renden Kraft unabhängig sei. Wahrscheinlich treten die Differenzen erst bei grossen Unterschieden der electrisirten Kräfte merklich hervor. Ich konnte nicht viel mehr als 35 Elemente zur Ladung verwenden, weil dann das Spiegelbild über die Scala hinausging.

6) Die Gleichung $\sqrt{D} = n$ gilt nur näherungsweise.

7) Die von verschiedenen Forschern, ja oft auch von demselben Forscher nach verschiedenen Methoden erhaltenen Werthe der Constante D für dieselbe Flüssigkeit differiren bedeutend. So beträgt z. B. die Constante D des Benzols nach:

Silow . . 2,198

Quincke . 2,050

Weber . 2,207

Negreano 2,2921; meine Messungen ergaben:
2,218.

Silow findet für Terpentinöl nach zwei Methoden 2,221 und 2,153.

Diese Unterschiede sind wahrscheinlich grösstentheils durch verschiedene Reinheit der Flüssigkeiten bedingt.

Hr. Prof. Wroblewski hat mir im Verlauf der ganzen Untersuchung mit Rath beigestanden. Ich erfülle eine angenehme Pflicht, indem ich dem genannten Herrn für sein Wohlwollen meinen Dank ausspreche.

Krakau, im Juni 1887.

**V. Ueber einen Zusammenhang zwischen Magnetisirbarkeit und electricchem Leitungsvermögen bei den verschiedenen Eisensorten und Nickel;
von W. Kohlrausch in Hannover.**

(Hierzu Taf. I Fig. 2—6.)

1) Wird ein Stab oder ein Draht aus Eisen oder Stahl zur hellen Rothgluth oder zur Weissgluth erhitzt und dann sich selbst überlassen, so erfolgt seine Verkürzung beim Abkühlen bekanntlich nicht continuirlich, sondern bei dem Uebergang von der hellen zur dunklen Rothgluth; wenn die bei

höherer Temperatur verschwundene Magnetisirbarkeit sich wieder einstellt, verlängert er sich plötzlich wieder ein wenig und zieht sich dann bei fernerer Abkühlung continuirlich bis zum Erkalten zusammen. Beim Erhitzen findet das Umgekehrte statt, aber es ist die Erscheinung dann weniger ausgeprägt oder weniger leicht zu beobachten. Gore hat diese That-sachen zuerst beschrieben. Von Barret und von Norris sind sie dann weiter untersucht worden, und ersterer hat beobachtet, dass die Wiederausdehnung beim Abkühlen von einer schwachen Zunahme der Rothgluth und einem Knistern oder Knacken begleitet ist. Heim¹⁾ hat später diese Erscheinungen im Zusammenhange einer eingehenden Untersuchung unterzogen und gefunden, dass die anomale Ausdehnung des Eisens vom Kohlenstoffgehalt abhängt. Er hat, abgesehen von vielen anderen interessanten Resultaten seiner Untersuchung, zuerst sicher nachgewiesen, dass die anomale Ausdehnung mit dem Wiedereintritt der Magnetisirbarkeit beim Abkühlen des Eisens und Stahles stets genau zusammenfällt.²⁾

Alle diese Beobachtungen deuten mit grosser Wahrscheinlichkeit auf eine moleculare Aenderung im Eisen hin, welche nach dem Vorgange Gore's als eine vorübergehende Verminderung der Cohäsion bei einer bestimmten Temperatur gewöhnlich aufgefasst wird. Dem Einflusse nach, welchen Härtung, Biegung, Torsion, Dehnung u. s. f. auf das electrische Leitungsvermögen der Metalle ausüben, steht aber dieses ebenfalls mit der molecularen Structur der Leiter in irgend welchem Zusammenhange.

Die vorliegende Arbeit enthält nun die Resultate einer Untersuchung darüber, ob die beschriebene moleculare Aenderung bei der Rothgluth des Eisens auch im Leitungsvermögen ihren Ausdruck findet, mit anderen Worten, ob bei

1) Heim, Untersuchungen über die Gore'schen Phänomene. Inauguraldissertation. München, H.Kutzner, 1885. Dort finden sich auch die übrigen Literaturnachweise.

2) Vielleicht tritt auch der von Tait entdeckte Zeichenwechsel im sogenannten „Thomson-Effect“ im Eisen mit den genannten Erscheinungen gleichzeitig auf.

allmählicher Erhitzung oder Abkühlung eines Eisendrahtes sein electrisches Leitungsvermögen gleichmässig oder doch mit allmählicher Aenderung der Steigung zu- und abnimmt, oder ob es etwa beim Durchgang des Eisens durch die Rothgluth ebenfalls Sprünge oder sonstige auffällige Aenderungen zeigt.

2) Messungsverfahren Fig. 2.

