

II. *Ueber die elektrische Leitungsfähigkeit der Legirungen; von Dr. A. Matthiesen.*

Die Methode, welche zu den nachfolgenden Bestimmungen der Leitungsfähigkeit angewandt wurde, ist näher beschrieben in diesen Annalen Bd. 100, S. 188. Es wurden dabei folgende Vorsichtsmafsregeln beobachtet:

- 1) Beinahe alle Drähte lagen in Steinöl, dessen Temperatur ¹⁾ beobachtet wurde.
- 2) Sie wurden alle an zwei dicke Kupferdrähte gelöthet, deren Widerstände bekannt und in Rechnung gebracht waren.
- 3) Von jeder Legirung wurden zwei besondere Drähte, gewöhnlich mit verschiedenem Durchmesser geprefst oder gezogen, und zwei Bestimmungen wurden mit Drähten gemacht, die vom ersten abgeschnitten waren, während zur dritten Bestimmung ein Stück des andern Drahtes genommen wurde. (Es war nämlich die Möglichkeit vorhanden, dafs die geprefsten Drähte Legirungen von verschiedener Zusammensetzung enthalten könnten, da z. B. beim Pressen von Amalgamen zuerst fast reines Quecksilber aus der feinen Oeffnung herauskommt).
- 4) Da die meisten Wismuthlegirungen beim Erkalten der geschmolzenen Metallmasse eine an Wismuth reichere Legirung aus der erstarrten Oberfläche austreten lassen, so wurden dieselben in kleine Stücke gegossen und ein solches zum Pressen verwandt.
- 5) Von den an Wismuth reichen Legirungen wurden sehr dünne Drähte, etwa von 0,2^{mm} Durchmesser, geprefst, um übereinstimmende Resultate zu erhalten. (Diese Annalen, Bd. 103, S. 432.)
- 6) Der Durchmesser der Drähte wurde, nach der Bestimmung ihres Widerstandes, an jedem Ende und gewöhn-

1) Alle angegebenen Temperaturen sind in Centigraden.

lich auch in der Mitte bestimmt; die betreffenden Stücke waren so gebogen, daß sie im rechten Winkel gemessen werden konnten. Die spröden Drähte wurden in kurze Stücke gebrochen und eine größere Anzahl derselben gemessen, das Mittel der gefundenen Werthe wurde als richtig angenommen.

- 7) Es wurden Normaldrähte von verschiedener Länge benutzt, um je nach der Größe des Widerstandes Resultate von gleicher Genauigkeit zu erhalten.

Eine größere Uebereinstimmung der Resultate als die, welche erreicht wurde, konnte nicht erwartet werden, in Anbetracht der Schwierigkeit, vollkommen runde Drähte und von einer absolut homogenen Zusammensetzung zu pressen oder zu ziehen. Bestimmungen mit geprefsten und gezogenen Bleidrähten gaben genau dieselben Werthe. Geprefst wurden alle die Legirungen, von denen die spec. Gewichte bestimmt waren; nur die Gold-Silber, Gold-Kupfer und Silber-Kupfer, sowie die letzte Wismuth-Silber und die letzten zwei Silber-Blei, Silber-Zinn und Gold-Zinn Legirungen wurden gezogen. Die Methode, nach welcher diese dargestellt waren, wird in der Abhandlung »über die Leitungsfähigkeit des Kupfers etc. ¹⁾« von Dr. M. Holzmann und mir näher beschrieben werden. Die Menge des Goldes und Silbers wurde in diesen letzteren Legirungen analytisch bestimmt. Alle gezogenen Drähte waren hartgezogen, und die Bestimmungen sind sämmtlich verglichen mit einem hart gezogenen reinen Silberdraht, dessen Leitungsfähigkeit bei 0° C. = 100 gesetzt ist.

Die Metalle können, hinsichtlich ihres Verhaltens als Legirungen, in zwei Klassen getheilt werden, nämlich:

Klasse A: diejenigen Metalle, welche, wenn mit einander legirt, die Elektrizität in dem Verhältniß ihrer relativen Volumina leiten;

Klasse B: diejenigen Metalle, welche, wenn legirt, mit einem Metall der Klasse A, oder mit einander, die Elektrizität *nicht* in dem Verhältniß ihrer Volumina leiten, sondern *stets schlechter*.

1) Siehe die nächst folgende Abhandlung.

Zu Klasse *A* gehören Blei, Zinn, Cadmium und Zink.

Zu Klasse *B* müssen Wismuth, Quecksilber, Antimon, Platin, Palladium, Eisen, Aluminium, Natrium, Gold, Kupfer, Silber und sehr wahrscheinlich die meisten der übrigen Metalle gerechnet werden.

Ich werde nun einige Worte sagen:

1. über die Leitungsfähigkeit der angewandten Metalle,
2. über die Leitungsfähigkeit der Legirungen, gebildet aus den Metallen der Klasse *A* mit einander,
3. über diejenige der Legirungen, bestehend aus Metallen der Klasse *A* und Klasse *B*,
4. über die der Legirungen, zusammengesetzt aus Metallen der Klasse *B*, und
5. allgemeine Schlusfolgerungen machen.

1. Ueber die Leitungsfähigkeit der Metalle.

Die Leitungsfähigkeit aller angewandten Metalle wurde bestimmt, die gefundenen Werthe waren die nämlichen als die, welche ich in meiner Abhandlung »über die elektrische Leitungsfähigkeit der Metalle« (diese Annalen Bd. 103, S. 428) angegeben habe. Ausgenommen sind nur das Gold (Siehe Anhang zu dieser Abhandlung, S. 205 u. ff.) und das Kupfer (»über die elektrische Leitungsfähigkeit des Kupfers etc.«). Die Werthe sind angeführt in Tabelle I.

2. Ueber die Leitungsfähigkeit der Legirungen, gebildet aus Metallen der Klasse *A*.

In Tabelle II sind die drei Bestimmungen und das Mittel derselben mit den beobachteten Temperaturen angegeben, sowie ihre Leitungsfähigkeiten berechnet in der Voraussetzung, daß die Leitungsfähigkeiten der angewandten Metalle Antheil nehmen an der der Legirung in dem Verhältniß ihrer relativen Volumina ¹⁾, Aequivalente ²⁾, Gewichte ³⁾.

$$1) \quad P = \frac{v c + v_1 c_1}{v + v_1}, \quad 2) \quad P = \frac{n c + n_1 c_1}{n + n_1}, \quad 3) \quad P = \frac{w c + w_1 c_1}{w + w_1},$$

wenn *P* die Leitungsfähigkeit der Legirung, *v* und *v*₁ die Atom-Volu-

Aus Gründen, die ich in meiner Abhandlung über die spec. Gewichte der Legirungen angegeben habe, sind die beiden letzten Arten der Berechnung für diese Gruppe von Legirungen mit ausgeführt.

Obgleich die gefundenen Zahlen bei einigen Legirungen von Cadmium-Zink und Blei-Cadmium nicht genau mit der berechneten Leitungsfähigkeit übereinstimmen, so ist doch aus Fig. 1 Taf. VII ¹⁾ ersichtlich, daß die Linien nicht viel von geraden Linien abweichen; und wir werden weiter unten finden, daß sie keiner der andern Gruppen angereicht werden können.

3. Ueber die Leitungsfähigkeit von Legirungen, bestehend aus Metallen der Klassen *A* und *B*.

Die gefundenen Werthe für die Legirungen dieser Gruppe sind enthalten in Tab. III S. 209, mit der nach dem Volumen berechneten Leitungsfähigkeit. Hier finden wir merkwürdige Resultate, nämlich daß manche Legirungen schlechter leiten, als irgend eins der Metalle, aus welchen sie zusammengesetzt sind. Betrachten wir ferner Fig. 2 u. 3 Taf. VII, in welchen die Curven für die Leitungsfähigkeit der Legirungen aus dieser Gruppe gezeichnet sind, so ist es auffällig, wie schnell die Leitungsfähigkeit auf der einen Seite der Curve mit geringem Procentgehalt des Metalls aus Klasse *A* abnimmt, während wir beim Hinübergehen zur andern Seite finden, wie wenig die Leitungsfähigkeit des Metalls aus Klasse *A* durch einen bedeutenden Procentgehalt an Metall der Klasse *B* afficirt wird. Auf diese Thatsache werde ich bei den allgemeinen Schlussfolgerungen zurückkommen.

Die Legirungen von Blei und Zinn mit großen Mengen von Antimon konnten nicht zu Draht geprefst werden wegen ihrer außerordentlichen Sprödigkeit und Härte. Die Legi-

mina der angewandten Metalle, n und n_1 die Anzahl der Aequivalente der einzelnen Metalle, w und w_1 ihre resp. Gewichte, und c und c_1 die Leitungsfähigkeiten der beiden Metalle bedeuten.

