©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Über die Beziehung zwischen der Widerstandsänderung von Wismuthplatten im Magnetfeld und dem rotatorischen oder transversen Effect

J. C. Beattie.

Aus dem physikalischen Institute der k. k. Universität in Wien.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 24. Mai 1895.)

Kundt hat gezeigt, dass der transverse Effect in Eisen Kobalt und Nickel proportional der Magnetisirung ist.[1] Einen derartigen der Magnetisirung proportionalen Effect werden wir im Folgenden als einen reinen Halleffect bezeichnen. Indem Kundt dieselbe Methode auf dünne Platten von elektrolytisch abgeschiedenem Wismuth anwandte, fand er keinen transversalen Effect. Spätere Experimente bewiesen, dass die Abwesenheit des transversalen Effectes für umgeschmolzenes elektrolytisch abgeschiedenes Wismuth nicht gilt. Es entsteht die Frage nach der Beziehung des gesammten transversalen Effectes zur Magnetisirung. Diese Frage kann beantwortet werden, wenn man den transversalen Effect mit irgend einem in demselben Plattenindividuum auftretenden Effect vergleicht, dessen Beziehung zur Magnetisirung bekannt ist. Als ein derartiger Effect kann die Widerstandsänderung gewählt werden. Goldhammer hat gezeigt, dass letztere — wenigstens für schwache Felder — dem Quadrate der Magnetisirung proportional ist.[2]

Wiedemann's Annalen, Neue Folge, Bd. 49, 1893.

Wiedemann's Annalen, Neue Folge, Bd. 36, 1889.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Im Sommer 1894 machte ich auf Anregung Prof. Boltzmann's hin Experimente, um zu untersuchen, ob der transversale Effect im Wismuth das Ohm'sche Gesetz[1] befolgt. Dabei war es nothwendig, in derselben Platte bei gleicher Feldintensität die Widerstandsänderung und den Transversaleffect zu bestimmen. Doch war die dort angewandte Versuchsanordnung derart, dass sie für den Zweck der gegenwärtigen Untersuchung zu grosse Beobachtungsfehler zuliess. Trotzdem zeigte sich schon an den dort gefundenen Zahlen eine gesetzmässige Beziehung zwischen dem transversalen Effect und der Widerstandsänderung.

Der Strom, welcher von aussen durch die Platte geschickt wird, soll der Primärstrom heissen. In den Stromkreis desselben war ein dicker Kupferdraht eingeschaltet: Zwei Punkte desselben waren mit einem Galvanometer (Primärgalvanometer) verbunden, dessen Ausschlag als Mass der Intensität des Primärstromes diente. Dies kann geschehen, da die Messungen durchaus nur relative Werthe anstreben.

Zwei vis-à-vis liegende nahezu äquipotentiale Punkte der Platte wurden ebenfalls mit einem Galvanometer (Hallgalvanometer) verbunden, der halbe Ausschlag des letzteren Galvanometers mit Rücksicht auf sein Zeichen und dividirt durch die Intensität des Primärstromes soll der Transversaleffect heissen. Der numerische Werth desselben soll mit E bezeichnet werden.

Um den Widerstand der Platte zu messen, wurden zwei fixe längs der Bahn des Primärstromes liegende Punkte mit dem Galvanometer (Widerstandsgalvanometer) verbunden. Die in diesem Fall beobachtete Ablesung, dividirt durch die Intensität des Primärstromes, konnte dem Widerstand der Platte proportional gesetzt werden, da der Widerstand des Galvanometers ein sehr grosser war. In dieser Weise wurde das Mass des Widerstandes unabhängig von der Stärke des Primärstromes gemacht, was sich auch in den folgenden Experimenten zeigte. Mit einer Wismuthplatte, welche wir mit II bezeichnen wollen wurden folgende Resultate erhalten:

---

[1] Proc. Roy. Soc. Ed. Dec. 1894.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Feldstärke	Intensität des Primärstromes in Amp.	Ausschlag des Widerstandsgalv. / Ausschlag des Primärstromgalv.
17780	110/186	1·78
17780	110/762	1·76
17780	110/982	1·75
0	110/186	1·39
0	110/762	1·39
0	110/982	1·40

Der Widerstand $w+\Delta w$ einer Platte im magnetischen Felde weniger den Widerstand w derselben Platte ohne Feld, d. h. die Grösse Δw wurde proportional der Magnetisirung gesetzt. Das positive Zeichen wurde gewählt, wenn der Widerstand wächst. Wenn der Transversaleffect ein reiner Halleffect st, so folgt

$$c_1\sqrt{\Delta w} = \pm E. \tag{1}$$

Offenbar kann diese Gleichung für Platten nicht gelten, wo E ein Maximum erreicht. In derartigen Platten müssen wir eine Gleichung von der Form

$$c_1\sqrt{\Delta w}+c_2(\sqrt{\Delta w})^3 = \pm E \tag{2}$$

benützen.

Die folgenden Resultate wurden mit den beiden Platten erhalten, welche ich in der citirten Abhandlung mit VI und I *b* bezeichnet habe.

