III. Ueber die elektrische Leitungsfähigkeit des reinen Kupfers und deren Verminderung durch Metalloide und Metalle;

von A. Matthiesen und M. Holzmann.

Da die elektrische Leitungsfähigkeit käuflicher Kupfersorten öfters so außerordentlich niedrig gefunden wird, ohne daß bedeutendere Mengen von Verunreinigung darin enthalten wären, so schien es von Interesse, den Einfluß etwas genauer zu untersuchen, welchen nicht allein fremde Metalle, sondern namentlich auch Metalloide auf die Leitungsfähigkeit des reinen Kupfers ausüben. Vor Allem hielten wir es aber für nöthig, die letztere selbst festzustellen, da die bisherigen Angaben verschiedener Beobachter sehr bedeutend differiren. Setzt man nämlich die Leitungsfähigkeit des reinen Silbers gleich 100, so ist die des Kupfers nach:

Riess ¹⁾	Lenz ²⁾	H. Davy ³⁾	Christie ³⁾	Harris ³⁾
67,2	73,4	91,2	66,0	100,0
Buff ⁴⁾	Pouillet ⁴⁾	Arndtsen ⁶⁾		
95,4	73,0	98,69		

Wir unternahmen daher, das Kupfer sowohl auf chemischem, als auf elektrolytischem Wege rein darzustellen, und wir bestimmten außerdem auch käufliches galvanisch niedergeschlagenes Kupfer. Mit sämmtlichen Sorten erhielten wir Werthe, welche in die Fehlergrößen der Beobachtungen bei ein- und derselben Sorte fielen. Käuflicher

1) Diese Ann. Bd. 45. S. 20.

2) Diese Annal. Bd. 45, S. 105.

3) Gmelin, Bd. I, S. 289.

4) Buff, Grundriß der Physik, S. 348.

5) Müller, Lehrbuch der Physik, Bd. 2, S. 202.

6) Diese Annal. Bd. 104, S. I.

NB. Die Temperaturen sind von den meisten der obigen Beobachter leider nicht mit angegeben; nur die Zahlen von Lenz und Arndtsen, welche die Leitungsfähigkeit bei verschiedenen Temperaturen bestimmten, sind für 0° berechnet.

Da schon früher von Peltier¹⁾ beobachtet worden ist, daß Kupferdraht nach dem Glühen besser leitet als ungeglüht, so wiederholten wir diesen Versuch, indem ein aus galvanisch niedergeschlagenem, umgeschmolzenem Kupfer hart gezogener Draht bestimmt, in reinem Wasserstoffgas geglüht, und dann wieder bestimmt wurde. Zwei Versuche bestätigten die Angabe Peltiers vollkommen:

- a) hart gezogen: 95,31 bei 11°,0,
nach dem Glühen: 97,83 „ 11°,0;
- b) hart gezogen: 95,72 „ 11°,0,
nach dem Glühen: 98,02 „ 11°,0.

Der Unterschied zwischen harten und geglühten Drähten beträgt demnach beim Kupfer etwa 2,5 Proc. der Leitungsfähigkeit; weit größer ist derselbe bei Silberdrähten, wie aus nachstehenden Zahlen hervorgeht:

- a) hart gezogen: 95,28 bei 14°,0,
nach dem Glühen: 103,98 „ 14°,8;
- b) hart gezogen: 95,36 „ 14°,6,
nach dem Glühen: 103,33 „ 14°,6.

Der Sauerstoff wird vom Kupfer (aller Wahrscheinlichkeit nach als Kupferoxydul) hartnäckig zurückgehalten, und es gelingt nicht, denselben durch Schmelzen mit Flußmitteln gänzlich aus dem Kupfer zu entfernen; sogar Wasserstoff, wenn er Stunden lang über geschmolzenes Kupfer geleitet wird, scheint den Sauerstoff nicht vollständig hinwegnehmen zu können. Auf der andern Seite nimmt das geschmolzene Kupfer an der Luft mit so großer Energie Sauerstoff auf, daß es nicht möglich ist, beim Ausgießen des Metalls in die Formen Oxydation zu verhindern. Nach vielen vergeblichen Versuchen, um diesem Uebelstande vorzubeugen, gelangten wir endlich zu einer Methode, die eben so einfach als zweckentsprechend ist. In einem gut ziehenden Ofen wird eine Muffel eingemauert, deren Inneres nicht mit dem Feuerraum des Ofens in Verbindung steht, und deren Mündung durch die Thür des Ofens geschlossen wird. Durch das obere der in die Thür gebohrten zwei Löcher