- 1) Die Punkte auf den Linien zeigen den Procentgehalt und die gefundene Leitungsfähigkeit der untersuchten Legirungen an.

rungen von Blei mit überwiegendem Goldgehalt waren so überaus hart, spröde und schwer schmelzbar, daß sie nicht gepreßt werden konnten; selbst Gold, legirt mit 0,25 Proc. Blei, waren wir nicht im Stande zu ziehen, es erschien völlig mürbe und bröcklig. Die meisten der angeführten Gold-Blei-Legirungen waren um Vieles spröder als Glas; bei einigen derselben war in der That mehr als eine Stunde nöthig, um einen Draht von 300^{mm} Länge zu pressen. Dasselbe muß von den Gold-Zinn-Legirungen gesagt werden, welche, obgleich schmelzbar genug, um gepreßt werden zu können, doch wegen ihrer Zerbrechlichkeit eben so lange Zeit erforderten. Silber mit Blei oder Zinn konnte auch nur bis zu gewissen Gränzen gepreßt oder gezogen werden, und es ist daher der Theil der Curve, wo keine Drähte zu erhalten waren, durch punktirte Linien angedeutet. Fast zu allen Goldlegirungen, namentlich zu den an Gold reicheren, wurde Gold verwendet, welches durch Algarothpulver niedergeschlagen war (s. Anhang). In Tab. V S. 221 sind einige Versuche mit Legirungen angeführt, die aus einigen käuflichen Metallen mit Blei, Zinn oder Zink bereitet waren. Aus dem Mittel der bei zwei Bestimmungen gefundenen Werthe geht hervor, daß die betreffenden Metalle sämmtlich zur Klasse *B* gehören, da die Leitungsfähigkeit bedeutend niedriger ist, als die Rechnung verlangt.

4. Ueber die Leitungsfähigkeit von Legirungen zusammengesetzt aus Metallen der Klasse *B*.

Die für diese Gruppe gefundenen Zahlen finden sich in Tab. IV S. 216, die Curven derselben in Fig. 8 Taf. VI. Von den Wismuth-Gold-Legirungen konnten nur sehr wenige bestimmt werden, da wir der großen Sprödigkeit halber nicht einmal Gold mit 0,25 Proc. Wismuth zu Draht zu ziehen vermochten. Bei Wismuth-Silber erhielten wir bessere Resultate. Wismuth-Antimon-Legirungen wurden zwar bestimmt, da aber keine übereinstimmenden Resultate zu erzielen waren, so sind die Zahlen nicht angeführt; die Curve schien jedoch den Habitus dieser Gruppe zu besitzen. Bei näherer Be-

trachtung der Gold-Silber-Reihe finden wir, daß von Au Ag nach beiden Seiten mit Zunahme der Aequivalente ein beinahe gleichmäßiges Aufsteigen in der Leitungsfähigkeit stattfindet, nämlich:

Au Ag leitet 14,59,

Au₂ Ag und Au Ag₂ leiten respective 16,20 und 16,30,

Au₄ Ag und Au Ag₄ leiten respective 20,91 und 20,94,

Au₆ Ag und Au Ag₆ leiten respective 24,99 und 25,29.

Von diesen Punkten an wird die Differenz größer, je mehr wir uns den reinen Metallen nähern. Da nun das Atomvolum des Goldes $= \frac{197}{19,265} = 10,226$, das Atomvolumen des Silbers $= \frac{108}{10,468} = 10,317$, so können wir die Legirung Au Ag aus einem Volume Gold plus einem Volume Silber zusammengesetzt ansehen, und wir mögen innerhalb der obigen Gränzen zu der Legirung Au Ag gleiche Volumtheile von Gold oder Silber hinzufügen: wir erhalten dieselbe Leitungsfähigkeit. Es geht also daraus hervor, daß Gold und Silber, wenn sie in diesen Gränzen mit einander legirt werden, eine gleiche Leitungsfähigkeit besitzen. Dieselben Betrachtungen lassen sich mit einigen Gold-Kupfer- und Silber-Kupfer-Legirungen anstellen. Die Curven dieser Gruppe zeigen an beiden Seiten ein schnelles Hinuntergehen, das ich bald näher besprechen werde.

5. Allgemeine Schlußfolgerungen.

Vor Allem wirft sich uns die Frage auf: was sind Legirungen? Sind sie chemische Verbindungen, oder eine Lösung des einen Metalls im andern, oder sind sie mechanische Gemenge? Dann entsteht die Frage: was ist die Ursache der reißend schnellen Abnahme in der Leitungsfähigkeit.

Die erste dieser Fragen können wir, glaube ich, damit beantworten, daß die meisten Legirungen lediglich Lösungen eines Metalls im andern sind; daß wir nur in wenigen Fällen chemische Verbindungen annehmen dürfen, wie z. B. bei einigen der Gold-Zinn- und Gold-Blei-Legirungen;

und dafs wir als mechanische Gemenge einige der Silber-Kupfer- und Wismuth-Zink-Legirungen betrachten können. Die Gründe für diese Annahme sind:

1) Dafs, wenn wir nur mit chemischen Verbindungen zu thun hätten, wir nicht für die Leitungsfähigkeit der Legirungen die Regelmäßigkeit in den Curven finden würden, welche ohne Zweifel existirt. Denn bei Betrachtung der zu den verschiedenen Gruppen gehörigen Curven sehen wir auf den ersten Blick, dafs jede Gruppe von Legirungen eine Curve von besonderer, deutlich ausgeprägter Form besitzt. So haben wir für die erste eine nahezu gerade Linie. Bei der zweiten zeigt sich ein aufserordentlich schnelles Hinabgehen an der Seite des Metalls aus Klasse *B*, und dann umwendend, geht die Curve in fast gerader Linie zu dem Metall der Klasse *A* hinüber. Für die dritte Gruppe finden wir das schnelle Hinabfallen an beiden Seiten der Curve, und die Drehungspunkte sind durch eine annähernd gerade Linie vereinigt.

Prüfen wir nun den Theil der Curven genauer, in dem die schnelle Abnahme vor sich geht, so finden wir, dafs bei Legirungen von Blei oder Zinn im Allgemeinen noch einmal so viel vom erstern als vom letztern erforderlich ist, um ein Metall der Klasse *B* auf eine gewisse Leitungsfähigkeit hinabzudrücken; z. B. um die Leitungsfähigkeit des Silbers auf 67 zu reduciren, würden 0.9 Vol. Proc. Blei oder etwa 0,5 Vol. Proc. Zinn nöthig seyn, — um sie auf 47,6 zu bringen, werden 1,4 Vol. Proc. Blei oder 0,7 Proc. Zinn verlangt ¹⁾. Ferner, um Wismuth auf die Leitungsfähigkeit von 0,261 zu reduciren, sind 1,4 Vol. Proc. Blei, oder 0,62 Zinn erforderlich, und um es auf den niedrigsten Punkt in der Curve zu bringen, der bei Legirung mit Blei 0,255, bei der Zinn-Legirung 0,254 entspricht, müssen 1,76 Vol. Proc. Blei oder 0,85 Vol. Proc. Zinn hinzugefügt werden.

2) Wir können nicht annehmen, dafs wir an den Drehungspunkten der Curven chemische Verbindungen vor uns haben; denn es ist durchaus nicht wahrscheinlich, dafs es solche geben könnte, die nur 0,6 Proc. Zinn auf 99,4 Proc.

1) Diese Zahlen sind von den Curven abgelesen.

Wismuth, oder 2 Proc. Blei auf 98 Proc. Wismuth, oder 2,6 Proc. Zinn auf 97,4 Proc. Silber etc. etc. enthalten.

3) Dafs die Legirungen an diesen Wendepunkten ihr berechnetes specifisches Gewicht besitzen.

Ueberblicken wir auf Taf. VI Fig. 8 die Curven der Legirungen aus der dritten Gruppe, so könnten wir eher geneigt seyn zu glauben, dafs wir es mit chemischen Verbindungen zu thun hätten. Aber wenn wir in Betracht ziehen (die Gold-Silber-Curve als Typus genommen), dafs die Leitungsfähigkeit des Silbers durch einen geringen Procentgehalt eines andern Metalls so bedeutend erniedrigt wird, dafs dasselbe auch vom Gold gesagt werden mufs, und wenn wir diese Abnahme als wirklich stattgefunden voraussetzen: so finden wir bei Vereinigung der Drehungspunkte, bis zu denen die Leitungsfähigkeit erniedrigt ist, fast genau die Gold-Silber-Curve. Nehmen wir z. B. die Gold-Zinn- und Silber-Zinn-Curven und verbinden durch eine Linie die Drehungspunkte derselben, so erhalten wir dadurch eine Curve, die derjenigen der Gold-Silber-Reihe sehr ähnlich ist. Betrachten wir weiter die Silber-Wismuth-Curve und vergleichen sie in gleicher Weise mit der Zinn-Silber- und Zinn-Wismuth-Curve, so erhalten wir ebenfalls das gleiche Resultat. Die Gold-Wismuth- und Silber-Wismuth-Curven sind fast gleich; nur leiten die Legirungen von Gold und Wismuth etwas schlechter als die von Wismuth und Silber, wie auch erwartet werden konnte, weil Silber ein besserer Leiter als Gold ist.

