

15) „Das Licht durchläuft die bewegten durchsichtigen Mittel, anisotrope wie isotrope, in einer und derselben durch die ponderablen Molecüle hindurchlegbaren Röhre, so lange nur bei sonst beliebiger Bewegung der scheinbare äußere Einfallswinkel constant erhalten wird.

16) Sind x', y', z' die Coordinaten der Wellenfläche eines Mittels für den Zustand der Ruhe, x, y, z die entsprechenden für den Zustand der Bewegung, und bildet die Bewegungsrichtung mit den Elasticitätsaxen als Coordinatenaxen die Winkel L, M, N , so geht die Gleichung der Wellenfläche des ruhenden Mittels dadurch in die des bewegten über, daß man setzt:

$$x' = x - g k_1 \cos L, y' = y - g k_2 \cos M, z' = z - g k_3 \cos N^u.$$

P.

VI. *Bestimmung der Wärmegrade in absolutem Maafse; von L. Lorenz in Kopenhagen.*

Eins der wichtigsten Mittel der neueren Zeit, unabhängig von allen physischen Hypothesen die Verbindung zwischen den verschiedenen Kräften aufzuklären, ist die Bestimmung der von diesen Kräften abhängigen Größen durch die nämlichen absoluten Einheiten; während das absolute Maaf in der Lehre von dem Magnetismus und der Electricität durchgeführt ist, so ist bis jetzt der *Wärmegrad* nur auf willkürliche Art bestimmt worden, und hierdurch ist, so zu sagen, der Faden, der die Wärme mit den übrigen physischen Kräften verbindet, zerrissen worden. Der Zweck der gegenwärtigen Untersuchung ist daher auf rein empirischem Wege eine Definition des absoluten Wärmegrades zu begründen und durch Einführung desselben in die Wissenschaft die Verwandtschaft, in welcher die Wärme und die Electricität zu einander stehen, näher zu beleuchten.

Die von Gauß und Weber eingeführten absoluten

Einheiten, welche wir auch in dem Folgenden benutzen werden, sind: das *Millimeter* als *Längeneinheit*, die *Secunde* als *Zeiteinheit* und das *Milligramm* als *Masseneinheit*. Mit diesen Einheiten ist bekanntlich die *elektromagnetische* Einheit der *Stromstärke* als die Stärke desjenigen Stromes definiert, welcher, die Flächeneinheit umkreisend, auf einen Magnetpol wie ein unendlich kleiner Magnet wirkt, dessen Moment Eins ist. Weber hat ferner als Einheit der *Elektricitätsmenge* die Menge der positiven Elektrizität gewählt, welche in der Zeiteinheit sich in positiver Richtung in einem elektrischen Strome bewegt, dessen Stärke die Einheit ist, wo dann vorausgesetzt ist, daß gleichzeitig die nämliche Menge von negativer Elektrizität in entgegengesetzter Richtung geht. Wir werden jedoch in dem Folgenden mit mehreren anderen Verfassern die ohne Rücksicht auf das Vorzeichen genommene *Summe* der beiden in entgegengesetzten Richtungen sich bewegenden positiven und negativen Elektrizitätsmengen, die in der Zeiteinheit durch eine Leitung gehend, die Stromstärke Eins erzeugt, als Einheit der Elektrizitätsmenge betrachten.

Die absolute *Wärmeeinheit* ist bestimmt als die mit der absoluten Arbeitseinheit äquivalente Wärmemenge. Will man nun einen *Wärmegrad* als die Temperaturerhöhung, welche eine absolute Wärmeeinheit hervorbringt, indem sie der Masseneinheit des Wassers mitgeteilt wird, definieren, so ist doch der Wärmegrad immer noch nur willkürlich bestimmt, da er von der physischen Natur des gewählten Stoffes, *des Wassers*, abhängig ist. Wählt man hingegen statt einer gewissen Menge Wassers eine gewisse Anzahl von *Atomen eines Grundstoffes*, so wird dem Dulong-Petit'schen Gesetze zufolge die Erwärmung, welche eine gegebene Wärmemenge in diesen Atomen hervorbringt, von der Natur des Stoffes unabhängig seyn, und es bleibt dann nur noch übrig, die Anzahl von Atomen, welche gewählt werden soll, näher festzusetzen.

Das erwähnte Gesetz gilt allerdings nicht ganz genau, was die *festen Grundstoffe* anbetrifft, die Abweichungen

haben jedoch darin eine natürliche Erklärung gefunden, daß die Wärme hier nicht nur zur Erwärmung, sondern auch dazu, eine innere moleculare Arbeit auszuführen, benutzt wird. Dahingegen ist das Gesetz gewiss genau für alle diejenigen *Luftarten* gültig, in Bezug auf welche man annehmen kann, daß von der mitgetheilten Wärme Nichts zu innerer Arbeit übergeht. Den Verlust an Arbeit zu äußerer Arbeit kann man dadurch vermeiden, daß man die Luft bei einem *constanten* Volumen erwärmt.

Nach Regnault ist bei *constantem Drucke* die specifische Wärme des

Stickstoffes,	Sauerstoffes,	Wasserstoffes,
0,24380,	0,21751,	3,40900.

Um also unter constantem Drucke

14^{msr} Stickstoff, 16^{msr} Sauerstoff, 1^{msr} Wasserstoff
zu erwärmen, sind

3,41320, 3,48016, 3,40900

relative Wärmeeinheiten (1^{msr} Wasser 1° C.) erforderlich. Diese drei Zahlen, von denen insbesondere die erste und die letzte einander sehr nahe kommen, zeigen, in Uebereinstimmung mit dem Dulong-Petit'schen Gesetze, daß die nämliche Wärmemenge erforderlich ist, um das nämliche Volumen bei gleichem Drucke und also auch, wie wir annehmen, die nämliche Anzahl von Atomen der erwähnten Luftarten um einen Grad zu erwärmen.

Bei *constantem Volumen* wird die specifische Wärme dieser Luftarten 1,40 (1,41 nach den älteren und 1,3945 nach den Regnault'schen Bestimmungen der Geschwindigkeit des Schalls in Luft) Mal kleiner; nehmen wir von den drei obengenannten Zahlen die mittleren Werthe der zwei Zahlen, welche am nächsten mit einander übereinstimmen (für Stickstoff und Wasser), nämlich

3,4111,

so erhalten wir

2,436 Wärmeeinheiten (1^{msr} Wasser 1° C.)

als die Wärmemenge, welche zu erforderlich ist, bei con-

stantem Volumen so viele Atome einer permanenten Luftart zu erwärmen, als in 1^{ter} Wasserstoff enthalten sind.