Platte VI.

$$\left.\begin{array}{ll}\text{Länge:} & 42\cdot 2\\ \text{Breite:} & 23\cdot 6\\ \text{Dicke:} & 1\cdot 4105\end{array}\right\} mm$$

$$w = 1\ 3097$$

Feldstärke in C. G. S.-Einheiten	Trans.-Effect	Δw	$\sqrt{\Delta w}$		c_2
4710	—·02347	·0316	·1778		
8310	0	·07	·2646	—·240	+ 3·4
11910	+·03616	·1035	·3217	—·239	+ 3·4
15235	+·07304	·1307	·3615	—·238	+ 3·3
18000	+·0859	·1476	·3842	—·238	+ 3·1

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Platte I *b*.

Länge: 60·45
Dicke: 25·8 } *mm*
Breite: 1·2235

$w = \cdot 9486$

Feldstärke in C. G. S.-Einheiten	Trans.-Effect	Δw	$\sqrt{\Delta w}$		
3878	—·05517	·0387	·1969		
8725	—·003	·0950	·3082	—·45	+4·8
16720	+·14253	1735	4165	—·46	4·6
19390	+·20239	·2090	·4571	—·44	4·2
20500	+·22356	·2095	·4577	—·45	4·4

Die constanten c_1 und c_2 wurden durch Einsetzungen der beobachteten Werthe von Δw und E in Gleichung (2) berechnet.

Die so für die schwächsten Felder erhaltenen Resultate wurden der Reihe nach mit den für die übrigen Felder erhaltenen combinirt und für die verschiedenen Paare c_1 und c_2 berechnet. Offenbar ist der Fehler umso kleiner, je grösser der Unterschied der Feldstärken ist. In den oben mitgetheilten Experimenten war der Primärstrom senkrecht zur Feldrichtung. In den späteren Experimenten wurde ein D'Arsonval'sches Galvanometer benützt. Der Elektromagnet war ringförmig und mit einem Draht umwickelt, welcher einen Strom von etwa 30 Ampère vertrug. Die Endflächen der Pole waren Kreise von 60 *mm* Durchmesser und 18 *mm* Abstand. Durch Einschaltung eines Widerstandes in den Stromkreis des Elektromagneten konnte die Feldstärke nach Belieben geschwächt werden. Dieselbe wurde nach Verdet's Methode bestimmt.

Da die Feldstärke nicht direct in Rechnung kommt, so genügt es, dieselbe beiläufig zu kennen. Daher wurde ihre Bestimmung erst nach Beendigung der übrigen Versuche ausgeführt.

Die benutzten Wismuthplatten wurden alle an einem Ebonitstreifen befestigt; an beide Enden waren Kupferplatten von nahezu gleicher Breite und Dicke angelöthet. Die Enden

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

der beiden Kupferstreifen tauchten in Quecksilbernäpfe. Diese beiden Näpfe konnten nach Bedarf mit dem Primärstrom oder dem Galvanometer verbunden werden. In dieser Weise konnte der Widerstand der Platte senkrecht zur Feldrichtung gemessen werden. Selbstverständlich hat der Widerstand der Kupferstreifen keinen Einfluss auf Δw, da er durch die magnetische Kraft nicht geändert wird.

Um den Transversaleffect und den Widerstand längs der Kraftlinien zu messen, waren zwei Drähte, wie Fig. (2 *a*) zeigt, an die Halbirungspunkte der Seiten der Wismuthplatte gelöthet, deren Enden in vier neue Quecksilbernäpfe tauchten.

Die so montirte Platte wurde durch eine Klemme im Felde gehalten und konnte nach Bedarf um einen rechten Winkel gedreht werden.

Drei verschiedene Stellungen der Platten gegen die Feldrichtungen wurden betrachtet. Es liege die Feldrichtung in der Ebene des Papiers; die y-Axe nach rechts, die x-Axe gegen den Beschauer, die z-Axe senkrecht zu beiden nach aufwärts gezogen. In der ersten Stellung — α — lag die Ebene der Platte in die xz-Ebene und der Primärstrom floss in der z-Richtung. In der zweiten Stellung — β — lag die Ebene der Platte in der yz-Ebene, während der Primärstrom wieder die z-Richtung hatte. In beiden Fällen wurde also der Widerstand senkrecht zu den Kraftlinien gemessen. In der dritten Lage — γ — lag die Ebene der Platte in der yz-Ebene, während der Primärstrom die y-Richtung hatte; bei dieser letzten Anordnung konnte also der Widerstand längs der Kraftlinien gemessen werden, indem der Primärstrom von (1) nach (2) geschickt wurde, während (3) und (4) mit dem Galvanometer verbunden waren. Es zeigte sich übrigens, dass diese letztere Anordnung nicht sehr vortheilhaft war, wesshalb in den meisten Fällen eine andere Anordnung benützt wurde. Die Platte war wieder an die Ebonite befestigt, aber es waren längs beiden Seitenflächen der Wismuthplatte dicke Kupferdrähte fast der ganzen Länge nach angelöthet; diese beiden Kupferdrähte dienten als Elektroden des Primärstromes. Zwei andere Drähte waren nach der Länge der Platte angelöthet, aber nicht in Contact mit den ersten beiden Drähten, sondern in einem kleinen

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Abstand von denselben; letztere diente zu Widerstandsmessungen.

