2. *Das Hall'sche Phänomen in Eisen, Kobalt und Nickel; von A. Kundt.*

Bald nachdem Hall entdeckt hatte, dass die Aequipotentiallinien eines galvanischen Stromes, welcher eine dünne Platte durchfliesst, durch eine magnetisierende Kraft, deren Richtung senkrecht zu der Ebene der Platte ist, gedreht werden, gab er auch das experimentelle Gesetz für diese Erscheinung, die jetzt allgemein den Namen des Hall'schen Phänomens führt. Wir nehmen die gewöhnliche Anordnung, bei welcher eine rechteckige Platte zwischen zwei parallelen Polflächen eines Electromagneten so aufgestellt ist, dass die Platte den Polflächen parallel steht. Auf zwei gegenüberliegenden Kanten derselben sind der Länge nach zwei Drähte als Electroden aufgelöthet, welche zur Zuführung des Stromes, den wir kurz den primären nennen wollen, dienen. In der Mitte der anderen beiden Kanten sind an zwei Punkten gleichen Potentials des die Platte durchfliessenden Stromes zwei punktförmige Electroden angebracht. Zwischen diesen tritt bei Erregung des Electromagneten eine Potentialdifferenz, e , auf, deren Grösse nach Hall ist

$$e = \frac{R \cdot J \cdot M}{d}.$$

J bezeichnet hierbei die Intensität des Primärstromes, M die Stärke des magnetischen Feldes, d die Dicke der Platte. R bezeichnet eine für das Material der Platte charakteristische Constante, welche Hall den „Rotationscoefficienten“ des betreffenden Materials nennt. Er bezeichnet den letzteren als positiv, wenn die Drehung der Aequipotentiallinien in demselben Sinne erfolgt, wie der das Magnetfeld erregende Strom fliesst; findet das Umgekehrte statt, so wird der Coefficient negativ bezeichnet. Die durch die Formel ausgedrückte Abhängigkeit der Grösse e von der Dicke der Platte und der Intensität des Primärstromes ist durch die Versuche von Hall und anderen, insbesondere durch A. v. Ettingshausen und W. Nernst hinreichend bestätigt. Anders liegt es mit

der Proportionalität von e , welche Grösse wir, wie üblich, Hall-Effect nennen wollen, mit der Stärke des Magnetfeldes. Alle bisherigen sorgfältig ausgeführten Versuche haben übereinstimmend ergeben, dass bis zu den Werthen von M , zu welchen man bisher ging, bei den schwach magnetischen oder schwach diamagnetischen Metallen die Grösse e dem M proportional bleibt. Versuche von Hall¹⁾ und von v. Ettingshausen und Nernst²⁾ ergeben dagegen für Nickel nicht mehr die erwähnte Proportionalität. Hr. Hall weist an seinen Zahlen schon nach, dass der Hall-Effect im Nickel viel mehr der Magnetisirung der Platten proportional sei, und Hr. Goldhammer³⁾ zeigt dies an einer Beobachtungsreihe von v. Ettingshausen und Nernst, indem er für die verschiedenen Feldstärken die Magnetisirung der Nickelplatte aus den bezüglichen Rowland'schen Untersuchungen berechnet. Für Co und Fe ist dagegen die Beziehung des Hall-Effectes zu der Magnetisirung nicht mit Sicherheit nachweisbar, da die Versuche nicht über die Grenzen, innerhalb welcher die Magnetisirung der magnetisirenden Kraft proportional bleibt, hinreichend hinausgehen.

Für eine zu entwickelnde Theorie des Hall'schen Phänomens ist es aber, wie schon Hall hervorhob, von der grössten Wichtigkeit, zu constatiren, ob in allen den drei stark magnetischen Metallen Fe, Co und Ni der Hall-Effect genau der Magnetisirung proportional bleibt, um so mehr, als Nickel sich bezüglich der Rotation der Aequipotentiallinien umgekehrt verhält wie Eisen und Kobalt.

Der Rotationscoefficient ist nämlich nach Hall für Eisen und Kobalt positiv, für Nickel negativ.

