

Talg, fette Oele, Stearinsäure, Wachs verhalten sich alle ganz ähnlich. Bringt man etwas davon an den negativen Draht, so sieht man anfangs die eingefettete Stelle roth, während der übrige Draht in blauem Licht erscheint. Gleich darauf umgiebt sich diese Stelle mit einer röthlichen Hülle, die allmählich wieder verschwindet. In demselben Maasse als dies geschieht wird das blaue Licht an den übrigen Stellen des Drahtes weifs und das rothe Licht zwischen beiden Drähten geht durch braun ebenfalls in weifs über. Wahrscheinlich zersetzt sich das Fett, doch war es nicht möglich die Zersetzung nachzuweisen, da die Menge, um die es sich hier handelt, zu gering ist.

*XII. Einige Bemerkungen zu der Abhandlung des
Hrn. Siemens: Ueber Widerstandsmaasse und die
Abhängigkeit des Leitungswiderstandes der Metalle
von der Wärme;
von D. A. Matthiesen.*

I. In obiger Abhandlung¹⁾ sagt Hr. Siemens (S. 92) „Es kann wohl mit Bestimmtheit behauptet werden, daß die geübtesten und mit den vollkommensten Instrumenten und Localitäten ausgerüsteten Physiker nicht im Stande seyn werden, absolute Widerstandsbestimmungen zu machen, die nicht um einige Procent von einander verschieden wären. Ein Maass, welches so wenig genau ist, würde nicht einmal den Anforderungen der Technik genügen.“ Hr. Siemens giebt jedoch keine Gründe für diese Behauptung.

Prof. W. Thomson äussert sich über diesen Gegenstand folgendermassen:

1) Pogg. Ann. Bd. 113, S. 91.

„Es ist unmöglich den grofsen praktischen Werth dieses Systems des absoluten Maafses zu überschätzen, welches Weber in das ganze Gebiet der Elektricität eingeführt hat“¹⁾. Ich war immer der Meinung, dafs die absoluten Widerstandsbestimmungen, nach der Weber'schen Methode ausgeführt, höchst genaue Resultate liefern; um aber den Ansichten des Hrn. Siemens über diesen Gegenstand besser entgegentreten zu können, schrieb ich an den Hrn. Prof. Thomson, annehmend, dafs das Urtheil eines so berühmten Physikers die Sache entscheiden würde.

Die Antwort des Hrn. Prof. Thomson war folgende:

„Es steht wohl aufser Zweifel, dafs die absoluten Widerstandsbestimmungen von Weber (Pogg. Ann. 1851. No. 3) wahrlich beträchtlich genauer als ein halbes Procent sind. Er gebrauchte zwei auffallend verschiedene Methoden und erhielt mittelst derselben für einen und denselben Leiter die Werthe 190,3 und 189,8 nach absolutem Maafse. Die Einzelheiten in der Anwendung jeder dieser beiden Methoden bieten eine solche Uebereinstimmung dar, dafs die Möglichkeit eines Irrthums von einem halben Procent als Mittel der Bestimmungen bei einer dieser Methoden nicht zulässig ist, durch einen Irrthum in den angebrachten Correctionen. Eine solche Annahme scheint aber ganz unhaltbar durch die nahe Uebereinstimmung der Resultate, welche durch die beiden Methoden mittelst verschiedener Instrumente, ganz verschiedener experimenteller Operationen und verschiedener Reductionen und Correctionen (um sie auf das absolute Maafs zu reduciren) erhalten wurden. Das Mittel der oben erwähnten Zahlen 190,05 weicht von jeder Bestimmung weniger als 0,14 Proc. ab. Es ist nicht unwahrscheinlich, dafs dieses Mittel innerhalb 0,1 Proc. der Wahrheit nahe ist; es ist unwahrscheinlich, dafs es 0,2 Proc. von der Wahrheit entfernt ist, es ist beinahe unmöglich, dafs es um ein halbes Procent falsch ist.“