Der Transversaleffect wurde immer zu der Stellung α gemessen. Aus zahlreichen Ablesungen wurde immer das Mittel genommen.

Es wurde nicht versucht, die Temperatur durch Eintauchen der Platte in einer Flüssigkeit constant zu erhalten; doch wurde zwischen je zwei Ablesungen so lange gewartet, dass man annehmen konnte, dass die Platte nahezu die Temperatur des Beobachtungsraumes hatte. Die letztere Temperatur ist immer die angegebene.

Für schwache Felder ist die hier angewandte Widerstandsmessungsmethode nur mit Sicherheit anwendbar, wenn der transversale Effect ein reiner Halleffect ist.

Von den benutzten Platten bestand nur eine aus vollkommen reinem elektrolytisch hergestelltem Wismuth.

$$\left.\begin{array}{ll}\text{Länge:} & 16\cdot75\\ \text{Breite:} & 7\cdot2\\ \text{Dicke:} & \cdot9\end{array}\right\} mm$$

Temp. 10° C.

$w = \cdot9521$ für Lage α und β

$w = 1\cdot5571$ für Lage γ.

Feld-stärke	Trans.-Effect	α		β		γ			β	
		Δw	$\sqrt{\Delta w}$	Δw	$\sqrt{\Delta w}$	Δw	$\sqrt{\Delta w}$		c_1	γ
8500	—·2311	·2949	·5430	·3144	·5648	·1489	·3858	—·42	—·41	—·60
9500	—·2455	·3292	·5738	·3556	·5963	·1622	·4927	—·42	—·41	—·60
11700	—·2627	·4001	·6325	·4333	·6582	·1780	·4219	—·41	—·40	—·62
12840	—·2708	·4552	·6747	·4717	·6768	·2066	·4545	—·40	—·40	—·59
14170	—·2974	·4815	·6932	·5258	·7251	·2357	·4855	—·42	—·40	—·61
15600	—·3071	·5881	·7669	·5684	·7539	·2500	·5000	—·40	—·40	—·61
17800	—·3273	·6281	·7926	·6252	·7902	·2704	·5389	—·41	—·41	—·60

Die zur Bestimmung von c_1 in den verschiedenen Stellungen benutzte Gleichung war

$$c_1\sqrt{\Delta w} = -E.$$

Die für α und β erhaltenen Werthe der Constanten sind dieselben; die im Falle γ erhaltenen sind verschieden, aber

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

man muss bedenken, dass die oben angeführten Resultate von der geometrischen Gestalt der Platte und dem Widerstand des Galvanometers abhängen. Um diese Störungen zu vermeiden, müsste die Grösse $\sqrt{\frac{\Delta n}{n}}$ an Stelle von $\sqrt{w}$ benützt werden.

Hierauf wurden zwei andere Platten, in denen der Transversaleffect kein Maximum zeigt, verwendet. Dieselben waren von zwei verschiedenen Proben käuflichen Wismuths hergestellt.

Platte II.

Länge: 16·5
Breite: 8·0 } *mm*
Dicke: ·827

Temp. 9° C.
$w = \cdot 83$ für Lage α und β

Feld-stärke	Trans.-Effect	α		β		(γ)		(α)		(β)		(γ)	
		Δw	$\sqrt{\Delta w}$	Δw	$\sqrt{\Delta w}$	Δw	$\sqrt{\Delta w}$	c_1	c_2	c_1	c_2	c_1	c_2
1170	—·1087	·0110	·1049										
1840	—·1270	·0150	·1279										
2520	—·2220	·0460	·2145					—1·04	+·30				
3180	—·3249	·1041	·3229	·1018	·3190			—1·04	+·30	—1·05	+·32		
5030	—·3840	·1499	·3872			·2865	·5352	—1·04	+·30				
8500	—·5147	·2945	·5427			·5696	·7540	—1·04	+·31			—·74	1·2
9500	—·5264	·3130	·5594					—1·04	+·30				
11740	—·5679	·3756	·6129	·3805	·6163	·7577	·8704	—1·04	+·30	—1·04	+·30	—·74	1·1
12840	—·6075	·4573	·6761					—1·04	+·30				
14200	—·6181	·4919	·7013	·4820	·6944			—1·04	+·30				
15600	—·6302	·5300	·7213					—1·04	+·30				
17780	—·6600	·6081	·7798	·6023	·7700	1·0062	1·0031	—1·04	+·31			—·75	1·2

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

In der Platte IX war allein die Beziehung zwischen dem transversalen Effecte und der Widerstandsänderung senkrecht zum Felde beobachtet. Wegen der eigenthümlichen Gestalt dieser Platte musste wiederum eine etwas verschiedene Anordnung — ε — benützt werden. Sie war an einem steifen Papierstreifen befestigt. Die transversalen Elektroden waren wie gewöhnlich an den Halbirungsstellen der Seiten angelöthet.