Ich habe es daher unternommen, noch einmal für Fe, Co und Ni den Hall-Effect bis zu so hohen Magnetfeldern, als ich sie mit den mir zu Gebote stehenden Mitteln erreichen konnte (etwa $22\,000 \text{ (cm}^{-1/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sec}^{-1})$) zu untersuchen und zugleich an denselben Platten, die für diese Versuche dienten, die jeweilige Magnetisirung durch eine Grösse, die dieser Magnetisirung

1) Hall, Phil. Mag. **12**. p. 157. 1881.

2) v. Ettingshausen und Nernst, Sitzungsber. der Wien. Akad. **94**. 1886.

3) Goldhammer, Wied. Ann. **46**. p. 98. 1892.

proportional ist, zu ermitteln. Indem ich sehr dünne, noch durchsichtige Platten der genannten Metalle, welche auf platinirtem Glas galvanoplastisch niedergeschlagen wurden, benutzte, konnte ich für alle die Feldstärken, für welche der Hall-Effect gemessen wurde, auch die Drehung der Polarisations-ebene des Lichtes in den im magnetischen Felde befindlichen Platten beobachten. Diese Drehung ist nach der Gesammtheit der vorliegenden Untersuchungen der Magnetisirung der Platten proportional.¹⁾ Es hat sich das Resultat ergeben, dass innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler Hall-Effect und electromagnetische Drehung der Polarisations-ebene in Platten von Fe, Co und Ni einander proportional bleiben. Damit ist die Proportionalität zwischen Magnetisirung und Hall-Effect für diese Substanzen sicher erwiesen.

Ich gebe zunächst eine kurze Beschreibung der Anordnung der Versuche, dann eine Beobachtungsreihe mit einer Goldplatte und eine andere mit einer Silberplatte. Diese Reihen sollen nur zeigen, dass die ganze Anordnung gut und sicher functionirte. Es folgen dann die Beobachtungen an Fe, Co und Ni.

Zum Schluss berichte ich über einige Versuche, die ich mit Wismuthplatten angestellt habe, welche galvanoplastisch auf platinirtem Glas niedergeschlagen waren. Das Resultat derselben ist bis jetzt im Widerspruch mit allen bisherigen Arbeiten, welche einen sehr grossen Hall-Effect im Wismuth ergeben. Die galvanoplastisch hergestellten Wismuthschichten zeigten einen so kleinen Effect, dass derselbe mit dem für die anderen Metalle benutzten Galvanometer genau messend nicht verfolgt werden konnte.

Um im Folgenden in den Bezeichnungen kurz sein zu können, nenne ich, in Uebereinstimmung mit früheren Beobachtern, den Strom, welcher die Platte durchfliesst, wie schon bemerkt, den „primären Strom“, die Electroden, welche ihn der Platte zuführen, die „primären Electroden“; die Electroden, welche den durch den Magnetismus abgeleiteten Strom führen, „Hall-Electroden“ oder „secundäre Electroden“, diesen Strom selbst „secundären Strom“. Der Strom, welcher den Magnet erregt, möge „magnetisirender Strom“ heissen.

1) du Bois, Wied. Ann. 31. p. 941. 1887.

Dann möchte ich nicht unterlassen, dankend zu erwähnen, dass bei Anstellung der Versuche mir Hr. Dr. H. Rubens in jeder Weise behülflich war.

Anordnung der Apparate.

1. Die Metallplatten.

Die zu benutzenden Metallplatten wurden, wie schon bemerkt ist, electrolytisch auf platinirtem Glas niedergeschlagen, wie ich dies früher bei meinen Versuchen über magnetische Circularpolarisation in den Metallen beschrieben habe.¹⁾ Dann wurde mit dem Diamant ein ungefähr quadratisches Stück des niedergeschlagenen Metalles, welches im durchfallenden Lichte noch möglichst gleichförmig erschien, sodass man annehmen konnte, dass die Metalldicke durchweg die gleiche sei, abgegrenzt. Das Stück stand dann mit dem anderen Theile nicht mehr in leitender Verbindung. Auf zwei gegenüberliegenden Kanten des abgegrenzten Stückes wurden der ganzen Länge nach zwei Drähte angelöthet, welche den primären Strom zuführen sollten, auf den anderen Kanten wurden möglichst in die Mitte zwei dünne Drähte gelöthet, die Hall-Electroden. Der ganze Flächeninhalt der benutzten Metallschicht betrug meist weniger als $\frac{1}{4}$ qcm.

