Programm

der

Friedrich-Wilhelms-Schule,

Realschule erster Ordnung, zu Stettin.

Einladung

zu der

Feier des Geburtstags Sr. Majestät des Kaisers

und

zu der damit verbundenen Entlassung der Abiturienten,

Montag, den 22. März, Vormittags 10 Uhr, im Saal der Schule.

Inhalt:

Ostern 1880.

Stettin, 1880.
Druck von R. Graßmann.

Ueber ultraviolette Strahlen

von

J. L. Schönn.

Im Folgenden erlaube ich mir eine Methode anzugeben, ultraviolettes, prismatisch zerlegtes Licht sichtbar zu machen, und zugleich in der Weise sichtbar, dass genaue Messungen vorgenommen werden können. Der bei diesen Untersuchungen in Anwendung gekommene Apparat wurde von Adam Hilger in London nach meinen Angaben construirt. Er besteht aus folgenden Theilen. Vor einem Iridiumspalt, dessen Platten nach beiden Seiten zu gleicher Zeit vermittelst einer Mikrometerschraube eine Verschiebung gestatten, deren Grösse am Schraubenkopfe abgelesen werden kann, befindet sich ein Schlitten, in den eine das Licht condensirende Cylinderlinse oder sphärische Linse aus Bergkrystall geschoben werden kann, ausserdem ein rechtwinkliges Vergleichsprisma ebenfalls aus Bergkrystall wie alle Prismen und Linsen dieses Apparats, wenn nichts anderes bemerkt ist. Die Collimatorlinse hat 1 Fuss $9^5/_8$ Zoll engl. Brennweite und $1^5/_8$ Zoll Durchmesser. Ein rechtwinkliges Prisma, dessen brechende Kante 30^0 beträgt, ist vermittelst eines Schlittens so an dem Collimatorrohre befestigt, dass die längere Kathete der Collimatorlinse parallel verläuft. Es ist so geschliffen, dass die optische Axe der kürzern Kathete parallel ist. Die Lichtstrahlen fallen demnach senkrecht auf die eine Kathetenfläche und parallel der optischen Achse ein, werden also einfach gebrochen und treten im Minimum der Ablenkung aus. Für die meisten der bisher von mir gemachten Beobachtungen wandte ich nur dies eine rechtwinklige Prisma an, um die ultravioletten Strahlen möglichst lichtstark zu erhalten, da die Dispersion dann gering ist. — Vor der Objektivlinse des Fernrohrs, die 1 Fuss $6^3/_8$ Zoll Brennweite und $1^5/_8$ Zoll Durchmesser hat, befindet sich gleichfalls ein Schlitten, in dem ein dem ersten Prisma congruentes symmetrisch zum ersten angebracht werden kann. Die Hypotenuse desselben misst 55 Millimeter. Durch eine aus zwei Theilen bestehende, beim Drehen des Fernrohrs sich in sich selbst hineinschiebende Kapsel sind Collimatorlinse, Fernrohrobjektiv und beide Prismen vor allem fremden Lichte geschützt. Wenn man nun beide Prismen anwendet, und wenn sich eine Spektrallinie mit dem Fadenkreuze oder der leuchtenden Linie des Okulars deckt, so sind die Strahlen, welche die betreffende Spektral-

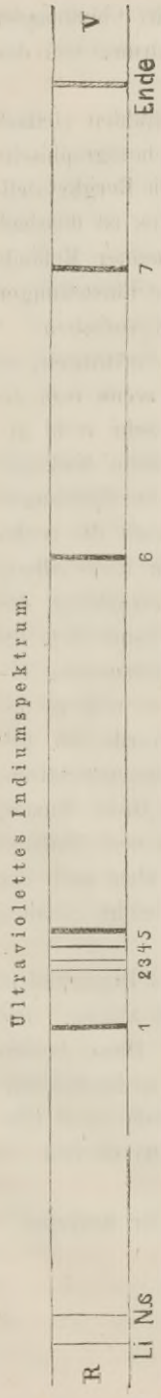
linie bilden, durch das zweite Prisma parallel der kürzern Kathete also parallel der optischen Axe gegangen, wurden also auch durch das zweite Prisma einfach gebrochen und befinden sich im Minimum der Ablenkung. Man hat demzufolge nur aufs Fadenkreuz zum Zwecke der Messungen einzustellen, während die beiden Prismen unverändert am Spaltrohre und am Fernrohre bleiben. Die Dispersion ist bei zwei Prismen natürlich doppelt so gross wie bei einem und gleich der Dispersion eines gleichseitigen Prismas. — Das Collimatorrohr ist fest mit der Theilscheibe verbunden, das Fernrohr dagegen vermittelst Mikrometerschraube verstellbar; an der Theilscheibe sind 2 Nonien und 2 kleine Mikroskope zum Ablesen bis auf 10 Sekunden. Die Theilscheibe selbst steht vertikal, drehbar um eine horizontale und um eine vertikale Achse, so dass die Spektrallinien demnach horizontal verlaufen. Diese Einrichtung habe ich aus zwei Gründen getroffen. Einmal vermag man in Folge dieser grössern Beweglichkeit die Einstellung auf die Lichtquelle leichter vorzunehmen, so dass man bei der Beobachtung des Sonnenspektrums z. B. dem Laufe der Sonne leicht folgen kann, ohne Anwendung eines das Licht schwächenden Heliostaten; und zweitens unterscheiden viele so wie ich horizontale Linien besser als senkrechte. Ausserdem kann aber auch nach der Einrichtung des Statifs die Theilscheibe in die horizontale Lage gebracht werden, während sie dann nur Drehung um eine vertikale Achse gestattet. — Ein fluorescirendes Okular, eine genaue Copie des Soret'schen, bei dem also auf der zwischen zwei Bergkrystallplatten eingeschalteten fluorescirenden Flüssigkeit oder auf einer Uranglasplatte das Spektrum aufgefangen und durch das geneigte Ramsden'sche Okular betrachtet wird, leistete gerade zu nichts, wie das auch andere, z. B. Herr Prof. Schuster nach einer brieflichen Mittheilung Adam Hilgers, gefunden haben. Die fluorescirende Flüssigkeit oder die Uranglasplatte wurden in ganz diffuser Weise erleuchtet. Vorzüglich bewährte sich dagegen folgende Einrichtung, ohne die ich überhaupt nicht im Stande gewesen wäre, ultraviolette Linien zu sehen und zu messen. In eine kleine Zelle brachte ich eine runde Scheibe aus sehr feinem, mit schwefelsaurem Chinin getränktem Pauspapier. Diese Zelle bringt man dicht vor dem Ramsden'schen Okular so an, dass das Okular zugleich auf die Scheibe und auf eine leuchtende zum Messen bestimmte Linie eingestellt werden kann. Die Achse des Okulars fällt dabei wie gewöhnlich mit der Achse des Fernrohrs zusammen. Die leuchtende Linie, die auch gleichfalls als dunkle Linie benutzt werden kann, hat folgende Einrichtung. Eine sehr kleine Iridiumschneide, deren Rücken dem Auge zugekehrt ist und die genau bis an die Achse des Fernrohrs reicht, ist am Ende so abgeschliffen, dass ein auf der Achse des Fernrohrs fast senkrecht stehendes gleichschenkliges, sehr schmales Dreieck entsteht, welches durch eine kleine Oeffnung in der Seitenwand des Okulars Licht von einem kleinen ausserhalb am Okular angebrachten, mit Universalbewegung versehenen Spiegel erhält. Der für gewöhnlich sichtbare Theil des Spektrums, den man ja ohne Chininpapier untersuchen wird, ist natürlich viel weniger deutlich, dagegen das ultraviolette Spektrum sehr schön. Denn es handelt sich hier ja nicht um ein Durchlassen von Licht, sondern alle von den wirksamen ultravioletten Linien getroffenen Theilchen des Papiers leuchten mit eigenem Lichte in der ganzen Dicke des Papiers; dabei verbreitet sich dies Licht in dem Papier durchaus nicht in der diffusen Weise wie in einer fluorescirenden Flüssigkeit oder in der Uranglasplatte. Nur eine zart mattgeschliffene Uranglasplatte leistet