Die Primärelektroden waren in der Mitte der beiden Endflächen befestigt. Die Widerstandselektroden waren Kupferdrähte, welche längs der ganzen Breite herliefen.

Platte IX.

Länge: 00·1
Breite: 30·3 } *mm*
Dicke: 3·1738

Temp. 14° C.

$w = 1\ 4052.$

Feldstärke	Trans.-Effect	Δw	$\sqrt{\Delta w}$		
1340	—·0469	·0240	·1549	—·30	+·097
3350	— 0943	·1020	·3194	—·30	+·097
5030	—·1202	·1760	·4195	—·30	+·107
6700	—·1505	·2975	·5454	—·30	+·098
8800	—·1700	·4190	·6473	—·30	+·101
11300	— 1879	·5823	·7631	—·30	+·101
14750	—·1999	7735	·8795	—·30	+·100
17780	—·2072	·9870	·9985	—·30	+·098

Wir sehen, dass wir in diesen beiden Platten es nicht mehr mit einem reinen Halleffect zu thun haben, sondern dass ein zweiter Effect, welcher positiv und proportional $\Delta w^{3/2}$ ist, sich deutlich bemerkbar macht.

Die Resultate der Platte IX sind in Fig. (21) graphisch dargestellt. Die Widerstandsänderung ist auf die Horizontalaxe, die dazu gehörigen Werthe von $\frac{E}{\sqrt{\Delta w}}$ sind parallel zur Verticalaxe aufgetragen. Die Verbindungslinie ihrer Endpunkte ist eine gerade Linie, die Ordinate ihres Durchschnittspunktes mit der verticalen Axe ist der zugehörige Werth von c_1, wobei

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

jedoch die bei Darstellung der verschiedenen Zahlen benutzten Einheiten zu berücksichtigen sind.

Um eine solche Curve für irgend eine Platte zu erhalten, sind mindestens zwei directe Bestimmungen des transversalen Effectes und der Widerstandsänderung erforderlich. Mittelst dieser erhalten wir zwei Punkte unserer Linie und können daher für jede andere gegebene Widerstandsänderung den transversalen Effect finden und in seine beiden Componenten zerlegen. Offenbar können die Werthe von c_1 und c_2 gefunden werden, indem wir die Resultate in der beschriebenen Weise verbinden. Die Mittelwerthe aber wurden erhalten, indem wir die für jedes Feld gefundenen Resultate mit den für jedes andere gefundenen Resultaten combinirten, wobei aber die Combination zwei sich unmittelbar folgender Felder, da dieselbe zu geringe Genauigkeit geboten hätte, ausgelassen wurde. Wir erhalten so z. B. mit einer Reihe von 10 Feldern 1 . 10 sieben verschiedene Gleichungen (an Stelle von 9), indem wir z. B. 6 mit allen anderen ausser 5 und 7 verbinden.

Die nächsten beiden Platten, welche aus derselben Probe käuflichem Wismuths wie die beiden vorher betrachteten gemacht wurden, gaben ein Maximum von E.

Platte VIII.

Länge: 24·0
Breite: 12·0 } *mm*
Dicke: 1 1365

Temp. 15° C.

$w = 1 \cdot 2815$ für Lage (δ)
$= 2 \cdot 07$ für Lage α.

Feld-stärke	Trans.-Effect	α							
		Δw	$\sqrt{\Delta w}$	Δw	$\sqrt{\Delta w}$	c_1		c_1	
1340	—·10221	·0320	·1780	—	—	—	—		
3350	—·19552	·1253	·3539	·0452	·2126	—	—		
5030	—·23712	·2029	·4500	·0712	·2668	—·58	+·27	—·96	+1·2
6700	—·28526	·3244	5697	·1135	·3369	—·58	+·25	—·96	+1·1
11300	—·33459	·6067	·7789	·1943	·4409	—·58	+·25	— 96	+1 1
12840	—·33879	7199	·8484			—·58	+·25		
14750	—·33456	·7803	·8833	·2416	·4914	— 58	+·26	—·96	+1·2
17780	—·3147	·9709	·9853	·2699	·5195	—·58	+·26	—·98	1·4

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die nächste Platte wurde in die Lage ε gebracht. Die Primärelektroden waren aber trotzdem Kupferstreifen, welche längs den ganzen Endflächen angelöthet waren. Die Widerstandselektroden waren längs der halben Breite der Platte angelöthet.

Platte I *a*.

Länge: 50
Breite: 28·25 } *mm*
Dicke: 1·305

Temp. 10° C.

$w = 1 \cdot 0566.$

Feldstärke	Trans.-Effect	Δw	$\sqrt{\Delta w}$	c_1	c_2
8500	—·2902	·2529	·5029	—	—
11740	—·2900	·3262	·5712	—·83	+·98
12840	—·2898	·3274	·5722	—·81	+·94
14170	—·2739	·4121	·6419	—·83	+·95
15600	—·2621	·4321	·6573	—·80	+·99
17780	—·2503	·4816	·6939	—·82	+·95

Wir sehen, dass in diesen beiden Platten ebenfalls beide Effecte auftreten, und zwar der letztere relativ stärker als im vorigen Falle. In Fig. 3 ist die lineare Beziehung zwischen beide Constanten für die Tafel VIII graphisch dargestellt.