2. Der Magnet.

Zur Erzeugung des Magnetfeldes diente ein älterer, mittelgrosser Electromagnet Ruhmkorff'scher Construction. Da ich zu möglichst hohen Feldern kommen wollte, mussten besondere Polstücke angefertigt werden. Es waren dies abgestumpfte Kegel, deren vordere kreisförmige Abstumpfungsfläche einen Durchmesser von 10 mm hatte. Dieselben waren für die Beobachtung der Circularpolarisation mit centralen Durchbohrungen von 3 mm Durchmesser versehen. Die beiden Polflächen hatten einen Abstand von 5 mm. Das Magnetfeld zwischen ihnen ist als homogen zu betrachten. Da die grösste Seitenlänge der benutzten Platten 7 mm, der Durchmesser der Polplatten dagegen 10 mm betrug, so konnten die Metallstücke zwischen den Polplatten stets so eingestellt werden, dass sie mit ihren Flächen senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien sich ganz in dem homogenen magnetischen Felde befanden.

1) A. Kundt, Wied. Ann. **23**. p. 228. 1884 und **27**. p. 191. 1886.

Für die Bestimmung der electromagnetischen Circularpolarisation in den Schichten von Fe, Co und Ni musste abwechselnd die Metallschicht, in welcher der Hall-Effect beobachtet war und eine von dem Metall freie, platinirte Stelle des Glases zwischen die Pole gebracht werden, um durch Differenzbestimmungen die Drehung der Polarisationssebene in Fe, Co und Ni zu erhalten. Zu diesem Zwecke war die mit dem Metall überzogene platinirte Glasplatte an einem verschiebbaren Gestell angebracht, dessen Verschiebungen durch Anschläge begrenzt waren, sodass mit Sicherheit immer die eine oder die andere Stelle genau in die Mitte des Magnetfeldes, vor die Durchbohrungen gebracht werden konnte. Der Magnet wurde durch den Strom, den die Berliner Electricitätswerke liefern, erregt. Um verschiedene Magnetfelder zu erhalten, wurden in den magnetisirenden Strom passende Widerstände eingeschaltet.

3. Der optische Apparat.

Als Lichtquelle für die Drehungsbestimmungen diente ein Linnemann'scher Zirkonbrenner. Der Polarisator war ein Doppelnicol nach der Angabe von Lippich. Das analysirende Nicol befand sich in einem Theilkreise, welcher mit Hülfe eines Nonius $0,01^\circ$ abzulesen gestattete. In den Gang der Strahlen war ein rothes Glas eingeschaltet, sodass die Drehung für das ziemlich homogene Licht, welches durch dieses hindurchging, gemessen wurde. Die Intensität des magnetischen Feldes bei jedem einzelnen Versuche wurde in folgender Weise ermittelt.

Von früheren Versuchen stand eine Glasplatte zur Verfügung, deren Verdet'sche Constante für Natriumlicht genau bestimmt war. Durch Ermittlung des Verhältnisses der Drehung von Natriumlicht und von dem benutzten rothen Licht in dieser Platte bei irgend einer Feldstärke wurde zunächst die Verdet'sche Constante der Vergleichsplatte für rothes Licht gefunden. Ist diese bekannt, so ist es nur nöthig, für eine Feldstärke die Drehung, welche die Polarisationssebene des rothen Lichtes in dieser Normalplatte erfährt, zu vergleichen mit der Drehung durch die betreffende Glasplatte, auf welcher Fe, Co oder Ni niedergeschlagen ist, um für sämtliche magnetische Felder, in welchen Drehung und das Hall'sche Phänomen an der betreffenden Platte beobachtet

ist, die Intensität in absolutem Maasse berechnen zu können, da die Drehung im Glase der Feldstärke genau proportional bleibt. Sämmtliche angegebenen Feldstärken sind in dieser Weise gefunden.

