4. Ueber das Verhalten des Eisens in Bezug auf das Gesetz von Wiedemann und Franz; von F. A. Schulze.

1. Der von Wiedemann und Franz¹⁾ im Jahre 1853 aufgestellte Satz, nach welchem der Quotient

$$\frac{\text{Wärmeleitfähigkeit}}{\text{Electrische Leitfähigkeit}} = \frac{k}{\kappa}$$

für die verschiedenen Metalle nahezu denselben Werth besitzen soll, ist seither mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen.

F. Neumann²⁾ fand angenäherte Proportionalität der beiden Leitfähigkeiten. Kirchhoff und Hanse³⁾ fanden k/κ annähernd constant für Blei, Zink, Zinn, Kupfer, im Mittel $1,606 \cdot 10^3$; der grösste und kleinste Werth weichen dabei, in Procenten der grössten Zahl ausgedrückt, um 5,7 Proc. voneinander ab. Für Eisen hingegen erhielten sie erheblich grössere Werthe, nämlich für

Puddelstahl d. Dortm. Union mit 0,129 % Kohle u. 0,08 % Si: $\frac{k}{\kappa} = 1,96 \cdot 10^3$

Bessemerstahl „ „ „ 0,519 „ „ „ 0,343 „ Si: $\frac{k}{\kappa} = 2,23 \cdot 10^3$

Puddelstahl „ „ „ 0,254 „ „ „ 0,077 „ Si: $\frac{k}{\kappa} = 1,97 \cdot 10^3$

Die Behauptung von H. F. Weber⁴⁾, der genannte Quotient sei eine lineare Function des Productes aus der Dichtigkeit und der specifischen Wärme, fanden sie nicht bestätigt. Es kommen hier ferner die Bestimmungen von L. Lorentz⁵⁾ in Betracht, nach welchen jener Quotient für

1) Wiedemann und Franz, Pogg. Ann. 89. p. 531. 1853.

2) F. Neumann, Ann. de Chimie et de Physique. 66. (3) p. 183. 1862.

3) Kirchhoff und Hanse³⁾ Wied. Ann. 13. p. 406—422. 1881. Die dort angegebenen Werthe sind hier auf C. G. S.-System umgerechnet.

4) H. F. Weber, Monatsber. d. Berl. Ak. d. Wiss. p. 457. 1880.

5) L. Lorentz, Wied. Ann. 13. p. 422 u. 532. 1881.

die besser leitenden Metalle mit grosser Annäherung constant ist, hingegen für die schlecht leitenden mit abnehmender electriccher Leitfähigkeit zunimmt. Eisen zeigt auch nach diesen Untersuchungen insofern eine Ausnahmestellung, als zwar der Werth von k_0/α_0 , wo k_0 die thermische, α_0 die electricche Leitfähigkeit bei 0° bezeichnet, von dem für die anderen Metalle gefundenen Werth nicht wesentlich abweicht, wohl aber der Quotient $k_{100}/\alpha_{100} : k_0/\alpha_0$, wo sich k_{100} , α_{100} auf 100° beziehen. Derselbe beträgt für Eisen 1,530, für die übrigen untersuchten Metalle im Maximum 1,428, im Durchschnitt 1,349. F. Kohlrausch¹⁾ fand das Gesetz von Wiedemann und Franz für harten und weichen Stahl bestätigt. Die von ihm gefundenen Werthe sind:

	k	$\alpha \cdot 10^5$	$\frac{k}{\alpha} \cdot 10^{-3}$
Harter Stahl	0,062	3,51	1,78
Weicher Stahl	0,111	5,85	1,88

Berget²⁾ sprach auf Grund seiner Untersuchungen die Vermuthung aus, dass der Quotient k/α eine absolute Constante sei; er erhielt Werthe zwischen $1,6 \cdot 10^3$ und $1,8 \cdot 10^3$.

2. Aus den vorliegenden Untersuchungen geht hervor, dass das Eisen in Bezug auf das Gesetz von Wiedemann und Franz eine Ausnahmestellung einnimmt. Im Folgenden sollen einige Versuche mitgetheilt werden, die zur Ermittlung des Quotienten k/α an sechs Eisenstäben ausgeführt sind, die kurz mit I, II, ... VI bezeichnet werden mögen. I bis V waren von der Firma Siemens & Halske übersandt worden. Die Härtingsprobe, auf die mich Hr. Prof. Mylius freundlichst aufmerksam machte, ergab, dass II, III, V Stahl, IV Schmiedeeisen war. I, bei dem die Härtingsprobe keine deutliche Charakterisirung ergab, erwies sich seinem magnetischen Verhalten nach mit grosser Wahrscheinlichkeit als Gusseisen. VI war Manganstahl (von Jonas & Coler) mit 10 Proc. Mangan.

1) F. Kohlrausch, Wied. Ann. 33. p. 678. 1888; die Werthe sind auf das C. G. S.-System umgerechnet.

2) Berget, Journ. de Physique. (2). 9. p. 135—138. 1890.

3. Die electriche Leitfähigkeit wurde nach der von Hockin und Matthiessen benutzten Methode gemessen. Zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit wurde eine an anderer Stelle ausführlich zu beschreibende Methode benutzt, deren Gang hier kurz skizzirt werden möge. Die eine Endfläche des zu untersuchenden Stabes, der auf Zimmertemperatur gehalten ist, wird von einem bestimmten Zeitpunkt an mit einem starken Wasserstrahl bespritzt, welcher ϑ_1 Grad wärmer ist als der Stab. In einer Entfernung von 5 cm von der bespritzten Endfläche befindet sich in einer feinen Durchbohrung des Stabes ein Thermoelement; es wird die Zeit gemessen, die von dem Aufspritzen des Wassers auf die Endfläche bis zum Beginn des Ausschlagens eines in den Kreis des Thermoelementes eingeschalteten Galvanometers verstreicht. Nachdem der Stab wieder Zimmertemperatur angenommen hat, wird ebenso die Zeit t_2 für den Fall, dass die Temperatur des anspritzenden Wassers ϑ_2 Grad höher ist als die Zimmertemperatur, gemessen.