II. Hr. Siemens sagt (S. 93): „Da die Abweichungen in den Leitungsfähigkeiten meiner an verschiedenen

1) *Proceedings of the Royal Society T. VIII, p. 555.*

Orten dargestellten Gold-Silber-Legirungen 1,5 Proc. betragen, so seyen dieselben unbrauchbar zu dem von mir vorgeschlagenen Zweck ¹⁾, nämlich zur Reproduction von Widerstandsmaafsen, mittelst welcher die Beobachtungen der verschiedenen Experimentatoren mit einander verglichen werden könnten, oder zur Reproduction eines Widerstandes in absolutem Maafse.« Wenn man aber zwei Legirungen von verschiedenen Leuten bereiten läßt, und die Widerstände derselben bestimmt, so würde man sicherlich nicht ein halbes Procent von dem wahren Widerstande entfernt seyn: sechs von den acht von mir geprüften Legirungen stimmen innerhalb dieser Gränze. Hr. Siemens giebt in seiner ersten Abhandlung ²⁾ eine Tabelle von verschiedenen mit Quecksilber gefüllten Röhren Seine Werthe für $\frac{w}{w_1}$, wenn w der berechnete und w_1 der gefundene Widerstand ist, so wie die von mir für die Leitungsfähigkeiten der Gold-Silber-Legirungen gefundenen sind in Tabelle I zusammengestellt.

Tabelle I.

| Röhren-Verthe für $\frac{w}{w_1}$ | | Leitungsfähigkeit für die Legirung, hartgezogen. | |
|-----------------------------------|--------|--|-------|
| 1 | 1,008 | 1 | 1,003 |
| 2 | 1,000 | 3 | 1,002 |
| 3 | 1,0008 | 5 | 0,988 |
| 4 | 0,992 | 6 | 1,001 |
| 5 | 0,994 | 7 | 0,997 |
| 6 | 1,005 | 8 | 1,001 |

Hr. Siemens von den von ihm gefundenen Differenzen sprechend sagt: »dieselben seyen nicht gröfser als man erwarten könnte« und fährt fort »die Temperatur des Etalons (Kupfer) und des Quecksilbers schwankte 2 bis 3°, während der Beobachtungen.« Derselbe giebt aber nicht an, welche Bestimmungen bei der höheren oder niederen Tem-

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

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

peratur gemacht wurden, so daß die von ihm gefundenen Differenzen größer oder kleiner seyn könnten. Vergleicht man die beiden Reihen obiger Tabelle, so findet man die größten Differenzen in beiden Reihen gleich. Wenn daher, nach der Ansicht des Hrn. Siemens, die Gold-Silber-Legirung als Normalmaafs unbrauchbar ist, wie viel mehr gilt dieser Ausspruch für das Quecksilbermaafs, da Hr. Siemens mittelst seiner eigenen Bestimmungen mit demselben Quecksilber in Röhren, die aus einer großen Anzahl sorgfältig ausgewählt, keine größere Genauigkeit erreichen konnte, als wie mit Legirungen an verschiedenen Orten, von verschiedenen Leuten, mit verschiedenem Gold und Silber dargestellt und von verschiedenen Drahtziehern zu Draht gezogen. Hätte ich meine acht Legirungen aus demselben Gold und Silber dargestellt und gezogen, so würde ich unzweifelhaft Resultate erhalten haben, die noch nicht um 0,1 von einander abweichen. Wenn verschiedene Beobachter die Leitungsfähigkeit des Quecksilbers bestimmen würden, wäre es da nicht wahrscheinlich, daß die von denselben gefundenen Resultate größere Unterschiede zeigten, als die von Hrn. Siemens selbst gefundenen? In der That haben verschiedene Beobachter bereits die Leitungsfähigkeit des Quecksilbers bestimmt und wir wollen die von denselben gefundenen Werthe für die verschiedenen Metalle vergleichen und zwar so, daß wir einmal die Leitungsfähigkeit des Silbers = 100 und das andere Mal die des Quecksilbers = 100 annehmen. Ich behaupte nun, daß wenn die von den verschiedenen Beobachtern gefundenen Werthe für die Leitungsfähigkeit eines und desselben Metalls besser übereinstimmen, falls sie mit Silber als falls sie mit Quecksilber als Einheit verglichen werden, die von Hrn. Siemens vorgeschlagene Quecksilber-Einheit als solche unbrauchbar ist.

Tabelle II.

Leitungsfähigkeit der Metalle, wenn Silber = 100,

| | Siemens ²⁾ . | Lenz. | Becquerel. | Matthiessen. |
|----------------------|-------------------------|-----------------|------------|-----------------|
| Silber ¹⁾ | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Kupfer ¹⁾ | 96,92 | 73,4 | 95,3 | 99,5 |
| Gold ¹⁾ | — | 58,5 | 68,9 | 78 |
| Kadmium | — | — | 26,3 | 23,8 |
| Zink | — | — | 25,7 | 29,2 |
| Zinn | — | 22,6 | 15,0 | 12,3 |
| Eisen | — | 13,0 | 13,1 | 14,4 bei 20°, 4 |
| Blei | — | 10,7 | 8,8 | 8,3 |
| Platin ¹⁾ | 14,2 | 10,4 | 8,6 | 10,5 bei 20°, 7 |
| Quecksilber | 1,72 | 3,42 bei 18°, 7 | 1,86 | 1,65 |

Tabelle III.