4. Die electrischen Anordnungen.

Der Primärstrom für die dünnen Metallplatten wurde von einem Accumulator geliefert, dessen electromotorische Kraft sich während längerer Zeit sehr nahe constant erhielt. Die Intensität des Stromes wurde durch eingeschaltete Widerstände passend regulirt und konnte durch ein eingeschaltetes Siemens-Torsionsgalvanometer gemessen werden. Das für die Messung des Hall-Stromes benutzte Galvanometer war ein Siemens'sches bekannter Construction mit vier nebeneinandergeschalteten Rollen von je 20 Ohm Widerstand. Die ganze Schwingungsdauer des Magnetsystems betrug ungefähr 6 Sec., der Abstand des Fernrohrs nahe 6 m. Hierbei entspricht, wie eine Bestimmung ergab, ein Ausschlag von einem Centimeter $0,345 \cdot 10^{-6}$ Amp. Die beobachteten Ausschläge waren der die Galvanometerwindungen durchfliessenden Stromintensität noch so nahe proportional, dass eine Correction anzubringen unnöthig war. Es ist daher im Folgenden die Potentialdifferenz an den beiden Hall-Electroden auf der Platte dem Galvanometerausschlag direct proportional gesetzt, und als Hall-Effect ist nicht die Potentialdifferenz e , sondern der derselben entsprechende Galvanometerausschlag angegeben.

Es ist nicht möglich, die Hall-Electroden auf den benutzten, sehr kleinen Metallplatten genau auf zwei Stellen gleichen Potentials anzubringen; für die Beobachtung des Hall-Effectes ist es aber sehr angenehm, wenn vor Erregung des Magnetfeldes der Strom im abgeleiteten Kreise, d. h. demjenigen der Hall-Electroden, Null ist. Um dies zu erreichen, wurde, wie üblich, die eine, passend ausgewählte secundäre Electrode mit der einen primären leitend verbunden; es kann dann durch Einschalten von Widerstand in diese Zweigleitung immer erreicht werden, dass bei Schluss des Primärstromes, wenn der Magnet nicht in Thätigkeit ist, das Galvanometer auf Null bleibt. Diese Abgleichung wurde vor jeder einzelnen Beobachtung sehr sorgfältig gemacht.

5. Der Einfluss der Platinschicht der Glasplatten auf die Resultate.

Da sich unter den zu untersuchenden Metallschichten das Platin befindet, auf welches jene niedergeschlagen sind, so geht ein Theil des Primärstromes durch diese Platinschicht. Da die letztere aber dünner war, als die Schichten von Fe, Co und Ni, so ist der durch das Platin gehende Zweigstrom nicht zu beträchtlich. Berücksichtigt man ferner, dass der Rotationscoefficient für Pt sehr viel kleiner ist, als für die genannten Metalle, so ergibt sich, dass der Einfluss der Platinschicht bei der Ermittlung des Hall-Effectes, wenigstens für die drei Metalle Fe, Co und Ni, unberücksichtigt bleiben kann. Um einen ungefähren Ueberblick zu gewinnen, ein wie grosser Theil des die Platte durchfliessenden Primärstromes durch die Platinschicht geht, wurde von der untersuchten Eisenplatte, nachdem der Widerstand zwischen den Primärelectroden genau gemessen war, durch verdünnte Säure, welche das Platin nicht angreift, das Eisen entfernt und abermals der Widerstand gemessen. Es ergab sich im ersten Falle 3,6 Ohm, im zweiten 11,2 Ohm; daraus folgt, dass von dem Primärstrom in dieser Platte etwa $\frac{2}{3}$ durch das Eisen und $\frac{1}{3}$ durch das Platin gingen. Hiernach könnte bei unserer Eisenplatte der Durchgang des Zweigstromes im Platin für die Beobachtung von Einfluss sein, wenn nicht andererseits der Hall-Effect im Eisen etwa 40 mal so gross wäre, wie im Platin. Aehnlich ist das Verhältniss bei den benutzten Nickel- und Kobaltplatten.

6. Gang der Versuche.

Nachdem die mit dem electrolytisch niedergeschlagenen Metall versehene platinirte Glasplatte an der oben erwähnten Schiebevorrichtung befestigt und passend zwischen die Magnetpole gebracht war, wurde zunächst die Zweigleitung so abgeglichen, dass bei Schluss des Primärstromes das Galvanometer keinen Ausschlag zeigte. Dann wurde der magnetisirende Strom geschlossen und die kleine Einwirkung, welche der Magnet direct durch Fernwirkung auf das Galvanometer ausübte, ermittelt, um dieselbe bei den Ausschlägen in Rechnung zu ziehen. Endlich wurde für die eine und für die entgegengesetzte Richtung des magnetisirenden Stromes der Ausschlag des Galvanometers, also der Hall-Effect, gemessen.