1) *Ann. de Chim. et Phys.* T. 56. p. 371.

reiner Kupfervitriol wurde in Wasser gelöst, filtrirt, nach dem Ansäuern durch Schwefelwasserstoff gefällt, das Schwefelkupfer in Königswasser gelöst, die filtrirte Flüssigkeit in der Wärme mit einem großen Ueberschuß von kohlensaurem Natron niedergeschlagen und das geglühte Kupferoxyd durch reinen Wasserstoff reducirt. Das auf galvanischem Wege erhaltene Kupfer war aus der nämlichen Kupfervitriollösung durch eine sehr schwache Bunsen'sche Batterie langsam niedergeschlagen; als Kathode diente ein mit Oel überzogenes Platinblech, als Anode ein Platindraht.

Zur Bestimmung der Leitungsfähigkeit wurde die Methode angewandt, welche der eine von uns in diesen Annalen Band 100, S. 178, näher beschrieben hat. Die Drähte waren sämmtlich hart gezogen, besaßen einen Durchmesser von 0,25—0,5 Millimeter und eine Länge von 0,5—1,5 Meter; von jeder Kupfersorte wurden zwei oder drei Drähte, gewöhnlich mit verschiedenem Durchmesser, bestimmt. Als Leitungsfähigkeit (verglichen mit einem hart gezogenen Silberdraht = 100 bei 0° C.) erhielten wir folgende Zahlen:

1. Auf chemischem Wege a) 92,63 bei 18°,0 } Mittel:
gereinigtes Kupfer: b) 93,36 " 19 ,2 } 93,00 bei 18°,6.
2. Galvan. niedergeschla- a) 93,81 bei 19°,7 } Mittel:
genes Kupfer, nicht b) 93,56 " 20 ,5 } 93,46 bei 20°,2.
geschmolzen: c) 93,00 " 20 ,4 }
3. Käufliches galvanopla- a) 92,24 bei 18°,0 } Mittel:
stisches Kupfer, nicht b) 93,01 " 18 ,5 } 93,02 bei 18°,4.
geschmolzen: c) 93,81 " 18 ,7 }
4. Dasselbe, in einem Por- a) 92,22 bei 19°,3 } Mittel:
cellanrohr im Wasser- b) 93,30 " 19 ,3 } 92,76 bei 19°,3.
stoffstrom geschmolz.:
5. Dasselbe, nach der un- a) 92,57 bei 17°,8 } Mittel:
ten beschriebenen Me- b) 93,40 " 17°,2 } 92,99 bei 17°,5.
thode geschmolzen:

Das Mittel aus diesen zwölf Bestimmungen giebt demnach für die Leitungsfähigkeit des Kupfers die Zahl:

93,08 bei 18°,9.