einigermassen ähnliches. Wie man aus dem Folgenden sehen kann, fluorescirt Chininpapier noch in Lichtsrahlen, die etwa um die siebenfache Länge des gewöhnlichen Spektrums von den Fraunhoferschen Linien H abstehen.

In den photographirten Spektren fehlen die äussersten ultravioletten Strahlen vielfach oder erscheinen doch sehr schwach. Dies rührt vielleicht daher, dass der photographische Apparat auf die ersten Linien und nicht auf die äussersten genau eingestellt war. Da die Bergkrystalllinsen aus einem Stoffe bestehen, so können sie nicht achromatisch sein und es ist desshalb eine genaue Einstellung auf jede Linie erforderlich, was selbstverständlich bei meiner Methode des direkten Sehens leicht, dagegen beim Photographiren schwierig ist. Um diese Einstellungen zu erleichtern, sind die Auszüge des Spaltrohrs und des Fernrohrs mit Theilungen versehen. — Wollte man auch achromatische Linsen etwa aus Bergkrystall und Kalkspat construiren, so würde die Achromasie doch nur für einen kleinen Bereich herzustellen sein, wenn man die grosse Ausdehnung des ultravioletten Spektrums erwägt. Dagegen liessen sich sehr wohl geradsichtige Spektroskope für ultraviolettes Licht aus zwei Bergkrystall und einem Kalkspatprisma construiren, und habe ich Herrn Adam Hilger bereits die Winkel und die Richtungen der optischen Achsen für eine zweckmässige Combination angegeben. — Wenngleich die rechtwinkligen Prismen sehr bequem sind, so habe ich ferner eine Einrichtung zur Einschaltung eines gleichseitigen Kalkspatprismas anfertigen lassen. Dasselbe lässt sich vermittelst des Schlittens am Spaltrohre befestigen und ist drehbar. Natürlich muss man dies Prisma stets für jede Spektrallinie fürs Minimum der Ablenkung einstellen, was allerdings die Untersuchung erschwert. Nur beim Calcium-, Natrium-, Lithium-, Strontiumspektrum habe ich es wegen der grössern Dispersion angewendet. Die ultravioletten Calcium- und Natriumlinien werde ich genauer discutiren wegen der Wichtigkeit dieser Elemente für das ultraviolette Sonnenspektrum, in dessen Bereich sie zum Theil fallen. Die Lage der Linien bestimme ich nach Grad, Minute, Sekunde desjenigen Winkels, den der aus dem Prisma austretende Lichtstrahl mit dem Einfallslothe bildet, weil einmal dadurch die angewandte Disperson ersichtlich ist, dann aber auch der betreffende zugehörige Brechungsexponent für Bergkrystall respektive Kalkspat leicht erhalten werden kann.

Das ultraviolette Calciumspektrum ist sehr einfach. Es besteht aus zwei Doppellinien. Die erste ultrav. Doppellinie lässt einen grössern Raum zwischen sich als die zweite. Die zweite Doppellinie gleicht in dieser Beziehung fast den beiden Linien bei H. Diese beiden ultrav. Doppellinien sind sehr intensiv und im mässig verdunkelten Zimmer bei Tage zu beobachten. Dies Spektrum wie alle folgenden wurde erhalten, indem die betreffenden Metalle nach Einschaltung einer Leydener Flasche als Pole eines Rühmkorff'schen Induktionsapparats dienten. — Die Winkel mit dem Einfallslothe und die Brechungsexponenten sind folgende:

		Brechungsexponenten für Kalkspat.
Rothe Li linie	= 55° 46′ 45″	= 1,65375,
gelbe Na linie	= 56° 1′ 25″	= 1,65854,
I Ca Doppellinie α	= 58° 56′ 30″	= 1,71328,
β	= 59° 1′	= 1,71463.



II Ca Doppellinie α = 60° 17' 45" = 1,73719,
β = 60° 21' = 1,73813.

Hiernach würde die erste ultraviolette Doppellinie des Calciums zwischen den Sonnenlinien R und S liegen.

Als zweites Metall wählte ich Indium, für welches die Winkel in Bezug auf Bergkrystall folgende sind:

Rothe Li linie = 50° 26',
gelbe Na linie D = 50° 33',
1) = 51° 47' 30" starke Linie,
2) = 52° 3',
3) = 52° 5' 30",
4) = 52° 8' 30",
5) = 52° 12' 30" starke Linie,
6) = 53° 52' 30" starke Linie,
7) = 55° 8' 30" Mitte einer breiten starken Linie,
8) = 55° 57' 30".

Die obigen fortlaufenden Ziffern entsprechen den Ziffern des nebenstehenden Holzschnitts.

Einen vollständig andern Charakter als das Indiumspektrum hat das Manganspektrum. Während das erstere aus weiter von einander abstehenden Linien besteht, ist das letztere viel complicirter. Zunächst fallen zwei einander nahe stehende starke Linien auf; dann folgen drei feinere Linien, von denen die dritte stärker ist als die beiden ersteren; dann kommen wieder zwei starke Linien, die einen grössern Abstand von einander haben, als das erste Paar starker Linien. Darauf folgen drei Gruppen von Linien. Die erste und zweite dieser Gruppen bestehen je aus etwa vier Linien; die dritte sehr charakteristische Gruppe besteht aus mindestens acht Linien, von denen die ersten am hellsten sind und deren Intensität sich allmählig abstuft. Dann kommen zwei feine Linien, und dann wieder drei oder vier Gruppen sehr feiner Linien. Die dritte und vierte dieser Gruppen gehen in einander über. Ob einige der Linien von Verunreinigungen durch Eisen, Kohle herrühren, wird sich später nach sorgfältiger Vergleichung der verschiedenen Spektren ergeben.