Da das Versuchsmaterial vorwiegend Eisen ist, so musste die Erhitzung, um Oxydation beim Glühen zu vermeiden, unter Ausschluss von Sauerstoff, also in einem geschlossenen Gefäss, stattfinden. Dadurch war von vornherein jede andere Methode der Erhitzung als die durch den electrischen Strom ungemein erschwert, wenn helle Rothgluth erreicht werden und neben der Widerstandsmessung auch eine Bestimmung der Magnetisirbarkeit des glühenden Materials stattfinden sollte. Ich habe daher die Erhitzung durch den Strom bewirkt, aber gleichzeitig den Nachweis geführt, dass der den Draht durchfliessende Strom keinen merklichen störenden Einfluss auf die Versuchsergebnisse hat.

Das Verfahren der Widerstandsbestimmung war damit auch ohne weiteres gegeben. Die Stromstärke i im Draht wurde in Ampère gemessen und an zwei um die Länge l in Metern von einander abstehenden Punkten des Drahtes, zwischen welchen derselbe gleichmässig erhitzt war, die Spannungsdifferenz e in Volt bestimmt; dann ergibt sich bei dem Querschnitt q des Drahtes in Quadratmillimetern der specifische Widerstand s aus der Beziehung:

$$s = \frac{e}{i} \frac{q}{l}.$$

Die durch grosse Rheostaten R (Fig. 2) regulirte Stromstärke i wurde entweder mit dem Torsionsgalvanometer¹⁾ direct bei d oder in bekannter Weise unter Vorschaltung eines geeigneten Widerstandes w_1 mit einem geaichten Spiegelgalvanometer g_1 ²⁾ im Nebenschluss zu 0,1 Ohm gemessen. Letzteres war aus 200 mm breitem und etwa 0,14 mm dickem

1) W. Kohlrausch, Centralbl. f. Electrotechn. 8. p. 813. 1886.

2) W. Kohlrausch, Electrotechn. Zeitschr. 7. p. 273. 1886.

Nickelinblech gebildet, dessen Widerstand bei den zur Verwendung gelangten Stromstärken sich noch nicht soviel änderte, dass ein merklicher Messungsfehler entstehen konnte. Die im Nebenschluss vor die Messinstrumente eingefügten Widerstände w_1 und w_2 bestanden theils aus Nickelin, theils aus einer Neusilbersorte mit sehr kleinem Temperaturcoefficienten. Der Widerstand der Messinstrumente war vergleichsweise sehr klein. Es kommen daher die Aenderungen der Zimmertemperatur gegen sonstige Fehlerquellen, welche Unsicherheiten von einigen Zehntel Procenten bis gelegentlich zu 1 Proc. wohl zur Folge haben konnten, für die Widerstände nicht in Betracht.

Die Spannungsdifferenz e an den Endpunkten des zu messenden Widerstandes ab wurde ebenfalls mit Hülfe eines geaichteten Spiegelgalvanometers g_2 bestimmt, unter Vorschaltung von Widerständen w_2 aus Neusilberdraht im Betrage von je nach den Umständen 1000 bis 20000 Ohm.

Die Magnetisirbarkeit des erhitzten Drahtes, welcher (s. unter 3) senkrecht zu seiner Längsrichtung beweglich horizontal aufgehängt war, wurde durch die mit Fernrohr, Spiegel und Scala bestimmte Anziehung gemessen, welche ein in gleicher Höhe mit dem Draht quer vor dessen Mitte aufgestellter und durch Accumulatoren A constant, kräftig erregter Electromagnet m (Fig. 3) auf den Draht ausübte. Der Electromagnet wirkt auch auf den im Draht verlaufenden Strom anziehend oder abstossend, wenn seine magnetische Axe über oder unter dem Draht oder nicht genau senkrecht zu demselben verläuft. Diese störenden Kräfte wurden durch Umwendung der Stromrichtung im Draht bei jeder Bestimmung der Magnetisirbarkeit unschädlich gemacht. Es ist klar, dass nach diesem Verfahren die Magnetisirbarkeit des erhitzten nur relativ zu der des kalten Drahtes bestimmt werden konnte.

3) Versuchsanordnung Fig. 3.

AB (Figur 3) ist ein luftdicht verlötheter Kasten aus Zinkblech mit einer Bodenfläche von 40×25 cm bei 20 cm Höhe. Er steht, durch vier Ecksfüsse erhöht, in einem

äusseren Blechuntersatz CD . Das um den Kasten gelöthete Blech EF bildet mit dem oberen Rande des Kastens eine 10 mm breite und 60 mm tiefe Rinne, welche halb mit Wasser gefüllt ist. Der abnehmbare Kastendeckel JK hat einen nach oben und nach unten etwa 50 mm überstehenden Rand GH , dessen unterer Theil, in die Wasserrinne eingesetzt, den luftdichten Abschluss des Kastens bewirkt.