ragt ein Brennungsrohr etwa einen Zoll weit in die Muffel hinein, und durch das untere ist eine irdene Pfeife mit langem Stiel bis an die hintere Wand der Muffel geschoben. Im Pfeifenkopfe, dem die Wölbung der Muffel als Deckel dient, liegt das Metall, während der Pfeifenstiel mit einem Wasserstoff-, das Brennungsrohr mit einem Kohlensäure-Apparat verbunden ist. Der Wasserstoff streicht durch Kali, salpetersaures Silber und concentrirte Schwefelsäure, die Kohlensäure wird durch kohlensaures Kali und concentrirte Schwefelsäure geleitet. Sobald das Kupfer¹⁾ geschmolzen ist, wirkt der Wasserstoff nicht allein auf die Oberfläche desselben ein, sondern er ist genöthigt, Blase für Blase durch das Metall hindurchzustreichen, welches dadurch in fortwährender Bewegung erhalten und überall der Einwirkung des Gases ausgesetzt wird. Ist die zur Operation verlangte Zeit verstrichen, so löst man vom Wasserstoff-Apparat das Zuleitungsrohr ab, saugt das geschmolzene Metall vorsichtig in den Pfeifenstiel hinein und zieht die Pfeife aus der Muffel. Zerschlägt man nach dem Erkalten die Pfeife, so hat man das Metall schon in der Form eines Drahtes, der sich mit Leichtigkeit dünner ziehen läßt. Ein Blick auf die beigegebene Zeichnung wird die Art und Weise der Schmelzung deutlich machen. Fig. 2 Taf. VI stellt die Operation in vollem Gange dar, Fig. 3 zeigt die Form des Metalls nach beendigter Schmelzung. Zur Prüfung der Methode wurde das oben unter 3. angeführte Kupfer benutzt; es gab, nachdem es etwa eine halbe Stunde in geschmolzenem Zustande erhalten worden war, folgende Zahlen:

a) 92,57 bei 17°,8	} Mittel: 92,99 bei 17°,5.
b) 93,40 „ 17°,2	

Wir haben auf diese Weise nicht allein das Kupfer vor Einwirkung der atmosphärischen Luft geschützt, sondern auch dem oxydirten Kupfer den Sauerstoff entzogen. Ueberhaupt wurden alle Kupfersorten, die wir untersucht haben, nach

1) Es wurden zu jeder Schmelzung gewöhnlich etwa acht Gramm Kupfer genommen.

dieser Methode geschmolzen; nur bei Verbindung des Kupfers mit den Stoffen, die durch Wasserstoff hinweggeführt würden, wurde derselbe entweder durch Kohlensäure ersetzt oder das Metall nur eben zum Schmelzen gebracht und dann wiederholt umgeschmolzen.

Wir haben nicht versucht, die Menge des Sauerstoffs durch Analyse festzustellen, da die directen Bestimmungen desselben keine hinreichende Genauigkeit geliefert haben würden¹⁾, und weil auch die Kupferbestimmungen immer noch mit zu großen Fehlerquellen behaftet sind, als daß man bei einer verhältnißmäßig so geringen Menge von Sauerstoff denselben aus der gefundenen Quantität des Kupfers berechnen könnte. Wir führen daher nur die Zahlen für die Leitungsfähigkeit an, welche das Kupfer durch stufenweise Entziehung des Sauerstoffs angenommen hatte. Das auf chemischem Wege gereinigte Kupfer wurde mit etwas Borax und dann mit Kochsalz geschmolzen (jedoch ohne daß das Metall mit der Salzmasse bedeckt gewesen wäre) und in eine mit Oel eingeriebene Form von Messing ausgegossen. Es wurde hierauf im Wasserstoffstrom mehrere Stunden lang in einem Porcellanrohr geschmolzen, und nachdem es darin erkaltet war, eine halbe Stunde lang nach der oben beschriebenen Methode behandelt; es erhielt aber erst nach dreistündigem Schmelzen in dieser Weise eine Leitungsfähigkeit, welche mit der übereinstimmt, die wir für das auf galvanischem Wege dargestellte Kupfer gefunden hatten. Folgendes sind die Leitungsfähigkeiten der verschiedenen Stufen der Schmelzung:

1. Mit Borax und Koch-	a) 69,44 bei 24°,2	} Mittel:
salz, bei Zutritt der	b) 69,38 " 23°,5	
Luft geschmolzen:	c) 69,30 " 24°,0	
		69,37 bei 23°,9

1) A. Dick, in seinen Beiträgen zur Metallurgie des Kupfers (*Phil. Mag.* Juni 1856), erhielt bei Anwendung verschiedener Methoden keine befriedigenden Resultate. Seine im Laboratorium von Professor Percy ausgeführten Versuche sind namentlich in Betreff des Stickstoff-Kupfers durch die unserigen vollkommen bestätigt worden.