In Folge dieser Aehnlichkeit der Curven von Legirungen, in denen wir annehmen können, dafs sie Lösungen eines Metalls im andern sind, werden wir in den Stand gesetzt annähernd die Curve von Legirungen aus zwei beliebigen Metallen zu ziehen, sobald wir nur wissen, zu welcher Klasse die Metalle gehören. Auf diese Weise haben wir in der That, ehe eine einzige Kupfer-Gold-Legirung bestimmt war, beinahe genau die Curve gezeichnet, welche nachher gefunden wurde.

Dafs einige Legirungen wirklich chemische Verbindungen sind, können wir aus folgenden Thatfachen schliessen:

1) Im Allgemeinen finden wir, daß dann an den Drehungspunkten der Curve die Legirung sich ausdehnt oder zusammenzieht.

2) Wir haben dann keine regelmässige Form der Curve (siehe Gold-Zinn, Gold-Blei und Silber-Kupfer), so daß wir nicht im Stande sind, dieselbe a priori annähernd zu ziehen.

3) Die Legirungen halten an diesen Punkten grössere Mengen eines jeden Metalls.

4) Das äussere Ansehen (krystallinische Form etc.) dieser Legirungen an den Drehungspunkten ist auffällig verschieden. Betrachten wir hiernach z. B. die Gold-Zinn-Curve, die einzige beinahe vollständige dieser Gruppe, und gehen wir von der Zinn-Seite aus, so finden wir ein allmähliches Sinken der Leitungsfähigkeit bis zur Legirung Sn_3Au , von da ein langsames Aufsteigen bis zu Sn_2Au , und von diesem Punkte bis zu SnAu , wiederum eine allmähliche Abnahme. Aus den oben angeführten Gründen konnten keine Legirungen bestimmt werden zwischen SnAu und der, welche 2,7 Proc. Zinn enthält. Von dieser letztern Legirung haben wir eine gerade Linie bis zum reinen Gold schnell aufsteigend. Gehen wir noch einmal von der Zinn-Seite der Curve aus, so mögen wir die Legirungen bis zu Sn_3Au betrachten als eine Lösung einer chemischen Verbindung in reinem Metall, — von Sn_3Au bis Sn_2Au , und von hier bis SnAu , als Lösungen je zweier chemischen Verbindungen in einander, weil alle diese Punkte durch gerade Linien mit einander verbunden sind, — in dem nicht bestimmten Theile von SnAu bis zur Legirung mit 2,7 Proc. Zinn als Lösung einer chemischen Verbindung in irgend einer beliebigen Legirung, und von diesem letzteren Punkte bis zum reinen Gold als eine Lösung einer geringen Menge von Zinn in überschüssigem Gold.

Hinsichtlich ihres spec. Gewichts finden wir, daß, während Sn_3Au nahezu das berechnete spec. Gewicht besitzt, Sn_2Au eine grössere Ausdehnung und SnAu eine stärkere Zusammenziehung zeigt, als irgend eine andere der untersuchten Gold-Zinn-Legirungen. Ferner enthalten nun

$\text{Sn}_3 \text{Au}$ 60 Proc., $\text{Sn}_2 \text{Au}$ 37 Proc. und SnAu_2 13 Proc. Zinn; es wäre dies also kein Hinderniß, sie als chemische Verbindungen zu betrachten. In Bezug auf ihr äußeres Ansehen finden wir, daß SnAu_2 und $\text{Sn}_2 \text{Au}$ nicht krystallinisch sind und einen körnigen oder glasigen Bruch zeigen, wogegen $\text{Sn}_3 \text{Au}$ so überaus krystallinisch ist, daß beim Zerschlagen der Legirung mit dem Hammer vollständig ausgebildete Spaltungsflächen der Krystalle hervortreten. Hier- nach, glaube ich, kann kein Zweifel obwalten, daß die Unregelmäßigkeit der Gold-Zinn-Curve durch chemische Verbindungen hervorgerufen ist, ebenso die der Gold-Blei-Curve. Daß einige Legirungen mechanische Gemenge sind, wissen wir aus den Versuchen anderer Beobachter; so erhält man z. B. nach dem Zusammenschmelzen von 17,73 Theilen Wismuth mit 16,12 Theilen Zink zwei Schichten; die obere aus 13,40 Theilen Zink bestehend, die untere Wismuth, mit geringen Mengen von Zink enthaltend. (Fournet, *Ann. de chim. et phys.* T. 54. p. 247). Hätten wir aber die Metalle wohl zusammengemischt und schnell abgekühlt, so würden wir eine Legirung erhalten haben, die als mechanisches Gemenge hätte betrachtet werden müssen. Ferner, wenn man nach Levöl (*Journ. de Pharm.* T. 17. p. 111) Silber und Kupfer zusammenschmilzt und die Masse ruhig in geschmolzenem Zustande erhält, so findet man bei der Analyse von verschiedenen Theilen der Legirung verschiedene procentische Zusammensetzung. Levöl fand dies bei allen Legirungen, ausgenommen bei der, welche 28,11 Proc. Kupfer enthält (entsprechend $\text{Ag}_3 \text{Cu}_4$) und er betrachtet alle Silber-Kupfer-Legirungen als Gemenge von $\text{Ag}_3 \text{Cu}_4$ mit Silber oder Kupfer. Wenn dies der Fall wäre, so würden wir in der Curve von jenem Punkte aus nach den reinen Metallen hin gerade Linien haben; indessen bei Betrachtung derselben finden wir (ausgehend von der Kupfer-Seite), daß zuerst ein schnelles Hinabgehen Statt hat, verursacht durch die Verunreinigung des Kupfers mit einer geringen Menge von Silber; dann haben wir von der Legirung mit 90 Vol. Proc. Kupfer bis zu der mit 35 Vol. Proc. eine gerade

Linie, in der wir ein Gemenge, oder vielleicht eine Lösung der beiden Legirungen an den Gränzpunkten annehmen könnten. Die Legirungen von 35 Vol. Proc. Kupfer bis zu der mit 28 Proc. könnten wir wiederum als ein Gemenge oder eine gegenseitige Lösung der beiden Endpunktslegirungen betrachten. Diese letztere Legirung nun mit 28 Vol. Proc. oder 25,08 Gew. Proc. Kupfer bildet den niedrigsten Punkt in der Curve und correspondirt ziemlich nahe mit der Legirung Ag_3Cu_4 . Von hier aus bis zum Silber könnten wir ein Gemenge oder eine Lösung der erwähnten Legirung mit oder in reinem Metall annehmen. Es drängt sich nun die Wahrscheinlichkeit auf, dafs in der Nähe des Punktes, der die Legirung mit 35 Vol. Proc. Kupfer repräsentirt, ebenfalls eine Verbindung von constanter Zusammensetzung vorhanden sey, da wir sonst eine gerade Linie von der Legirung mit 28 Proc. bis zu der mit 90 Proc. Kupfer hätten erwarten sollen. Es ist natürlich kaum möglich, aus dieser einen Curve irgendwelche sichere Schlüsse zu ziehen, zumal wir es hier aller Wahrscheinlichkeit nach mit mechanischen Gemengen und mit Gemengen aus chemischen Verbindungen und Lösungen des einen Metalls im andern zu thun haben; aus Allem geht aber so viel hervor, dafs wir durch Bestimmung der elektrischen Leitungsfähigkeiten in den Stand gesetzt werden zu zeigen, wo constante Verbindungen sind, indem wir dann sicher in den Curven Unregelmäßigkeiten finden.

Dafs wir bei den Legirungen der ersten Gruppe nicht mechanische Gemenge, sondern Lösungen des einen Metalls im andern vor uns haben, mag aus der Thatsache hergeleitet werden, dafs die Schmelzpunkte derselben im Allgemeinen tiefer liegen als die berechneten.

Wir kommen jetzt zur zweiten Frage: was ist die Ursache der oft reissend schnellen Abnahme in der Leitungsfähigkeit? Die einzige Antwort, die ich gegenwärtig darauf zu geben im Stande bin, ist die: sind nicht beinahe alle physikalischen Eigenschaften in einer ähnlichen Weise verändert?