ab ist der zu erheizende Draht, welcher mittelst Klemmen an starken verticalen Kupferstäben befestigt ist. Die oben umgebogenen Enden der Kupferstäbe hängen auf Spitzen, leicht beweglich in den zwei Quecksilbernäpfen xz , welchen durch die vom Kastendeckel isolirten Kupferstäbe e und f der durch eine Schuckert'sche Dynamomaschine erzeugte Hauptstrom i zugeführt wird. Die ganze Länge des Drahtes ab beträgt etwa 25 cm. Da aber die Enden desselben infolge grosser Wärmeabgabe an die Klemmen und Kupferstäbe die Temperatur der Mitte des Drahtes nicht erreichen, so ist nur die Mitte des Drahtes zur Widerstandsmessung herangezogen. In den um 10 cm von einander abstehenden Punkten c und d sind zwei äusserst feine Platindrähte am Drahte ab hart verlöthet, welche durch g und h zu dem die Spannungsdifferenz der Punkte c und d messenden Spiegelgalvanometer führen. m ist der Eisenkern des Electromagnets, welcher den durch ein Federgalvanometer gemessenen Strom von 6 Accumulatoren durch die Drähte ik erhält. Die Stromstärke beträgt bei den verschiedenen Versuchen 8 bis 15 Ampère und wird mit Hülfe eines starken Bandrheostaten für jede Versuchsreihe constant erhalten. Die durch den Electromagnet bewirkte Anziehung des Drahtes wird durch ein Spiegelglasfenster in der vorderen Kastenvand am Spiegel o beobachtet. Eine Glycerindämpfung p macht die Bewegungen des aufgehängten Gestelles nahezu aperiodisch.

Der Draht ab biegt sich beim Glühen durch und verändert also während des Versuchs seine Lage. Er wird daher bei einem Vorversuche geglüht, dann neuerdings in den Klemmen so gefasst, dass die Durchbiegung senkrecht nach unten erfolgt, und nun der durch das seitliche Fenster w be-

leuchtete Electromagnet während des Versuchs an der senkrecht geführten Stange ln so verschoben, dass er in der Höhe dem sich durchbiegenden Drahte folgt. Der Abstand des Drahtes vom Electromagnet bleibt dann genügend constant.

Sauerstofffreies Gas, Leuchtgas oder electrolytischer Wasserstoff, wird bei u eingeleitet, fliesst bei v ab und streicht während der Versuche unter Ueberdruck, welcher an einem Wassermanometer constatirt wird, langsam durch. Nach dem Austritt aus dem Kasten wird es verbrannt und aus dem Aussehen der Flamme erkannt, ob alle Luft aus dem Kasten vertrieben ist. Der Wasserstoff wird electrolytisch dargestellt in einem anderweitig zu beschreibenden kleinen Wasserzersetzungssapparat, welcher eine Stromstärke von 40 Ampère gut aushält, und daher 16 l Wasserstoff in einer Stunde liefert.

Die von dem erhitzten Draht abgegebene Wärme führt bald zu einer unbequem hohen Temperatur der Kastenwände, welche leicht den Löthfugen gefährlich werden kann. Eine Wasserkühlung ist daher um so mehr erforderlich, als eine Erhitzung des Gases im Kasten auch die Wärmeabgabe des glühenden Drahtes gestört und die Versuchsergebnisse verschoben haben würde. Ein lebhafter Wasserstrom fliesst bei q aus der Wasserleitung auf den Kastendeckel, bedeckt diesen etwa 2 cm hoch, fliesst bei r in den Untersatz ab und bespült von s nach dem Ausfluss t hin den erhöht aufgestellten Kasten am Boden. Die Temperatur im Kasten unter dem Deckel stieg infolge dessen selten über 50°.

4) Beobachtungsverfahren.

Die Dynamomaschine, welche dem zu untersuchenden Draht den Strom zuführte, lief, da sie durch einen Nebenschluss n (Figur 2) stets voll belastet gehalten wurde, so gleichmässig, dass die Schwankungen in den Ausschlägen der Instrumente selten mehr als 1 Proc. erreichten. Sobald die Ausschläge constant waren, das heisst, sobald zwischen Arbeitszufuhr und Wärmeabgabe im Draht Gleichgewicht eingetreten war, wurden Stromstärke i und Spannung e ab-

gelesen. Dann wurde sofort der Strom der Accumulatoren geschlossen, welcher den Electromagnet m erregt, die Stromstärke abgelesen, um ihrer Constanz sicher zu sein, am Spiegel o der Ausschlag gemessen, welchen die Anziehung des Drahtes durch den Electromagnet bewirkt, dann der Hauptstrom i im Draht umgelegt, abermals in gleicher Weise die Magnetisirbarkeit des Drahtes bestimmt und schliesslich Stromstärke und Spannung im Draht controlirt.

5) Versuchsergebnisse.

a. Reines Eisen.

Durch die Güte der Herren Hartmann und Braun in Bockenheim war ich im Besitz einer Quantität electrolytisch niedergeschlagenen Eisens in Bandform und in Plattenform, welches aus der kaiserlich russischen Expedition zur Anfertigung der Reichspapiere stammt. Eine chemische Untersuchung, welche Hr. Geh. Regierungsrath Kraut gütigst ausführen liess, bestätigte die Reinheit des Eisens. Auch Kohlenstoffgehalt war kaum nachweisbar.