Zum Schluss wurden zwei Platten benutzt, in denen der zweite Effect so gross ist, dass er den Halleffect vollständig verdeckt und einen Zeichenwechsel des transversalen Effectes zur Folge hat.

Platte XII.

Länge: 24·0
Breite: 11·75 } *mm*
Dicke: ·95

Temp. 14° C.

$w = 2 \cdot 0718$ für Lage *a*.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Feldstärke	Trans.-Effect	α		β		α		δ	
		Δw	$\sqrt{\Delta w}$	Δw	$\sqrt{\Delta w}$	c_1		c_1	c_2
1340	—·0475	·0139	·1179			—	—		
2680	—·07266	·0373	·1931				—		
3350	—·08131	·0517	·2274	·0382	·1955	—·41	+1·2	—	—
5030	—·08976	·0776	·2786	·0559	·2383	—·41	1·2	—·50	2·2
6700	—·08922	·1393	·3732	·0900	·3000	—·42	1·3	—·50	2·3
8820	—·07009	·1906	·4366	·1282	·3580	—·41	1·2	—·50	2·4
14750	—·00519	·3318	5760			—·43	1·3	—	
17780	+·04202	·3816	·6177	·2322	·4819	—·42	1·3	—·50	2·4

Platte X.

Länge: 38·8
Breite: 20·5 } *mm*
Dicke: 1 112

Temp. 9° C.

Feldstärke	Trans.-Effect	Δw	$\sqrt{\Delta w}$	c_1	c_2
1840	—·01708	·0148	·1217	—	—
2520	—·01944	·0221	·1487	—	—
3180	—·01974	·0400	·2000	—·16	+1·7
4100	—·01784	·0455	·2133	—·16	1·8
8500	+·01361	·1300	·3606	—·17	1·6
10800	+·02650	·1502	·5875	—·15	1·6
12840	+·06014	·1830	·4278	—·15	1·7
14170	+·07676	1977	·4448	—·16	1·7
15600	+·09602	·2093	·4575	—·16	1·8
17780	+·12024	·2215	·4707	—·16	1·8

Wir können die bisherigen Resultate dahin zusammenfassen, dass das chemisch reine Wismuth nur den Halleffect zeigt, während in allen anderen, von käuflichem, daher wahrscheinlich unreinem Wismuth hergestellten Platten beide Effecte

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

vorhanden sind — der reine Halleffect und ein ebenfalls mit positivem Zeichen auftretender, der $\Delta w^{3/2}$ proportionaler Effect.

Prof. Ettingshausen beobachtete in seiner Untersuchung über den transversalen Effect in Wismuth,[1] dass die Werthe von E in verschiedenen Platten ein Maximum erreichten und dass dies selbst in reinem Wismuth der Fall war, wonach also der zweite Effect auch in reinem Wismuth auftreten könnte. Prof. Ettingshausen hat auch den transversalen Effect in einer Legirung von Zinn und Wismuth beobachtet und fand, dass er daselbst sein Zeichen wechselt. Der Zeichenwechsel findet für stärkere oder schwächere Felder statt, je nachdem der Zinngehalt der Legirung kleiner oder grösser ist. Wir bezeichnen dies als die Gegenwart dieses zweiten Effectes, dessen relative Grösse gegenüber dem Halleffecte mit dem Zinngehalt der Legirung wächst.

Der zweite Effect darf nicht mit dem von Ettingshausen und Nernst[2] beobachteten thermomagnetischen Effect verwechselt werden. Letzterer wurde in der reinen Wismuthplatte und in den Platten I, II, VIII, IX beobachtet, konnte dagegen in jenen Platten, wo der transversale Effect das Zeichen wechselt, nicht mit Sicherheit constatirt werden.

Der Halleffect und der zweite Effect treten in voller Stärke auf in dem Momente, wo der Primärstrom geschlossen wird, während der thermomagnetische Effect erst, nachdem der Primärstrom längere Zeit geschlossen ist, allmälig zu seinem vollen Werthe ansteigt. Er ist übrigens auch $\Delta w^{1/2}$ proportional und hat positive Zeichen.

Die obigen Resultate wurden erhalten, als die transversalen Elektroden an der Halbirungsstelle der Seitenflächen angelöthet waren. Es wurde nun eine Reihe von Experimenten gemacht, wobei diese Elektroden an verschiedenen Theilen, aber immer einander entgegengesetzt angebracht waren. In Platte I *a* war der Effect ein Maximum, wenn die Elektroden in der Mitte waren, und nahm umso mehr ab, je weiter sie sich von der Mitte entfernten.