Aus $\vartheta_1, \vartheta_2, t_1, t_2$ lässt sich die Temperaturleitungsconstante $k/c\varrho$ berechnen, wo k die Wärmeleitungsfähigkeit, ϱ die Dichtigkeit, c die specifische Wärme der Substanz ist. Die specifische Wärme wurde mit dem Eiscalorimeter von Bunsen in der von Schuller und Wartha¹⁾ angegebenen Modification gemessen.

4. Die so erhaltenen Werthe sind in der folgenden Tabelle, im C. G. S.-System ausgedrückt, zusammengestellt; sie gelten sämmtlich für Zimmertemperatur.

Nr.	$\alpha \cdot 10^5$	c	ϱ	$\frac{k}{c\varrho}$	k	$\frac{k}{\alpha}$
I	1,314	0,1073	7,179	0,1197	0,0922	7017
II	6,270	0,1072	7,688	0,1720	0,1417	2260
III	4,853	0,1077	7,517	0,1389	0,1125	2318
IV	8,095	0,1089	7,677	0,1826	0,1526	1885
V	4,654	0,1079	7,156	0,1458	0,1118	2402
VI	2,205	0,1199	6,969	0,0371	0,0310 ²⁾	1406

1) Schuller u. Wartha, Wied. Ann. 2. p. 360. 1877.

2) Nach Mitchell, Trans. Roy. Soc. Edinb. 35. p. 947. 1890 ist auf das C. G. S.-System umgerechnet, für Manganstahl mit 9,89 Proc. Mangan bei 0° $k = 0,03280$, bei 100° $k = 0,04632$.

Die Werthe für k schwanken bei den Stäben I—V zwischen den Grenzen 0,0922 und 0,1526.¹⁾ k/κ erweist sich also bei den untersuchten Eisensorten als ziemlich veränderlich.

Eine abnorme Abweichung zeigt Nr. I.

5. Es mögen diese Werthe mit den sonst angegebenen zusammengestellt werden.

Nr.	$\kappa \cdot 10^5$	$\frac{k}{\kappa} \cdot 10^{-3}$	Beobachter
1	1,314	7,017	S.
2	4,316	2,230	K. u. H.
3	4,654	2,408	S.
4	4,853	2,310	S.
5	6,270	2,260	S.
6	6,983	1,97	K. u. H.
7	7,231	1,96	K. u. H.
8	8,095	1,885	S.
9	9,41	1,7	Berget
10	10,37	1,605	L. Lorentz
Ferner			
Manganstahl 11	2,205	1,406	S.
Harter Stahl 12	3,51	1,78	F. Kohlrausch
Weicher Stahl 13	5,85	1,88	F. Kohlrausch

Nach der Nr. 1—10 enthaltenden Tabelle nimmt bei Eisen im allgemeinen k/κ mit steigender electricischer Leitfähigkeit ab; doch fügt sich Nr. 2 nicht in diese Regel ein.

6. Kirchhoff und Hansemann fanden, dass die Coercitivkraft derjenigen beiden Eisenstäbe, für welche der Quotient k/κ fast den gleichen Werth hatte, die gleiche war, bei dem dritten Eisenstab hingegen viel bedeutender. Diese Bemerkung veranlasste mich, die Stäbe I—V auch auf ihr magnetisches Verhalten zu prüfen, und zwar wurden ihre Hysteresiscurven im Köpsel'schen Apparat²⁾ aufgenommen. Es geschah dies

1) W. Beglinger, der kürzlich das Wärmeleitungsvermögen von 52 Eisensorten untersucht hat, findet k zwischen den Grenzen 0,093 und 0,153. Inaug.-Diss. Zürich 1896.

2) Köpsel, Verh. d. Phys. Gesellsch. zu Berlin, 2. März 1894.

in der Physikalisch-technischen Reichsanstalt zu Charlottenburg. Es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle Hrn. Präsidenten F. Kohlrausch, sowie Hrn. Director Hagen und

Hrn. Dr. Schmidt für das freundliche Entgegenkommen, das mir hierbei zu Theil wurde, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Die erhaltenen Hysteresiscurven sind in der Figur abgebildet, und zwar für den halben Magnetisierungsprocess.

Die Curven für II und V fallen so nahe zusammen, dass sie ohne Störung der Uebersichtlichkeit nicht getrennt gezeichnet werden konnten. Wie die erhaltenen Curven zeigen, weicht Stab I in seinem magnetischen Verhalten von den vier anderen Eisenstäben erheblich ab, indem er nur etwa halb so grosse Magnetisirbarkeit und remanenten Magnetismus, aber ungefähr die doppelte Coercitivkraft besitzt. In Bezug auf Stab I besteht also dieselbe Eigenthümlichkeit, wie bei den von Kirchhoff und Hansemann untersuchten Eisenstäben.

Im allgemeinen kann man aber nicht sagen, dass der Quotient k/α mit der Coercitivkraft wächst, wie folgende Tabelle zeigt.

	I	V	III	II	IV
$\frac{k}{\alpha}$	7017	2402	2310	2260	1885
Coercitivkraft	12,55	5,0	3,8	5,5	2,5

Es erübrigt mir noch, Hrn. Prof. Warburg für das rege, der vorliegenden Arbeit dargebrachte Interesse und die vielfältige thatkräftige Unterstützung meinen wärmsten Dank abzustatten.

Berlin, Physikalisches Institut.