2. Dasselbe im Porcellanrohr im Wasserstoffstrom geschmolzen:
a)	87,20 bei 18°,8	Mittel:
b)	85,50 " 19°,0	
		86,35 bei 18°,9
3. No. 2 $\frac{1}{2}$ Stunde nach der oben beschriebenen Methode geschmolzen:
a)	89,32 bei 17°,0	Mittel:
b)	91,07 " 17°,8	
c)	88,40 " 17°,4	
		89,60 bei 17°,4
4. No. 2 drei Stunden lang geschmolzen:
a)	92,63 bei 18°,0	Mittel:
b)	93,36 " 19°,2	
		93,00 bei 18°,6
- Ähnliche Resultate gab galvanisch niedergeschlagenes Kupfer, das zuvor mit etwas Kochsalz bei Zutritt der Luft geschmolzen war, als es successive auf die angegebene Weise vom Sauerstoff wieder befreit wurde:
1. Bei Zutritt der Luft geschmolzen:
a)	73,20 bei 19°,2	Mittel:
b)	73,08 " 19°,4	
c)	73,69 " 19°,8	
		73,32 bei 19°,5
2. Dasselbe $\frac{1}{2}$ Stunde nach der oben beschriebenen Methode geschmolzen:
a)	76,27 bei 17°,6	Mittel:
b)	75,55 " 17°,7	
c)	75,38 " 17°,8	
		75,73 bei 17°,7
3. Dito 1 Stunde geschmolzen:
a)	83,14 bei 16°,8	Mittel:
b)	82,25 " 17°,0	
		82,70 bei 16°,9
4. Dito $1\frac{1}{4}$ Stunde geschmolzen:
a)	90,36 bei 19°,7	Mittel:
b)	91,00 " 19°,7	
		90,68 bei 19°,7
5. Dito 3 Stunden geschmolzen:
a)	91,92 bei 18°,5	Mittel:
b)	92,76 " 18°,1	
		92,34 bei 18°,3

Es scheint hiernach die Bestimmung der elektrischen Leitungsfähigkeit das sicherste Mittel zu sein, um in sonst reinem Kupfer die Gegenwart von Sauerstoff nachzuweisen; ferner erklärt es sich hieraus sehr einfach, warum die bisherigen directen Bestimmungen der Sauerstoffmenge so wenig befriedigende Resultate gaben.

Obgleich der Kohlenstoff nach Karsten ¹⁾ bis zu 0,2 Proc. vom Kupfer aufgenommen wird, so gelang es uns doch nicht, Drähte zu ziehen, die mehr als 0,05 Proc. Koh-

1) Schweigger's Journal für Chemie und Physik, Bd. 66, S. 395.

lenstoff enthalten hätten; aber schon diese geringe Menge genügt, um die Leitungsfähigkeit des Kupfers ziemlich bedeutend herabzudrücken. Galvanisch niedergeschlagenes Kupfer, welches in kleinen Stücken mit Kohle geschichtet und wiederholt damit umgeschmolzen wurde, ergab bei der Analyse einen Gehalt von 0,05 Proc. Kohlenstoff; die Leitungsfähigkeit war:

$$\begin{array}{l} a) \ 74,29 \text{ bei } 18^{\circ},1 \\ b) \ 75,53 \text{ " } 18^{\circ},5 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} a) \\ b) \end{array}} \right\} \text{Mittel: } 74,91 \text{ bei } 18^{\circ},3.$$

Wir wollen nicht mit Bestimmtheit behaupten, daß der Kohlenstoff wirklich im Kupfer gelöst war; vielleicht konnte derselbe nur mechanisch darin vertheilt seyn.

Der Phosphor verändert die Eigenschaften des Kupfers in hohem Grade, auch wenn er nur in geringen Mengen demselben beigemischt ist; die Farbe ist gelblich, die Härte vergrößert sich außerordentlich, während die Festigkeit bedeutend verringert wird, und die Leitungsfähigkeit nimmt stärker ab, als bei irgend einer andern Verunreinigung. Das Phosphorkupfer war dargestellt, indem rother Phosphor auf geschmolzenes Kupfer geworfen, das Metall schnell abkühlt und noch ein- oder zweimal umgeschmolzen wurde. Die Menge des Phosphors wurde als phosphorsanre Magnesia bestimmt.