Um die eventuelle Aufnahme von Kohlenstoff beim Glühen des Eisens im offenen Feuer unmöglich zu machen, wurden vorerst nur an den Enden des zu untersuchenden Bandes starke Kupferdrähte hart angelöthet und dieselben in den Klemmen $a b$ (Fig. 3) gefasst. Ebenso wurden die zum Spannungsgalvanometer g_2 (Fig. 2) führenden Platindrähte bei c und d (Fig. 3) mit einer feinen Stichflamme hart verlöthet. Dadurch waren nur die Enden der zu untersuchenden Strecke cd des Bandes geglüht. 80 Proc. der ganzen Strecke cd waren nicht einmal farbig angelaufen. Das Band wurde dann in Wasserstoff geglüht, die erfolgte Durchbiegung durch Nachspannen in den Klemmen a und b thunlichst ausgeglichen und die weitere Untersuchung ebenfalls in Wasserstoff ausgeführt. Die Resultate einer Beobachtungsreihe¹⁾ sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die erste Verticalreihe enthält

1) Ich gebe im allgemeinen für jedes Material die zweite Beobachtungsreihe, bei welcher auf Grund der ersten orientirenden Versuchsreihe die Beobachtungen möglichst auch an den charakteristischen Punkten stattfanden.

die laufende Beobachtungsnummer, die zweite die Stromstärke i in Ampère, die dritte den Widerstand des Drahtes w in Ohm, die vierte die dem Draht zugeführte electrische Arbeit i^2w in Volt-Ampère, die fünfte den specifischen Widerstand s des Materials und die sechste eine der Magnetisirbarkeit proportionale Grösse M .

Tabelle 1. Reines Eisen.

Band: $7,5 \times 0,38$ m/m dick, 100 m/m lang.

In Wasserstoff.

Nr.	i Ampère	w Ohm	i^2w Volt Ampère	s Specif. Widerst.	M Magnetis- sirbarkeit	
1	—	—	—	—	100	
2	4,92	0,00420	0,1015	0,119	99	
3	11,1	423	0,521	0,121	96	
4	21,96	478	2,35	0,136	83	
5	29,7	524	4,62	0,149	76	
6	36,0	617	8,03	0,176	72	
7	43,7	0,00742	14,1	0,211	67	
8	53,4	0,01145	32,8	0,326	66	
9	58,3	155	52,9	0,442	64	
10	62,0	204	78,6	0,582	63	
11	64,1	233	95,6	0,664	61	dunkelroth
12	65,9	277	120,5	0,790	60	
13	67,7	394	180	1,122	6	roth
14	69,5	406	196	1,156	3	hellroth
15	71,9	416	215	1,185	1	
16	75,2	428	242	1,220	—	gelb
17	78,6	433	267	1,233	—	
18	80,8	434	283	1,236	—	
19	83,9	0,0442	311	1,258	—	

In Fig. 4 sind die Beobachtungen an reinem Eisen in Curven dargestellt. Wählt man die Stromstärke i , welche das Eisen erwärmt, als Abscisse, den specifischen Widerstand s in einer Curve *I*, die Magnetisirbarkeit M in der anderen Curve *II* als Ordinaten, so zeigt die Widerstandscurve ein erst langsames, dann sehr rasches Ansteigen bis zu dem Augenblicke, in welchem die Curve für die Magnetisirbarkeit plötzlich und steil abfällt. In diesem Moment wendet auch die Widerstandscurve scharf um und hebt sich bei zunehmender Stromstärke nur noch wenig.

Trägt man die dem Eisen zugeführte electrische Arbeit i^2w als Abscisse auf (Curve *III*, Fig. 4), so zeigt sich, dass

der Widerstand bis zum Verschwinden der Magnetisirbarkeit nahezu der Arbeit proportional wächst, dann aber erfolgt wieder eine deutlich erkennbare Wendung der Curve, hinter welcher der Widerstand langsam weiter ansteigt. Die Magnetisirbarkeitscurve zu Curve III ist nicht gezeichnet, ebensowenig zu Curve IV, welche letztere den Widerstand des besprochenen Eisenbandes abhängig von der Stromstärke als Abscisse darstellt, wenn die Messungen in Leuchtgas statt in Wasserstoff stattfanden. Infolge des grösseren Wärmeleitungsvermögens¹⁾ des Leuchtgases finden alle Erscheinungen bei kleineren Stromstärken statt, während die Form der Curve dieselbe ist, wie in Wasserstoff. Dass der jenseits des Wendepunktes gelegene Theil der Curve in Leuchtgas aufwärts gebogen ist, während er im Wasserstoff die umgekehrte Krümmung zeigt, kann damit zusammenhängen, dass das hellglühende Eisen aus dem zersetzten Leuchtgas Kohlenstoff bindet. Wahrscheinlich aber ist es eine Folge davon, dass der nach dem Versuch leicht erkennbare, auf der Oberfläche des Eisens aus dem Leuchtgas mechanisch abgeschiedene glühende Kohlenstoff die Wärmeabgabe verlangsamt.

Die Temperaturen der untersuchten Körper zu ermitteln, habe ich nicht versucht. Es ist ja die Temperatur für die vorliegenden Versuche eine ebenso willkürliche Abscisseneinheit, wie die zugeführte Arbeit. Da die Temperatur ganz zu Anfang der abgegebenen Wärmemenge, das heisst der zugeführten electricischen Arbeit proportional wächst, nachher aber langsamer als diese, so würde eine Darstellung der vorliegenden Beobachtungen mit der Temperatur als Abscisse eine Widerstandscurve ergeben, welche, anfangs gleiche Richtung vorausgesetzt, später links von der Curve III, Fig. 4 verlaufen würde.

b. Eisendraht, Stahldraht, Nickel, Platin.