Leitungsfähigkeit der Metalle, wenn Quecksilber = 100.

| | Siemens. | Lenz. | Becquerel. | Matthiessen. |
|-------------|----------|---------------|------------|----------------|
| Silber | 5820 | 2924 | 5376 | 6060 |
| Kupfer | 5630 | 2146 | 5123 | 6030 |
| Gold | — | 1710 | 3704 | 4727 |
| Kadmium | — | — | 1414 | 1442 |
| Zink | — | — | 1382 | 1770 |
| Zinn | — | 659 | 810 | 745 |
| Eisen | — | 380 | 704 | 872 bei 20°, 7 |
| Blei | — | 312 | 473 | 803 |
| Platin | 825 | 304 | 462 | 636 bei 20°, 9 |
| Quecksilber | 100 | 100 bei 8°, 7 | 100 | 100 |

Ein Blick auf obige Tabelle ist genügend, um zu zeigen, wie schlecht die Beobachtungsreihe von Lenz mit den andern stimmt, wenn Quecksilber als Einheit genommen wird; und wenn man die von Becquerel mit denen von mir gefundenen Werthen vergleicht, so ergeben sich folgende Unterschiede.

1) Hartgezogen. Alle Temperaturen = 0° C., wenn nicht eine andere angegeben wird.

2) Obige Abhandlung Seite 18.

Tabelle IV.

| | Wenn Silber = 100 | Wenn Quecksilber = 100. |
|---------|-------------------|-------------------------|
| Kupfer | 4,3 Proc. | 15,0 Proc. |
| Zinn | 11,6 " | 21,6 " |
| Kadmium | 9,0 " | 2,0 " |
| Zink | 11,9 " | 22,1 " |
| Zinn | 18,0 " | 8,0 " |
| Eisen | 9,0 " | 19,2 " |
| Blei | 5,9 " | 5,9 " |
| Platin | 18,1 " | 27,3 " |

Diese Data beweisen die Unbrauchbarkeit der von Hrn. Siemens vorgeschlagenen Quecksilbereinheit, denn wir erhalten in der That besser übereinstimmende Resultate, wenn wir in obigen Reihen irgend ein anderes Metall als Quecksilber zur Einheit nehmen. Drei der obigen Beobachter geben das von ihnen gebrauchte Quecksilber als reines Metall an.

III. Hr. Siemens sagt (S. 93): „Neusilber eignet sich zur Anfertigung von Widerstands-Etalons jedenfalls weit besser als die kostbare Gold-Silber-Legirung.“ Ich stimme mit ihm hierin ganz überein. Mein Vorschlag ging nur dahin, die Gold-Silber-Legirung als vergleichendes Normalmaafs zu gebrauchen. Hrn. Siemens' Quecksilber-Etalons dienen wohl für denselben Zweck.

IV. Hr. Siemens sagt (Seite 93): „Selbst wenn die Leitungsfähigkeit der Legirung stets vollkommen dieselbe bliebe, so würden sich kleine Widerstände doch nicht mit Genauigkeit mittelst derselben herstellen lassen, da in den Berührungsstellen der Drahtenden mit den Zuleitungsdrähten immer noch variable Widerstände von wesentlicher Gröfse auftreten.“ Ich will jedoch erwähnen, dafs ich die Enden des Normaldrahts immer an zwei dicke kupferne Drähte (von 2 bis 3^{mm} Durchmesser und ungefähr 38^{mm} Länge) löthe. Die beiden freien Enden dieser Drähte, sorgfältig weich gemacht, tauchen in Quecksilbernäpfe, deren Boden aus amalgamirten Kupferplatten bestehen. Diese Näpfchen stehen auf ähnliche Weise mit dem Apparate in Verbindung.