1. Kupfer mit 2,50 Pro-	a) 7,37 bei 17°,0	Mittel:
cent Phosphor:	b) 7,11 " 18°,0	7,24 bei 17°,5
2. Kupfer mit 0,95 Pro-	a) 23,43 bei 22°,3	Mittel:
cent Phosphor:	b) 23,05 " 22°,0	23,24 bei 22°,1
3. Kupfer mit 0,13 Pro-	a) 67,88 bei 20°,0	Mittel:
cent Phosphor:	b) 67,46 " 20°,0	67,67 bei 20°,0

Schwefelkupfer scheint sich nicht in überschüssigem Kupfer aufzulösen, sondern sich nur mechanisch darin zu vertheilen. Obgleich wir nämlich in einem Draht bei der Analyse einen Gehalt von 0,18 Proc. Schwefel fanden, so war doch die Leitungsfähigkeit verhältnißmäßig so wenig vermindert, daß wir diese Erniedrigung der Brüchigkeit der Drähte zuschreiben mußten. In Folge dessen wurde auch bei vier Be-

stimmungen keine hinreichende Uebereinstimmung erzielt, das Mittel derselben war 88,58 bei 19°,4.

Durch Selen oder Tellur wird das Kupfer überaus brüchig, es nimmt eine schmutzig graue Farbe und stark krystallinisches Gefüge an; wir waren daher nicht im Stande Drähte von Kupfer zu ziehen, welches nachweisbare Mengen der beiden Substanzen enthielt.

Wirft man Arsen auf geschmolzenes Kupfer, so wird es zum grössten Theil unter Zischen aufgenommen, der übrige Theil verbrennt oder verdampft. Schmilzt man diese Masse noch einmal um, so erhält man, schon bei sehr geringem Procentgehalt von Arsen, ein sehr hartes, etwas sprödes Metall von schmutzig grauer Farbe, das jedoch hinreichende Dehnbarkeit und Festigkeit besitzt, um sich zu Draht ziehen zu lassen. Es gelang uns, einen Kupferdraht mit 5,4 Proc. Arsen bis zu einer Dicke von 0,29 Millimeter im Durchmesser zu ziehen, und wir würden ihn noch dünner zu ziehen im Stande gewesen seyn, wenn uns feinere Ziehplatten zu Gebote gestanden hätten. Es steht dies mit neuerdings aufgestellten Behauptungen in Widerspruch, dafs es nämlich unmöglich sey, dünne Kupferdrähte zu ziehen, in denen eine erhebliche Menge Arsen enthalten. — Das Arsen wurde als arsensaure Ammoniak-Magnesia bestimmt, bei einer Probe aber nur qualitativ im Marsh'schen Apparat nachgewiesen. Die nachfolgenden Zahlen zeigen, dafs die Leitungsfähigkeit des Kupfers durch Arsen in einer ebenso überraschenden Weise als durch Phosphor erniedrigt wird.

1. Kupfer mit 5,40 Pro-	a) 6,17 bei 16°,7	Mittel:
cent Arsen:	b) 6,19 " 17°,0	
		6,18 bei 16°,8
2. Kupfer mit 2,80 Pro-	a) 12,97 bei 18°,8	Mittel:
cent Arsen:	b) 13,38 " 19°,4	
		13,14 bei 19°,1
3. Kupfer mit noch gerin-	a) 57,72 bei 19°,5	Mittel:
gerer Menge Arsen:	b) 57,89 " 19°,9	
		57,80 bei 19°,7

Die mehrfach angeführten Beobachtungen ¹⁾, dafs glühendes oder geschmolzenes Kupfer Ammoniakgas unter Bildung

1) Gmelin, Bd. 3, S. 416.