Betrachten wir nämlich zuerst die Legirungen aus Me-

tallen der Klasse A, mit theoretischer Leitungsfähigkeit, so finden wir, dafs die meisten ihrer übrigen physikalischen Eigenschaften von denen der Metalle nicht abweichen; wir bemerken z. B. keine Sprödigkeit. Die Legirungen scheinen in der That gleichen Antheil zu nehmen an den Eigenschaften der beiden Metalle, aus denen sie bestehen. Prüfen wir dagegen die Legirungen der zweiten Gruppe, so entdecken wir auferordentliche Verschiedenheiten. Man legire Gold, das ductilste der Metalle, mit nur kleinen Mengen von Zinn oder Blei: es wird zerbrechlich wie Glas; ferner, man füge zu Silber nur wenige Procente der obigen Metalle: wie sehr werden die Eigenschaften desselben geändert. Das Silber, in reinem Zustande eins der am leichtesten ziehbaren Metalle, waren wir der Sprödigkeit und verringerten Festigkeit wegen zu Draht zu ziehen nicht im Stande, sobald es mit mehr als 3 Proc. Zinn oder 2 Proc. Blei verbunden wurde. Ich will nicht sagen, dafs es durchaus unmöglich wäre, es wurde nur zu wiederholten Malen erfolglos versucht. Auf der andern Seite finden wir keine merkliche Verschiedenheit in der Ductilität, Härte etc. von Zinn oder Blei, wenn legirt mit verhältnismäfsig bedeutenden Mengen von Silber. Wir können zehn, ja zwanzig Procent Silber hinzufügen: sie bleiben ductil und lassen sich ohne alle Schwierigkeit zu Draht pressen. Natürlich bei Zinn und Blei in Legirung mit geringeren Quantitäten von Gold ist die Sache etwas verschieden, weil hier chemische Verbindungen ins Spiel kommen; aber nichtsdestoweniger können wir ihnen bis zu 5 Proc. Gold beimischen, ohne ihre Ductilität etc. in einiger Bedeutung zu verändern. Wismuth in Legirung mit Blei oder Zinn wird spröder und verliert in Drahtform bedeutend an Festigkeit; aber Zinn und Blei mit einem verhältnismäfsig gröfseren Procentgehalt von Wismuth bewahren immer einen bemerkenswerthen Grad von Dehnbarkeit etc. Nehmen wir endlich die Legirungen der dritten Gruppe. Obgleich wir unter den Gold-Silber- und Gold-Kupfer-Legirungen keine spröden finden, so wissen wir doch, wie hart Gold, Silber oder Kupfer werden, wenn mit

geringen Mengen vom andern Metall verbunden, und daß sie verhältnißmäßig mehr an ihrer Ductilität etc. verlieren durch Hinzufügung kleiner Quantitäten von fremdem Metall, als durch große. In Folge dieser Thatsachen können wir nicht erstaunt seyn über die schnelle Abnahme der Leitungsfähigkeit von Metallen aus Klasse *B*, in Legirung mit irgend einem andern Metall; denn wenn wir die meisten der übrigen physikalischen Eigenschaften mehr oder weniger durch Spuren fremder Metalle verändert finden, warum sollten wir dasselbe Resultat nicht auch hier erwartet haben. Finden wir dagegen in den meisten physikalischen Eigenschaften von Legirungen keine bemerkenswerthe Aenderung gegen die der Metalle, wie in der ersten Gruppe und in der zweiten Gruppe auf Seite des Metalls aus Klasse *A*, so werden wir auch eine der Berechnung sich nähernde Leitungsfähigkeit haben.

Es würde sehr interessant seyn, einige der übrigen physikalischen Eigenschaften von Legirungen quantitativ zu bestimmen, um zu sehen, ob diese Eigenschaften in der gleichen ausgeprägten Weise wie die elektrische Leitungsfähigkeit sich ändern, wenn ein Metall der Klasse *B* mit irgend einem andern Metall legirt wird, und ob ähnliche Curven aufzustellen seyen. Ich beabsichtige daher, namentlich von diesem Gesichtspunkte aus, mit der Leitungsfähigkeit für die Wärme zu beginnen. Wir werden dadurch auch sehen können, ob die Classificirung der Metalle, wie sie in dieser Abhandlung aufgestellt ist, eine ausgedehntere Geltung finden werde.

Die spec. Gewichte und Schmelzpunkte der Legirungen stimmen mit der gegebenen Gruppierung nicht überein; aller Wahrscheinlichkeit nach werden es aber Härte, Dehnbarkeit, Leitungsfähigkeit der Wärme etc. etc. thun.

Ich kann diese Abhandlung nicht schliessen, ohne Dr. M. Holzmann meinen Dank zu sagen für die ausgezeichnete Weise, in welcher er den gröfseren Theil der Bestimmungen ausgeführt hat.

Während ich das Obige niederschrieb, war Herr Calvert so gütig, mir die Abhandlung: »Ueber die relative Fähigkeit der Metalle und Legirungen in Leitung der Wärme«, ausgeführt von ihm selbst und Herrn Johnson¹⁾, zu senden, und ich fühle mich verpflichtet, einige Bemerkungen über dieselbe hier anzuführen. Es ist hier nicht der geeignete Platz die Verdienste der Methode zu discutiren, welche sie anwandten, sondern ich will nur auf einige Thatsachen Bezug nehmen.

1) Dafs das Kupfer, welches sie benutzten, nicht rein gewesen seyn kann, sonst würden sie nicht »glücklich genug gewesen seyn, Resultate zu erhalten, die mit denen von Professor W. Thomson übereinstimmen, nämlich dafs einige Metalle die Leitungsfähigkeit des Kupfers vermehren, andere dagegen vermindern« (p. 356). Es ist mehr als wahrscheinlich, wie wir an einer andern Stelle zeigen werden, dafs Professor Thomson's Versuche mit Suboxyd haltendem Kupfer angestellt wurden, denn ohne diese Voraussetzung sind seine erhaltenen Resultate unverständlich, da wir in keinem Falle gefunden haben, dafs eine geringe Quantität irgend eines Metalls die Leitungsfähigkeit des reinen Kupfers erhöht.

2) Dafs das Antimon, welches sie aus metantimonsaurem Natron mit Holzkohle reducirten, aller Wahrscheinlichkeit nach Natrium enthielt, da Dexter²⁾ bei seiner Arbeit über das Atomgewicht des Antimons, aus metantimonsaurem Natron, selbst nach wiederholter Behandlung mit Salpetersäure, ein Antimon erhielt, welches mit Natrium verunreinigt war, und das er daher noch einmal mit Antimonoxyd umschmelzen mußte. Dieselbe Vorsicht wurde auch von Bunsen³⁾ beobachtet bei seiner Arbeit über Trennung des Antimons von Zinn etc.

3) Sie geben nicht an, nach welcher Methode sie *genau* ein, ein halbes und ein Viertel Procent Arsen mit Kupfer

1) *Phil. Trans. Part. II.* 1858.

2) Diese *Ann.* Bd. 100, S. 563.

3) *Lieb. Ann.* Bd. 106, S. 1.

legirten, was sie jedenfalls gethan haben sollten, da dieß bisher als eine sehr schwere, ja fast unmögliche Operation betrachtet worden ist.

4) Dieselbe Frage kann aufgeworfen werden bei allen ihren Legirungen von Kupfer mit Zink etc.

5) Nichtsdestoweniger sprechen in gewisser Beziehung ihre Resultate für die in dieser Abhandlung gegebene Classification der Metalle.

6) In ihrer Abhandlung über die spec. Gewichte von Legirungen ¹⁾ haben sie ihre Berechnungen auf eine falsche Voraussetzung gegründet, nämlich daß die spec. Gewichte der Metalle Antheil nehmen an dem der Legirung in dem Verhältniß ihrer relativen Gewichte, anstatt ihrer relativen Volumina (Siehe meine Abhandlung über die spec. Gewichte von Legirungen); denn sie berechnen nach der Formel:

$$\text{spec. Gew.} = \frac{A s + A_1 s_1}{A + A_1} \text{ anstatt } = \frac{A + A_1}{v + v_1},$$

wenn A und A_1 ; s und s_1 ; v und v_1 die resp. Mengen, spec. Gewichte und Atomvolumina bedeuten. Berechnet man z. B. das spec. Gewicht einer Legirung, gemacht aus 1 Grm. Platin und 1 Grm. Aluminium, nach ihrer Methode, so würde

$$\text{spec. Gew.} = \frac{1 \cdot 21,5 + 1 \cdot 21,45}{1 + 1} = 11,97$$

seyn, während nach der richtigen Weise

$$\text{spec. Gew.} = \frac{1 + 1}{0,4 + 0,047} = 4,46 \text{ ist.}$$

Ich habe dieses Beispiel gewählt, um den Unterschied zwischen den beiden Berechnungsmethoden recht deutlich zu zeigen, da die Berechnung nach der ersten Formel nur dann richtig ist, wenn die spec. Gewichte der beiden Metalle gleich sind. Denn da $A = v s$ und $A_1 = v_1 s_1$, so erhalten wir bei Substituierung dieser Werthe in der Formel, wenn $s = s_1$:

$$\text{spec. Gew.} = \frac{v s s + v_1 s_1 s_1}{v s + v_1 s_1} = \frac{v s + v_1 s_1}{v + v_1} = \frac{A + A_1}{v + v_1}.$$

1) *Phil. Mag.* Novbr. 1859.

