

PHYSIK.

Ueber die Fortpflanzung der Wärme in den Metallen.

Von Prof. G. WIEDEMANN.

(Vorgetragen den 30. Mai 1855.)

1. Leitungsfähigkeit des Zinks.
2. Uebergang der Wärme von einem Metall zum andern.

Durch eine von mir in Gemeinschaft mit Herrn Dr. Franz angestellte Untersuchung wurde das Resultat gewonnen, dass die Werthe der relativen Leitungsfähigkeiten verschiedener Metalle für Wärme und Electricität einander sehr nahe stehen.

Es sei mir gestattet, den im Bericht über jene Untersuchung erwähnten Zahlenwerthen noch die Bestimmung der Wärmeleitungsfähigkeit des Zinkes hinzuzufügen, welche ich neuerdings mit demselben Apparat unternommen habe, welcher auch schon zu den früheren Versuchen diente.

*) Poggendorffs Annalen, Band LXXXIX, pag. 497.

Es wurde ein Zinkdrath von 4^{mm}, 4 Dicke verwendet; seine Oberfläche war sorgfältig gereinigt, aber nicht versilbert. Der Drath wurde im luftgefüllten Raum untersucht. — Die Temperaturen desselben an Punkten, welche von der wärmsten Stelle (dem Nullpunkt) bis zu dem kältesten Theil des Draths in Abständen von je 2 Zoll aufeinander folgten, ergaben sich in Angaben des Spiegelgalvanometers, welches im Bericht über die erwähnte Untersuchung beschrieben ist, wie folgt:

x	I.		II.		III.	
	t	q	t	q	t	q
0	205		160,5		129,5	
2	115,5	2,361	90,	2,355	75,	2,319
4	67,7	2,301	51,5	2,340	44,25	2,317
6	40,25	2,303	30,5	2,311	27,6	
8	25		19	2,290	—	
10	—		13			
		2,322		2,324		2,318

In dieser Tabelle sind unter x die Abstände der einzelnen Punkte der Stange, an denen die Temperaturen beobachtet wurden, vom Nullpunkt an, unter t die entsprechenden Ausschläge des Spiegels am Galvanometer bei Anlegen des die Temperaturen messenden Thermoelements an jene Punkte der Stange, unter q die Quotienten verzeichnet, welche man erhält, wenn man mit der neben dem entsprechenden q stehenden Temperatur t in der Summe der darüber und darunterstehenden Temperatur dividirt.

Setzt man die bei jeder Reihe beobachtete höchste Temperatur gleich 100, so regeln sich die übrigen Temperaturen folgendermassen:

x	I. t	II. t	III. t	Mittel.
0	100	100	100	100
2	56,3	56,7	57,9	57

x	I. t	II. t	III. t	Mittel
4	33,0	32,1	34,2	33,1
6	19,6	19,0	21,3	20
8	12,2	11,8	—	12
10	—	7,2	—	7,2

Aus dem mittleren Werth der Quotienten $q=2,321$ berechnet sich die relative Leitungsfähigkeit der Zinkstange zu **20,3**

wenn die Leitungsfähigkeit einer gleich dicken Silberstange gleich 100 gesetzt wird. Reducirt man die in der ersten Tabelle verzeichneten Anschläge des Spiegels am Galvanometer auf wirkliche Temperaturüberschüsse der einzelnen Punkte der Stange über die umgebende Luft, so ergibt sich die relative Leitungsfähigkeit des Zinks gegen die des Silbers = 100 zu

19,0.

Die Leitungsfähigkeit des Zinks zur Electricität ist von Becquerel (Silber = 100) zu 24 gefunden. Es nimmt demnach auch das Zink in der Reihe der Metalle sowohl in Bezug auf seine Leitungsfähigkeit zur Wärme wie zur Electricität nahezu dieselbe Stelle ein.

Eine Frage, welche sich der Betrachtung der relativen Leitungsfähigkeit der verschiedenen Metalle zur Wärme unmittelbar anschliesst, ist die, welche Vorgänge beim Uebergang der Wärme von einem Metall in ein anderes statt haben.

Ausser den alten Versuchen von Fourier*) mit Hülfe des Contactthermometers, welche indess durchaus keine sichern Schlüsse zulassen, ist diese Frage schon früher von Herrn Despretz,**) neuerdings von Herrn Angström***) in der Kürze behandelt.

*) Poggendorffs Annalen, Band XIII, p. 327.