von Stickstoffkupfer zersetze, welche indessen schon von Schrötter bestritten und von Dick widerlegt worden sind, veranlaßten uns, auch in dieser Richtung einen Versuch anzustellen. Ein Draht von reinem Kupfer, dessen Leitungsfähigkeit bestimmt war, wurde eine Viertelstunde lang in einem Verbrennungsrohr geglüht, während ein Strom trocknen Ammoniakgases darüber geleitet wurde; nach dem Erkalten hatte sich weder das äußere Ansehen, noch seine Ductilität geändert, auch die Leitungsfähigkeit war dieselbe geblieben. Es scheint also, daß bei den früheren Versuchen entweder sauerstoffhaltiges Kupfer, oder nicht vollständig reines Ammoniak angewandt worden war.

Silicium und Bor, auf geschmolzenes Kupfer geworfen und wiederholt damit umgeschmolzen, vereinigen sich nicht mit demselben und werden nicht davon aufgelöst.

Die Beeinträchtigung der elektrischen Leitungsfähigkeit des reinen Kupfers durch geringe Mengen fremder Metalle ist nicht ganz so bedeutend, als der Einfluß, den die Metalloide darauf ausüben; jedoch bewirken namentlich das Eisen und Zinn eine sehr starke Erniedrigung der Leitungsfähigkeit. Die Metalle wurden mit dem Kupfer nach der oben beschriebenen Methode legirt, welche hier besonders den Vortheil gewährt, daß durch die unaufhörliche Bewegung des geschmolzenen Metalls eine möglichst vollständige Mischung erzielt wird.

Die Mengen der mit dem Kupfer legirten Metalle wurden analytisch bestimmt.

1. Kupfer mit 3,20 Pro-	a) 56,96 bei 10°,0	Mittel: 56,98 bei 10°,3
cent Zink:	b) 57,01 " 10°,6	
2. Kupfer mit 1,60 Pro-	a) 76,25 bei 15°,2	Mittel: 76,35 bei 15°,8
cent Zink:	b) 76,45 " 16°,4	
3. Kupfer mit Spuren	a) 85,67 bei 18°,0	Mittel: 83,05 bei 19°,0
Zink:	b) 84,43 " 20°,0	
4. Kupfer mit 1,06 Pro-	a) 27,44 bei 14°,2	Mittel: 26,95 bei 13°,1
cent Eisen:	b) 26,46 " 12°,0	
5. Kupfer mit 0,48 Pro-	a) 34,40 bei 11°,0	Mittel: 34,56 bei 11°,2
cent Eisen:	b) 34,72 " 11°,4	

6. Kupfer mit 4,90 Pro-cent Zinn:	a) 19,35 bei 14°,8 b) 19,60 " 14°,6	Mittel: 19,47 bei 14°,4
7. Kupfer mit 2,52 Pro-cent Zinn:	a) 32,49 bei 17°,0 b) 32,79 " 17°,2	Mittel: 32,64 bei 17°,1
8. Kupfer mit 1,33 Pro-cent Zinn:	a) 48,76 bei 16°,8 b) 48,28 " 16°,8	Mittel: 48,52 bei 16°,8
9. Kupfer mit 2,45 Pro-cent Silber:	a) 80,01 bei 19°,6 b) 79,21 " 19°,8 c) 78,93 " 19°,8	Mittel: 79,38 bei 19°,7
10. Kupfer mit 1,22 Pro-cent Silber:	a) 87,61 bei 20°,6 b) 86,65 " 20°,6 c) 86,46 " 21°,0	Mittel: 86,91 bei 20°,7
11. Kupfer mit 3,50 Pro-cent Gold:	a) 65,10 bei 18°,0 b) 65,80 " 18°,2 c) 66,00 " 18°,1	Mittel: 65,36 bei 18°,1