Die Winkel für Bergkrystall sind folgende:

1) = 51° 24' matte Linie,
2) = 51° 31' starke Linie } auffallendes Linienpaar,
3) = 51° 34' starke Linie }
4) = 51° 37' sehr feine Linie,
5) = 51° 46' sehr feine Linie,
6) = 51° 59' mässig starke Linie,

7) = 52° 9' sehr starke Linie } auffallendes Linienpaar,
8) = 52° 14' fast ebenso starke Linie }
9) = 52° 24' erste Gruppe von etwa vier Linien,
10) = 52° 39' zweite Gruppe von etwa vier Linien,
11) von 52° 46' } dritte Gruppe von etwa acht Linien,
bis 53° 1' }
12) = 53° 17' } zwei feine Linien,
13) = 53° 22' }
14) = 53° 29' Mitte der ersten Endgruppe }
15) = 53° 45' Mitte der zweiten Endgruppe } aus vielen feinen Linien bestehend,
16) = 54° 9' Mitte der dritten Endgruppe }
17) = 55° 25' Ende des Manganspektrums.

Das Eisenspektrum hat Aehnlichkeit mit dem Manganspektrum, jedoch sind die Liniengruppen im Manganspektrum nicht so zusammengedrängt, wie es an einer Stelle des Eisenspektrums der Fall ist. In dem ultrav. Theile des letztern sind nämlich auf einem Felde etwa von der Ausdehnung des für gewöhnlich sichtbaren Spektrums von C bis H zehn Gruppen so dicht aneinander gerückt, dass dieselben bei der angewandten geringen Dispersion fast wie ein zusammenhängendes leuchtendes Feld erscheinen. Die beiden ersten lichtstarken Gruppen dieses Feldes bestehen je aus 5 Linien. Darauf folgen 3 schmälere Gruppen und dann 5 noch schmälere. Das von mir gesehene Spektrum reicht $2^1/_2$ mal so weit als das photographirte Miller'sche nach der Zeichnung in den Lockyer'schen Studien zur Spektralaualyse. Die ersten vier bis fünf bekannteren ultravioletten Gruppen habe ich nicht gemessen und beschränke mich auf folgende Angaben für Bergkrystall:

1) = 52° 30' starke Linie,
2) von 52° 43' } das oben beschriebene aus etwa 10 Gruppen bestehende Feld,
bis 53° 41' }
3) = 54° 3' starke Linie,
4) = 54° 10' starke Linie,
5) von 54° 48' } Gruppe feiner Linien,
bis 55° 3' }
6) = 55° 36' Mitte einer schmalen Gruppe,
7) = 56° 23' Ende des Eisenspektrums.

Das Aluminiumspektrum hat im Allgemeinen den Charakter des Mangan- und Eisenspektrums, jedoch sind die Liniengruppen nicht in gleichem Masse zusammengedrängt wie in einem Theile des Eisenspektrums. Im Anfange des ultrav. Spektrums wechseln wenige feine Linien mit sehr starken Linienpaaren. Darauf folgen Liniengruppen, die sich weiter als beim Eisen erstrecken. Die vier letzten fast äquidistanten Gruppen, deren erste am lichtstärksten ist, sind besonders charakteristisch und bestehen aus deutlichen Linien. Die Winkel für Bergkrystall sind folgende:

1) = 51° 26' helle feine Linie,

2) = 51° 38' starke Linie } auffallendes Linienpaar,
3) = 51° 44' starke Linie }
4) = 51° 49' feine Linie,
5) = 51° 56' starke Linie } auffallendes Linienpaar,
6) = 52° 0' starke Linie }
7) = 52° 20' Liniengruppe,
8) = 52° 47' Mitte einer etwas breiten Gruppe,
9) = 53° 10' Gruppe mit deutlichen Linien,
10) = 53° 24' Linie,
11) = 53° 33' drei Linien dicht nebeneinander,
12) = 53° 46' eine feine Linie,
13) von 53° 57' } eine starke Linie mit sich anschliessender Gruppe,
bis 54° 17' }
14) = 54° 33' schmale Gruppe,
15) von 54° 42' } breite Gruppe,
bis 55° 2' }
16) = 55° 42' Anfang der ersten hellen Endgruppe,
17) = 56° 17' Anfang der zweiten Endgruppe,
18) = 56° 41' Anfang der dritten Endgruppe,
19) = 57° 11' Anfang der vierten Endgruppe.

Beim Natrium und den beiden folgenden Metallen wandte ich wieder ein Kalkspatprisma mit brechender Kante von 60° an zum Zwecke genauerer Messungen. — Der zwischen Natriumelektroden überspringende Funke liefert ein sehr einfaches ultraviolettes Spektrum. Dasselbe besteht aus einer intensiven Linie, die man bei Tage im mässig verdunkelten Zimmer wahrzunehmen vermag. Der Brechungswinkel beträgt für Kalkspat 58° 30' 35". Der zugehörige Brechungsexponent ist 1,70546 und demnach die Wellenlänge 0,00033016 und diese Linie würde zwischen den Frauenhoferschen Linien P und Q näher an Q zu suchen sein. Diese intensive, etwas breite Linie vermochte ich nicht durch Hinzufügung eines rechtwinkligen Bergkrystallprismas zu zerlegen. Ob noch zwei andere sehr schwache feine Linien dem Natrium angehören, vermag ich nicht zu sagen. Im Folgenden gebe ich auch für diese die Brechungswinkel; die rothe Lithiumlinie und die gelbe Natriumlinie führe ich mit ihren Brechungswinkeln respektive Brechungsexponenten an, um so gleichzeitig eine Skala herzustellen:

		Brechungsexponenten für Kalkspat.
Rothe Li linie	= 55° 46' 45"	= 1,65375,
gelbe Na linie D	= 56° 1' 15"	= 1,65848,
	[Mascart	= 1,65846],
1)	= 58° 10' 50"	feine schwache Linie ? Na,
2)	= 58° 25' 20"	feine schwache Linie ? Na,
3)	= 58° 30' 35"	= 1,70546 unzweifelhafte ultrav. Na linie.

Strontiummetall, aus Amalgam dargestellt, giebt ein sehr intensives ultrav. Spektrum, dessen Linien sich leicht messen lassen. Die ersten vier scharfen Linien fallen noch in den Bereich des ultrav. Sonnenspektrums. Im Folgenden gebe ich die Winkel und Brechungsexponenten zuerst für Kalkspat, dann die Winkel für ein rechtwinkliges Bergkrystallprisma. Durch gleiche Ziffern, die vor den Winkeln stehen, werden gleiche Linien bezeichnet. In der Kalkspatreihe, die übrigens wegen der grössern Dispersion genauer ist, sind einige schwächere Linien und Gruppen weggelassen, während die Linie 13) durch das Kalkspatprisma in zwei Linien aufgelöst wird.

ultrav. Strontiumspektrum.

Brechungsexponenten für Kalkspat:

Rothe Li linie	= 55°	46'	45"	=	1,65375,
gelbe Na linie D	= 56°	1'	15"	=	1,65848,
1)	= 57°	45'	30"	=	1,69161,
2)	= 58°	7'		=	1,69825,
3)	= 58°	18'	45"	=	1,70185,
4)	= 58°	58'	15"	=	1,71381,
6)	= 59°	35'		=	1,72328,
7)	= 60°	4'	45"	=	1,73343,
8)	= 61°	8'	45"	=	1,75170,
9)	= 61°	59'	45"	=	1,76583,
13 α)	= 65°	6'	16"	=	1.81415 stärkere der beiden Linien,
β)	= 65°	13'	45"	=	1,81598,
14)	= 65°	41'	15"	=	1,82263.