Die hier benutzte relative Wärmeeinheit kann leicht in absoluten Arbeitseinheiten ausgedrückt werden, und in diesem Maasse bestimmt, wollen wir sie durch A bezeichnen. Die genannte Wärmeeinheit ist nämlich einer Arbeit von 433 Milligrammetern aequivalent, und da das Gewicht eines Milligrammes 9806 absolute Einheiten ist, nämlich die Acceleration der Schwere, in Millimetern ausgedrückt, so ist

$$A = 425 \cdot 10^7 \text{ absolute Einheiten.}$$

Um aber 1^{ter} Wasserstoff bei constantem Volumen um 1° C. zu erwärmen, sind also

$$2,436 A = 1035 \cdot 10^7 \text{ absolute Einheiten}$$

erforderlich.

Ebenso wie eine bestimmte Wärmemenge erforderlich ist, um die nämliche Anzahl von Atomen von verschiedenen Grundstoffen um einen Grad zu erwärmen, so sind nach dem *elektrolytischen Gesetze* Faraday's gleich große Elektricitätsmengen erforderlich, um aequivalente Mengen aus einem Elektrolyt auszuscheiden. Da jedoch nicht immer aequivalente Mengen der nämlichen Anzahl von Atomen entsprechen, ist es hier nothwendig, eine bestimmte Type oder Norm für die Elektrolyse zu wählen.

Als eine solche sehe ich die Elektrolyse der nach der Formel RCl (Br, S) zusammengesetzten Stoffe an, theils weil hier *gleich viele* Grundstoffatome an beiden Elektroden ausgeschieden werden, theils auch, weil wir hier die *größte* Anzahl von Grundstoffatomen haben, welche bei der nämlichen Elektricitätsmenge von einem Elektrolyten ausgeschieden werden können. Alle Abweichungen von der angenommenen Norm müssen dann als durch secundäre Wirkungen der chemischen Kräfte hervorgegangen angesehen werden. Während wir also z. B. die Elektrolyse starker Salzsäure als normal ansehen, wird die Zerlegung des Wassers als eine Abweichung angesehen, welche vielleicht dadurch erklärt werden könnte, daß man

annahme, daß zwei Atome von Sauerstoff sich zu einem Doppelatom vereinigten.

In einem Voltameter entwickelt in der Zeiteinheit ein elektrischer Strom bei Einheit der Stromstärke $\frac{1}{360}$ ^{mgr} Wasserstoff¹⁾. Der nämliche Strom wird aus starker Salzsäure das nämliche Gewicht von Wasserstoff und ebenso viele Atome Chlor, also an beiden Elektroden ebenso viele Grundstoffatome ausscheiden, als sich in $\frac{1}{480}$ ^{mgr} Wasserstoff befinden. Um die nämliche Anzahl von Atomen bei constantem Volumen von 1° C. zu erwärmen, sind dem oben Gefundenen zufolge

$$\frac{2,436}{480} A = 0,005075 A = 216 \cdot 10^6$$

absolute Einheiten erforderlich.

Wir können nun *einen Wärmegrad* in absolutem Maaße als *die Temperaturerhöhung* definiren, *welche die Arbeitseinheit*, indem sie vollständig und ausschließlic in Wärme verwandelt wird, *in der nämlichen Anzahl von Grundstoffatomen, welche die Elektricitätseinheit normal aus einem Elektrolyten ausscheidet, hervorbringt.*

Diese Temperaturerhöhung ist nach dem Obigen

$$\frac{1}{216 \cdot 10^6} \text{ Centesimalgrad,}$$

also ist der angegebenen Definition zufolge

$$1 \text{ Centesimalgrad} = 0,005075 A = 216 \cdot 10^6$$

absolute Einheiten.

Aufser der Verbindung zwischen der Wärme und der Elektricität, welche durch das Dulong-Petit'sche und durch Faraday's elektrolytisches Gesetz ausgedrückt wird, und welche wir nun zur Festsetzung einer Definition des absoluten Wärmegrades benutzt haben, findet noch eine andere Verbindung statt, welche ihren ersten Ausdruck durch das von Wiedemann und Franz ausgesprochene Gesetz, nach welchem die Leitungsfähigkeit der verschiedenen Metalle für Wärme und Elektricität in dem nämlichen Verhältnisse zu einander stehen sollten, erhalten hat. Es hat

1) Vgl. Wiedemann: „Die Lehre vom Galvanismus,“ 2. Theil, S. 917 u. f. Poggendorff's Annal. Bd. CXLVII.

sich jedoch durch spätere Untersuchungen erwiesen, daß dieses Verhältniß sich mit der Temperatur verändert und daß das Gesetz daher in seiner ursprünglichen Form nicht vollständig gültig seyn kann, sondern einer Modification bedarf.

Der Einfluß der Wärme auf die *elektrische* Leitungsfähigkeit ist von mehreren Physikern, wie Lenz, Becquerel, Arendtsen, untersucht worden, namentlich aber ist durch eine Reihe von Bestimmungen von Matthiessen und v. Bose ¹⁾, welche die Leitungsfähigkeit von zehn verschiedenen *reinen* Metallen, nämlich Silber, Kupfer, Gold, Zink, Kadmium, Zinn, Blei, Arsenik, Antimon und Wismuth untersuchten, das merkwürdige Resultat hervorgegangen, daß die Verminderung der elektrischen Leitungsfähigkeit bei einer Erwärmung von 0° bis 100° C. für alle genannten Metalle die nämliche ist, nämlich durchschnittlich 29,307 Proc. Der *Leitungswiderstand* wächst also bei der nämlichen Temperaturerhöhung um 41,46 Proc., das heißt in einem etwas stärkeren Verhältniß als die Temperaturerhöhung (36,6 Proc.), wenn man die Temperatur von dem absoluten Nullpunkte aus (— 273° C.) rechnet. Später haben Matthiessen und Vogt ²⁾ gefunden, daß unter den reinen Metallen das Eisen eine Ausnahme bildet, indem die Leitungsfähigkeit hier bis mehr als 38 Proc. abnehmen kann.

Ueber den Einfluß der Temperatur auf die *Wärme*-leitungsfähigkeit sind nur wenige Versuche angestellt worden; es muß aber doch bemerkt werden, daß alle die älteren Versuche über die Wärmeleitung mit der früheren Annahme gut übereinstimmen, daß die Leitungsfähigkeit von der Temperatur unabhängig sey. Ängström ³⁾ hat für zwei Kupferstangen, welche jedoch wahrscheinlich nicht aus vollkommen reinem Kupfer waren, eine Abnahme der Wärmeleitungsfähigkeit von 15 und 21 Proc. zwischen 0° und 100° C. und für Eisen von 28,7 Proc. gefunden, während

1) Pogg. Ann. Bd. 115, S. 353.