**) Poggendorffs Annalen, Band XLVI, p. 484.

***) Poggendorffs Annalen, Band LXXXVIII, p. 165.

Herr Despretz presste einen Kupfer- und einen Zinnstab mit ihren Querschnitten aneinander, und erwärmte sodann das Ende des auf diese Weise mit dem Zinnstab combinirten Kupferstabes. Aus den an verschiedenen Stellen der Stäbe durch eingesenkte Thermometer beobachteten Temperaturen berechnete Herr Despretz die Temperaturen der Stäbe an ihrer Berührungsstelle, und fand den Kupferstab dort um $1^{\circ},47$ c wärmer, als den Zinnstab. Wurde zwischen die Stäbe ein Blatt Papier gepresst, so stieg die Differenz auf $5^{\circ},5$ c. Hieraus schliesst Herr Despretz, dass die Wärme bei ihrem Uebergang aus einem Metall in ein anderes einen Widerstand erleide. Leider sind ausser den erwähnten Zahlen in der Abhandlung des Herrn Despretz gar keine weiteren Zahlenwerthe angegeben, welche über den ganzen Gang der Versuche eine Uebersicht gestatteten.

Auch Herr Angström hat nur einen vereinzelt Versuch angestellt. Er erhitzte einen aus Blei-Kupfer-Zinn zusammengesetzten Stab an dem einen oder andern Ende und beobachtete seine Temperaturen an verschiedenen Stellen durch eingesenkte Thermometer. Bestimmte Herr Angström das Verhältniss der Temperaturen zweier Stellen des Stabes, welche zu beiden Seiten eines Berührungspunktes der in ihm vereinten Metallstäbe liegen, so war dasselbe grösser, wenn die Wärme vom schlechteren zum besseren Leiter ging, als umgekehrt. — Jedenfalls ist diese letztere Art des Versuches viel zu verwickelt, um wirklich daraus über die verschiedene Leichtigkeit des Ueberganges der Wärme in der einen oder anderen Richtung directe Schlüsse ziehen zu können. Dadurch, dass die Stäbe verhältnissmässig kurz sind, und daher die in äquidistanten Punkten beobachteten Temperaturen in keinem Stab sich einer geometrischen Reihe anschliessen ist auch die mathematische Betrachtung des Gegenstandes nicht ganz einfach.

Auch die Versuche des Herrn Gore gaben über das Fortschreiten der Wärme von einem Metall zum anderen keine sicheren Resultate.

Der Verfasser bemühte sich durch die folgenden Versuche den in Frage gestellten Punkt zu erledigen, und zu erforschen, ob wirklich die Wärme beim Uebergang einen Widerstand erleide.

Zuerst wurde hiezu derselbe Apparat benutzt, welcher zur Bestimmung der relativen Wärmeleitungsfähigkeit der Metalle construirt worden war. Je zwei Metallstangen von 5^{mm} Dicke, deren Leitungsfähigkeit früher bestimmt war, wurden halb durchgeschnitten, mit ihren Querschnitten genau auf einander gepasst, fest aneinander gepresst, und durch eine äusserst dünne Schicht Loth sorgfältig mit einander verbunden, die so combinirten Stangen wurden in den Apparat eingelegt und erwärmt. Die Versuche wurden im luftgefüllten Raum angestellt und die Temperaturen der Stangen durch Anlegen eines Thermoelementes, genau wie bei den früheren Beobachtungen in Abständen von je 2" abgelesen, wobei stets vom kälteren zum wärmeren Theil der Stangen vorgeschritten wurde. In einer zweiten Beobachtungsreihe wurden nach einiger Zeit noch die Temperaturen der Stangen bestimmt, welche in der Mitte der zuerst auf ihre Temperatur untersuchten Punkte lagen. Durch wiederholte Beobachtungen erhielt man so die Temperatur der einzelnen Stangen von Zoll zu Zoll.

Von den mannigfachen in dieser Weise ausgeführten Bestimmungen genüge es einige Wenige auszulesen. — In der folgenden Tabelle sind unter x die Abstände der einzelnen Punkte der Stangen von der Löhstelle als Nullpunkt, unter t die entsprechenden Temperaturen in Graden des Spiegelgalvanometers aufgeführt. Dabei sind die Punkte der wärmeren, in der Ueberschrift zuerst genannten Stange mit +, die der kälteren mit — bezeichnet.