Winkel für Bergkrystall:

gelbe Na linie D	= 50°	33'	
1)	= 51°	21'	scharfe deutliche Linie,
2)	= 51°	30'	„ „ „
3)	= 51°	35'	„ „ „
4)	= 51°	53'	„ „ „
5)	= 52°	1'	schwache Linie,
6)	= 52°	6'	wenig deutliche Linie,
7)	= 52°	17'	deutlichere Linie als die beiden vorhergehenden,
8)	= 52°	42'	schwache Linie,
9)	= 53°	1'	helle leuchtende Linie,
10)	= 53°	11'	schwächere Gruppe von Linien,
11)	= 53°	26'	schwächere Gruppe von Linien,
12)	= 53°	45'	etwas stärkere Gruppe von Linien,
13)	= 54°	3'	starke leuchtende Linie (bei Kalkspat doppelt),
14)	= 54°	14'	30" starke hell leuchtende Linie.

Das ultrav. Lithiumspektrum ist schwer zu sehen und zu messen.

Die Winkel für Kalkspat sind folgende:

1) = 58° 11' 15",
2) = 58° 25' 30",
3) = 58° 41' 15",
4) = 58° 51' 30",
5) = 58° 55' 30",
6) = 60° 19'.

Schliesslich gebe ich noch das ultrav. Spektrum der Gaskohle, Die mit 1) 2) 3) 6) bezeichneten Bestandtheile des Spektrums gehören wahrscheinlich dem Stickstoff an. Sie haben einen übereinstimmenden, von den andern Linien abweichenden Charakter und bestehen aus einer Linie, an die sich ein breiteres Band nach dem ultrav. Ende hin anschliesst.

Die Winkel für Bergkrystall sind folgende:

gelbe Na linie D = 50° 33',
1) = 51° 23' intensive Linie mit breitem Bande,
2) = 51° 32' desgl.
3) = 51° 46' desgl.
4) = 52° 23' helle feine Linie,
5) = 52° 29' helle starke Linie,
6) = 52° 50' sehr verwaschene Linie,
7) = 53° 7' scharfe feine Linie,
8) = 53° 14' scharfe etwas breitere Linie,
9) = 53° 55' scharfe Linie.

Die Absorption der ultravioletten Strahlen habe ich für folgende Substanzen untersucht: Wasser, Eis, Glimmer, Gips, Glas, Steinsalz, Alaun, Kandiszucker, Magdalaroth.

Absorption durch Wasser und Eis. Wenn man in Erwägung zieht, dass Metalle, wie Eisen, Magnesium, Zink, deren ultraviolette Spektren sehr viel weiter reichen, als das ultraviolette Sonnenspektrum, sich auf der Sonne befinden, so liegt bei der hohen Temperatur der Sonne die Annahme nahe, dass das Sonnenlicht noch weit brechbarere Strahlen enthält als diejenigen, deren Existenz durch unsere photographischen Aufnahmen konstatirt werden kann. Aus diesem Grunde ist die Möglichkeit der Absorption der sehr brechbaren Strahlen durch unsere Atmosphäre ins Auge zu fassen. Der Umstand ferner, dass bei scheinbar demselben Zustande der Atmosphäre in Bezug auf Helligkeit u. s. w. die photographischen Aufnahmen des Sonnenspektrums Unterschiede in der Länge des ultravioletten Theiles zeigen, macht eine theilweise Absorption der ultravioletten Strahlen durch unsere Atmosphäre wahrscheinlich. Aus diesem Grunde scheinen mir direkte Untersuchungen über die Absorption der ultravioletten Strahlen durch die Bestandtheile unserer Atmosphäre wünschenswerth.

Als erste Substanz wählte ich Wasser. In eine durch Bergkrystallplatten an den Enden zu verschliessende Glasröhre von 10 Centimeter Länge brachte ich völlig klares, reines Wasser. Diese Wasserschicht wurde zwischen den elektrischen Funken eines Rühmkorff'schen

Induktionsapparates abwechselnd eingeschaltet und wieder entfernt, während die Lichtquelle stets in derselben Entfernung vom Spalte des Spektralapparates blieb. Als Pole wurden verschiedene Metalle angewandt, deren ultraviolette Strahlen also durch das Wasser auf den Spalt fielen, sobald die Wasserschicht eingeschaltet wurde. Das Ergebnis vieler Versuche war folgendes: Wenn man die Miller'sche Scala [1]), nach welcher die Fraunhofer'sche Linie F auf 90, H auf 100 fällt, zu Grunde legt, so besteht das ultraviolette Cadmiumspektrum erstens aus zwei starken Linien, die auf 106 und 108 fallen; ferner aus zwei starken Linien auf 127 und 135 und drittens aus einer Gruppe von fünf starken Linien von 151 bis 168. Die Linien 106, 108 und 127 sieht man durch Wasser deutlich, dagegen nicht mehr 135.

Von den beiden sehr starken Zinklinien 137 und 139 sieht man die zweite sehr schwach. Dass man beim Cadmium nicht mehr die Linie 135, beim Zink aber noch bis 139 sieht, erklärt sich aus der grösseren Intensität dieser Zinklinie. Von den zwölf Indiumlinien, die ich im Ultravioletten gefunden, sehe ich die zehnte auf 170·7 nicht mehr. Die aus den vier Linien 122·5, 123, 126, 126·7 bestehende Gruppe wird durch die angewandte Wasserschicht schon sehr geschwächt. Hieraus ergibt sich, dass eine Wasserschicht von 10 Centimeter diejenigen ultravioletten Strahlen, welche an der Grenze des ultravioletten Sonnenspektrums liegen, sehr schwächt, denn die betreffenden vier Indiumlinien liegen an dieser Grenze. Die vierte Cadmiumlinie 135 wird durch Wasser unsichtbar; wenn also die ultravioletten Strahlen der Sonne von dieser Wellenlänge nicht intensiver wären als die des Cadmiums unter den gegebenen Umständen, so könnte das ultraviolette Sonnenspektrum nur bis dahin reichen, für den Fall, dass in unserer Atmosphäre so viele tropfbar flüssige Wassertheilchen wären, dass dieselben an einander gerückt eine 10 Centimeter dicke Wasserschicht ergeben würden. Ich spreche hier ausdrücklich nur von flüssigem Wasser. In welchem Maasse nun die ultravioletten Sonnenstrahlen wirklich von dem in der Atmosphäre enthaltenen flüssigen Wasser absorbirt werden, lässt sich vorläufig nicht angeben, weil uns das Verhältniss der Intensität des Sonnenlichtes der betreffenden Art zu dem Lichte des betreffenden elektrischen Funkens unbekannt ist, aber es ist doch der direkte Beweis der Absorption ultravioletter Strahlen durch flüssiges Wasser geliefert.