2) Pogg. Ann. Bd. 118, S. 437.

3) *Oefversigt af k. Vetensk. Förhandl.* 1862. Pogg. Ann. Bd. 118. S. 423.

Forbes¹⁾ für Schmiedeeisen eine Abnahme von zwischen 15,7 und 22,3 Proc. gefunden hat.

Merken wir uns nun, daß die elektrische Leitungsfähigkeit für die verschiedenen reinen Metalle sehr nahe umgekehrt proportional der vom absoluten Nullpunkte an gerechneten Temperatur ist, während ihre Leitungsfähigkeit für Wärme sich mehr der Constanz nähert, und daß die Abweichungen für das Eisen bei beiden Arten der Leitungsfähigkeit in der nämlichen Richtung geht, so scheint in den vorliegenden Thatsachen, so nahe als wir es erwarten können, das Gesetz zu liegen, daß das Verhältniß zwischen *der Leitungsfähigkeit eines reinen Metalles für die Wärme und die Elektrizität proportional ist der Temperatur*, vom absoluten Nullpunkte an gerechnet.

Dieses Verhältniß muß sich indessen offenbar in verschiedenen Fällen mehr oder weniger ändern. Wenn z. B. das Metall nicht gleichartig ist, oder Beimischung von fremden Metallen enthält, überhaupt in Fällen, wo durch eine ungleiche Erwärmung im Innern des Körpers *thermo-elektrische Ströme* entstehen können, da wird wahrscheinlich die Wärmeleitungsfähigkeit erhöht werden oder in jedem Fall das Verhältniß zwischen den beiden Arten der Leitungsfähigkeiten verändert werden. Dasselbe muß ohne Zweifel in hohem Grade der Fall seyn, wenn die Wärme sich als *strahlende Wärme* in dem Innern der Körpers fortpflanzen kann; in dieser Fortpflanzung ist der Grund zu suchen, daß die Wärmeleitungsfähigkeit für alle durchsichtigen und durchscheinenden, überhaupt für alle nicht metallischen Körper augenscheinlich viel größer ist als diejenige, welche ihrer elektrischen Leitungsfähigkeit entsprechen würde. Endlich muß, wenn des Körper flüssig ist, das Verhältniß sich durch die *Beweglichkeit der Theile* ändern. Wird z. B. eine Flüssigkeitssäule von unten erwärmt, so wird diese Beweglichkeit selbstverständlich die beobachtete Wärmeleitungsfähigkeit erhöhen; wird sie von oben erwärmt, werden die Ströme im Innern der

1) *Edinb. Trans.* 1862—64.

Flüssigkeit auch nicht gänzlich vermieden werden können. Jeder Theil der Flüssigkeit in demselben horizontalen Querschnitte wird nämlich nicht genau dieselbe Temperatur haben können; die kälteren Theile werden dann heruntersinken, die wärmeren in die Höhe steigen, der Wärmequelle entgegen, und die Wärmeleitungsfähigkeit muß daher nun durch die Bewegung der Theile *vermindert* werden.

Wir müssen also festhalten, daß das Gesetz, wenn es überhaupt gültig ist, wahrscheinlich nur für die *reinen, gleichartigen und festen Metalle absolut* gültig ist. Eigentlich wird sogar schon eine ungleiche Erwärmung das Metall ungleichartig machen und thermo-elektrische Ströme verursachen können.

Ich werde nun versuchen, aus den vorliegenden Beobachtungen das Verhältniß zwischen der Leitungsfähigkeit der Metalle für die Wärme und die Elektrizität in absoluten Einheiten zu bestimmen. Hieraus wird das merkwürdige Resultat hervorgehen, *daß dieses Verhältniß für ein reines, gleichartiges und festes Metall gerade gleich ist der vom absoluten Nullpunkte an (— 273° C.) gerechneten und in den oben bestimmten absoluten Einheiten ausgedrückten Temperatur.*

Um die Wärmeleitungsfähigkeit in absolutem Maasse zu bestimmen, müssen wir wissen, wie groß die Wärmemenge ist, die durch jede Flächeneinheit einer Platte von gegebener Dicke und bei gegebenem Unterschiede in den Wärmegraden auf beiden Seiten der Platte hindurchgeht. Die älteren Versuche hierüber haben aus leicht nachweislichen Gründen zu nicht übereinstimmenden und viel zu niedrigen Resultaten geführt; wir können daher nur die neueren von Ängström, Forbes und Neumann ausgeführten Versuche, welche ziemlich genau unter einander übereinstimmen, benutzen, obgleich diese drei Beobachter ihre Versuche von einander unabhängig und auf sehr verschiedene Weise ausgeführt haben. Wir werden vorläufig die von Ängström gewählten Einheiten: das Centimeter,

die Minute, den Centigrad und als Wärmeeinheit 1 Grm. Wasser 1° C. benutzen.

Ångström¹⁾ fand die Wärmeleitungsfähigkeit für

Kupfer . . .	58,94	bei 0° C.
„ . . .	51,63	„ „
Eisen . . .	11,927	„ „
Quecksilber . .	1,061	„ „

Die letztere Bestimmung wurde mit einer in eine Glasröhre eingeschlossenen Quecksilbersäule, welche von oben erwärmt wurde, ausgeführt.

Forbes fand in den oben erwähnten Versuchen für

Eisen . . .	12,36	bei 0° C.
„ . . .	12,42	„ „
„ . . .	9,21	„ „

Neumann²⁾ bestimmte die Wärmeleitungsfähigkeit von fünf verschiedenen Metallstangen und zugleich relativ, indem er dieselben unter einander verglich, ihre elektrische Leitungsfähigkeit. Während diese für Silber gleich 100 gesetzt ward, wurde sie für Kupfer gleich 73,3 angenommen. Die Resultate waren mit den oben benutzten Einheiten

	das Wärmeleitungs- vermögen.	das elektrische Lei- tungsvermögen.	<i>q</i>
Kupfer	66,48	73,3	0,907
Messing	18,12	17,9	1,012
Zink	18,43	21,1	0,873
Neusilber	6,566	6,45	1,018
Eisen	9,824	10,2	0,963.

Das Verhältniß zwischen der Wärmeleitungsfähigkeit und der elektrischen Leitungsfähigkeit, welches durch *q* bezeichnet worden ist, ist für das Messing und das Neusilber am größten; dieses ist wahrscheinlich nicht zufällig, sondern eher eine Folge davon, daß sie nicht reine Metalle sind. Ebenso erhalten wir, mit dem oben Entwickelten übereinstimmend, ein abweichendes und ohne Zweifel zu

1) Pogg. Ann. Bd. 118, S. 423 und Bd. 123, S. 628.