Die Untersuchung dieser Metalle fand in Leuchtgas statt. Benutzt wurden gewöhnliche käufliche Eisendrähte, dünne

1) Es muss möglich sein, auf Grund ähnlicher Versuche einfach und sehr genau die Wärmeleitungsvermögen verschiedener Gase zu vergleichen. Mit den Vorbereitungen zu einer entsprechenden Untersuchung bin ich beschäftigt.

Tabelle 2. Eisen.

Draht: 1,75 m/m Durchmesser,
100 m, m lang.
In Leuchtgas.

Nr.	Amp.	Spec. Widerst.	Magne- tisir- barkeit	
1	—	—	100	
2	5,32	0,149	88	
3	9,80	0,153	78	
4	15,0	0,167	70	
5	19,4	0,188	65	
6	24,8	0,213	58	
7	29,9	0,278	53	
8	34,4	0,348	50	
9	39,2	0,500	47	
10	42,8	0,665	44	
11	45,2	0,877	35	
12	46,2	1,034	2	roth
13	47,7	1,073	—	
14	51,2	1,10	—	
15	55,1	1,135	—	

Tabelle 3. Gussstahl.

Stange: 1,87 m/m Durchmesser,
100 m/m lang. In Leuchtgas.

Nr.	Amp.	Spec. Widerst.	Magne- tisir- barkeit	
1	—	—	100	
2	5,44	0,194	109	
3	9,64	0,202	117	
4	13,7	0,215	115	
5	18,1	0,234	109	
6	20,9	0,252	104	
7	23,0	0,262	103	
8	27,5	0,305	91	
9	29,9	0,351	65	
10	32,4	0,376	67	
11	35,3	0,432	67	
12	38,7	0,495	66	
13	40,7	0,581	64	
14	42,4	0,647	61	
15	44,4	0,733	62	dunkel- roth
16	45,4	0,776	63	
17	46,5	0,834	61	
18	47,8	0,912	52	roth
19	48,6	1,092	—	hellroth
20	50,8	1,11	—	gelb
21	54,8	1,14	—	hellgelb
22	59,6	1,165	—	fast weiss
23	62,7	1,21	—	

Tabelle 5. Platin.

Draht: 0,5 mm Durchmesser,
100 m/m lang.
In Leuchtgas.

Nr.	Amp.	Spec. Widerst.	
1	1,36	0,159	
2	2,13	0,163	
3	2,91	0,171	
4	3,75	0,178	
5	5,27	0,199	
6	6,66	0,226	
7	8,05	0,256	
8	9,11	0,279	
9	10,9	0,329	
10	11,6	0,350	dunkelroth
11	12,6	0,379	
12	13,5	0,400	gelbroth
13	14,6	0,441	leuchtend gelb
14	15,7	0,472	
15	16,5	0,492	fast weiss

Tabelle 4. Nickel.

Band: 3,55 x 1,15 mm dick,
100 m/m lang. In Leuchtgas.

Nr.	Amp.	Spec. Widerst.	Magne- tisir- barkeit	
1	—	—	100	
2	5,16	0,121	100	
3	8,6	0,129	101	
4	12,6	0,132	100	
5	16,1	0,137	97	
6	19,0	0,142	96	
7	20,5	0,144	95	
8	25,2	0,158	89,5	
9	28,2	0,161	89	
10	31,5	0,174	89	
11	36,0	0,192	88	
12	39,8	0,211	87	
13	42,5	0,237	86	
14	46,8	0,285	80	
15	49,6	0,341	60	
16	51,4	0,378	57	
17	52,8	0,388	28	
18	54,5	0,407	—	
19	60,2	0,442	—	
20	66,1	0,446	—	
21	71,4	0,463	—	dunkel- roth

Stangen aus Gussstahl, Streifen, welche von für galvanoplastische Zwecke fabrikmässig hergestellten Nickelplatten abgeschnitten wurden, und welche etwa 99,5 Proc. Nickel enthalten dürften, und endlich Platindrähte von Heräus in Hanau.

Die Tab. 2, 3, 4, 5 (p. 51) enthalten ausser den Dimensionen des untersuchten Materials die Versuchsergebnisse in leicht ersichtlicher Form. Die Magnetisirbarkeit bei höheren Temperaturen ist, wie oben in Procenten der bei Zimmertemperatur beobachteten Magnetisirbarkeit angegeben. Eine Vergleichung der Magnetisirbarkeit der verschiedenen Materialien lässt die Beobachtungsmethode nicht zu.

In Fig. 5 findet sich die graphische Darstellung der vorstehenden Beobachtungen. Um jedoch ein System von Curven zu erhalten, welche für die verschiedenen Materialien ähnliche Bedeutung haben, sind nicht die Stromstärken selbst, sondern die Stromdichten in Ampère per qmm als Abscissen und die specifischen Widerstände, beziehungsweise die Magnetisirbarkeiten als Ordinaten gewählt.