Ganz anders als flüssiges Wasser verhält sich Eis. Ich habe Stücke des klarsten, frischesten Eises durch Schleifen mit zwei parallelen Flächen versehen und auf Absorption untersucht, aber selbst durch einen Eisblock von 21·6 Centimeter waren die äussersten ultravioletten Cadmiumlinien sichtbar, d. h. ultraviolettes Licht bis 168 der Miller'schen Scala.

Man sieht hieraus, das Eis von dieser Dicke für ein Spektrum, das $4^1/_2$ mal so lang ist, als das für gewöhnlich sichtbare Sonnenspektrum, durchlässig ist. In dieser Beziehung verhält sich Eis wie Bergkrystall. Das Eis der Cirruswolken vermag also nur in viel geringerem Grade die ultravioletten Strahlen auszulöschen als atmosphärisches Wasser.

Einen interessanten Anblick gewährte folgendes: Ein so feines Glimmerblättchen als ich nur immer durch Abspalten erhalten konnte, wurde so vor den Spalt geklebt, dass dessen

[1]) Lockyer., Studien zur Spektralanalyse, pag. 81.

eine Hälfte von demselben bedeckt wurde. Dann sah man auf der einen Seite, die dem unbedeckten Theile des Spalts entsprach, das ultraviolette Cadmiumspektrum vollständig. Dagegen setzten sich nur die beiden ersten starken ultrav. Cadmiumlinien auf der andern Seite fort; die dritte und vierte Cadmiumlinie erschien auf der Glimmerseite nur äusserst schwach. Von da ab war die Glimmerseite des Spektrums vollständig schwarz. Ein grosser Theil des ultrav. Spektrums wird also durch das feinste Glimmerblatt absorbirt. Wenn man dies Verhalten des Glimmers mit der vollständigen Durchsichtigkeit des oben erwähnten 21 Centimeter dicken Eisblocks, der alle ultrav. Strahlen ohne bemerkbare Schwächung durchlässt, vergleicht, so ermisst man die enorme Verschiedenheit der durchsichtigen, farblosen Medien in optischer Hinsicht. Wie viel unbedeutender kann dagegen die optische Differenz zweier Substanzen sein, die z. B. im durchfallenden Lichte roth und blau aussehen. Wenn einst eine grosse Anzahl farbloser Substanzen in dieser Hinsicht untersucht sein wird, dann werden sich gewiss Beziehungen zwischen Absorption und molekularer Struktur ergeben.

Ganz durchsichtige Gipsblättchen, wie dieselben als Gipsblättchen I., II., III., IV. Ordnung für Polarisationszwecke angewandt werden, lieferten ganz ähnliche Resultate wie Glimmerblättchen.

Die feinsten Deckgläser, wie sie Hartnack zu seinen Mikroskopen liefert, zeigten ebenfalls starke Absorption. Von den ultrav. Cadmiumlinien waren die beiden ersten starken vor 110 der Miller'schen Skala zu sehen, die dritte starke vor 130 dagegen nicht mehr. Von dem ultrav. Magnesiumspektrum wurde noch die sehr starke Linie bei 125 durchgelassen, vom ultrav. Calciumspektrum die erste Doppellinie, dagegen nichts von der zweiten Calciumdoppellinie, woraus zu schliessen ist, dass die zweite Calciumdoppellinie schwächer ist als die Magnesiumlinie bei 125, denn die zweite Calciumdoppellinie fällt in diese Gegend. Vom Indiumspektrum waren nur die beiden ersten stärkeren Linien zu sehen, Da demnach schon durch die feinste Glasplatte der grösste Theil des ultrav. Spektrums absorbirt wird, eignen sich die Geissler'schen Röhren für Untersuchungen dieser Art nicht. Sobald man dieselben jedoch zum Theil wenigstens aus Bergkrystall anfertigte, würde sich auch für die verdünnten Gase das ganze ultraviolette Spektrum erschliessen.

Eine nicht sehr klare Steinsalzplatte von $3^1/_2$ mm. Dicke liess alle Cadmiumlinien durch; das Licht der letzten war allerdings etwas geschwächt. Da Steinsalz bekanntlich auch für ultrarothe Strahlen durchlässig ist, so ergiebt sich für dasselbe eine grosse Permeabilität für Strahlen jeder Art.

Auch Alaun lässt ultraviolette Strahlen gut durch. Durch eine Alaunplatte von 9 mm. Dicke ist noch die Cadmiumlinie bei 155 zu sehen. Eine Platte von 5 mm. lässt die letzte Cadmiumlinie vor 170 nnr sehr geschwächt sehen, und bei Anwendung einer Platte von 4 mm wurde diese letzte Linie vor 170 nicht viel deutlicher. Es scheint von dieser Stelle des Spektrums ab stärkere Absorption einzutreten. Auch die Alaunplatten waren nicht sehr klar.

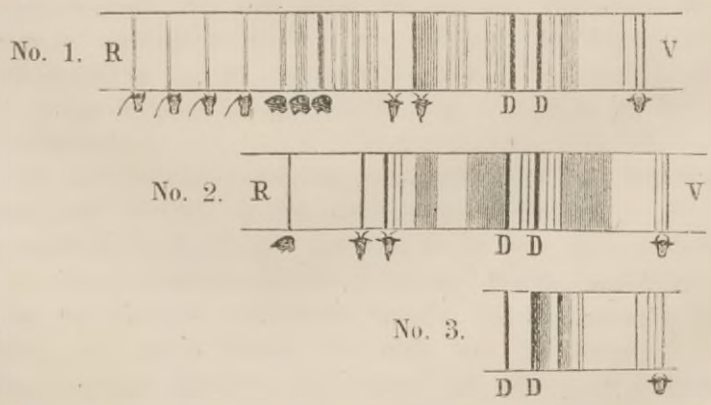
Eine sehr dünne Platte Kandis-Zucker schwächte zwar schon vom Violett ab das Licht, allein äusserst schwach waren selbst noch die letzten Cadmiumlinien zu sehen. Der Kandis-Zucker war nicht sehr klar.

Magdalarothlösung absorbirte in dünner Schicht von 2 mm. alle ultravioletten Cadmiumlinien. —

Durch eine Kerzenflamme gehen die ultravioletten Strahlen ohne bemerkbare Schwächung.

In Betreff der Verbreiterung der Wasserstofflinien möchte ich noch einen kleinen Versuch mittheilen. Wenn man den Funken nach Einschaltung einer Leydener Flasche zwischen Kohlen- oder Platinelektroden überspringen lässt, während man in einem darunter befindlichen Gefässe Wasser verdampft, so erscheint die rothe Wasserstofflinie breiter als in der Geissler'schen Röhre. Aber noch viel mehr verbreitert, wohl fünfmal so breit als in der Geissler'schen Röhre bei Anwendung derselben Spaltbreite, sieht man die grünblaue Wasserstofflinie F. Es kann ja kaum einem Zweifel unterliegen, dass diese Verbreiterung durch die grössere Dichtigkeit des Wasserstoffgases bedingt wird, etwa so wie der untere dichtere Theil der Sonnenprotuberanzen die beiden Linien verbreitert zeigt, die Linie C ebenfalls in geringerm Grade als die Linie F. Vgl. Secchi, die Sonne, pag. 472. Andere Wasserstofflinien konnte ich nicht bemerken. Dasselbe Resultat erhält man, wenn man den elektrischen Funken zwischen Platinelektroden durch eine brennende Alkoholflamme überspringen lässt.