2) Ann. de chim. et de phys. 1862, T. LXVI, p. 183.

niedriges Resultat für das Quecksilber: für dieses Metall findet man nach den Versuchen Ångström's $q = 0,617$, wenn man die elektrische Leitungsfähigkeit des Quecksilbers gleich 1,72 annimmt.

Der Mittelwerth des Quotienten q für das Kupfer, das Zink und das Eisen ist nach den Versuchen Neumann's 0,914. Ob diese Zahl den anderen Versuchen gemäß größer oder kleiner gemacht werden müsse, ist schwer zu entscheiden; da jedoch die Wärmeleitungsfähigkeit in Neumann's Versuchen nicht auf 0° C. reducirt worden ist, muß q aus diesem Grunde ein wenig kleiner angenommen werden.

So dürfte wohl

$$q = 0,90 \text{ bei } 0^\circ \text{ C.}$$

das Resultat seyn, welches sich mit der größten Wahrscheinlichkeit aus den vorliegenden Versuchen ableiten läßt.

Der so bestimmte Werth von q ist also, in den von Ångström benutzten Einheiten, die Wärmeleitungsfähigkeit eines Metalles, dessen elektrische Leitungsfähigkeit 1 ist, wenn die des Silbers gleich 100 gesetzt wird. Durch jedes Quadratmillimeter einer Fläche mit der Wärmeleitungsfähigkeit q , deren Dicke 1^{mm} ist, gehen in jeder Sekunde

$$q \cdot \frac{1}{100} \cdot 10 \cdot \frac{1}{60} = \frac{q}{600}$$

relative Wärmeeinheiten (1 Gr. Wasser 1° C.) bei einem Temperaturunterschiede von 1° C. auf den beiden Seiten der Platte hindurch. Da die hier benutzte Wärmeeinheit gleich 1000 A ist, und da wir 1° C. in absoluten Einheiten ausgedrückt gleich 0,005075 A gefunden haben, so wird die dem q entsprechende absolute Wärmeleitungsfähigkeit, welches wir mit x bezeichnen wollen, durch

$$x_1 = \frac{q}{600} \cdot \frac{1000 A}{0,005075 A} = 328,4 q$$

bestimmt seyn. Hieraus ersieht man, daß der Reductions-factor, durch welchen die Wärmeleitungsfähigkeit von den

Einheiten Ångström's auf ein absolutes Maafs reducirt wird, von A unabhängig ist.

Mit dem oben angenommenen Werthe von q ist nun
 $x_1 = 296$.

Bezeichnen wir die entsprechende absolute elektrische Leitungsfähigkeit durch k_1 , so würde dieses dem angegebenen Gesetze zufolge durch

$$\frac{x_1}{k_1} = T$$

bestimmt seyn, wenn T die von dem absoluten Nullpunkte an gerechnete, und in absoluten Einheiten ausgedrückte Temperatur ist. Für den Gefrierpunkt des Wassers ist $T = 273$. 1° C., und wenn der Centesimalgrad in absoluten Einheiten ausgedrückt wird,

$$T = 1,385 A = 589 \cdot 10^7,$$

woraus folgt

$$\frac{1}{x} = 0,00468 A = 1,99 \cdot 10^7.$$

Wollen wir nun hieraus den absoluten Leitungswiderstand einer Siemens'schen Einheit (einer Quecksilbersäule 1 Meter lang, 1 Quadratmillimeter im Querschnitte, bei 0° C.) berechnen, müssen wir das Verhältniß zwischen der specifischen Leitungsfähigkeit des Silbers und des Quecksilbers kennen. Dieses Verhältniß ändert sich aber ziemlich bedeutend mit dem physischen Zustande des Silbers; selbst wenn man, was wohl das gewöhnlichste ist, das Silber in dem Zustande eines *hartgezogenen* Silberdrahtes wählt, wird man dennoch keine große Genauigkeit in der Bestimmung dieses Verhältnisses erreichen können. In Wiedemann's „Die Lehre vom Galvanismus“ (1. Theil, S. 181) finden wir die Zahlen 1,739 (E. Becquerel), 1,7 (Lamy), 1,63 (Matthiessen) für die Leitungsfähigkeit des Quecksilbers, wenn die des Silbers gleich 100 gesetzt wird. Matthiessen¹⁾ hat später die Zahl 1,65 angegeben und die Bestimmungen von Siemens²⁾ geben 1,72 und 1,78. Diese Zahlen gelten für 0° C.

1) Pogg. Ann. Bd. 114, S. 314, vgl. Bd. 116, S. 377.

2) Pogg. Ann. Bd. 110, S. 18.

Wir werden also die Leitungsfähigkeit des Quecksilbers bei 0° C. annäherungsweise gleich 1,72 annehmen können, wobei der Leitungswiderstand desselben der obigen Berechnung zufolge in absolutem Maafse

$$\frac{1}{1,72 k} = 0,00272 A = 1,16 \cdot 10^7$$

werden wird. Hieraus folgt, wenn die Widerstandseinheit Siemens' in absolutem Maafse ausgedrückt, durch S bezeichnet wird,

$$S = 2,72 A = 1,16 \cdot 10^{10}.$$

Dieses Resultat wollen wir nun mit den directen absoluten Maafsbestimmungen der Widerstandseinheit Siemens', welche theils mit Hülfe inducirter Ströme, theils durch Messung der von einem constanten Strome in einem Leiter entwickelten Wärmemenge ausgeführt worden sind, vergleichen.

Durch die erstere Methode hat Weber ¹⁾

$$S = 1,0257 \cdot 10^{10}$$

gefunden, während das von der *British Association* gewählte Comité ²⁾ als Mittel

$$S = 0,964 \cdot 10^{10}$$

fand. Eine kleine von Matthiessen ³⁾ angegebene Correction, wodurch diese beiden Werthe um 0,3 Proc. niedriger werden würden, ist hier ohne Bedeutung.

Diese Bestimmungen weichen also nicht sehr von dem oben aus der Wärmeleitungsfähigkeit berechneten Werthe von S ab; sie sind jedoch beide etwas niedriger. Man könnte nun zwar den Grund dieser Abweichung in der weniger scharfen Bestimmung suchen, welche wir bisher von der Wärmeleitungsfähigkeit der Metalle haben, namentlich im Vergleiche mit ihrer elektrischen Leitungsfähigkeit; ich glaube aber, daß der Grund der Abweichung anderswo liegt.

1) Abh. d. k. Gesellsch. d. Wissensch. Göttingen 1862.