Diese Sitzungsberichte, XCIV, 1886.
Diese Sitzungsberichte, XCIV, 1886.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Dieselbe Platte wurde nun längs der Mittellinie in ihrer halben Länge aufgeschnitten, wie es in Fig. 4 dargestellt ist. Die Elektroden waren in *ab*, *ed* oder *ef* befestigt; nun war der Effect in der Lage *ab* der grösste, geringer in *ef* und am schwächsten in *cd*. Letzteres rührt wahrscheinlich von der Gegenwart des Kupferstreifens her, in allen drei Fällen war das Zeichen negativ. Endlich wurde ein zweiter Schlitz längs der Mittellinie gemacht und die Elektroden in *gh* befestigt [siehe Fig. (5)]. Der Effect war nun noch viel schwächer, aber noch immer negativ. Es entsteht die Frage, ob diese Abnahme eine Abnahme des reinen Halleffectes oder eine Abnahme des zweiten Effectes der beiden zuzuschreiben ist. Wenn wir das Verhältniss $\frac{\Delta w}{w}$ für irgend eine Platte bei gegebener Temperatur betrachten, so erhalten wir eine Zahl, welche für die gegebene Platte und Temperatur charakteristisch ist: sie hängt nicht von der Form und Grösse der Platte, sondern nur von ihrer Materialbeschaffenheit ab. Wenn die Platte — wie wir annehmen — überall gleich beschaffen ist, so kann diese Zahl benutzt werden, um die relativen Werthe der beiden Effecte zu bestimmen, deren Summe den gesammten Transversaleffect liefert. Wenn wir die mit Platte I *a* erhaltenen Resultate in deren ursprünglicher Form in dieser Weise behandeln, die Gleichung

$$c_1 \sqrt{\frac{\Delta w}{w}} + c_2 \left(\sqrt{\frac{\Delta w}{w}} \right)^3 = -E \qquad (3)$$

benutzen und die Resultate mit den in der aufgeschnittenen Platte vergleichen, finden wir, dass die Abnahme von einer Abnahme des Halleffectes und des zweiten Effectes gleichzeitig herrührt.

Die gleiche Methode, angewandt auf die Fälle, wo die Elektrode nahe dem Ende der Platten lagen, gab ebenfalls eine gleichzeitige Abnahme beider Effecte.

Der Rest der Platte, aus welcher die früher erwähnte Platte VIII geschnitten war, wurde nun in die Anordnung ε gebracht. Der transversale Effect und auch die Widerstandsänderung wurden mit in der Mitte befindlichen Elektroden gemessen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Nun werden die Widerstandselektroden losgelöthet und der transversale Effect mit Elektroden beobachtet, welche nur zwei Millimeter von dem Ende der Platte abstanden. Die Resultate zeigten eine kleine Abnahme, an welcher wieder beide Effecte betheiligt waren.

Platte VIII *a*.

Länge: 44·0
Breite: 21·0 } *mm*
Dicke: 1·05

Temp. 15° C.

Feld-stärke	Trans.-Effect mit		$\Delta w/w$	$\sqrt{\Delta w/w}$	Mitte		Ende	
	Mitte-Elektr.	Ende-Elektr.				c_2		
3350	—·1616	—·1463	·0616	·2482	—·69	+·74	—·63	—·68
6700	—·2371	—·2070	·1716	·4142	—·61	·72	—·62	—·64
11300	—·262	—·2348	·3091	·5559	—·67	·70	—·63	—·68
17780	—·2377	—·2066	·5009	·7077	—	—	—	—

Platte X wurde in derselben Weise behandelt. Der Unterschied des transversalen Effectes in beiden Lagen war gering, sein Zeichen blieb jedoch dasselbe.

Platte X.

Feldstärke	Trans.-Effect		$\Delta w/w$	$\sqrt{\Delta w/w}$	Mitte		Ende	
	Mitte	Ende			c_1	c_2	c_1	c_2
3350	—·02630	—·02834	·0175	·1323	—		—	—
6700	—·01513	—·01648	·0535	·2313	—·26	+3·7	—·28	+3·9
11300	+·02028	+·02276	·0848	·2912	—·26	3·9	—·28	4·3
17780	+·08963	+·09197	·1267	·3559	—·29	4·2	—·28	4·3

Die Differenz der Werthe von c_1 und c_2 in den beiden Lagen ist zu klein, als dass sie sichere Schlüsse gestatten

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

würde; nachdem dieselbe Platte längere Zeit in Gebrauch war, zeigte sie eine Veränderung des Verschwindungspunktes des transversalen Effectes. Der Halleffect schien gewachsen zu sein, während der andere etwa constant blieb. Als der Platte die Form 5 ertheilt wurde, verminderte sich der Effect ohne sein Zeichen zu ändern.

In einer früheren Abhandlung[1] über den transversalen Effect in Wismuth wurde gezeigt, dass in Platten, wo E ein Maximum hat oder verschwindet, die Feldstärke, für welche dies stattfindet, durch Hämmern oder Feilen der Platte vermehrt werden kann.