Da auch bei dieser Darstellung die Curven für Nickel sehr flach verlaufen, und diejenige für Platin der geringen Widerstandszunahme halber eine sehr lange Abscisse verlangen würde, so sind für Nickel die Ordinaten verdoppelt und für Platin die Abscissen halbiert.

Ausgezogen sind die Curven für Nickel, Eisendraht und Platin, punktirt die für Gussstahl, gestrichelt die für reines Eisen.

Zunächst überrascht der ganz gleichartige Verlauf der Widerstandscurven von Nickel und den Eisensorten. Anfangs langsames, dann schnelles Ansteigen des Widerstandes, plötzliche Wendung der Curven, wenn die Magnetisirbarkeit verschwindet, und dann langsames weiteres Wachsen.¹⁾ Das

1) Mit diesem Verlauf der Widerstandscurven stimmen die von v. Waltenhofen an Stahldraht angestellten Beobachtungen — Sitzung der mathem.-naturwiss. Classe der kgl. böhm. Ges. d. Wissensch. am 24. April 1874 — gut überein. Nur dürfte der Schluss, den v. Waltenhofen aus diesen Beobachtungen als bestätigt erachtet, nämlich dass der Widerstand aller glühenden Drähte bei Veränderung der Helligkeit

letzte Ansteigen findet bei Nickel nahezu geradlinig statt, während die Curvenenden bei den Eisensorten aufwärts gebogen erscheinen. Diese scheinbare Biegung dürfte aber, wie oben unter 5a erwähnt, daher rühren, dass die aus dem Leuchtgas auf den nach Verlust der Magnetisirbarkeit hellglühenden Drähten abgeschiedene Kohle die Wärmeabgabe erschwert, während Nickel bekanntlich den Magnetismus schon unterhalb 400° verliert. Erst bei der letzten Beobachtung am Nickel konnte Rothgluth constatirt werden.

Auffällig ist ferner, dass die specifischen Widerstände von reinem Eisen, Eisendraht und Gussstahl bei hohen Temperaturen, wie z. B. hier am Knick der Curven, sich nur um einige Procente unterscheiden, während bekanntlich bei Zimmertemperatur der Widerstand im allgemeinen um so grösser, je härter die Eisensorte ist. Reines Eisen, Eisendraht und Gussstahl haben im vorliegenden Fall die Widerstände 0,119, 0,149 und 0,194 bei Zimmertemperatur ergeben.

Endlich möchte ich noch besonders hinweisen auf den steilen Verlauf der Widerstandscurven der magnetisirbaren Metalle im Gegensatz zu dem flachen Ansteigen der Platincurve, welche letztere wegen der halbirtten Abscissen in der Figur sogar noch doppelt so steil erscheint, als sie wirklich ist. Ich bemerke noch dazu, dass die Curve für Kupfer ganz ähnlich der für Platin verläuft.

Es kann kaum noch ein Zweifel bestehen, dass die Magnetisirbarkeit selbst der Grund für den steilen Verlauf der Widerstandscurven der Eisensorten und des Nickels ist, besonders sobald man in Betracht zieht, dass der flache Verlauf der Curven nichtmagnetischer Metalle sich auch bei Nickel und Eisen sofort einstellt, wenn bei hoher Temperatur die Magnetisirbarkeit fehlt. Die vorliegenden Beobachtungen bieten allerdings weiter nichts als eine experimentelle

des Glühens ziemlich constant bleibt, und zwar im Vergleich mit der Widerstandsänderung von Zimmertemperatur bis zur Rothgluth, nicht ganz berechtigt sein.

Er ist eben nur für magnetisirbare Metalle richtig. Die Widerstandscurve für Platin zeigt dies ohne weiteres.

Grundlage für die Vermuthung eines inneren Zusammenhanges zwischen electricischer Leitungsfähigkeit und Magnetisirbarkeit des Materials; die Frage nach der Art eines solchen Zusammenhanges bleibt offen.

Aus dem Verlauf der Curven für die Magnetisirbarkeit kann etwas wesentlich Neues nicht gefolgert werden. Dass bei verschiedenen Eisensorten die Magnetisirbarkeit bei zunehmender Temperatur erst zu- und dann ab, oder auch von vornherein abnimmt, ist bekannt.¹⁾ Ebenso ist bekannt, dass die Curven, was auch ich meist beobachtet habe, bei aufeinanderfolgenden Erwärmungen allmählich anders verlaufen. Beim reinen Eisen fand ich statt des in Figur 4 und 5 beobachteten Verlaufes auch wiederholt nach einem anfänglichen Abfall später ein bis zum plötzlichen Verschwinden des Magnetismus andauerndes Ansteigen der Curve.

Nahe vor ihrem Verschwinden scheint die Magnetisirbarkeit allgemein sehr langsam abzunehmen; auch in den wenigen gezeichneten Curven der Figur 5 ist dies deutlich erkennbar.

6) Prüfung der Methode.