2) *Report of the 33rd meeting of the Br. Assoc.* 1863, Jenkin, Pogg. Ann. Bd. 125.

3) Pogg. Ann. Bd. 125, S 497.

Schon der im Vergleiche mit der Genauigkeit, mit der die Versuche angestellt worden sind, *große* Unterschied zwischen den von Weber und dem erwähnten Comité gefundenen Resultaten, ein Unterschied, der in der Wirklichkeit 8 Proc. beträgt, deutet auf Fehler, welche nicht unter zufällige Beobachtungsfehler hingeführt werden können, sondern eher einer unvollständigen Theorie angerechnet werden müssen. Es ist hier zu beachten, daß die Versuche mit *Inductionsströmen von veränderlicher Stromstärke* ausgeführt worden sind; es dürfte jedoch gegenwärtig unzweifelhaft als Resultat verschiedener sowohl theoretischer als experimenteller Untersuchungen hervorgehen, daß wir bis jetzt die Theorie der veränderlichen inducirten Ströme nur in ihren Grundzügen kennen und daß ihre Resultate nur als eine erste Annäherung angesehen werden können. Man muß daher, der großen Sorgfalt unerachtet, mit der die angeführten Messungen ausgeführt worden sind, denselben kein zu großes Gewicht beilegen.

Die Bestimmung des elektrischen Leitungswiderstandes mittelst der *Wärmeentwicklung*, die ein *constanter* elektrischer Strom in einem Leiter hervorbringt, ist in theoretischer Hinsicht weit einfacher und sicherer, als die Inductionsmethode, *wie diese bis jetzt angewandt worden ist*. Glücklicherweise haben wir eine große mit Sorgfalt ausgeführte und berechnete Versuchsreihe von Quintus Icilus¹⁾, wodurch dieser Physiker die Wärmeentwicklung bestimmt hat, welche eine gegebene Stromstärke in der Secunde in verschiedenen Kupfer- und Platindrähten, deren elektrischer Leitungswiderstand durch Vergleichung mit einem von Weber in absoluten Einheiten gemessenen Etalon bestimmt war, hervorbringt. Wird durch V die Anzahl relativer Wärmeeinheiten (1^{mte} Wasser 1° C.), die bei der Stromstärke S in jeder Secunde in einer Siemens'schen Widerstandseinheit entwickelt wird, bezeichnet, so erhalten wir durch diese Versuche die Bestimmung der Constante α in der Gleichung

1) Pogg. Ann. Bd. 101, S. 69.

$$V = \alpha s^2 \cdot 1,0257 \cdot 10^{10},$$

wenn wir mit Quintus Icilius die Weber'schen Bestimmungen des elektrischen Leitungswiderstandes benutzen, während wir mit der früheren Bedeutung von A als das absolute Arbeitsäquivalent für die relative Wärmeinheit (1^m Wasser 1° C.) und von s als dem absoluten Werth der Siemens'schen Widerstandseinheit

$$AV = s^2 S$$

haben. Aus diesen beiden Gleichungen folgt

$$S = \alpha A \cdot 1,0257 \cdot 10^{10}.$$

In den genannten Versuchen wurden drei verschiedene Flüssigkeiten in dem Calorimeter, nämlich Wasser, Alkohol und Terpentinöl benutzt. Die erstere Flüssigkeit hatte vor den beiden anderen den Vorzug, daß sie die Wärmemenge unmittelbar in den gewählten Wärmeinheiten gab; anderseits aber kann man hierbei einen kleinen Fehler nicht vermeiden und zwar wegen der größeren Leitungsfähigkeit des Wassers für die Elektrizität, wodurch die beobachtete Wärmeentwicklung und damit auch die Constante α ein wenig zu klein werden müssen. Die Versuche mit Alkohol zeigten wegen der Flüchtigkeit desselben eine so geringe Uebereinstimmung unter einander, daß sie außer Betracht gelassen werden müssen.

Als Durchschnitt von 28 Versuchen mit *Wasser* erhält man

$$\alpha = 2,543 \cdot 10^{-10},$$

und von den 10 Versuchen mit Terpentinöl

$$\alpha = 2,652 \cdot 10^{-10}.$$

Zwischen diesen beiden Werthen von α ist kein größerer Unterschied als derjenige, den man wegen der größeren Leitungsfähigkeit des Wassers erwarten könnte; man muß daher die letztere Zahl als diejenige annehmen, die man mit größter Wahrscheinlichkeit aus den Versuchen von Quintus Icilius herleiten kann. Mit diesem Werthe von α erhalten wir

$$S = 2,720 A = 1,16 \cdot 10^{10},$$

also genau den nämlichen Werth für die Siemens'sche

Widerstandseinheit in absolutem Maafse, den wir oben aus dem Wärmeleitungsvermögen der Metalle hergeleitet haben. Dafs es übrigens *genau* der nämliche Werth ist, muß selbstverständlich als ein Zufall angesehen werden.

Auch auf anderem Wege erhalten wir eine Bestätigung der Richtigkeit des hier aufgestellten Gesetzes, indem wir finden werden, dafs in diesem Gesetze die genaueste Uebereinstimmung zwischen den Gesetzen für die Fortpflanzung der Energie in den Metallen hervortritt, gleich viel, ob diese Fortpflanzung durch die Bewegung der Wärme oder der Elektrizität geschieht.

Unter *Energie* verstehen wir jede Gröfse, die sich durch *Arbeitseinheiten* messen läfst. Wir betrachten hier nur die Fortpflanzung der Wärme und der Elektrizität, insofern sie in beiden Fällen durch *Leitung* geschieht, so dafs wir also von der Fortpflanzung der Wärme in dem Innern des Körpers durch Strahlung und durch thermo-elektrische Ströme absehen, so wie wir auch, was die Elektrizität betrifft, von der Fortpflanzung durch Induction und durch thermo-elektrische Ströme absehen.

Wenn wir durch Q die in der Einheit des Volumens vorhandene Energie in einem Körper bezeichnen, so ist der Zuwachs $\frac{dQ}{dt} dt$, den Q durch *Wärmeleitung* in der Form von Wärme in dem Zeitelemente dt empfängt, bekanntlich durch

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{d}{dx} x \frac{dT}{dx} + \frac{d}{dy} x \frac{dT}{dy} + \frac{d}{dz} x \frac{dT}{dz} \quad . \quad . \quad (1)$$

bestimmt, wo T die Temperatur ist und x die Wärmeleitfähigkeit, welche im Allgemeinen als eine Funktion der Temperatur angesehen werden muß.