Wir vermochten nicht einen Draht von reinem Kupfer zu ziehen, in dem nur Spuren von Blei enthalten waren, da dieß augenscheinlich das Kupfer vollkommen mürbe und brüchig macht. In Gmelin's Handbuch ist ebenfalls angegeben, daß Kupfer mit nur 0,1 Proc. Blei weder zu feinem Draht gezogen, noch in dünnes Blech ausgewalzt werden kann. Da nun aber in Kupferschmelzereien eine geringe Quantität Blei dem Kupfer zugefügt wird, um es dehnbarer und zäher zu machen, so nimmt man an, daß durch Hinzufügung von Blei das vorhandene Kupferoxydul reducirt werde. Indessen wurde nach den Analysen von J. Napier (*Philos. Mag. Vol. 5. p. 488*) stets Blei gefunden, wo es hinzugefügt worden war, und zwar oft in Mengen gleich dem Betrage des Hinzugefügten. Wir haben daher in dieser Richtung einige Versuche angestellt.

Es wurde zu Kupfer, das bei Zutritt von Luft geschmolzen war, 0,1 Proc. Blei oder Zinn hinzugesetzt, und die Legirung in der Tabakspfeife in einer Kohlensäureatmosphäre geschmolzen. Die Bestimmung der elektrischen Leitungs-fähigkeit ergab folgende Zahlen:

1. Leitungsfähigkeit des angewandten Kupfers:

a) 83,44 bei 13°,0	}	Mittel:
b) 84,45 " 13°,6		83,94 bei 13°,3
2. Nach Zusatz von 0,1 Proc. Blei:

a) 89,55 bei 12°,0	}	Mittel:
b) 89,42 " 13°,8		89,49 bei 12°,9
- 3) Nach Zusatz von 0,1 Proc. Zinn:

a) 90,00 bei 14°,0	}	Mittel:
b) 89,80 " 14°,0		89,90 bei 14°,0
- 4) Dasselbewiederholt:

a) 91,27 bei 13°,8	}	Mittel:
b) 90,65 " 14°,0		90,96 bei 13°,9

Die beim Kupfer zurückbleibende Menge des Blei's oder Zinn's war so gering, daß es unmöglich war, dieselbe quantitativ zu bestimmen. Die Versuche beweisen indess, daß durch Zusatz von Blei etc. zu suboxydhaltigem Kupfer ein wirklich reineres Metall erhalten wird; und wir können aus dem Vorstehenden den Schluß ziehen, *daß keine Kupferlegirung existirt, welche die Elektricität besser leitet, als reines Kupfer.*

Es mögen hier auch die Bestimmungen eine Stelle finden, welche mit mehreren Kupfersorten des Handels ausgeführt wurden, und zwar mit Drähten, die in Wasserstoffgas gegläht waren.

1. Spanisches Kupfer (Rio Tinto):

a) 13,57 bei 14°,7	}	Mittel:
b) 13,73 " 14°,9		13,65 bei 14°,8
2. Russisches Kupfer (Demidoff):

a) 57,34 bei 12°,0	}	Mittel:
b) 57,92 " 13°,5		57,63 bei 12°,7
3. Englisches Kupfer (Garkupfer)

a) 68,24 bei 17°,2	}	Mittel:
b) 68,24 " 17°,4		68,24 bei 17°,3
4. Dito (s. g. *Bright copper*)

a) 69,56 bei 15°,0	}	Mittel:
b) 69,29 " 16°,4		69,42 bis 15°,7
5. Dito auserlesenes

a) 78,41 bei 14°,0	}	Mittel:
b) 77,80 " 14°,5		78,10 bei 14°,2
6. Australisches Kupfer (*Burra Burra*)

a) 85,20 bei 14°,0	}	Mittel:
b) 85,96 " 14°,0		85,58 bei 14°,0
7. Amerikanisches Kupfer (*Lake Superior*)

a) 89,63 bei 15°,0	}	Mittel:
b) 88,57 " 15°,0		89,10 bei 15°,0

Das spanische Kupfer No. 1 enthielt neben Kupferoxydul und Spuren von Blei, Eisen, Nickel etc. auch 2 Proc.

Arsen. Ohne Zweifel ist der Gegenwart dieses letzteren Körpers die geringe Leitungsfähigkeit des spanischen Kupfers zuzuschreiben.