Dieselben Beobachtungen wurden mehrfach wiederholt und aus den erhaltenen Resultaten wurde das Mittel genommen. Die verschiedenen Versuche stimmten fast immer bis auf wenige Millimeter untereinander überein. Nachdem so für die verschiedenen Feldstärken der Hall-Effect gemessen war, wurde für dieselben Feldstärken, die durch Regulirung des magnetisirenden Stromes leicht genau wieder hergestellt werden konnten, die Drehung der Polarisationssebene bei Umkehrung des magnetisirenden Stromes für den Durchgang des Lichtes durch Glas, Platin und Metall, und durch Glas und Platin allein bestimmt. Die Intensität der Magnetfelder ergab sich dann in der oben erwähnten Weise durch Vergleichung mit dem Normalglas, dessen Verdet'sche Constante für rothes Licht bekannt ist.

Um mich zu überzeugen, dass die ganze Anordnung befriedigend functionirte, wurden Versuche mit einer auf platinirtem Glas galvanisch niedergeschlagenen Goldschicht und einer ebenso hergestellten Silberschicht gemacht. Für diese Metalle ist nach dem bisher vorliegenden Beobachtungsmaterial eine genaue Proportionalität des Hall-Effectes mit der Stärke des Magnetfeldes vorhanden. Diese letztere wurde auch hier durch die Circularpolarisation in den Glasplatten bestimmt. Zwar ist bei diesen Platten der Hall-Effect nur etwa viermal so gross, als im Platin; indessen ist die Leitfähigkeit etwa die siebenfache und war die Dicke mindestens die dreifache der Platinschicht, sodass auch hier der Einfluss der letzteren verschwindet. Uebrigens würde das Platin, da auch in ihm der Hall-Effect der Magnetisirung proportional ist, das für Gold und Silber zu erwartende Resultat qualitativ nicht beeinträchtigen.

Controlversuche mit Gold und Silber.

1. Gold.

Abstand der Primärelectroden von einander 5 mm.

„ „ Hall-Electroden „ „ 4,5 mm.

Widerstand zwischen den Primärelectroden 0,43 Ohm.

„ „ „ Hall-Electroden 0,55 „

Intensität des primären Stromes 0,0556 Amp.

2. Silber.

Abstand der Primärelectroden von einander 4,5 mm.

„ „ Hall-Electroden „ „ 3,5 „

Widerstand zwischen den Primärelectroden 1,0 Ohm.

„ „ „ Hall-Electroden 1,0 „

Drehung in Glas Φ	Feldstärke M in cm g sec.	Hall-Effect ϱ Galvano- meteraus- schlag in cm	Hall-Effect	Hall-Effect berechnet
			Drehung $\frac{\varrho}{\Phi}$	
Gold.				
0,890°	3810	1,65 cm	1,85	1,61 cm
1,936°	8280	3,4 "	1,76	3,5 "
3,201°	13700	5,8 "	1,81	5,8 "
4,279°	18300	7,7 "	1,80	7,7 "
4,998°	21400	9,1 "	1,82	9,1 "
			Mittel 1,81	
Silber.				
0,890°	3810	5,8 cm	6,54	6,0 cm
1,936°	8280	13,2 "	6,83	13,1 "
3,201°	13700	21,7 "	6,79	21,6 "
4,279°	18300	29,3 "	6,84	29,0 "
4,998°	21400	33,8 "	6,76	33,8 "
			Mittel 6,75	

In der vorstehenden Tabelle sind die Drehungen der Polarisationssebene bis auf 0,001° angegeben, da die Ablesungen bis auf 0,01° gemacht wurden und jede in den Tabellen angegebene Zahl das Mittel aus 10 Einstellungen ist. Die aus den Drehungen berechneten Feldstärken sind in den letzten Ziffern abgerundet, da dieselben, entsprechend der Fehlergrenze der Drehungsbestimmungen, höchstens bis zur 4. Ziffer genau sind.