7) Man kann auch hier fragen, wie sie es möglich machten, bei Darstellung ihrer Legirungen den Verlust von Quecksilber, Zink etc. zu vermeiden, z. B. bei den Legirungen Hg Sn_6 , Zn Cu_3 etc. Bei meinen eigenen Versuchen habe ich gefunden, daß selbst Hg Sn_4 nicht ohne bedeutenden Quecksilberverlust umgeschmolzen werden kann, und ich bestimmte keine Legirungen von Kupfer mit Zink etc., da es eine bekannte Thatsache ist, daß Messing stets beim Schmelzen merkbare Mengen von Zink verliert.

8) Sie sagen, daß alle Amalgame sich ausdehnen, wogegen nach den Versuchen in meiner Arbeit über die spec. Gewichte von sechs Amalgamen sich fünf zusammenziehen; und wenn sie ihre Resultate mit der richtigen Berechnung vergleichen, so werden sie finden, daß die Amalgame im Allgemeinen eine Contraction zeigen, namentlich wenn beim Schmelzen kein Quecksilber verloren ging.

Tabelle I.

Metall	Leitungsfähigkeit	Temp.	Spec. Gewicht	Atomgewicht
Silber	100,00	0°	10,468	108,0
Kupfer ¹⁾	93,16	19,4	8,921	31,7
Gold	72,88	21,3	19,265	197,0
Aluminium	33,76	19,6	—	—
Zink ²⁾	27,39	17,6	7,148	32,6
Cadmium	22,10	18,8	8,655	56,0
Eisen	14,14	20,4	—	—
Palladium	12,64	17,2	—	—
Zinn	11,45	21,0	7,294	58,0
Platin	10,53	20,7	—	—
Antimon	4,29	18,7	6,713	122,3
Quecksilber	1,63	22,8	13,573	100,0
Wismuth	1,19	13,8	9,822	208,0

1) Spec. Gew. des geschmolzenen Kupfers siehe Gmelin Bd. III, S. 376.

2) Drei Bestimmungen des spec. Gewichts gaben:

7,150 bei 14°,4	} Mittel: 7,148 bei 15°,0.
7,149 bei 15°,0	
7,146 bei 15°,5	

Tabelle II.

Legirung.	Vo- lum- Pro- cent.	Gefun- dene Lei- tungs- fähig- keit.	Tem- pera- tur.	Mittel der ge- funde- nen Lei- tungsfä- higkei- ten.	Tem- pera- tur.	Berechnete Leitungs- fähigkeit,			
						nach dem Vo- lum.	Diffe- renz.	nach dem Ge- wicht.	nach dem Aequi- valent.
Blei-Zinn Reihe.									
	von Pb	8,17	18°,2						
Pb ₆ Sn	87,31	8,12	18 ,6	8,13	18°,6	8,22	—0,09	8,29	8,08
		8,09	19 ,0						
Pb ₄ Sn	82,09	8,28	9 ,0	8,28	9 ,1	8,43	—0,15	8,51	8,22
		8,20	9 ,0						
		8,35	9 ,4						
Pb ₂ Sn	69,63	8,67	15 ,4	8,71	16 ,0	8,89	—0,18	8,99	8,61
		8,75	16 ,2						
		8,72	16 ,4						
PbSn	53,41	9,37	15 ,4	9,29	15 ,7	9,48	—0,19	9,61	9,09
		9,21	15 ,6						
		9,30	16 ,0						
PbSn ₂	36,43	10,16	15 ,8	10,15	15 ,9	10,11	+0,04	10,22	9,71
		10,07	15 ,8						
		10,21	16 ,0						
PbSn ₄	22,28	10,56	16 ,0	10,57	16 ,2	10,63	—0,06	10,71	10,31
		10,64	16 ,2						
		10,50	16 ,5						
PbSn ₆	16,04	10,70	18 ,2	10,78	18 ,6	10,86	—0,08	10,92	10,60
		10,85	18 ,6						
		10,79	19 ,0						

Zinn-Cadmium Reihe.

	von Sn	12,82	22°,0						
Sn ₆ Cd	88,06	12,63 12,71	22 ,1 22 ,1	12,72	22°,1	12,72		12,97	12,94
		13,39	22 ,0						
Sn ₄ Cd	83,10	13,13 13,17	22 ,2 22 ,6	13,23	22 ,3	13,25	—0,02	13,58	13,52
		14,58	20 ,0						
Sn ₂ Cd	71,08	14,30 14,45	20 ,2 20 ,4	14,44	20 ,2	14,53	—0,09	15,00	14,92
		16,16	20 ,8						
SnCd	55,14	16,14 16,12	21 ,0 21 ,0	16,14	20 ,9	16,23	—0,09	16,77	16,68

[illegible]

Zinn-Zink Reihe.

von Sn		Zinn-Zink-Legierung							
Sn ₆ Zn	91,28	12,77	21°,2	12,66	21°,3	12,84	-0,18	13,72	12,81
		12,68	21°,4						
		12,63	21°,4						
Sn ₄ Zn	87,46	13,34	20°,0	13,22	20°,0	13,45	-0,14	14,64	13,41
		13,35	20°,0						
		13,26	20°,0						
Sn ₂ Zn	77,71	15,40	20°,0	15,28	20°,0	15,00	+0,28	16,76	14,95
		15,25	20°,0						
		15,20	20°,0						
SnZn	63,56	17,32	19°,8	17,35	19°,9	17,26	+0,09	19,42	17,18
		17,36	19°,8						
		17,36	20°,2						
SnZn ₂	46,58	19,57	21°,0	19,67	22°,1	19,96	-0,29	22,08	19,88
		19,67	21°,0						
		19,67	21°,4						
SnZn ₄	30,36	22,23	20°,0	22,28	20°,1	22,55	-0,17	24,20	22,48
		22,42	20°,0						
		22,18	20°,2						

Cadmium - Zink Reihe.

		von Cd		Cadmium-Zinn Alloys.					
Cd ₆ Zn	89,49	22,45	18°,9	22,48	19°,4	22,65		22,77	22,57
		22,50	19°,8						
		22,40	19°,6						
Cd ₄ Zn	85,02	22,71	20°,2	22,86	20°,3	22,90		23,16	22,77
		22,98	20°,3						
		22,88	20°,3						
Cd ₂ Zn	73,94	23,38	21°,2	23,45	21°,3	23,48		23,86	23,29
		23,53	21°,8						
		23,45	21°,0						

[illegible]

Blei-Cadmium Reihe.

	von Pb			von GaInAs ₂ Kreme.						
Pb ₆ Cd	89,43	8,46 8,28 8,41	22°,0 22°,1 22°,2	8,38	22°,1	9,29	—0,91	9,82	8,95	
Pb ₄ Cd	84,93	8,99 9,08 8,89	23°,0 23°,6 22°,5	8,99	23°,0	9,93	—0,94	10,64	9,48	
Pb ₂ Cd	73,81	10,26 10,13 10,22	18°,0 18°,6 19°,0	10,20	18°,5	11,52	—1,32	12,55	10,82	
Pb Cd	58,49	12,59 12,75 12,48	21°,5 21°,8 22°,0	12,61	21°,8	13,72	—1,11	14,93	12,79	
Pb Cd ₂	41,33	14,63 14,66 14,61	21°,2 21°,8 21°,3	14,63	21°,2	16,18	—1,55	17,32	15,21	
Pb Cd ₄	26,05	17,61 17,97 17,53	20°,0 20°,7 21°,4	17,70	20°,7	18,37	—0,67	19,23	17,57	
Pb Cd ₆	19,02	18,92 19,00 19,01	21°,6 21°,6 21°,0	18,98	21°,4	19,38	—0,40	20,05	18,72	

Tabelle III.