Setzen wir hierin, dem oben aufgestellten Gesetze zufolge,

$$x = k T,$$

indem k die elektrische Leitungsfähigkeit ist, so erhalten wir

$$2 \frac{dQ}{dt} = \frac{d}{dx} k \frac{dT^2}{dy} + \frac{d}{dy} k \frac{dT^2}{dy} + \frac{d}{dz} k \frac{dT^2}{dz}, \quad . \quad . \quad (2)$$

in welcher Gleichung alle Größen in absoluten Einheiten ausgedrückt gedacht werden können.

Da der Zuwachs an Energie hier nur in der Form von Wärme auftritt, so steht er in einem bekannten von dem specifischen Gewicht und der specifischen Wärme des Körpers abhängigen Verhältnisse zu dem Temperaturzuwachs, und die Gleichung giebt daher vollständig das Gesetz für die Fortpflanzung der Wärme durch Leitung an.

Sind in einem Punkte x, y, z eines Körpers die Componenten der Stromdichte u, v, w und ist k die elektrische Leitungsfähigkeit, so wird die von dem Volumenelemente $dx dy dz$ in dem Zeitelemente dt empfangene Wärmemenge nach dem Joule'schen Gesetze

$$\frac{u^2 + v^2 + w^2}{k} dx dy dz dt$$

seyn. Wenn dieses Volumenelement zugleich die Elektrizitätsmenge $\epsilon dx dy dz$ enthält und wenn die elektrische Spannung (das Potential) daselbst P ist, so empfängt gleichzeitig das Element die Energie

$$P \frac{d\epsilon}{dt} dx dy dz dt$$

in Form von Elektrizität. Wenn also Q wie früher die in der Volumeneinheit vorhandene Energie bezeichnet, so ist der Zuwachs, der von der Bewegung der Elektrizität herührt und der sowohl in der Form von Wärme als von Elektrizität auftritt, durch

$$\frac{dQ}{dt} = P \frac{d\epsilon}{dt} + \frac{u^2 + v^2 + w^2}{k} \dots (3)$$

bestimmt. Ebenso ist, indem wir von der durch Induction entstandenen Elektrizität absehen, nach *Ohm's* Gesetz

$$u = -k \frac{dP}{dx}, \quad v = -k \frac{dP}{dy}, \quad w = -k \frac{dP}{dz}, \quad (4)$$

wozu die Kirchhoff'sche Gleichung

$$\frac{d\epsilon}{dt} = -\left(\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz}\right) \dots (5)$$

kommt.

Also ist

$$\frac{dQ}{dt} = -P \left(\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz} \right) - \left(u \frac{dP}{dx} + v \frac{dP}{dy} + w \frac{dP}{dz} \right),$$

woraus folgt

$$\frac{dQ}{dt} = - \left(\frac{duP}{dx} + \frac{dvP}{dy} + \frac{dwP}{dz} \right) \quad . \quad . \quad (6)$$

Wenn durch die Fortpflanzung der Energie elektromotorische Kräfte im Innern des Körpers entstehen (Thermo-Elektricität), so ist für alle Elemente, in denen diese entstehen, weder das Joule'sche noch das Ohm'sche Gesetz gültig. Dennoch scheint auch in diesem Falle die letzte Gleichung ihre Gültigkeit zu bewahren, da sie mit der Erfahrung übereinstimmt, daß ein constanter Strom, der durch einen Querschnitt einer Leitung von einer kleineren zu einer gröfseren Spannung übergeht, hier eine Absorption von Wärme hervorbringt, welche mit der Stromstärke und dem Zuwachse an Spannung proportional ist.

Wir sehen hier jedoch von den möglichen thermoelektrischen Strömen im Innern des Körpers ab und erhalten dann aus der letzteren Gleichung vermittelst der Gleichungen (4)

$$2 \frac{dQ}{dt} = \frac{d}{dx} k \frac{dP^2}{dx} + \frac{d}{dy} k \frac{dP^2}{dy} + \frac{d}{dz} k \frac{dP^2}{dz} \quad (7),$$

Indem wir diese Gleichung mit der Gleichung (2) vergleichen, sehen wir, daß die Gesetze für die Fortpflanzung der Elektricität durch Elektricitätsleitung und Wärmeleitung ganz die nämliche Form haben; die positive oder negative elektrische Spannung und die Temperatur, von dem absoluten Nullpunkte gerechnet, werden einander entsprechen und sind, wenn man das hier vorgeschlagene absolute Maafs für den Centesimalgrad wählt, mit den nämlichen Einheiten zu messen. Ein Körper wird diesen Gleichungen zufolge in jedem Elemente seines Volumens den nämlichen Zuwachs an Energie erhalten, er mag unelektrisch seyn und eine an verschiedenen Stellen verschiedene absolute Temperatur T haben, oder er sey gleichartig erwärmt und habe eine elektrische Spannung $\pm P$, deren numerischer

Werth in jedem Punkte gleich T ist. Hier ist jedoch zugleich vorausgesetzt, daß k in beiden Fällen unverändert den nämlichen Werth habe, was nur annäherungsweise richtig ist. Im nächsten Augenblicke aber wird das Verhältniß dagegen wesentlich verändert, indem der Zuwachs an Energie in dem elektrischen Körper in der Form von Wärme auftritt, nicht aber als elektrische Spannung.

Daher wird auch das Gesetz für die Fortpflanzung der Elektrizität nicht durch die Gleichung (7) bestimmt, die allein dazu dienen kann, den Zuwachs an Energie zu bestimmen, wohingegen, wie wir gesehen haben, die Gesetze für die Fortpflanzung der Wärme allein durch die Gleichung (2) bestimmt werden. Wenn die Elektrizität sich fortwährend auf unveränderliche Weise durch einen Körper bewegt und nur diesen Fall können wir hier behandeln, da wir die inducirten Ströme nicht mit in Berechnung ziehen, so ist die Menge der Elektrizität zu jeder Zeit die nämliche und die Gleichung (5) wird dann

$$0 = \frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz}$$

werden; diese Gleichung in Verbindung mit den Gleichungen (4) giebt

$$\frac{d}{dx} k \frac{dP}{dx} + \frac{d}{dy} k \frac{dP}{dy} + \frac{d}{dz} k \frac{dP}{dz} = 0 \quad . \quad (8)$$

Die elektrische Spannung wird also von dieser Gleichung in Verbindung mit den gegebenen Gränzbedingungen zu bestimmen seyn.

Die Bewegung der Elektrizität ist hier als permanent angenommen worden; damit dieses vollständig der Fall werden könne, muß die entwickelte Wärme — in dieser Form erscheint hier ausschließlich der Zuwachs an Energie — hinweggeleitet werden. Wir wollen uns nun, um die Analogie zwischen der elektrischen Spannung und der Temperatur weiter fortzuführen, die entsprechenden Voraussetzungen auf die Bewegung der Wärme in einem Körper übergeführt *denken*; daß diese Voraussetzungen in der

Wirklichkeit nicht erfüllt werden können, kommt hier nicht in Betracht.