x	Kupfer- Neusilber. t	Kupfer- Eisen. t	Silber- Eisen. t	Kupfer- Kupfer. t	Messing- Silber. t
+4	130,75	155	154,5	146	—
+3	117	140,5	140,75	124	138
+2	108,5	129	131,5	110,7	102
+1	103	118,2	124,75	97	71,1
0				87,5	
—1	52,75	71,5	78,25	77,5	39,5
—2	31,75	52,5	55,6	67	35
—3	19,75	37,5	40,5	59,5	31
—4	11,75	27,5	28,8	49,2	27,1
—5	8,25	20	20	—	23,8
—6	—	15	15,1	—	—
—7	—	11,5	10,75	—	—

An der Löthstelle selbst ändert sich bei geringer Verschiebung des Thermoelementes (mit Ausnahme der zwei zuletzt genannten Stangen) der Ausschlag am Galvanometer sehr bedeutend.

Bei allen Reihen schliessen sich die Temperaturen der kälteren Stangen mehr einer geometrischen Reihe an, die Stangen können also als unendlich lang betrachtet werden.

Wenn die Wärme aus einer Metallstange in eine zweite gleich dicke unendlich lange Stange überströmt, so müssen an der Berührungsstelle beide Stangen einen Temperaturunterschied zeigen, falls die Wärme einen Uebergangswiderstand erleidet.*)

*) Man vergleiche Poisson, *théorie mathématique de la chaleur*. Bezeichnen y u. y_1 die Temperaturen der wärmeren und kälteren Stange an ihrer Berührungsstelle, und ist r eine für verschiedene Metalle verschiedene Constante des Uebergangswiderstandes, so strömt in der Zeiteinheit durch die Berührungsstelle die Wärmemenge

$$w = \frac{1}{r} (y - y_1)$$

Berechnet man die Temperatur y_1 der kälteren Stange an der Löthstelle, indem man den unter -1 verzeichneten Werth t mit dem mittleren Quotienten der geometrischen Reihe multiplicirt, welche die Temperaturen der kälteren Stange bilden, setzt denselben gleich 100 und bestimmt danach die übrigen Temperaturen der Stange, so kann man durch möglichst genaue Zeichnung der der wärmeren Stange entsprechende Wärmecurve den zu dem Werth $y_1=100$ gehörigen Werth y der Temperatur der wärmeren Stange an der Löthstelle finden.

Dann ergibt sich als Mittel der vorliegenden und anderen Versuchsreihen,

	y_1 .	y .
Silber-Eisen	100	111,5
Kupfer-Neusilber	100	115,5
Kupfer-Eisen	100	107,5
Kupfer-Kupfer	100	100
Messing-Silber	100	99

Hiernach war nur beim Uebergang der Wärme aus einem besser in ein schlechter leitendes Metall eine Temperaturdifferenz vorhanden und ein Uebergangswiderstand bemerkbar. Es zeigte sich ein solcher aber nicht beim Uebergang der Wärme vom schlechten zum besserleitenden Metall, ebenso wenig, wie beim Uebergang zwischen zwei Metallstangen aus gleichem Material, welche beide nur durch eine dünne Löthschicht von einander getrennt waren.

Diese Widersprüche in den Resultaten liessen einen Mangel in der Beobachtungsmethode vermuthen.

Ist die Differenz der Temperaturen $y-y_1=0$, oder

$$z = y_1,$$

so muss, wenn überhaupt Wärme durch die Berührungsstelle hindurchgehen soll, auch

$$r = 0$$

sein. In diesem Fall ist also kein Uebergangswiderstand vorhanden.

Wird das Thermoelement an gleich warmen Punkten zweier verschieden gut leitenden erwärmten Stangen gelegt, so theilt sich zunächst die Wärme des berührten Punktes dem Thermoelement mit. Abgesehen von der Differenz, welche hiebei die Verschiedenheit der specifischen Wärmen beider Stangen hervorruft, wird ausserdem dem durch das Anlegen des Elementes erkälteten Berührungspunkt in der besser leitenden Stange von allen Seiten schneller und mehr Wärme zuströmen, wie in der schlechter leitenden. Die erstere Stange wird daher verhältnissmässig wärmer erscheinen. Dieser Fehler kann die in der obigen Tabelle verzeichneten Temperaturdifferenzen an der Löthstelle bedingen, welche auch um so mehr hervortreten, je grösser der Unterschied der Leitungsfähigkeiten der an einander gelötheten Stangen ist. Sie zeigen sich um so mehr, je heisser die Löthstelle überhaupt wird, wesshalb sie beim Uebergang der Wärme aus den schlechter in die besser leitenden Stangen, wo eigentlich die letzteren an der Löthstelle wärmer erscheinen müssten, als die ersteren, kaum hervortreten.