Legirung.	Volnm-Procent.	Gefundene Leitungsfähigkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitungsfähigkeit berechnet nach dem Volum.
Wismuth-Blei Reihe.						
	von Bi					
Bi ₁₆₀ Pb	99,73	0,901	25°,6	0,904	25°,8	1,208
		0,911	25°,8			
		0,901	26°,0			
Bi ₁₂₅ Pb	99,66	0,605	23°,7	0,610	23°,8	1,213
		0,606	23°,7			
		0,620	23°,9			
Bi ₁₀₀ Pb	99,57	0,437	24°,6	0,428	24°,8	1,218
		0,422	24°,9			
		0,424	25°,0			
Bi ₈₅ Pb	99,50	0,307	25°,3	0,310	25°,6	1,223
		0,308	25°,7			
		0,315	25°,8			
Bi ₇₀ Pb	99,39	0,289	25°,0	0,291	25°,0	1,23
		0,291	25°,0			
		0,293	25°,0			
Bi ₄₈ Pb	99,11	0,271	21°,2	0,270	21°,3	1,25
		0,269	21°,3			
		0,270	21°,4			
Bi ₃₀ Pb	98,59	0,264	22°,6	0,261	22°,9	1,28
		0,261	23°,0			
		0,259	23°,2			
Bi ₂₄ Pb	98,24	0,256	24°,0	0,257	24°,1	1,31
		0,257	24°,2			
		0,258	24°,1			
Bi ₂₀ Pb	97,89	0,275	23°,8	0,271	24°,0	1,33
		0,268	24°,0			
		0,271	24°,1			
Bi ₁₄ Pb	97,01	0,289	23°,8	0,289	23°,9	1,39
		0,289	23°,8			
		0,288	24°,0			
Bi ₁₂ Pb	96,54	0,303	23°,0	0,303	23°,5	1,42
		0,301	23°,5			
		0,305	24°,0			
Bi ₁₀ Pb	95,87	0,316	21°,0	0,313	21°,3	1,46
		0,314	21°,3			
		0,310	21°,5			
Bi ₈ Pb	94,89	0,357	22°,0	0,357	22°,6	1,53
		0,358	22°,9			
		0,356	23°,0			

Legierung.	Volum- Procent.	Gefundene Leitungs- fähigkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitungs- fähigkeit be- rechnet nach dem Volum.
Bi ₆ Pb	93,31	0,402	21°,2	0,405	21°,5	1,63
		0,402	21°,4			
		0,412	21°,8			
Bi ₄ Pb	90,28	0,513	19°,8	0,521	20°,0	1,83
		0,522	20°,0			
		0,527	20°,2			
Bi ₂ Pb	82,29	0,856	19°,8	0,859	19°,9	2,35
		0,872	19°,8			
		0,850	20°,0			
BiPb	69,91	1,44	19°,2	1,41	19°,2	3,17
		1,40	19°,2			
		1,38	19°,2			
BiPb ₂	53,74	2,09	21°,6	2,09	22°,2	4,23
		2,12	22°,4			
		2,07	22°,6			
BiPb ₃	36,74	2,83	22°,7	2,87	22°,5	5,35
		2,88	22°,8			
		2,89	22°,0			
BiPb ₆	27,91	3,45	20°,8	3,47	21°,3	5,93
		3,49	21°,5			
		3,47	21°,6			
BiPb ₈	22,50	4,00	21°,6	4,02	21°,7	6,29
		4,05	21°,6			
		4,01	21°,8			
BiPb ₁₀	18,85	4,32	20°,8	4,35	20°,9	6,53
		4,35	20°,8			
		4,38	21°,0			
BiPb ₂₃	8,83	5,51	24°,2	5,55	24°,4	7,19
		5,59	24°,5			
		5,54	24°,5			
BiPb ₁₀₀	2,27	7,00	23°,9	7,03	24°,0	7,62
		7,11	24°,0			
		6,97	24°,2			

Antimon-Blei Reihe.

	von Sb					
Sb ₂ Pb	80,00	2,92	24°,0	2,86	24°,2	4,99
		2,84	24°,3			
		2,83	24°,3			
SbPb	66,67	3,26	26°,2	3,31	26°,3	5,45
		3,29	26°,4			
		3,37	26°,3			

Legirung.	Volum- Procent.	Gefundene Leitungsfä- higkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitungsfä- higkeit be- rechnet nach dem Volum.
Sb Pb ₂	50,00	3,99	23°,2	3,93	23°,4	6,03
		3,94	23°,3			
		3,85	23°,7			
Sb Pb ₄	33,33	4,81	24°,0	4,72	24°,1	6,61
		4,67	24°,0			
		4,67	24°,2			
Sb Pb ₆	25,60	5,48	26°,0	5,52	26°,1	6,90
		5,52	26°,1			
		5,55	26°,3			
Sb Pb ₁₀	16,66	5,98	25°,2	6,03	25°,4	7,19
		6,05	25°,5			
		6,06	25°,5			
Sb Pb ₂₀	9,09	6,69	25°,5	6,64	25°,5	7,45
		6,61	25°,5			
		6,63	25°,5			
Sb Pb ₃₀	3,85	7,04	23°,5	7,09	23°,7	7,64
		7,06	23°,7			
		7,16	23°,9			

Blei-Gold Reihe.

von Pb

Pb ₂₀ Au	94,96	5,89	24°,0	5,84	25°,4	11,23
		5,83	26°,0			
		5,81	26°,2			
Pb ₁₀ Au	89,91	4,36	22°,8	4,31	23°,0	14,34
		4,30	23°,0			
		4,28	23°,1			
Pb ₆ Au	87,70	3,79	26°,0	3,76	26°,1	15,78
		3,79	26°,0			
		3,71	26°,2			
Pb ₆ Au	84,25	2,83	19°,6	2,83	19°,7	18,03
		2,85	19°,8			
		2,81	19°,8			
Pb ₄ Au	78,10	3,02	21°,6	3,01	22°,3	22,04
		3,01	22°,4			
		3,00	22°,8			
Pb ₂ Au	64,07	3,60	16°,0	3,59	16°,8	31,18
		3,58	17°,0			
		3,59	17°,4			

Legirung.	Volum- Procent.	Gefundene Leitungsfä- higkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitungsfä- higkeit be- rechnet nach dem Volum.
Blei-Silber Reihe.						
	von Pb					
Pb ₉₀ Ag	97,69	7,87	25°,2	7,91	25°,3	9,81
		7,91	25°,4			
		7,95	25°,4			
Pb ₈₀ Ag	94,64	8,14	24°,0	8,06	25°,3	12,71
		8,03	24°,0			
		8,01	25°,0			
Pb ₆₀ Ag	87,60	8,50	26°,4	8,49	26°,6	19,20
		8,49	26°,6			
		8,48	26°,8			
Pb ₄₀ Ag	77,94	9,02	26°,0	8,98	26°,1	28,11
		9,00	26°,2			
		8,92	26°,2			
Pb ₂₀ Ag	63,86	10,72	14°,8	10,68	15°,6	41,10
		10,64	16°,0			
		10,67	16°,0			
Pb Ag	46,96	11,60	16°,0	11,69	16°,5	56,73
		11,81	16°,6			
		11,66	16°,8			
Pb Ag ₂	30,64	15,95	13°,6	15,63	13°,9	71,74
		15,45	13°,8			
		15,48	14°,3			
Pb u. Ag	1,39	47,66	23°,5	47,92	23°,8	98,72
		47,81	24°,0			
		47,70	24°,0			
Pb ^u Ag	0,89	67,36	22°,0	67,13	23°,4	99,18
		66,92	24°,0			
		67,11	24°,2			

In den beiden letzten Legirungen wurde die Menge des Silbers durch Analyse nachgewiesen.

Wismuth-Zinn Reihe.

	von Bi					
Bi ₂₀₀ Sn	99,81	1,08	25°,0	1,08	25°,2	1,21
		1,08	25°,2			
		1,07	25°,3			
Bi ₉₀ Sn	99,58	0,420	27°,0	0,418	27°,2	1,23
		0,414	27°,0			
		0,421	27°,2			
Bi ₆₀ Sn	99,38	0,262	26°,2	0,264	26°,3	1,25
		0,267	26°,4			
		0,262	26°,4			

Legirung.	Volum - Procent.	Gefundene Leitungsfä- higkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitungsfä- higkeit be- rechnet nach dem Volum.
Bi_{44}Sn	99,15	0,246	26°,7	0,245	26°,8	1,28
		0,244	26°,9			
		0,244	26°,9			
Bi_{30}Sn	98,76	0,256	23°,6	0,255	24°,1	1,32
		0,253	23°,8			
		0,256	24°,8			
Bi_{10}Sn	96,38	0,352	24°,4	0,356	24°,7	1,56
		0,357	24°,8			
		0,360	24°,8			
Bi_6Sn	94,11	0,513	29°,6	0,513	29°,7	1,79
		0,515	29°,8			
		0,510	29°,7			
Bi_4Sn	91,42	0,630	29°,4	0,632	29°,6	2,07
		0,629	29°,6			
		0,637	29°,8			
Bi_2Sn	84,19	1,03	30°,0	1,04	29°,4	2,81
		1,02	29°,9			
		1,06	29°,9			
BiSn	72,70	2,22	28°,3	2,24	28°,5	3,99
		2,23	28°,5			
		2,28	28°,7			
BiSn_2	57,19	3,93	25°,6	3,96	25°,7	5,59
		3,97	25°,7			
		3,97	25°,8			
BiSn_4	40,05	5,84	23°,0	5,84	23°,9	7,35
		5,85	24°,2			
		5,83	24°,4			
BiSn_6	30,81	7,02	27°,8	7,04	27°,9	8,29
		7,12	28°,0			
		6,99	28°,0			
BiSn_8	25,04	7,79	24°,8	7,82	24°,9	8,89
		7,82	24°,8			
		7,84	25°,0			
BiSn_{11}	5,73	10,22	24°,0	10,41	24°,2	10,86
		10,43	24°,4			
		10,57	24°,3			