Zum Schluss füge ich einen Holzschnitt No. 1 bei, welcher die nächste Umgebung der Linien D_1 und D_2 des Sonnenspektrums [nach Messungen am 8. November 1877 von 12 bis 2 Uhr] zeigt. No. 2 und No. 3, welche dieselbe Gegend zu einer andern Zeit darstellen, lassen eine grössere Menge atmosphärischer Linien sehen. Die gleichen Bezeichnungen entsprechen gleichen Linien. Die Bezeichnungen selbst wurden zum Zwecke besserer Orientirung für möglicherweise später erscheinende Untersuchungen über die atmosphärischen Linien eingeführt.



Ueber die wichtigsten Entdeckungen und Arbeiten Faraday's.

Die Entdeckungen und Erfindungen, an welchen unser Zeitalter so reich ist, dass der Einzelne dieselben kaum noch zu verfolgen und zu verstehen im Stande ist, haben namentlich auf dem Gebiete der Physik einen so grossen Umfang angenommen, dass es bisweilen nothwendig wird, stille zu stehen und einen Blick in die Vergangenheit zu werfen, um dadurch alle scheinbar vereinzelt dastehenden Resultate der Wissenschaft in ein gewisses zusammenhängendes System zu bringen. Spricht man doch in der Geschichte nicht blos von einzelnen Thatsachen, sondern man vereinigt dieselben zu einem zusammenhängenden Ganzen und entdeckt überall eine bestimmte Nothwendigkeit der Entwickelung. Wo aber ist es dem menschlichen Geiste bisher besser gelungen, einen solchen Zusammenhang der Gesetze zu erkennen als in den Naturwissenschaften? Wo sind bisher die einzelnen Thatsachen der Erscheinungen mehr zu einem Systeme vereinigt worden als in der Physik? Das Streben der Physiker geht dahin, alle Erscheinungsformen der bis vor nicht langer Zeit für heterogen gehaltenen Kräfte entweder auf eine einzige Urkraft zurückzuführen oder wenigstens die Verwandtschaft aller dieser Naturkräfte nachzuweisen.

Ein Mann nun unseres Jahrhunderts, der sein gutes Theil dazu beigetragen hat, diesem Streben vorzuarbeiten, und welcher in den verschiedensten Zweigen der Physik und Chemie mit Erfolg Epoche machende Entdeckungen gemacht, die in einer inneren Verbindung zu einander stehen, war der grosse englische Physiker Faraday, dessen ganzes Leben uns fast eine ununterbrochene Kette von innerlich verbundenen Arbeiten und Entdeckungen darbietet, so dass es sich wohl verlohnt, sich dieses Mannes, der nicht blos als Gelehrter, sondern auch als Mensch zu den bevorzugtesten Männern der neueren Zeit gehört, zu erinnern. In England bildete Faraday, sowie die Sonne leuchtend auf die Planeten scheint, lange einen Centralpunkt für die physikalische Welt. Sein Leben und Wirken bietet ein so grosses Interesse, dass dasselbe bereits vielfach Gegenstand der Litteratur gewesen ist. Die beiden wichtigsten Arbeiten über Faraday, welche bisher erschienen sind, sind von seinen Landsleuten selbst geschrieben; es sind die beiden folgenden Bücher: Life and Letters of Faraday by Bence Jones und Faraday and his Discoveries by John Tyndall, von welcher letzteren Gedenkschrift eine deutsche Ausgabe von Helmholtz besorgt worden ist (Braunschweig, Vieweg und Sohn, 1870).

Ich habe nun beschlossen, nicht etwa eine alles umfassende Darstellung von Faraday's Leben und Arbeiten zu geben, das wird man in Tyndall's Buch über diesen grossen Mann in vollkommenerer Weise finden, sondern ich will versuchen, dem Leser eine eingehendere Beschreibung von einigen der wichtigsten und interessantesten Entdeckungen dieses grossen Mannes zu geben, nachdem ich dem Haupttheile dieser Arbeit eine kurze Biographie Faraday's vorangeschickt haben werde.

Michael Faraday wurde am 22. September 1791 zu Newington Butts (jetzt einem Theile Londons auf der Surrey-Side) geboren. Er war der Sohn eines Hufschmieds und kam Anfangs zu einem Buchbinder, Namens Riebau, in die Lehre. Während seiner Lehrzeit fing er an, durch das Lesen von Büchern, die zufällig in seine Hand gelangten, Interesse für die Wissenschaft zu bekommen; daneben machte er in seinen Mussestunden einfache Experimente aus der Chemie und Elektricität. Durch einen der Kunden seines Meisters wurde er veranlasst, die Vorlesungen des Sir Humphry Davy an der Royal Institution zu hören. Immer mehr von dem Wunsche beseelt, in den Dienst der Wissenschaft zu treten, that er endlich den kühnen nnd einfachen Schritt an Sir Humphry Davy zu schreiben, indem er zugleich die nach dessen Vorlesungen gemachten Ausarbeitungen mitschickte. Davy bekam eine so günstige Meinung von dem jungen Faraday, dass er ihn zum Assistenten am chemischen Laboratorium wählte (im Jahre 1813). Während der Jahre 1813—15 begleitete Faraday als Amanuensis und chemischer Assistent Humphry Davy auf einer Reise durch Frankreich, Italien, die Schweiz und Tyrol, wozu Davy trotz des damals auf dem europäischen Continente herrschenden Krieges von der französischen Regierung wegen seines wissenschaftlichen Rufes die Erlaubniss bekam. Durch Deutschland und Belgien kehrten sie nach London zurück. Kurz nach seiner Rückkehr nach England wurde Faraday als Assistent im Laboratorium angestellt. Im Laufe der nächsten Jahre hielt er Vorlesungen über Chemie vor der City Philosophical Society, in welchen er die Neigung seines Geistes zur Erforschung der grossen Naturkräfte offenbarte.