Wir denken uns also einen Körper, in dem die Bewegung der Wärme permanent erhalten wird und in dem die ganze Energie, welche die Wärme durch den Uebergang von einer höheren zu einer niedrigen Temperatur im Stande ist in der Form von Arbeit hervorzubringen, auf jedem Punkte des Körpers hinweggeleitet wird.

Wenn man fortwährend einem Körper in jeder Sekunde die Wärmemenge W bei der absoluten Temperatur T hinzuführt und gleichzeitig fortwährend die Wärmemenge W_1 bei einer niedrigen Temperatur T_1 hinwegleitet, so wird der Wärmezustand sich unverändert erhalten, wenn die ganze Differenz $W - W_1$ in Arbeit verwandelt wird, und man wird der mechanischen Wärmetheorie zufolge die ganze Arbeit, welche die Wärmemenge W im Stande ist bei dem Uebergange von der Temperatur T bis T_1 hervorzubringen, erhalten, wenn man

$$\frac{W}{T} = \frac{W_1}{T_1} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (9)$$

hat.

Setzen wir für die drei zusammenstoßenden Flächen eines unendlich kleinen rechtwinkligen Parallelepipeds

$$\frac{W}{T} = \xi \, dy \, dz + \eta \, dx \, dz + \zeta \, dx \, dy,$$

so wird man für die anderen drei Flächen

$$\begin{aligned} \frac{W_1}{T_1} = & \left(\xi + \frac{d\xi}{dx} \, dx \right) dy \, dz + \left(\eta + \frac{d\eta}{dy} \right) dx \, dz \\ & + \left(\zeta + \frac{d\zeta}{dz} \right) dx \, dy \end{aligned}$$

haben, und die Gleichung (9) wird dann

$$\frac{d\xi}{dx} + \frac{d\eta}{dy} + \frac{d\zeta}{dz} = 0 \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (10)$$

geben.

Hier ist $T\xi \, dy \, dz$ die durch die Fläche $dy \, dz$ in der Zeiteinheit hinzugeleitete Wärmemenge; diese ist aber auch, wenn κ die Wärmeleitungsfähigkeit ist, durch $-\kappa \frac{dT}{dx} \, dy \, dz$ bestimmt; also ist

$$\xi = - \frac{x}{T} \cdot \frac{dT}{dx} = - k \frac{dT}{dx}$$

und auf dieselbe Art

$$\eta = - k \frac{dT}{dy}, \quad \zeta = - k \frac{dT}{dz}.$$

Diese Gleichungen geben in Verbindung mit der Gleichung (10).

$$\frac{dk}{dx} \frac{dT}{dx} + \frac{dk}{dy} \frac{dT}{dy} + \frac{dk}{dz} \frac{dT}{dz} = 0 \quad . \quad . \quad (11)$$

Wir sehen also, daß bei der hier gedachten Bewegung der Wärme, wo die Voraussetzungen mit den in der Wirklichkeit stattfindenden Bedingungen für die permanente Bewegung der Elektrizität ganz analog gestellt sind, die Temperatur von derselben Differentialgleichung zu bestimmen seyn würde wie die elektrische Spannung (siehe Gleichung (8)).

Durch die permanente Bewegung der Elektrizität durch einen Körper entsteht Wärme, welche zuletzt auch, wenn sie fortwährend auf dieselbe Art abgeleitet wird, eine permanente Bewegung erhält. Der Zuwachs an Energie, welcher *sowohl* der Bewegung der Elektrizität *als* der der Wärme seine Entstehung verdankt, wird nun in jedem Elemente des Körpers Null werden, und aus den Gleichungen (2) und (7) wird man

$$\frac{d}{dx} k \frac{d(P^2 + T^2)}{dx} + \frac{d}{dy} k \frac{d(P^2 + T^2)}{dy} + \frac{d}{dz} k \frac{d(P^2 + T^2)}{dz} = 0 \quad (12)$$

erhalten. Durch diese Gleichung in Verbindung mit der Gleichung (8) ist also die elektrische Spannung P und die absolute Temperatur T zu bestimmen, wenn sowohl die Bewegung der Elektrizität als die der Wärme permanent geworden ist.

Wenn wir zum Beispiel die Elektrizität durch einen Körper leiten, indem wir in einem kleinen Theil σ_0 seiner Oberfläche eine constante elektrische Spannung P_0 , und in einem anderen Theil σ_1 seiner Oberfläche die Spannung P_1

erhalten, und wenn wir zugleich diese beiden Flächen in derselben constanten Temperatur T_0 halten, während der übrige Theil der Oberfläche von vollkommen schlechten Wärme- und Elektrizitätsleitern umgeben ist, so wird zuletzt eine permanente Bewegung der Elektrizität und der Wärme entstehen, wobei die Elektrizität dieselbe Wärme entwickeln wird, welche durch die Flächen σ_0 und σ_1 abgeleitet wird.

Setzen wir

$$P^2 + T^2 + AP + B = \varphi, \quad \dots (13)$$

worin A und B zwei willkürliche Constanten sind, so wird man durch die gegebenen Gleichungen (12) und (8)

$$\frac{d}{dx} k \frac{d\varphi}{dx} + \frac{d}{dy} k \frac{d\varphi}{dy} + \frac{d}{dz} k \frac{d\varphi}{dz} = 0 \quad (14)$$

erhalten.

Die beiden Constanten A und B werden demnächst so bestimmt, daß man für beide Flächen σ_0 und σ_1 $\varphi = 0$ erhält, indem man

$$\begin{aligned} P_0^2 + T_0^2 + AP_0 + B &= 0 \\ P_1^2 + T_0^2 + AP_1 + B &= 0 \end{aligned}$$

setzt. Mit den hieraus folgenden Werthen für A und B , nämlich

$$A = -(P_0 + P_1) \quad \text{und} \quad B = P_0 P_1 - T_0^2, \quad (15)$$

wird man für alle Punkte des Körpers

$$\varphi = 0 \quad \dots \dots \dots (16)$$

haben, indem hiedurch sowohl die Differentialgleichung (14) als die Gränzbedingungen in den Flächen σ_0 und σ_1 befriedigt sind, während die Gränzbedingungen für den übrigen Theil der Oberfläche des Körpers, wo k Null ist, durch jeden beliebigen, also auch durch den hier angegebenen Werth von φ befriedigt werden. Aus den Gleichungen (13), (15) und (16) folgt

$$T^2 - T_0^2 = (P_0 - P)(P - P_1) \quad (17)$$

Wenn man also in längerer Zeit einen constanten elektrischen Strom durch einen auf beliebige Art geformten Leiter, der von schlechten Wärmeleitern umgeben ist, hin-

durchleitet und wenn man die Temperatur in den beiden Zuleitungsflächen gleich und constant erhält, so wird die Temperatur in jedem Punkte der Leitung aus den beiden elektrischen Spannungsunterschieden für den betrachteten Punkt und den beiden Zuleitungsflächen nach (17) berechnet werden können. Umgekehrt wird das gefundene Resultat zu einer *experimentellen Bestimmung des Centesimalgrades in absoluten Einheiten dienen können*.