Diese Anordnung giebt sehr befriedigende Resultate; nicht der geringste Unterschied in dem Widerstand wird beobachtet, wenn der Normaldraht aus den Quecksilbernapfen herausgenommen und dann wieder eingesetzt wird. Wenn aber ein Draht der Gold-Silber-Legirung für den Gebrauch einmal hergerichtet worden ist, so kann man denselben immer wieder gebrauchen; nur müssen die Enden jedesmal frisch amalgamirt werden, was leicht und ohne grossen Zeitverlust geschehen kann. Beim Gebrauche des von Hrn. Siemens vorgeschlagenen Einheitsmaasses muss das Quecksilber und die Röhre jedesmal sorgfältig gereinigt werden, was (abgesehen von der Gefahr die Röhre zu zerbrechen) nicht ohne grossen Zeitverlust geschehen kann.

V. (S. 95). Hr. Siemens giebt eine Tabelle, mittelst welcher er zu beweisen sucht, dass er Widerstands-Etalons nach seiner Methode bis zu jeder erforderlichen Genauigkeit darstellen kann. Er beweist aber nur, dass es ihm möglich ist, dieselben Röhren mit verschiedenem Quecksilber zu füllen und dass die Widerstände dieser Röhren nur 0,05 Proc. differiren, denn er vergleicht drei unbekannte Widerstände mit zwei gleichen (reducirt auch gleiche Länge und Durchmesser) und erhält beinahe dieselbe Werthe. Hätte derselbe statt der mit 3 und 7 bezeichneten Normalröhren, die mit No. 1 und 4 bezeichneten benutzt, würde er wohl auch dasselbe Resultat erhalten haben? nein, sondern eine Differenz von 1,5 Procent (man vergleiche seine Resultate in Tabelle I).

VI. Hr. Siemens sagt (S. 96): „Die von mir aufgestellte Behauptung, dass Spuren fremder Metalle eine Abnahme in den Leitungsfähigkeiten des reinen Quecksilbers verursachen und nicht wie Siemens sagt eine Zunahmesey falsch.“ Hr. Siemens hat hierin vollkommen recht. Ich war durch die Thatsache irre geleitet, dass Quecksilber in Verbindung mit mehreren Procenten anderer Metalle eine schlechtere Leitungsfähigkeit besitzt als das Mittel der Leitungsfähigkeit der Volumina angewandter Metalle, und da ich in allen meinen Versuchen nie eine Zunahme in der

Leitungsfähigkeit eines Metalles gefunden hatte wenn es mit Spuren anderer Metalle legirt war, so kam ich zu dem Schlusse, dafs Spuren (0,1 bis 0,2 Proc.) fremder Metalle auch eine Verminderung der Leitungsfähigkeit des Quecksilbers verursachen müßten.

Da Quecksilber sich in dieser Beziehung anders als die übrigen Metalle verhält, so müssen wir statt der von mir in meiner Abhandlung ¹⁾ über die Leitungsfähigkeit der Legirungen für die Metalle vorgeschlagenen zwei Klassen, nämlich:

I. Diejenigen Metalle, welche, wenn mit einander legirt, die Elektrizität in dem Verhältnifs ihrer relativen Volumina leiten.

II. Diejenigen Metalle, welche, wenn legirt mit einem Metall der Klasse I oder mit einander, die Elektrizität *nicht* in dem Verhältnifs ihrer Volumina leiten, sondern *stets schlechter* als das Mittel ihrer Volumina, jetzt eine dritte Klasse annehmen, welche wahrscheinlich durch diejenigen Metalle gebildet wird, welche legirt mit Spuren anderer Metalle eine *größere* Leitungsfähigkeit, wenn legirt mit größeren Quantitäten anderer Metalle, eine *geringere* Leitungsfähigkeit besitzt als das Mittel der ihrer Volumina.

In wiefern diese Annahme wahr sey, bin ich so eben beschäftigt zu untersuchen, und es wird sehr interessant seyn zu sehen, ob reine Metalle, wie Wismuth, Zinn etc., im flüssigen Zustande sich wie Quecksilber verhalten, d. h. ob wenn zu dem geschmolzenen Metall Spuren eines anderen Metalls hinzugefügt werden, eine Zunahme in der Leitungsfähigkeit beobachtet wird. Ich habe weiter nun zu versuchen, ob die Leitungsfähigkeit von Quecksilber im festen Zustand durch die Zugabe eine Spur eines fremden Metalles vergrößert oder verringert werde.

Als Beweis dafs meine Annahme in Beziehung auf das Verhalten der Metalle der dritten Klasse höchst wahrscheinlich richtig sey, gebe ich in Tabelle V einige sich darauf beziehende Versuche.

1) Pogg. Ann. Bd. 110, S. 190.

Tabelle V.