Wenn wir die dritte der oben entwickelten Gleichungen benutzen, können wir sehen, welche Veränderungen der Effecte dadurch hervorgebracht werden. Die in einer früheren Reihe von Experimenten mit der Platte I *b* erhaltenen Resultate wurden hiebei benutzt. Sie setzen uns in den Stand, zu erkennen, dass hauptsächlich der Halleffect sich ändert, während der andere constant bleibt. Die transversalen Elektroden waren hiebei immer in der Mitte angelöthet.

Platte I *b*.

Länge: 44·7
Breite: 20·8 } *mm*
Dicke: 1·2235

Feldstärke	Trans.-Effect	$\Delta w/w$	$\sqrt{\Delta w/w}$	c_1	c_2
3864	—·07693	·0408	·2019	—	—
8694	—·02957	1002	·3165	—·58	+4·8
16284	+·15039	·1828	·4276	—·57	+5·1
19320	+·21259	·2203	·4639	—·57	+4·7

Nun wurde die Platte gehämmert und beinahe zu derselben Feldstärke untersucht. Es ergaben sich folgende Resultate.

[1] Proc. Roy Soc. Ed. Dec. 1894.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Feldstärke	Trans.-Effect	$\Delta w/w$	$\sqrt{\Delta w/w}$	c_1	
3864	—·10126	·0408		—	—
8694	—·05166			—·73	+5·7
16280	+·11249			—·72	5·3
19320	+·19027			—·73	5·2

Endlich wurde die Platte gefeilt. Ihre Dicke wurde auf 0·665 *mm* reducirt. Die übrigen Dimensionen blieben ungeändert.

Feldstärke	Trans.-Effect	$\Delta w/w$	$\sqrt{\Delta w/w}$	c_1	
3864	—·21699			—	—
8694	— 13521			—1·52	10·9
16280	+·17013			—1 50	10·4

Wenn wir die Veränderung der Dicke in Rechnung ziehen, erhalten wir —0·76 und +5·4 für c_1 und c_2. Ähnliche Resultate wurden mit Platte IX erhalten. Sie war erst 3·18 *mm* dick. Die Werthe von c_1 und c_2 waren $c_1 = -0{\cdot}18$ und $c_2 = +0{\cdot}085$. Sie war dann auf eine Dicke von 1·56 *mm* abgefeilt. Unter Benutzung derselben Werthe von $\frac{\Delta w}{w}$ wurden die Werthe von c_1 und c_2 auf —0·42 und 1·71 reducirt, d. h. der reine Halleffect war ein wenig gewachsen, der zweite Effect blieb nahezu unverändert.

Wir sahen, dass wenn eine Platte längs der Mittellinie aufgeschnitten wird, der transversale Effect zwar der Grösse nach abnimmt, aber nicht sein Zeichen wechselt. Auch die Thatsache, dass der Effect abnimmt, aber das Zeichen beibehält, wenn wir von der Mitte gegen das Ende der Platte fortschreiten, kann in derselben Weise erklärt werden. Denn betrachten wir eine Platte mit transversalen Elektroden in *a* und *b*; der transversale Effect mag wie in Fig. 6 durch Stromlinien ausgedrückt werden. Nun schlitzen wir die Platte längs der Mittellinie auf, wie Fig. 7 zeigt, werden jetzt einige

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Strömungslinien unterbrochen. Ähnlich werden nicht alle Strömungslinien erfasst, wenn die Elektroden in *c* und *d* angebracht werden. Beide Resultate scheinen zu zeigen, dass Herrn Bedwell's Erklärung auf keinen der beiden transversalen Effecte in Wismuth anwendbar ist. Nur der einzige Schluss kann mit Sicherheit gezogen werden, dass die Platte im Feld immer symmetrisch bezüglich ihrer Mittellinie ist. Die Ursachen des reinen Halleffectes und des zweiten Effectes scheinen aufs innigste mit einander verbunden zu sein. Nur durch Feilen oder Hämmern der Platte scheint es möglich, den einen ohne den anderen zu verändern.

Offenbar gestatten uns die zwischen dem transversalen Effect und der Widerstandsänderung erhaltenen Beziehungen nicht, die Werthe der Constanten in verschiedenen Platten zu vergleichen.

Verschiedene Beobachter fanden, dass der transversale Effect in Wismuth von der Temperatur abhängt.[1] Wenn wir $\frac{\Delta w}{w}$ bei einer fixen Temperatur, etwa 0° C., zu Grunde legen, so muss es möglich sein, zu untersuchen, ob sich der Halleffect oder der zweite Effect oder beide mit der Temperatur verändern. Auch der Widerstand des Wismuths ist von der Temperatur abhängig. Messungen des Widerstandes einer Platte und ihres transversalen Effectes bei verschiedenen Temperaturen würden zeigen, ob beide Effecte in derselben Weise wie der Widerstand von der Temperatur abhängen. Wenn wir den Rotationscoëfficienten — k — beibehalten, so sind die Gesetze des anomalen Verhaltens des transversalen Effectes verdeckt.