Auf die Bestimmung der relativen Leitungsfähigkeiten der Stange selbst, und auf die früher hiezu angestellten Beobachtungen kann indess der Fehler keinen störenden Einfluss ausüben, da bei der Voraussetzung, dass die Leitungsfähigkeiten der Stangen in den verschiedenen Temperaturen nicht variiren, stets die beim Anlegen des Thermoelementes erzeugte Aenderung der Temperaturen der einzelnen Punkte derselben Stange proportional jenen Temperaturen selbst sein muss. Daher bleibt das bei der Berechnung der relativen Leitungsfähigkeiten allein maassgebende relative Verhältniss der an den verschiedenen Stellen der Stangen beobachteten Temperaturen ungeändert.

Um in Betreff des Uebergangs der Wärme zuverlässigere Resultate zu erhalten, war es nöthig, den Wärmever-

lust der Stangen beim Anlegen des Thermoelementes möglichst klein zu machen. Es wurde deshalb die folgende Anordnung der Versuche gewählt.

Aus verschiedenen Metallen wurden $13^{\text{mm}},2$ dicke und 157^{mm} lange runde Stäbe gedreht und diese auf einer Seite genau ebengeschliffen. Ebenso wurde ein gleichfalls $13^{\text{mm}},2$ dicker, aber 666^{mm} langer Eisenstab und ein eben solcher Kupferstab, auch ein gleich dicker 265^{mm} langer Wismuthstab am einen Ende plan geschliffen. — Die ersten kürzeren Stäbe wurden mit einem der drei letztgenannten Stäbe mit ihren ebenen Flächen in einem Holzgestell frei schwebend mittelst einer Schraube stark an einander gepresst. Je $2^{\text{mm}},1$ von der Berührungsstelle und von da ab in Abständen von je $21^{\text{mm}},4$ waren Löcher von $0^{\text{mm}},9$ Weite und 8^{mm} Tiefe gebohrt. Diese Löcher wurden mit Oel gefüllt. Auf das Ende der kürzeren Stäbe war eine Hülse von Blech geschoben, durch welche längere Zeit Dämpfe von kochendem Wasser geleitet wurden. Ein Schirm schützte den übrigen Apparat vor den Strahlen der Wärme. Ausserdem war der Apparat in einen von Wasser umgebenen Blechkasten gesetzt, so dass auch von den Seiten während des Versuchs die Wärmeabgabe möglichst gleichförmig werde. Nachdem durch zwei- bis dreistündiges Erwärmen in den combinirten Stangen constante Wärmevertheilung eingetreten, wurden die Temperaturen derselben durch Einsenken eines Thermoelementes in die einzelnen Löcher derselben bestimmt. Das Thermoelement war nadelförmig und bestand aus zwei neben einander liegenden $0^{\text{mm}},3$ dicken Dräthen von Eisen oder Neusilber, die nur an einer sehr kleinen Strecke an dem in die Löcher eintauchenden Ende mit einander verlöthet waren. An den hinteren Enden der Dräthe des Thermoelementes waren Kupferdräthe angelöthet, welche zu den Windungen des in einer früheren Abhandlung (Poggendorf's Annalen LXXXIX, pag. 504) beschriebenen Spie-

gel-Galvanometers führten. Das ganze Thermoelement bis auf die in die Löcher der Stangen tauchende Spitze war in eine Glasröhre eingeschlossen, welche überdies, um die hinteren Enden des Elementes auf gleichmässiger Temperatur zu erhalten, in ein Glasgefäss voll Wasser eingekittet war.

Im Folgenden sind einige der mit diesem Apparat erhaltenen Resultate verzeichnet. Unter x sind dabei die einzelnen Löcher der Stangen, von dem der Löthstelle zunächst liegenden gezählt, angegeben. Die den wärmeren in der Ueberschrift zuerst genannten Stangen entsprechenden Löcher sind mit $+$, die der kälteren mit $-$ bezeichnet. Unter t stehen die correspondirenden Temperaturen. Jede Reihe enthält die Mittel mehrerer auf einander folgender Beobachtungen.