Leitungsfähigkeit der Gold-Silber-Legirung
bei 0° C. = 100 gesetzt.

Reines Quecksilber leitet 24,47 bei 18°.

| | | | Leitungsfähigkeit | |
|----------------|----------------------|--|-------------------|-----------|
| | | | beobachtet | berechnet |
| Quecksilber | | | | |
| legirt mit 0,1 | Proc. reines Wismuth | | 24,58 bei 18,6 | 24,46 |
| „ • 0,01 | „ „ Zinn | | 24,51 bei 18,4 | 24,50 |
| „ „ 0,02 | „ „ „ | | 24,54 bei 18,0 | 24,52 |
| „ „ 0,05 | „ „ „ | | 24,63 bei 18,2 | 24,61 |
| „ „ 0,10 | „ „ „ | | 24,76 bei 18,8 | 24,75 |
| „ „ 0,20 | „ „ „ | | 25,84 bei 19,0 | 25,02 |
| „ „ 0,50 | „ „ „ | | 25,86 bei 18,4 | 25,83 |
| „ „ 1 | „ „ „ | | 26,62 bei 18,6 | 27,19 |
| „ „ 2 | „ „ „ | | 27,66 bei 18,8 | 29,19 |
| „ „ 4 | „ „ „ | | 29,69 bei 19,0 | 35,09 |

Bei den Berechnungen wurde die Leitungsfähigkeit des Zinns = 172,09, diejenige des Wismuths = 17,88 angenommen. Das specifische Gewicht des Quecksilbers = 13,573, das des Wismuths = 9,823 und das des Zinns = 7,294.

Die Widerstände der Amalgame wurden in derselben Röhre bestimmt, welche für das Quecksilber benutzt wurde, so daß ein Fehler in der Messung der Länge und des Durchmessers keinen Einfluß auf die erhaltenen relativen Werthe ausüben konnte.

Wir sehen aus obiger Tabelle, daß sogar Wismuth, ein schlechterer Leiter als Quecksilber, die Leitungsfähigkeit desselben erhöht, wie ja auch aus obiger Annahme zu erwarten steht. Die Versuche mit den Amalgamen zeigen, wie wichtig es seyn müßte, wenn Quecksilber als Widerstandsmaafs angenommen würde, daß dasselbe *absolut chemisch rein* wäre. Wir können keine bessere Uebereinstimmung in den von verschiedenen Beobachtern gefundenen Werth für Quecksilber erwarten, wenn Spuren fremder Metalle dessen Leitungsfähigkeit so beträchtlich verändern.

VII. (S. 103) Hr. Siemens gibt eine Tabelle, aus welcher er schließt, daß die Zunahme des Widerstandes des Quecksilbers zwischen 0° und 100° als constant zu betrachten sey. Mit andern Worten: Hr. Siemens nimmt an, daß die Formel $W = 1 + at$ den Widerstand des Quecksilbers für irgend eine Temperatur zwischen 0° und 100° ausdrücke. Wollen wir jetzt aus Hrn. Siemens Resultaten den Werth von „a“ berechnen und zwar für Temperaturen, für welche der Widerstand beobachtet worden ist. Man erhält diesen Werth durch den Gebrauch der Formel $a = \frac{W-1}{t}$.

In Tabelle VI gebe ich Hrn. Siemens Tabelle über den Widerstand des Quecksilbers für verschiedene Temperaturen zugleich mit dem Werth des Coëfficienten „a“ für jede Beobachtung. Der Widerstand des Quecksilbers bei 0° ist $= 1$ gesetzt.

Tabelle VI.

| t. | gefundener Widerstand | Berechneter Werth für „a“ |
|-------|-----------------------|---------------------------|
| 0 | 1,000 | |
| 18,51 | 1,0166 | 0,000899 |
| 28,19 | 1,0262 | 0,000933 |
| 41,29 | 1,0391 | 0,000947 |
| 57,34 | 1,0548 | 0,000956 |
| 99,29 | 1,0959 | 0,000986 |

Wäre die Formel $W = 1 + at$ die richtige, so müßten die für „a“ gefundenen Werthe alle gleich seyn; da aber eine allmähliche Zunahme des Werthes von a stattfindet, so steht es außer Zweifel, daß eine Formel mit zwei Gliedern wie $W = 1 + at + bt^2$ die Widerstände für die verschiedenen Temperaturen richtiger ausdrücken würde.