In der Columnne Hall-Effect, ϱ , sind die Galvanometerausschläge angegeben; dieselben sind, wie oben dargelegt wurde, der Grösse e der Hall'schen Formel, d. h. der secundären electromotorischen Kraft proportional. Da es sich in dieser Mittheilung nicht um die Bestimmung absoluter Rotationscoefficienten handelt, sondern nur um die relativen in einer und derselben Platte bei Aenderung des Magnetfeldes, konnte die Berechnung der e aus den ϱ unterbleiben.

In der 4. Columnne ist das Verhältniss von ϱ / Φ angegeben

und mit Hülfe des Mittels dieser Zahlen sind die Werthe der 5. Columne berechnet.

Die Werthe von ρ / Φ sind sowohl für Gold wie für Silber innerhalb der Beobachtungsfehler als constant zu betrachten; die beobachteten und berechneten ρ stimmen bis auf wenige Millimeter für jedes der Metalle untereinander überein. In Gold und Silber ist also der Hall-Effect bis zu Magnetfeldern von 21400 cm g sec. innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler der magnetisirenden Kraft proportional.

Zur Veranschaulichung sind in der Figurtafel p. 269 die Beobachtungen graphisch aufgetragen. Die Curven $\rho = f(M)$ sind fast genau gerade Linien.

Es sei noch bemerkt, dass der Rotationscoefficient auch bei unseren Versuchen, wie Hall es für Gold und Silber angegeben, das negative Zeichen hat.

Versuche mit Eisen, Kobalt und Nickel.

1. Eisen.

Abstand der Primärelectroden von einander 6 mm.

„ „ Hall-Electroden „ „ 7 „

Dicke der Eisanschicht berechnet aus der Maximaldrehung der Polarisationssebene nach meinen früheren Beobachtungen¹⁾ $14,1 \cdot 10^{-6}$ cm.

Widerstand zwischen den Primärelectroden 3,6 Ohm.

„ „ „ „ nachdem die Eisanschicht durch Säure von dem Platin abgewischt war 11,2 Ohm.

Der Widerstand zwischen den Hall-Electroden ist nicht bestimmt.

Intensität des primären Stromes 0,021 Amp.

2. Kobalt.

Abstand der Primärelectroden von einander 4,0 mm.

„ „ Hall-Electroden „ „ 3,0 „

Dicke der Kobaltschicht berechnet aus der Maximaldrehung der Polarisationssebene nach den Versuchen des Hrn. du Bois²⁾ $6,3 \cdot 10^{-6}$ cm.

1) A. Kundt, Wied. Ann. 27. p. 191. 1886.

2) du Bois, Wied. Ann. 31. p. 941. 1887.

Widerstand zwischen den Primärelectroden 11,7 Ohm.

„ „ „ Hall-Electroden 11,5 „

Intensität des Primärstromes 0,0162 Amp.

3. Nickel.

Abstand der Primärelectroden von einander 6 mm.

„ „ Hall-Electroden „ „ 6 „

Dicke der Nickelschicht berechnet aus der Maximaldrehung der Polarisationsebene nach den Versuchen des Hrn. du Bois¹⁾ 5,3. 10⁻⁶ cm.

Widerstand zwischen den Primärelectroden 4,1 Ohm.

„ „ „ Hall-Electroden 6,8 „

Intensität des Primärstromes 0,0112 Amp.

Die nachstehende Tabelle enthält die Beobachtungsergebnisse.