Im Jahre 1821 heirathete Faraday Miss Sarah Barnard, welche Ehe, wie er selbst sagt, für ihn mehr als alle anderen Ereignisse eine Quelle von Ehre und Glück wurde. Er erhielt mit seiner Gemahlin eine Wohnung in der Royal Institution (in Albemarle Street, einer Querstrasse von Piccadilly). Im Jahre 1824 wählte ihn die Royal Society unter die Zahl ihrer Mitglieder, und im Jahre 1825 folgte Faraday seinem Beschützer Davy in der Professur der Chemie an der Royal Institution. Eine lange Reihe von Jahren setzte er nun seine angestrengten Arbeiten fort. Als er sein Nervensystem zu sehr angegriffen fühlte, erlaubte er sich im Jahre 1843 eine dreimonatliche Musse, die er in der Schweiz zubrachte. Stark wie immer in seiner Liebe zur Wissenschaft, arbeitete er darauf eifrig weiter, bis er im Jahre 1862 wegen Schwächlichkeit seine Vorlesungen an der Royal Institution einstellen musste. Er starb zu Hampton Court (südwestlich von London), wohin man ihn im Frühjahr gebracht hatte, am 25. August 1867, nachdem er nicht lange voc seinem Tode gesagt hatte: „Mein Leben ist ein glückliches gewesen und ganz so wie ich es wünschte (My life has been a happy one, and all I desired).“

Faraday war ein Mann von ausgezeichnetem Charakter. Vor allen Dingen liebte er die Wahrheit und Gerechtigkeit, so wie eine aufrichtige Freundschaft. Zu seinen besten Freunden gehörte Tyndall, und von Deutschen z. B. der jetzt auch entschlafene Professor Plücker in Bonn. Er war einer der genialsten Männer und zugleich einer der gründlichsten und tiefsten Naturforscher. Welche Wichtigkeit er den Naturwissenschaften beilegte, zeigen Faraday's Ansichten über die bildende Kraft dieser Wissenschaften. Als er im Jahre 1862 darüber von den Mitgliedern der öffentlichen Schulcommission gefragt wurde, drückte er sich unter anderen in folgenden Worten aus:

„Dass die naturwissenschaftlichen Kenntnisse, welche während der letzten 50 Jahre der Welt in solchem Ueberflusse gegeben worden sind, fast unberührt geblieben sind, und dass kein genügender Versuch gemacht worden ist, sie der heranwachsenden Jugend mitzutheilen, um den ersten Einblick in diese Dinge zu gewinnen, ist für mich eine so seltsame Sache, dass es mir schwer wird, es zu verstehen . . . . Ich glaube, dass das Studium der Naturwissenschaft eine so ausgezeichnete Schule für den Geist ist, dass es neben den vom Schöpfer allen geschaffenen Dingen aufgeprägten Gesetzen, und neben der wunderbaren Einheit und Unwandelbarkeit der Materie und der Kräfte der Materie, keine bessere Schule für die Erziehung des Geistes giebt."

Viele Züge aus seinem Leben und Charakter liessen sich noch anführen aus Tyndall's Buch. Wie begeistert aber Faraday von der Wissenschaft war, zeigt, dass, als nach der Entdeckung der Magnetoelektricität die Frage, „ob Reichthum oder Wissenschaft", an ihn herantrat, und er die Wahl zwischen einem Vermögen von 150000 Pfd. Sterl. auf der einen und der unausgestatteten Wissenschaft auf der anderen Seite hatte, er die letztere vorzog und als armer Mann starb.

Als Schriftsteller trat Faraday zuerst 1820 auf. Seit dieser Zeit hat er sich durch zahlreiche Entdeckungen im Gebiete der Chemie und Physik einen hohen Ruf erworben, so dass er zu den berühmtesten Chemikern und Physikern unseres Jahrhunderts gehört. Auf dem Gebiete der Chemie wollen wir nur erwähnen seine Versuche über Legirungen des Stahls mit edlen Metallen, seine Darstellungen verschiedener flüssiger Verbindungen von Kohlen- und Wasserstoff, die Bereitung eines zu optischen Zwecken tauglichen Glases (kieselborsaures Bleioxyd). Nützliche Anleitungen für den praktischen Chemiker enthielt sein Werk: „Chemical Manipulations". — Was seine Leistungen in der Physik betrifft, so seien nur erwähnt seine Untersuchungen über die Liquefaction und Solidifaction von Gasen (Philosophical Transactions for the year 1845, oder Poggendorff's Annalen, Ergänzungsband II., p. 193), indem Faraday einen hohen Druck mit niedriger Temperatur vereinigte und so nur wenige von den unter gewöhnlichen Umständen gasförmigen Substanzen übrig liess, die er nicht in den flüssigen oder festen Aggregatzustand überführte. Ferner ist von Interesse eine Arbeit über eine gewisse Klasse von eigenthümlichen Klangfiguren (Phil. Trans. for the year 1831, oder Pogg. Ann. Bd. XXVI., p. 193); dann seine Arbeit über die Regelation (Pogg. Ann., Bd. CXI), d. h. das Wiedergefrieren, welches eintritt, wenn man zwei Eisstücke mit ihren thauenden Flächen aneinander legt, u. a.

Das grösste Verdienst aber hat Faraday sich erworben durch seine Untersuchungen über Magnetismus und Elektricität. Diese Untersuchungen legte er hauptsächlich nieder in seinen „Experimental Researches in Electricity“, welche der Reihe nach in den Philosophical Transactions erschienen und auch in Poggendorff's Annalen übergegangen sind. Diesen Untersuchungen widmete Faraday allein 26 Jahre seines Lebens. Als Riess in Berlin von Faraday im Jahre 1855 diese Untersuchungen in einer neuen Ausgabe übersandt wurden, antwortete derselbe folgendes: „Was für ein wunderbares Werk sind diese Untersuchungen in jeder Hinsicht! Unvergleichlich darin, dass es die grössten Fortschritte aufweist, welche die Wissenschaft dem Genius eines einzelnen Forschers zu verdanken hat.“ Faraday war der Entdecker der Magnetoelektricität; seine Arbeiten in der Elektrochemie haben dieser Wissenschaft eine neue Grundlage gegeben; er entdeckte den Diamagnetismus und kam zu dem Schlusse, dass jedes Theilchen der Materie des Universums dem Einflusse der magnetischen Kraft unterworfen ist.

In seinen letzten Jahren beschäftigte er sich mit den sogenannten Kraftcentris (centres of force) und den Magnetkraftlinien (lines of magnetic force), wogegen namentlich von mathematischer Seite Einspruch erhoben wurde. Faraday vermuthete oder glaubte vielmehr, dass alle Kräfte des Universums einen gemeinsamen Ursprung haben, und dass sie möglicherweise identisch sein könnten. So suchte er z. B. vergebens eine Beziehung zwischen der Elektricität und der Gravitation zu entdecken; jedoch gab er jenen Gedanken der Einheit aller Kräfte des Weltalls nie auf.

Faraday entwickelte namentlich ein ausserordentliches Talent, seine wissenschaftlichen Untersuchungen vor grossen gemischten Versammlungen in populärer Weise darzustellen. Was den Werth seiner wissenschaftlichen Arbeiten anbelangt, so ist Faraday in allen Fällen gründlich und tief; mit ausserordentlichem Scharfblick übersieht er sogleich alle einzelnen zu untersuchenden Fätle, um aus dem Ganzen ein allgemeines Gesetz zu bilden. Faraday ist ein vortrefflicher Experimentator, aber er ist leider nicht Mathematiker, so dass man sich durch manche seiner Abhandlungen schwer hindurcharbeiten kann; die meisten Resultate sind auf reiner Beobachtung und dem Experiment gestützt. Jedenfalls ist aber das von Faraday gelieferte Material sehr umfangreich und äusserst wichtig für die Wissenschaft, ja seine Leistungen in der Elektricität und dem Magnetismus sind epochemachend und haben zu vielen späteren Ergebnissen dieses Zweiges der Wissenschaft die Grundlage gelegt. Darum wollen wir gerade von diesem Theile der Arbeiten und Entdeckungen Faraday's hier in Kürze die wichtigsten Resultate darstellen und erörtern.