Die Zunahme des Widerstandes des Quecksilbers zwischen 0° und 100° beträgt nach

| Becquerel | Siemens | Matthiessen und von Bosc | Schröder van der Kolk ¹⁾ |
|------------|------------|--------------------------|-------------------------------------|
| 10,3 Proc. | 9,85 Proc. | 9 Proc. | 8,6 Proc. |

1) Pogg. Ann. 110., S. 452.

Der von Hrn. Siemens angegebene Werth ist aus 12 Beobachtungen abgeleitet, der von Schröder van der Kolk angegebene aus 25 und der von v. Bose und mir aus 36. Ferner schließt Hr. Siemens aus 14 Beobachtungen, daß die Widerstandszunahme des Kupfers zwischen 0° und 10° constant sey, während v. Bose und ich gestützt auf 332 Beobachtungen für die Widerstandszunahme des Kupfers die Formel $W = 1 + at + bt^2$ herleiten. Unsere Versuche sind beinahe vollendet und wir hoffen dieselben vor Ende dieses Jahres zu veröffentlichen.

VIII. Hr. Siemens sagt (S. 105), „Was Hrn. Matthiessen zu der am Schlusse seines Aufsatzes gemachten Aeußerung: daß die gewöhnliche Annahme, die Leitungsfähigkeit des reinen wie käuflichen Kupfers ändere sich in gleichem Maasse mit der Temperatur, weit von der Wahrheit entfernt sey, veranlaßt hat . . .“ Zwei Gründe, welche mich zu dieser Aeußerung bewogen, sind:

I. Hr. Siemens selbst nimmt an (s. d. Abhandlung ¹⁾), daß die Leitungsfähigkeit seines Kupfer-Etalons durch Erwärmung um 1° C. um etwa 0,4 Proc. vermindert wird.

II. Hr. C. W. Siemens kommt zu derselben Annahme, bei der Beschreibung seines Widerstands-Thermometers ²⁾, stützt sich bei seinen Berechnungen auf Arndtsen's gefundenen Coëfficienten, ohne die von ihm gebrauchte Kupfersorte näher zu bezeichnen. Daß meine Behauptung, in Beziehung auf den Unterschied in den Coëfficienten für die Zunahme der Widerstände für verschiedene Temperatur, für verschiedene Kupfersorten richtig ist, wird durch folgende Data bewiesen.

Hr. Siemens (S. 103) findet die Widerstandszunahme einer käuflichen Kupfersorte zwischen 0° und $100^{\circ} = 32,9$ Proc. Arndtsen fand die Zunahme für ein Kupfer, das Spuren von Eisen enthielt, $= 36$ Proc., von Bose und ich fanden diese Zunahme für reines Kupfer $= 42$ Proc.

1) Pogg. Ann. 100, S. 14.

2) Phil. Mag. Januar 1861.

und endlich zeigte ein von mir untersuchtes käufliches Kupfer eine Zunahme von ungefähr 8 Proc.

London den 8. August 1861.

XIII. *Zur Theorie der Zungenpfeifen;* *von R. Helmholtz.*

Unter Zungenpfeifen verstehe ich alle solche Blasinstrumente, in denen dem Luftstrom der Weg durch einen schwingenden elastischen Körper bald geöffnet, bald verschlossen wird. Die erste Arbeit, welche die Mechanik der Zungenpfeifen verständlich machte, war die von W. Weber. Er experimentirte aber hauptsächlich mit metallenen Zungen, die wegen ihrer großen Masse und Elasticität nur dann von der Luft kräftig bewegt werden, wenn sich der von der Pfeife angegebene Ton nicht zu sehr von dem Eigenton der freien Zunge unterscheidet. Daher sind die Pfeifen mit metallenen Zungen in der Regel nur fähig einen einzigen Ton anzugeben, nämlich nur denjenigen unter den theoretisch möglichen Tönen, welcher dem eigenen Ton der Zunge am nächsten liegt.

Anders verhält es sich mit Zungen von leichtem, wenig Widerstand leistendem Material, wie es die Rohrzungen der Clarinette, Oboe, des Fagotts, die menschlichen Lippen in den Trompeten, Posaunen, Hörnern sind. Sehr geeignet für die Versuche sind auch membranöse Zungen aus vulkanisirtem Kautschuk, ähnlich den Stimmbändern des Kehlkopfs gestellt; nur muß man sie, damit sie leicht und gut ansprechen, schräg gegen den Luftstrom stellen.

Die Wirkung der Zungen ist wesentlich verschieden, je nachdem die von ihnen geschlossene Oeffnung sich öffnet,