Drehung in			Feldstärke M in cm g sec.	Hall- Effect q in cm	Hall-Effect	Hall- Effect berechnet
Glas und Metall Φ_1	Glas Φ_2	Metall Φ_3			Drehung	
					$\frac{q}{\Phi}$	
Eisen.						
3,12°	0,85°	2,27°	5950	14,2	6,55	14,6
4,17°	1,24°	2,93°	8680	20,4	6,97	19,7
6,86°	2,05°	4,81°	14050	30,9	6,45	32,4
8,16°	2,53°	5,63°	17710	38,4	6,88	38,0
8,87°	3,10°	5,77°	21700	39,9	6,92	39,0
					Mittel 6,74	
Kobalt.						
1,363°	0,700°	0,663°	2990	7,6	11,5	7,7
2,249°	1,078°	1,171°	4620	13,0	11,1	13,5
3,810°	1,936°	2,874°	8280	22,0	11,7	21,7
5,685°	3,201°	2,484°	13700	28,4	11,3	28,7
6,783°	4,279°	2,504°	18300	29,5	11,8	29,0
7,474°	4,998°	2,476°	21400	29,9	12,0	28,7
					Mittel 11,6	
Nickel.						
0,562°	0,242°	0,320°	1570	11,0	34,4	11,1
1,286°	0,542°	0,744°	3570	24,1	32,5	25,9
1,740°	0,923°	0,817°	6090	30,2	36,8	28,4
2,432°	1,540°	0,892°	10150	31,0	34,7	31,0
3,292°	2,381°	0,910°	15700	32,0	35,1	31,6
3,933°	3,002°	0,931°	19800	33,1	35,3	32,3
4,309°	3,316°	0,983°	21900	33,4	34,0	34,1
					Mittel 34,7	

1) du Bois, Wied. Ann. 31. p. 941. 1887.

Die Bezeichnung über den einzelnen Columnen ist entsprechend derjenigen der Tabelle für Gold und Silber. Die Feldstärken sind aus den Drehungen der Polarisationssebene in Glas C_2 unter Zuhülfenahme der oben erwähnten Vergleichsglasplatte berechnet.

Es darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass die Drehungen in den Metallschichten procentisch erheblich ungenauer bestimmt werden, als diejenigen in den Glasplatten bei den Versuchen mit Gold und Silber, wegen der durch die Absorption der Metallschichten bedingten geringen Lichtintensität. Berücksichtigt man dies, so sind die Zahlen der 6. Columnne, der Quotient aus dem Hall-Effect und der Drehung in Metall für jedes einzelne der drei Metalle als constant zu betrachten. Die mit dem Mittel dieser Quotienten, welches unter die Columnne 6 geschrieben ist, multiplicirten Drehungen der Polarisationssebene in den Metallen sind in der Columnne 7 als „berechnete Hall-Effecte“ angegeben, sie entsprechen den Drehungen der Polarisationssebene, welche die benutzten Platten der Metalle geben würden, wenn ihre Dicke entsprechend dem angegebenen Mittelwerthe vergrössert wäre, vorausgesetzt, dass die Platten bis zu diesen Dicken durchsichtig bleiben. Zur besseren Anschaulichkeit sind in beistehenden Figuren a. f. S. die beobachteten Hall-Effecte als Function der Feldstärke eingetragen. Die entsprechenden Punkte sind mit einem kleinen Kreis umschrieben. Gleichzeitig sind in die Figuren die Werthe der Columnne 7 eingetragen und durch ein Kreuzchen bezeichnet. Die Curven durch die ersten Punkte wären als Curven der Hall-Effecte der drei Metalle, die Curven durch die zweiten Punkte als solche der Drehung der Polarisationssebene in denselben zu bezeichnen.

Man sieht, dass innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler beide Arten von Curven hinreichend übereinstimmen.

Es kann somit als erwiesen gelten, *dass in den drei Metallen Fe, Co und Ni bei einem gegebenen primären Strom die Hall-Effecte bei Aenderung der Stärke des Magnetfeldes den Drehungen der Polarisationssebene in diesen Metallen, und damit, da diese der Magnetisirung der Platten proportional sind, auch letzterer selbst proportional bleiben.*

Eine weitere Vergleichung der Curven mit den von Hrn

du Bois l. c. gegebenen Magnetisirungscurven für Platten aus Fe, Co und Ni und der in ihnen beobachteten Circularpolarisation scheint nicht nöthig.

Versuche mit Wismuth.