Antimon-Zinn Reihe.

	von Sb					
SbSn_4	36,42	6,03	20°,8	6,07	20°,7	8,84
		6,04	20°,7			
		6,15	20°,7			

Legirung.	Volum- Procent.	Gefundene Leitungsfä- higkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitungsfä- higkeit be- rechnet nach dem Volum.
Sb Sn ₆	27,63	6,63	20°,3	6,56	20°,4	9,47
		6,56	20°,3			
		6,50	20°,5			
Sb Sn ₁	18,64			7,21	27°,0	10,12
Sb Sn ₂₀	10,28	7,66	27°,4	7,70	27°,4	10,71
		7,66	27°,4			
		7,78	27°,4			
Sb Sn ₄₀	5,42	8,52	27°,0	8,49	27°,0	11,06
		8,48	27°,0			
		8,47	27°,0			
Sb Sn ₁₀₀	2,24	9,62	25°,2	9,62	25°,7	11,29
		9,64	25°,8			
		9,60	26°,0			
Sb Sn ₂₀₀	1,13	10,01	27°,7	9,98	27°,9	11,37
		9,91	27°,9			
		10,02	28°,0			

Von der Legirung Sb Sn₁₀ ist das Mittel aus zehn nicht übereinstimmen-
den Versuchen angegeben, welche zwischen 6,70 und 7,70 liegen.

Zinn-Gold Reihe.

	von Sn					
Sn ₁₀₀ Au	98,73	11,21	24°,9	11,11	23°,6	12,23
		11,05	22°,0			
		11,07	24°,0			
Sn ₃₀ Au	95,89	9,89	23°,8	9,97	23°,8	13,98
		9,89	23°,8			
		10,12	23°,8			
Sn ₁₈ Au	93,33	9,31	23°,9	9,18	24°,2	15,55
		9,11	24°,0			
		9,11	24°,7			
Sn ₁₂ Au	90,32	7,66	19°,8	7,76	19°,8	17,40
		7,81	19°,8			
		7,81	19°,8			
Sn ₈ Au	86,15	6,05	20°,2	6,13	19°,2	19,96
		6,19	20°,0			
		6,16	17°,4			
Sn ₆ Au	82,35	4,97	21°,6	4,98	21°,7	22,30
		4,99	21°,6			
		4,98	21°,8			
Sn ₅ Au	79,54	4,30	21°,2	4,28	21°,3	24,03
		4,25	21°,2			
		4,30	21°,5			

Legierung.	Volum - Procent.	Gefundene Leitungsfä- higkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitungsfä- higkeit be- rechnet nach dem Volum.
Sn ₄ Au	75,67	5,15	21°,4	5,12	22°,3	26,41
		5,10	22°,8			
		5,11	22°,8			
Sn ₃ Au	70,00	8,86	20°,6	8,86	21°,0	29,90
		8,80	21°,0			
		8,92	21°,5			
Sn ₂ Au	60,87	14,18	17°,4	14,27	18°,1	35,51
		14,08	18°,2			
		14,54	18°,6			
Sn Au	43,75	8,91	14°,6	8,88	15°,9	46,03
		8,85	16°,0			
		8,89	17°,2			
Sn Au ₂	28,00	5,20	14°,0	5,18	15°,0	55,72
		5,15	17°,0			
		5,19	14°,0			
Sn Au	2,11	13,14	20°,6	13,12	21°,4	71,58
		13,10	21°,6			
		13,13	20°,0			
Sn Au	1,17	19,84	18°,4	19,59	18°,8	72,16
		19,43	19°,0			
		19,51	19°,0			

Das Gold wurde in den beiden letzten Legirungen quantitativ bestimmt.

Zinn-Silber Reihe.

	von Sn					
Sn ₁₈₀ Ag	99,28	11,29	21°,8	11,37	21°,9	12,08
		11,37	21°,8			
		11,46	22°,0			
Sn ₃₀ Ag	99,47	11,52	20°,6	11,46	20°,3	13,69
		11,34	20°,0			
		11,51	20°,2			
Sn ₃₆ Ag	96,52	11,41	19°,8	11,46	20°,3	14,53
		11,49	20°,4			
		11,48	20°,6			
Sn ₂₄ Ag	94,87	11,65	20°,3	11,57	20°,3	15,99
		11,57	20°,3			
		11,49	20°,2			
Sn ₁₈ Ag	93,28	11,62	19°,7	11,56	20°,1	17,40
		11,51	20°,0			
		11,55	20°,6			
Sn ₁₂ Ag	90,25	11,56	20°,4	11,53	20°,1	20,09
		11,58	20°,5			
		11,46	19°,5			

Legirung.	Volum- Procent.	Gefundene Leitungs- fähigkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitungs- fähigkeit be- rechnet nach dem Volum.
Sn ₈ Ag	82,23	12,22	23°,7	12,23	23°,3	27,19
		12,17	23°,3			
		12,28	23°,0			
Sn ₄ Ag	75,51	12,70	19°,7	12,58	19°,8	33,14
		12,40	19°,8			
		12,65	20°,0			
Sn ₂ Ag	60,66	14,40	20°,3	14,35	20°,6	46,29
		14,75	20°,8			
		13,91	20°,8			
Sn Ag	2,01	23,97	20°,5	23,95	20°,6	98,22
		23,86	20°,5			
		24,01	20°,7			
Sn Ag	0,93	35,57	20°,6	35,70	20°,7	99,17
		36,08	20°,8			
		35,47	20°,8			

In den beiden letzten Legirungen wurde das Silber quantitativ bestimmt.

Tabelle IV.

Wismuth-Gold Reihe.

	von Bi					
Bi ₉₀ Au	99,47	1,02	23°,5	1,01	24°,0	1,57
		1,01	24°,0			
		1,00	24°,4			
Bi ₄₀ Au	98,81	0,993	21°,5	0,998	21°,6	2,04
		0,990	21°,7			
		1,010	21°,7			
Bi ₂₀ Au	97,64	1,08	19°,7	1,09	19°,9	2,88
		1,10	20°,0			
		1,10	20°,0			
Bi ₈ Au	94,31	1,25	21°,7	1,25	21°,9	5,27
		1,26	21°,9			
		1,25	22°,6			
Bi ₄ Au	89,23	1,41	22°,6	1,42	22°,6	8,92
		1,43	22°,7			
		1,43	22°,6			
Bi ₂ Au	80,55	1,80	13°,4	1,82	13°,7	15,14
		1,85	13°,8			
		1,81	14°,0			
Bi Au	67,43	2,90	15°,8	2,95	14°,3	24,55
		2,98	14°,2			
		2,98	15°,0			

Legirung.	Volum- Procent.	Gefundene Leitungsfä- higkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitungsfä- higkeit be- rechnet nach dem Volum.
Wismuth-Silber Reihe.						
	von Bi					
Bi ₂₀₀ Ag	99,76	1,11	21°,5	1,12	21°,3	1,43
		1,12	21°,0			
		1,13	21°,5			
Bi ₅₀ Ag	99,04	1,08	21°,4	1,11	21°,4	2,14
		1,12	21°,5			
		1,12	21°,2			
Bi ₂₄ Ag	98,01	1,14	21°,5	1,14	21°,4	3,16
		1,14	21°,5			
		1,15	21°,3			
Bi ₁₂ Ag	96,10	1,34	18°,9	1,32	19°,9	5,05
		1,29	20°,3			
		1,33	20°,5			
Bi ₆ Ag	92,49	1,64	21°,5	1,65	21°,6	8,61
		1,65	21°,5			
		1,67	21°,8			
Bi ₄ Ag	89,15	1,78	20°,1	1,78	20°,3	11,92
		1,77	20°,4			
		1,78	20°,4			
Bi ₂ Ag	80,42	2,48	20°,0	2,45	20°,1	20,54
		2,47	20°,0			
		2,41	20°,2			
Bi Ag	67,23	3,33	21°,0	3,30	21°,4	33,56
		3,32	21°,5			
		3,26	21°,8			
Bi Ag ₂	50,64	4,60	22°,2	4,66	22°,4	49,95
		4,78	22°,4			
		4,60	22°,5			
Bi Ag ₄	33,91	7,95	19°,7	8,08	20°,3	66,49
		8,11	20°,6			
		8,18	20°,5			
Bi u. Ag	2,33	48,33	22°,6	47,87	22°,9	97,70
		47,34	22°,0			
		47,94	24°,2			

Die Menge des Silbers in der letzten Legirung wurde analytisch bestimmt.