Es ist bekannt, dass die Widerstandsänderung des reinen Wismuths im constanten magnetischen Felde praktisch verwendet wurde, um unbekannte Feldstärken zu messen. Es könnte auch der transversale Effect zu dem gleichen Zwecke verwendet werden, wenn man sich den Zusammenhang desselben mit der Feldstärke graphisch darstellen würde. In

---

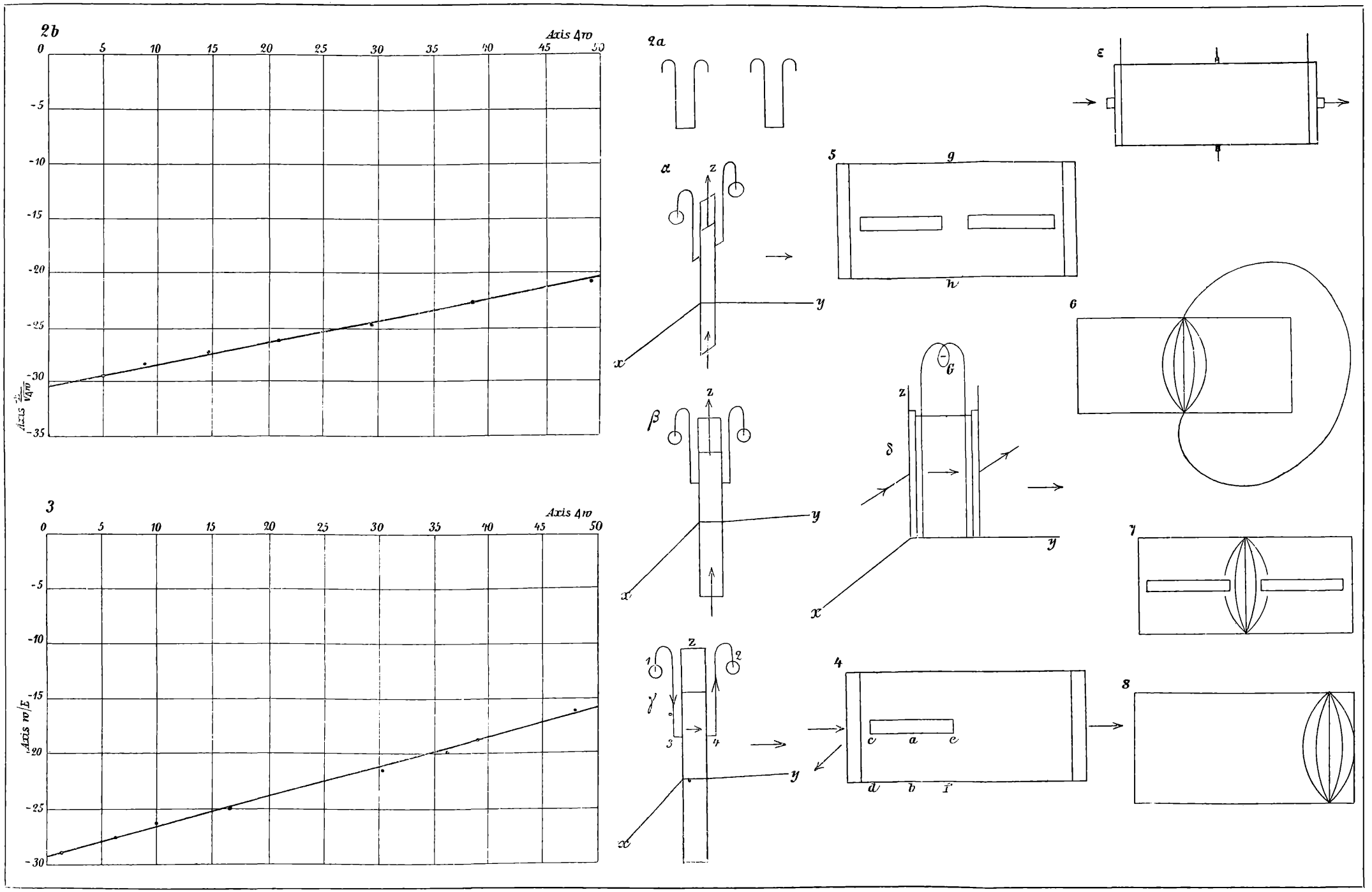
[1] On the effect of magnetic fields in the electric conductivites of bismuth. Phil. Mag. Nov. 1894.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

mancher Beziehung wäre diese Methode, die Feldstärke zu messen, von Vortheil, aber es könnten nur solche Platten verwendet werden, welche blos den reinen Halleffect zeigen. Wo der zweite Effect vorhanden ist, könnte der gesammte transversale Effect durch längeren Gebrauch der Platte verändert werden.

Zum Schlusse sage ich Herrn Hofrath Prof. Dr. Boltzmann für die mannigfachen Unterstützungen und für die Freundlichkeit, mit welcher er mir die Apparate des physikalischen Institutes der Universität Wien zur Verfügung stellte, meinen besten Dank.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: 104_2a

Autor(en)/Author(s): Beattie J.

Artikel/Article: Über die Beziehung zwischen der Widerstandsänderung von Wismuthplatten im Magnetfeld und dem rotatorischen oder transversen Effect. 653-670