Es liegt der Gedanke nahe, dass der electricische Leitungswiderstand eines magnetisirbaren Materials eine wesentliche Aenderung erleiden könnte, wenn es wie hier von einem kräftigen Strome durchflossen wird. Derselbe bewirkt ja eine Circularmagnetisirung, und dass Magnetisirung überhaupt Widerstandsänderungen im Gefolge hat, ist bekannt. Ich habe daher untersucht, ob der Verlauf der Widerstandscurve der gleiche ist, wenn die Temperaturerhöhung durch Joule'sche Wärme, und wenn sie durch Heizung von aussen hervorgebracht wird. Als Maass für die Temperatur habe ich dabei die eigene Verlängerung des erhitzten Drahtes zu Grunde gelegt.

Figur 6 stellt den verwendeten Apparat dar. $iklm$ ist ein Bretterrahmen, mit welchem das Brett hn nur in der Mitte von kl verschraubt ist. Das Brett hn trägt einen

1) Baur, Wied. Ann. 11. p. 394. 1880.

langen, niedrigen Schornstein aa , über welchem der zu untersuchende Draht durch die Klemmen bc mittelst einer sehr schwachen Spiralfeder hg leicht gespannt gehalten wird. Der unten randerirte Draht gb fixirt die Stellung eines auf Schneide und Pfanne spielenden Hebels r , welcher oben einen Spiegel s trägt.

Für die Messung wird nun die wohl erlaubte Voraussetzung gemacht, dass die Ausdehnung des Drahtes bc beim Erwärmen die gleiche ist, möge der Draht durch Flammen von aussen oder von einem ihn durchfliessenden Strom erhitzt werden. Das heisst, es wird die Ablesung an einer im Spiegel s mit dem Fernrohr beobachteten Scala als den Wärmezustand des Drahtes bc eindeutig bestimmend angesehen.

Bei der Erwärmung durch den Strom, welcher von e kommend durch einen weichen Streifen o aus Kupferblech in die Klemme b eintritt, den Draht bc durchfliesst und bei f austritt, wurde der Widerstand des Drahtstückes dd wie eingangs beschrieben durch Messung von Spannung und Stromstärke bestimmt und gleichzeitig die Lage des Spiegels s abgelesen.

Die Erwärmung von aussen geschah durch eine unter der ganzen Länge des Schornsteins aa angebrachte Reihe von Gasflammen, welche in Abständen von 5 mm aus kleinen Bohrungen eines Messingrohres brannten und eine zusammenhängende, schmale, 25 cm lange Flamme bildeten. Vom Platze des Beobachters aus erfolgte die Regulirung der Flammenhöhe mittelst eines Gashahnes. Die Widerstandsmessung geschah auch jetzt wie oben. Aber während bei Erwärmung durch den Strom Stromstärken von mehr als 10 Ampère zur Verwendung gelangten, wurden bei Erwärmung von aussen Ströme von höchstens 1 Ampère angewandt.

Trägt man nun in einem Coordinatensystem die am Spiegel beobachteten Verlängerungen eines Eisendrahtes bc als Abscissen, und die zugehörigen Widerstände als Ordinaten auf, so findet man eine Uebereinstimmung bis auf wenige Procente zwischen den Werthen, welche die eine und die andere Methode der Erwärmung liefert. Daraus, dass bald

die einen, bald die anderen Werthe etwas grösser sind, und dass sich ähnliche Differenzen auch zeigen, wenn man Platindraht statt Eisendraht untersucht, geht mit genügender Sicherheit hervor, dass die erwähnten kleinen Unterschiede nicht durch die verschiedenen Methoden der Erwärmung, sondern durch die Unsicherheit der Flammenheizung entstehen.

Ich habe demnach einen specifischen Einfluss des erwärmenden Stromes auf den Widerstand der untersuchten Drähte nicht constatiren können.

7) Die Gore'sche Erscheinung mit Hülfe des unter Nr. 6 beschriebenen Apparates (Fig. 6) noch einmal zu prüfen, lag sehr nahe. Ich brachte die Drähte im Apparat durch den Strom zum hellen Glühen, öffnete den Strom und konnte die meisten bereits bekannten Erscheinungen leicht wieder beobachten. Bei einem frischen Eisendraht oder Stahldraht bewegt sich nach dem Oeffnen des Stromes das Fadenkreuz auf der im Spiegel *s* Fig. 6 beobachteten Scala anfangs rasch rückwärts, plötzlich lässt die Geschwindigkeit der Bewegung nach, die Bewegung kehrt sich um, einer plötzlichen Verlängerung des Drahtes entsprechend, und geht bei weiterer Abkühlung desselben wieder in die alte Richtung zurück. Bei einiger Aufmerksamkeit kann ein zweiter Beobachter am Draht selbst das ebenfalls bekannte kurze, schwache Aufleuchten des rothglühenden Drahtes bei der plötzlichen Verlängerung wahrnehmen. Wiederholt man den Versuch an demselben Draht öfter, so verliert die Erscheinung an Deutlichkeit. Ich habe bei Drähten, welche anfangs etwa 100 mm anomale Ausdehnung bei im ganzen etwa 1000 mm normaler Ausdehnung an der Scala ergaben, schliesslich kaum noch eine schwache Verlangsamung der normalen Bewegung beobachten können. Die Erscheinung ist im allgemeinen um so auffallender, je stärker der Draht gespannt ist.