Die Temperaturerhöhung, welche von dem elektrischen Strome herrührt, ist $T - T_0$. Nun ist

$$T^2 - T_0^2 > (T - T_0)^2$$

und also der letzten Gleichung zufolge

$$(T - T_0)^2 < (P_0 - P) (P - P_1).$$

Da die rechte Seite ihren größten Werth für $2P = P_0 + P_1$ hat, so ist, wenn P_0 größer als P_1 angenommen wird, auch

$$T - T_0 < \frac{P_0 - P_1}{2} (18)$$

Hieraus sehen wir, daß die größte Temperaturerhöhung, welche in irgend einem Punkte der Leitung entstehen kann, immer numerisch kleiner ist als die halbe Differenz der elektrischen Spannungen in den beiden Zuleitungsflächen. Sie würde eben dieser halben Differenz *gleich* werden, wenn man die Zuleitungsflächen bis zum absoluten Nullpunkte abkühlen könnte, nämlich für $T_0 = 0$. So stehen also der elektrische Spannungsunterschied und die größte Temperaturerhöhung, welche man durch jene erhalten kann, in der genauesten Verbindung mit einander.

Es ist daher auch nicht ohne Interesse, den elektrischen Spannungsunterschied, zum Beispiel in den Polen eines galvanischen Elementes, die „elektromotorische Kraft“ des Elementes, in Centesimalgraden zu berechnen. So ist die elektromotorische Kraft eines Daniell'schen Elementes ungefähr $12,10^{10}$ absolute Einheiten, der halbe Spannungsunterschied der Pole oder, wie es ausgedrückt werden könnte, die positive Spannung des Elementes (die negative als ebenso groß angenommen), ist folglich $6,10^{10}$ absolute Einheiten oder (da 1°C. gleich $273,10^\circ \text{C.}$) 2780°C. Dieses

würde also die größte Temperaturerhöhung seyn, welche das Element bei constantem Strome in einer Leitung hervorbringen könnte, wenn man das Element selbst in einer constanten Temperatur erhielte. In der Wirklichkeit würde diese Temperaturerhöhung jedoch nur dann stattfinden können, wenn man das Element oder dessen Pole bis zum absoluten Nullpunkte abkühlen könnte; nehmen wir dagegen für diese eine Temperatur von 20° C. über dem Gefrierpunkte des Wassers an, so wird man aus der Gleichung (17) 2502° C. als die größte Temperaturerhöhung finden.

In einem von Bunsen ¹⁾ untersuchten thermo-elektrischen Kupferkies-Kupfer Elemente war die elektromotorische Kraft ungefähr gleich $\frac{1}{10}$ Daniell'schen Element, die „positive Spannung“ also ungefähr gleich 278° C., wenn die eine Löthstelle bis zum Schmelzpunkte des Zinnes und die andere bis ungefähr 60° C. über dem Gefrierpunkte des Wassers erwärmt worden war. In der Wirklichkeit würde die größte Temperaturerhöhung, wenn dieselbe ebenso wie oben berechnet wird, ungefähr 111° C. seyn.

Hieraus läßt sich jedoch nicht schliessen, daß zum Beispiel das letzterwähnte Element nicht einen Funken und also eine weit größere Erwärmung durch die Unterbrechung der Leitung hervorbringen könnte; ich bin im Gegentheil überzeugt, daß dieses möglich ist. Um zu zeigen, wie außerordentlich leicht die elektrischen Funken durch eine Stromunterbrechung entstehen, will ich folgenden Versuch anführen. Ein elektrischer Strom, dessen Stromstärke in absolutem Maasse 20 war, wurde durch einen 1^{mm} dicken Kupferdraht geleitet. Dieser war mit einer scharfen Stahlschneide verbunden, mit der eine andere Stelle des Drahtes mit schnellen Strichen geschrappt wurde. Es zeigte sich dann bei vollständiger Finsterniß noch eine Helle zwischen der Stahlschneide und dem Kupferdrahte, wenn der Abstand zwischen den beiden Punkten des Kupferdrahtes,

1) Pogg. Ann. Bd. 123 S. 505.

welcher durch die Stahlschneide mit einander in leitende Verbindung gesetzt wurden, nur 400^{mm} war. Diese Leichtigkeit, mit der ein Funke durch die Unterbrechung des Stromes entsteht, zeigt indessen nur, daß die *Induction* hier eine wesentliche Rolle spielt.

VII. Ueber die Temperatur-Constante; von Simon Šubic in Graz.

1. In meiner Abhandlung „über die Constanten der Gase“¹⁾ habe ich den Beweis zu führen gesucht, daß alle Gase bei gleicher Temperatur und gleichem Drucke in der Volumeinheit die gleiche Anzahl Molecüle enthalten. Reicht auch der angeführte Joule'sche Versuch zur Herstellung des Beweises nicht aus, so erscheint doch dieser Satz durch die daraus gezogenen mit der Erfahrung übereinstimmenden Folgerungen bewiesen.

Als nächste Consequenz dieses Satzes ergab sich der weitere Satz, daß bei gleicher Temperatur die einzelnen Molecüle aller Gase in Bezug auf ihre fortschreitende Bewegung die gleiche lebendige Kraft haben.

Bezeichnet man mit $\frac{mu^2}{2}$ die mittlere lebendige Kraft der fortschreitenden Bewegung des Molecüls, mit T die absolute Temperatur des Gases und mit h die der Einheit der Temperatur entsprechende lebendige Kraft der fortschreitenden Bewegung des Molecüls oder die mit dem Namen *Temperatur-Constante* bezeichnete Gröfse, so hat man

$$hT = \frac{mu^2}{2} \dots \dots \dots (1)$$

In derselben Abhandlung habe ich ferner dargethan, daß wie schon Clausius in der mechanischen Wärmetheorie nachgewiesen hat, die Differenz der beiden specifischen

1) Šubic, Pogg. Annal. Bd. CXLV, S. 302.