x	Kupfer- Wismuth.	Zink- Wismuth.	Kupfer-Eisen		Zinn - Eisen.		Eisen- Eisen.	Eisen- Kupfer.
	t	t	I	II	I	II	t	t
+4	268,7	274,7	246,5	255,5	184,5	196,6	193	185
+3	261,2	252,5	235,7	243,7	155,5	161	158	—
+2	256	236,7	226	234	130	133,6	132	111,3
+1	252	226,7	218	226	107	110	108	81,5
-1	236	212	214,5	221	102,5	105	103,2	78,7
-2	120	108	178	181,2	84,5	86,8	85	74,7
-3	58,7	57,5	149,5	153	72	73,8	70,2	71
-4	32,2	33,5	126	130	61	63,5	59	67,5
-5	—	21,2	106	—	51,2	53,1	—	—

Berechnet man aus diesen Zahlenangaben die Temperaturen y und y_1 der Stangen an der Berührungsstelle, so erhält man:

	y	y_1	$y - y_1$
Kupfer-Wismuth	252	252	0
Zink-Wismuth	226	226	0

		y	y_1	$y-y_1$
Kupfer-Eisen	I	217,7	217,5	0,2
"	II	225,5	225	0,5
Zinn-Eisen	I	105	104,5	0,5
"	II	108	107,1	0,9
Eisen-Eisen		105,5	105,1	0,4
Eisen-Kupfer		79,2	79,2	0

Die Differenz der Temperaturen der an einander gelegten Stangen an der Berührungsstelle ist also sehr gering; sie ist bei zwei Stangen von verschiedenem Metall, mögen sie nun die Wärme in der Richtung von besser leitenden zum schlechter leitenden Medium oder umgekehrt fortführen, nicht grösser als bei Anwendung von zwei Stangen aus demselben Metall (Eisen-Eisen). Demnach ist ein Uebergangswiderstand, welchen die Wärme an den Berührungsstellen erfährt, innerhalb der Grenzen der vorliegenden Beobachtungen nicht nachzuweisen.*)

Berühren sich die an einander gelegten Stangen nicht vollständig, so tritt dann an der Berührungsstelle ein stärkerer Temperaturabfall ein. Dasselbe geschieht, wenn die Stangen durch eine dünne Schicht eines schlechten Leiters von einander getrennt sind.

Versuche, die in dieser Weise angestellt wurden, ergaben die folgenden Beobachtungsreihen:

*) Zu einer genauen Berechnung der relativen Leitungsfähigkeiten der verschiedenen Metalle würden die vorliegenden Zahlen nicht gut geeignet sein, da die Quotienten q der Summe der Temperaturen zweier Punkte, dividirt durch die Temperatur des mittleren Punktes, zu wenig von 2 abweichen, daher ein sehr geringer Beobachtungsfehler schon bedeutende Aenderungen der berechneten Resultate hervorruft.

	I	II	III	IV
	Zink-Eisen nicht gut an einander geschliffen.	Eisen - Kupfer nicht gut an einander geschliffen.	Kupfer - Eisen durch ein dünnes Blatt Papier getrennt.	Zink-Wismuth durch ein dünnes Blatt Papier getrennt.
x	t	t	t	t
+4	174,5	155,5	262	267
+3	153,5	125	253,7	245
+2	133,7	97	246	230
+1	125	71,7	239	220
—1	120	65,5	189,2	197
—2	99,7	61,5	157,2	100
—3	84,7	58	132,5	52
—4	71,5	55,1	113	29
—5	61	—	95,2	18

Bei Berechnung der den Berührungsstellen entsprechenden Temperaturen y und y_1 der wärmeren und kälteren Stange ergibt sich:

	y	y_1	$y - y_1$
Zink-Eisen (nicht gut an einand. geschl.)	123,5	122,2	1,3
Eisen-Kupfer " " "	68,4	66,1	2,3
Kupfer-Eisen (durch Papier getrennt)	238,5	192,5	46
Zink-Wismuth " " "	219	211	8

Aus diesen Differenzen ist indessen nicht ein Uebergangswiderstand der Wärme zu folgern. Wenn an der Berührungsstelle die Leitungsfähigkeit der vereinten Stangen wie in den vorliegenden Versuchen durch mangelhafte Berührung oder Einschaltung von Papier sehr stark vermindert wird, so tritt schon dadurch ein sehr starker Abfall der Temperatur an jenen Stellen hervor, durch welche leicht die Differenz der Temperaturen der zwei Stangen an der Berührungsstelle erklärt werden kann.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel](#)

Jahr/Year: 1857

Band/Volume: [1_1857](#)

Autor(en)/Author(s): Wiedemann G.

Artikel/Article: [Physik. Ueber die Fortpflanzung der Wärme in den Metallen 257-268](#)