Auch bei reinem Eisen, bei welchem Heim — siehe die eingangs unter 1) citirte Arbeit — die Gore'sche Erscheinung nicht hat constatiren können, wahrscheinlich und wie Heim selbst vermuthet — vgl. die Anmerkung auf p. 52

seiner Untersuchung — wegen der nur kurzen Stücke electrolytischen Eisens, welches er sich selbst herstellen musste, habe ich die anomale Ausdehnung bei der Abkühlung sicher und in erheblichem Betrage constatiren können. Quantitativ habe ich ihren Betrag nicht bestimmt, halte ihn aber für geringer, als bei den anderen Eisensorten.

Dagegen war es mir nicht möglich, bei Nickel etwas Aehnliches zu entdecken. Auch Gore hat vergeblich danach gesucht. Es scheint, dass Nickel weder beim Wiedereintritt der Magnetisirbarkeit, welcher ja allerdings bei einer Temperatur weit unterhalb der Rothgluth erfolgt, noch bei einer anderen Temperatur eine anomale Ausdehnung besitzt.

8) Resultate.¹⁾

Der specifische Widerstand von gewöhnlichem Eisendraht, Gussstahl, chemisch reinem (electrolytischem) Eisen und Nickel wächst mit zunehmender Temperatur erst langsam, dann weit schneller als bei nicht magnetisirbaren Metallen bis zu dem Zustand, bei welchem die Magnetisirbarkeit plötzlich verschwindet. In diesem Augenblicke biegt die Widerstandscurve scharf um, und der Widerstand wächst mit weiter zunehmender Temperatur nur noch sehr langsam.

Es scheint demnach ein Zusammenhang zwischen Magnetisirbarkeit und electriccher Leitungsfähigkeit dieser Metalle zu bestehen.

Nahe vor dem plötzlichen Verschwinden der Magnetisirbarkeit nimmt dieselbe auffallend langsam ab.

Während bei Zimmertemperatur die specifischen Wider-

1) Durch Hrn. G. Wiedemann bin ich in dankenswerther Weise auf eine vor kurzem erschienene Untersuchung von Knott „The electrical resistance of Nickel at high temperature“ Transactions of the royal Society of Edinburgh. 5. Jul. 1886 aufmerksam gemacht worden. Knott findet, dass der Widerstand eines Nickeldrahtes bis etwa 320° anfangs beschleunigt, stark zunimmt und von dieser Temperatur an erheblich langsamer wächst. Der Knick in der Widerstandscurve und die von Tait entdeckten auffälligen thermoelectrischen Erscheinungen — Zeichenwechsel im Thomsoneffect — finden bei der gleichen Temperatur statt. Aehnliche Verhältnisse hält Knott beim Eisen für wahrscheinlich. November 1887.

stände von Gussstahl, gewöhnlichem Eisendraht und reinem Eisen zu 0,194; 0,149; 0,119 ermittelt wurden, sind dieselben im Moment des Verschwindens der Magnetisirbarkeit auf die Werthe 1,09; 1,07; 1,18 einander nahe gerückt.

Die Gore'sche Erscheinung der anomalen Ausdehnung im Augenblick der wieder eintretenden Magnetisirbarkeit beim Abkühlen aus der hellen Rothgluth zeigt ausser Gussstahl und gewöhnlichem Eisendraht auch das chemisch reine Eisen deutlich. Beim Nickel habe ich die Gore'sche Erscheinung nicht wahrnehmen können.

Electrotechn. Inst. d. K. Techn. Hochschule zu Hannover,
October 1887.

**VI. Die electriche Leitungsfähigkeit von
Lösungen einiger Glieder der Fettsäurereihe in
Wasser und einigen Alkoholen;
von Karl Hartwig.**

(Hierzu Taf. I Fig. 7–10.)

Die Leitungsfähigkeiten von Lösungen chemischer Verbindungen sind bis jetzt meist nur für Lösungen in Wasser bestimmt worden; auf diejenigen in anderen Lösungsmitteln beziehen sich, soweit mir bekannt, die folgenden relativ wenigen Arbeiten.

Matteucci¹⁾ war der erste, der ausser wässerigen Lösungen auch alkoholische untersuchte. Seine Behauptung, dass wässerige und alkoholische Lösungen desselben Stoffes von gleichem specifischen Gewichte gleich gut leiten, wurde von G. Wiedemann bezweifelt. Ferner wurden von Oberbeck²⁾ die Widerstände von wässerigen und alkoholischen Lösungen von CdBr_2 und CuCl_2 bestimmt und gefunden: 1) dass jedes Salz in einer ihm eigenthümlichen Weise die Leitungsfähigkeit der Lösung vermehrt, 2) dass das Lösungs-

1) Matteucci, Wied. Electr. 1. p. 571.

2) Oberbeck, Pogg. Ann. 155. p. 595. 1875.