf 100° erhitzt worden ist, während Antimon und Tellur, am anderen Ende der Reihe, abnehmen, das eine nur wenig, das andere, in der thermoelektrischen Reihe höher stehende, ganz bedeutend. Wird geschmolzenes Tellur im flüssigen Zustande besser leiten, als fest? — Welchem Gesetze folgen die Legirungen in Hinsicht auf den Einfluß der Temperatur auf ihre Leitungsfähigkeit?

II. *Ueber die Volumscurven der gesättigten Salzlösungen; von P. Kremers.*

Aus den Werthen, welche früher an verschiedenen Orten für die relative Löslichkeit der Salzatome und für die relativen Volumina der concentrirteren Lösungen angegeben wurden, lassen sich, wenn auch nicht immer ganz genau so doch wenigstens annähernd, die relativen Volumina berechnen, welche die gesättigten Salzlösungen besitzen. Diese Berechnungen haben insofern wohl einigen theoretischen Werth, als es sich bei der Erklärung des Phänomens der Lösung und Krystallisation nicht bloß darum handelt, wie viele der verschiedenen Salzatome eine constante Was-