Gold-Kupfer Reihe.						
	von Au					
Au u. Cu	97,72	46,59	18°,6	46,66	19°,1	73,34
		46,64	19°,4			
		46,76	19°,4			

Legirung.	Volum- Procent.	Gefundene Leitungs- fähigkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitungs- fähigkeit be- rechnet nach dem Volum.
Au u. Cu	95,67	32,97	19°,4	33,01	19°,4	73,75
		32,94	19 ,4			
		33,11	19 ,4			
Au u. Cu	91,54	22,23	17 ,5	22,45	17 ,9	74,58
		22,65	18 ,2			
		22,46	18 ,1			
Au u. Cu	83,83	15,22	20 ,2	15,35	20 ,3	76,16
		15,38	20 ,3			
		15,44	20 ,3			
Au u. Cu	73,15	12,41	19 ,0	12,66	19 ,6	78,32
		12,60	19 ,8			
		12,77	20 ,0			
Au u. Cu	53,20	11,31	17 ,2	11,45	17 ,8	82,37
		11,55	18 ,0			
		11,50	18 ,2			
Au u. Cu	38,05	12,55	20 ,0	12,49	20 ,1	85,44
		12,52	20 ,2			
		12,40	20 ,1			
Au u. Cu	31,07	13,93	17 ,0	14,00	17 ,1	86,91
		13,94	17 ,2			
		14,14	17 ,2			
Au u. Cu	19,36	19,79	16 ,8	19,86	16 ,9	89,23
		19,82	17 ,0			
		19,98	17 ,0			
Au u. Cu	11,43	28,59	19 ,4	28,74	19 ,5	90,84
		28,61	19 ,5			
		29,03	19 ,6			
Au u. Cu	9,06	32,97	17 ,0	33,16	17 ,0	91,32
		33,34	17 ,0			
		33,18	17 ,0			
Au u. Cu	3,53	53,20	18 ,0	53,18	18 ,0	92,44
		53,09	18 ,2			
		53,25	18 ,1			
Au u. Cu	1,64	65,10	18 ,0	65,36	18 ,1	92,82
		65,80	18 ,2			
		66,00	18 ,1			

Die Menge des Goldes wurde in sämtlichen Legirungen dieser Reihe durch die Analyse festgestellt.

Legirung.	Volum- Procent.	Gefundene Leitungsfä- higkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitungsfä- higkeit be- rechnet nach dem Volum.
Gold-Silber Reihe.						
	von Au					
Au ₈₄ Ag	98,81	59,41	24°,7	59,09	25°,1	73,25
		59,41	25 ,0			
		58,46	25 ,5			
Au ₅₆ Ag	98,23	52,60	25 ,6	53,24	25 ,7	73,41
		53,23	25 ,7			
		53,90	25 ,8			
Au ₃₆ Ag	97,27	48,86	25 ,8	48,86	25 ,9	73,67
		48,79	25 ,8			
		48,92	26 ,0			
Au ₁₆ Ag	94,07	37,93	26 ,2	38,12	26 ,4	74,54
		37,87	26 ,4			
		38,57	26 ,5			
Au ₉ Ag	88,80	28,47	26 ,6	28,58	26 ,6	75,96
		28,22	26 ,6			
		29,06	26 ,6			
Au ₆ Ag	85,61	25,12	21 ,2	24,99	21 ,5	76,83
		24,96	21 ,4			
		24,90	22 ,0			
Au ₄ Ag	79,86	20,86	20 ,8	20,91	20 ,2	78,38
		20,95	21 ,0			
		20,91	21 ,2			
Au ₂ Ag	66,47	16,29	20 ,0	16,20	21 ,0	82,01
		16,08	20 ,2			
		16,22	20 ,4			
AuAg	49,79	14,68	22 ,0	14,59	22 ,2	86,52
		14,50	22 ,2			
		14,60	22 ,5			
AuAg ₂	33,14	16,32	19 ,6	16,30	19 ,9	91,03
		16,25	20 ,0			
		16,31	20 ,0			
AuAg ₄	19,86	21,00	21 ,0	20,91	21 ,2	94,62
		20,86	21 ,2			
		20,86	21 ,4			
AuAg ₆	14,18	25,36	19 ,0	25,29	19 ,9	96,16
		25,22	20 ,2			
		25,18	20 ,4			
AuAg ₈	11,02	29,93	19 ,3	29,87	19 ,5	97,02
		29,69	19 ,5			
		30,00	19 ,8			

Legirung.	Volum- Procent.	Gefundene Leitungs- fähigkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitungs- fähigkeit be- rechnet nach dem Volum.
Au Ag ₁₆	5,84	41,16	20°,2	41,19	20°,5	98,42
		41,18	20°,6			
		41,24	20°,7			
Au Ag ₃₆	2,68	56,41	23°,6	56,54	23°,8	99,27
		56,72	23°,8			
		56,49	24°,0			
Au Ag ₅₆	1,74	61,05	21°,8	60,63	21°,9	99,58
		60,27	22°,0			
		60,56	21°,9			
Au Ag ₈₄	1,17	73,95	21°,9	73,85	22°,1	99,68
		73,40	22°,2			
		74,19	22°,2			

Kupfer-Silber Reihe.

	von Cu					
Cu u. Ag	98,96	87,61	20°,6	86,91	20°,7	93,23
		86,65	20°,6			
		86,46	21°,0			
Cu u. Ag	97,94	80,01	19°,6	79,38	19°,7	93,30
		79,21	19°,8			
		78,93	19°,8			
Cu u. Ag	94,84	75,09	19°,8	75,64	20°,0	93,51
		76,21	20°,0			
		75,62	20°,2			
Cu u. Ag	89,83	70,52	21°,0	69,92	21°,1	93,86
		69,38	21°,2			
		69,86	21°,2			
Cu u. Ag	78,33	67,74	18°,6	67,82	18°,8	94,64
		67,52	19°,0			
		68,19	18°,8			
Cu u. Ag	67,45	68,37	19°,0	67,90	19°,0	95,38
		68,00	19°,0			
		67,33	19°,0			
Cu u. Ag	63,29	68,28	24°,0	68,18	22°,2	95,67
		67,88	22°,2			
		68,31	22°,5			
Cu u. Ag	45,37	67,12	18°,9	67,43	19°,0	95,89
		67,55	19°,0			
		67,61	19°,0			
Cu u. Ag	38,87	65,13	19°,5	64,94	19°,6	97,34
		64,54	19°,6			
		65,15	19°,8			

Legirung.	Volum- Procent.	Gefundene Leitungs- fähigkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitungs- fähigkeit be- rechnet nach dem Volum.
Cu u. Cu	28,21	68,25	17°,4	62,71	17°,2	98,07
		62,55	17°,2			
		62,30	17°,0			
Cu u. Ag	17,84	63,83	17°,0	63,71	17°,0	98,74
		63,48	17°,0			
		63,82	17°,0			
Cu u. Ag	13,15	67,86	17°,0	67,44	17°,5	99,10
		67,50	17°,6			
		66,96	18°,0			
Cu u. Ag	6,12	75,19	16°,5	74,48	16°,8	99,58
		74,37	16°,8			
		73,87	17°,0			
Cu u. Ag	3,23	78,32	17°,0	78,23	17°,1	95,78
		78,60	17°,0			
		77,78	17°,2			
Cu u. Ag	2,01	84,69	16°,8	83,80	17°,0	99,86
		83,42	17°,0			
		83,31	17°,2			

In allen Legirungen dieser Reihe wurde die Menge des Silbers analytisch bestimmt.

Tabelle V.

Hg Sn	3,82	22°,0	33,78	22°,0
	3,74	22°,0		
Pb und 0,10 Pd	6,22	24°,5	6,22	24°,5
	6,22	24°,5		
Sn und 0,10 Pd	9,02	24°,0	9,06	24°,2
	9,10	24°,5		
Pb und 0,10 Pt	5,21	21°,2	5,18	21°,4
	5,15	21°,5		
Sn und 0,10 Pt	9,38	21°,0	9,37	21°,1
	9,37	22°,2		
Sn und 0,25 Fe	9,82	20°,5	9,71	20°,5
	9,60	20°,5		
Sn und 0,10 Al	23,94	24°,4	24,02	24°,5
	24,10	24°,5		

London, im November 1859.