Aus einer Lösung von weinsaurem Wismuth, der noch etwas Weinsäure und Ammoniak zugesetzt war, wurde auf platinirtem Glas Wismuth galvanisch niedergeschlagen. Leider lassen sich dickere Wismuthschichten auf diese Weise nicht erhalten; der Niederschlag ist nur im Anfang blank und festhaftend, bei längerer Dauer des zersetzenden Stromes wird derselbe schwarz und pulverig. Es wurde nun eine solche Wismuthplatte, die noch ziemlich hell durchsichtig, dabei auf der Oberfläche glatt und spiegelnd war, in derselben Weise wie die anderen benutzten Metallschichten mit Electroden ver-

sehen und zwischen den Polen des Electromagneten auf ihren Hall-Effect untersucht. Es ergab sich das unerwartete Resultat, dass selbst in stärkeren Magnetfeldern nur ein sehr geringer Hall-Effect beobachtet werden konnte, während nach allen früheren Beobachtern gerade in Wismuth das Hall'sche Phänomen ausserordentlich stark hervortritt. Es wurde daher noch eine zweite Wismuthplatte in derselben Weise hergestellt; obgleich ein Primärstrom von einer merklichen Intensität nachweisbar durch die Platten ging, und die Empfindlichkeit des Galvanometers noch erhöht wurde, betrug der Hall-Effect selbst in den stärksten Feldern nur etwa 15 mm. Auch dieser kleine Ausschlag konnte nicht einmal sicher gemessen werden, da das Galvanometer dauernd unregelmässige Schwankungen machte. Um dem Einwand zu begegnen, dass der ganze Primärstrom bei den obigen beiden Platten durch das Platin gegangen sei, und das Wismuth sich an der Stromleitung nicht merklich betheiligt habe, da entweder das galvanisch niedergeschlagene Wismuth ein ausserordentlich geringes Leitungsvermögen besitzt, oder vielleicht sehr viele, mikroskopisch nicht wahrnehmbare, feine Risse enthält, wurde folgender Versuch gemacht. Auf ein Stück platinirtes Glas von der Form $abcd$ (vgl. Figur p. 271) wurden zwei Kupferdrähte e und e' als Electroden angelöthet. Dann wurde ein schmaler Streif der Platinbelegung gh durch Abkratzen mit einem Schreibdiamant entfernt und der galvanische Widerstand der Platte bestimmt; derselbe ergab sich gleich 79,0 Ohm. Nun wurde die Platte bis zur Grenze ik galvanisch mit Wismuth überzogen. Der Widerstand war jetzt 66,9 Ohm. Die mit Wismuth belegte Fläche betrug etwa $\frac{2}{3}$ der ganzen Platte, es würde die Widerstandsabnahme, wenn die ganze Platte mit Wismuth bedeckt gewesen wäre, also etwa $\frac{1}{3}$ mehr betragen, der Widerstand also nahe gleich 61 Ohm sich ergeben haben. Nimmt man diese Zahl an, so berechnet sich der Widerstand der die ganze Platte bedeckenden Wismuthschicht zu 268 Ohm. Da der des Platins gleich 79,0 gefunden ist, so geht von einem Strom, der von 2 Electroden aus, durch die Doppelschicht Platin-Wismuth geschickt wird, $79/268$, d. h. rund $\frac{1}{3}$ durch das Wismuth. Nach dieser Ermittlung wurde die Platte längs der Linie gh zerschnitten und die Wismuthschicht der einen

Hälfte mit Primärelectroden und Hall-Electroden versehen. Es ergab sich auch für diese Platte nur ein ganz geringer Hall-Effect, obgleich nun zweifellos von dem hindurchgesandten Primärstrom ein genügender Theil durch die Wismuthschicht floss. Es scheint also, dass der „Rotationscoefficient“ für galvanisch niedergeschlagenes Wismuth ein ausserordentlich kleiner ist, während derselbe für gegossenes Wismuth im Vergleich zu anderen Metallen sehr gross ist. Zur Controlle habe ich auch noch eine kleine dünne Wismuthplatte gegossen, und mich überzeugt, dass dieselbe einen sehr starken Hall-Effect gab. Welches der Grund des verschiedenen Verhaltens des gegossenen und des galvanisch niedergeschlagenen Wismuth ist, vermag ich nicht zu entscheiden; vielleicht ist derselbe darin zu suchen, dass das gegossene Wismuth stets ausgeprägt krystallinische Structur zeigt, während an dem galvanisch niedergeschlagenen selbst unter dem Mikroskop kein krystallinisches Gefüge zu erkennen ist; doch können hierüber erst weitere Versuche entscheiden.

Berlin, Physik. Institut d. Universität.