No. 2, das russische Kupfer, enthielt Spuren von Arsen, Eisen, Nickel und Kupferoxydul; auch hier kann das Arsen als Hauptursache der geringen Leitungsfähigkeit betrachtet werden.

In No. 3 wurden Spuren von Blei, Eisen, Nickel, Antimon und Kupferoxydul gefunden.

No. 4 enthielt Spuren von Eisen, Nickel, Blei und Kupferoxydul.

In No. 5 waren Spuren von Eisen, Nickel, Antimon und Kupferoxydul enthalten.

In No. 6, dem australischen Kupfer, konnten nur Spuren von Eisen und Kupferoxydul nachgewiesen werden.

In No. 7, dem amerikanischen Kupfer, wurden Spuren von Eisen, Silber (0,03 Proc.) und Kupferoxydul gefunden.

Als die Ursache der Verschiedenheit in den Leitungsfähigkeiten obiger Kupfersorten muß natürlich der verschiedene Gehalt an Verunreinigungen betrachtet werden; da aber, wie schon früher angeführt, keine Methode für genaue quantitative Bestimmung des Kupferoxyduls bekannt ist, und da letzteres in allen Kupfersorten gefunden wurde, so schien es nutzlos, die übrigen Verunreinigungen quantitativ zu bestimmen, zumal die Erniedrigung der Leitungsfähigkeit durch Oxydul, wie oben nachgewiesen, in manchen Fällen gleich 28 Proc. seyn kann.

Schließlich möchten wir noch die Aufmerksamkeit Derer, welche in der gleichen Richtung beschäftigt sind, auf folgende Punkte richten:

- 1) auf die Wichtigkeit der Angabe, ob die Drähte hart gezogen oder in geglühtem Zustande angewandt wurden, da es in manchen Fällen einen sehr bedeutenden Unterschied in den gefundenen Werthen macht;
- 2) auf den Einfluß der Temperatur auf die Leitungsfähigkeit. Da wir nur in wenigen Fällen die Temperatur angeben finden, bei der die Beobachtungen angestellt

wurden, so wird eine genaue Vergleichung der Resultate von verschiedenen Beobachtern unmöglich.

Wir beabsichtigen in weiterer Verfolgung dieses Gegenstandes zu untersuchen, ob die Unterschiede in hart gezogenen und geglühten Drähten auch bei verschiedenen Temperaturen sich finden.

IV. *Zur Theorie der Strömungen des Meeres und der Atmosphäre; von Dr. Ohlert in Elbing.*

I.

Ich beabsichtige in diesem Aufsatz einige neue Ansichten, die in die Theorie der Strömungen des Meeres und der Atmosphäre einschlagen, zu entwickeln. Dabei werde ich, um nicht durch Zerstückelung des Zusammenhangs unverständlich zu werden, nicht umhin können, manche ganz bekannte Aufstellungen zu erwähnen, an welche sich das anknüpft, was ich als noch nicht hervorgehoben, oder als meine abweichende Ansicht beibringen möchte. Natürlich werde ich mich in diesem Falle möglichster Kürze befleißigen und in Betreff der etwa wünschenswerth erscheinenden weiteren Ausführungen auf die Quellen verweisen.

Allgemein bekannt ist die Einwirkung, welche die tägliche Drehung der Erde in der Richtung von Westen nach Osten auf irgend einen längs ihrer Oberfläche bewegten materiellen Punkt ausübt. In Folge derselben wird jede Bewegung von den Polen nach dem Aequator hin, jemeher sie sich demselben nähert, desto mehr nach Westen hingelenkt, wogegen jede vom Aequator einem der beiden Pole zustrebende Bewegung um so östlicher wird, jemeher sie in höhere Breiten gelangt zu Gegenden der Erde, denen die tägliche Drehung durch einen nur kleinen Parallelkreis eine geringere Geschwindigkeit in west-östlicher Richtung mittheilt. Wirklich in Rechnung gezogen ist dieser Einfluss der Axendrehung der Erde auf einen durch einen einmaligen