Diese vielen wichtigen Arbeiten uud Entdeckungen, welche wir dem experimentellen Scharfsinne Faraday's auf dem Gebiete der Elektricität und des Magnetismus verdanken, sind, wie schon oben erwähnt wurde, in seinen „Experimental Researches in Electricity“ enthalten, die zuerst in den Philosophical Transactions allgemein bekannt gemacht wurden. Wir wollen diese seine Leistungen nicht in historischer Reihenfolge betrachten, wie sie in jenen Experimental Researches und einigen anderen vereinzelten Abhandlungen nach einander erschienen sind, sondern wir wählen eine Reihenfolge nach dem sachlichen Inhalte: Wir gehen also aus von der

Reibungselektricität, gehen dann über zum Galvanismus und dessen Wirkungen, wobei besonders die Elektrolyse zur Sprache kommen wird. Darauf werden wir uns wenden zu Faraday's Leistungen für den Elektromagnetismus und den von ihm entdeckten Diamagnetismus, und betrachten endlich die elektrische Induction.

I. Reibungselektricität.

Was zunächst die Reibungselektricität betrifft, so wollen wir die Betrachtung über Faraday's Thätigkeit auf diesem Gebiete kurz fassen. Faraday hatte sich eine eigenthümliche Theorie über die sogenannte Influenz oder Vertheilung gebildet. Im Englischen wird dasselbe Wort „induction" gebraucht für das, was wir durch die beiden Wörter „Influenz" und „Induction" bezeichnen, indem wir ersteres für die Erregung dauernder elektrischer Zustände, letzteres für die Erregung momentaner elektrischer Ströme gebrauchen. Indem wir die im Deutschen gebräuchliche Bezeichnung „Influenz" oder „Vertheilung" beibehalten, nennen wir also die Elektricitätserregung durch Influenz oder Vertheilung diejenige, welche darin besteht, dass ein Körper in der Nähe eines elektrischen Körpers selbst elektrisch wird. Die so erregte Vertheilungs- oder Influenzelektricität zeigt sich immer, wenn man einen isolirten Leiter einem elektrischen Körper nähert; man findet immer an der dem elektrisirten Körper nächsten Stelle den influenzirten Körper mit der Elektricität versehen, welche der genäherten entgegengesetzt ist, und an einer anderen von dem genäherten Körper entfernten Stelle die der genäherten gleichnamige Elektricität. Nun glaubte man früher, die Influenzelektricität habe andere Eigenschaften als die auf andere Weise erregte Elektricität; man meinte, sie könnte sich nicht ausbreiten oder überhaupt nach Aussen wirken und nannte sie daher analog der gebundenen Wärme „gebundene Elektricität". Diese Anschauung aber ist falsch; die Influenzelektricität hat ganz dieselben Eigenschaften wie jede andere Elektricität; sie wirkt auch ebenso wieder vertheilend wie die ursprüngliche Elektricität.

Faraday nun war es, welcher sich eine andere eigenthümliche Anschauung über die Influenz bildete, die er mit der grössten Beharrlichkeit zu verfechten suchte, namentlich in der 11., 12. und 13. Reihe seiner Experimentaluntersuchungen (Phil. Trans. for 1838 etc., oder Pogg. Ann. Bd. XLVI, XLVII, XLVIII.) Faraday glaubt, dass die vertheilende Wirkung der Elektricität allemal eine Wirkung angränzender Theilchen sei, und dass eine elektrische Wirkung in die Ferne niemals anders als durch vermittelnden Einfluss einer dazwischen liegenden Substanz zu Stande komme. Die dazwischen liegende Substanz, sei es nun die Luft oder ein sonstiges nichtleitendes Mittel, nennt er „dielektrisch". Er hält die Vertheilung für eine Wirkung anliegender Theilchen des dielektrischen Mittels, welche in einen Polarisations- oder Spannungszustand versetzt werden und nach allen Richtungen gegenseitig verknüpft sind. Die Wirkung soll ausgeübt werden in Linien (lines of force), die, obgleich sie in manchen Versuchen gerade sein mögen, nach den Umständen mehr oder weniger gekrümmt sind. Um diese Theorie zu begründen, stellte Faraday eine grosse Zahl von Versuchen mit den verschiedensten dielektrischen Mitteln an.

Auf diese so beharrlich fortgesetzten Untersuchungen Faraday's über die Influenz

erschien bald eine Reihe von Gegnern, welche die alte Theorie und deren Ausbildung nicht nur für genügend, sondern selbst für besser zur Erklärung der Erscheinungen der Influenz hielten. Unter diesen Gegnern zeichnete sich besonders Peter Riess in Berlin aus. Zunächst erschien von Riess eine Arbeit „über die Influenzelektricität und die Theorie des Condensators“ (Pogg. Ann. Bd. LXXIII., p. 367). In dieser lässt Riess den früher gebräuchlichen Namen „gebundene Elektricität“ gänzlich fallen und nennt die Elektricität, welche in einem Körper durch die Nähe eines elektrischen Körpers hervorgerufen wird, „Influenzelektricität“, und zwar nennt er diejenige Elektricität, welche mit der auf dem vertheilenden Körper ungleichnamig ist, „Influenzelelektricität erster Art“, die andere mit ihr gleichnamige „Influenzelektricität zweiter Art“. — Speciell auf die Theorie von Faraday und deren Widerlegung ging nun Riess in einer Abhandlung vom Jahre 1854 ein, welche in Pogg. Ann. Bd. XCII. (p. 337) unter dem Titel erschien: „Ueber die Wirkung nichtleitender Körper bei der elektrischen Influenz“. In dieser Abhandlung sucht Riess alle bisherigen Unklarheiten zu entfernen und beschreibt seine mit der grössten Vorsicht angestellten Versuche. Aus Allem ergiebt sich Folgendes: „Die Influenz, die ein elektrisirter Körper auf einen neutralen äussert, erfährt keine Aenderung durch einen in seine Nähe gebrachten Zwischenkörper, dieser mag aus leitendem oder nichtleitendem Stoffe bestehen. Eine Vermehrung oder Verminderung der Elektricitätsmenge des influenzirten Körpers kann durch einen leitenden oder nichtleitenden Zwischenkörper hervorgebracht werden; sie rührt von neuen Influenzen her, die von dem Zwischenkörper ausgehen, und daher durch den Stoff, die Form und die Dimensionen desselben bestimmt wird“.

Von dieser Abhandlung hatte Faraday eine englische Uebersetzung im Philosophical Magazine gelesen. Er schrieb daher einen Brief an Riess, in welchem er von Neuem seine Ansichten zu vertheidigen suchte (Faraday und Riess, in Pogg. Ann. Bd. XCVII., p. 415). In kürzerer Zeit aber als einem Monate erfolgte schon eine Antwort von Riess auf diesen Brief, in welchem er sagt: So lange eine Theorie aus einfachen Principien alle Thatsachen einer Wissenschaft zu erklären weiss, sollte sie nicht verlassen werden. So ist es auch mit der alten Theorie der Influenz; diese nimmt eine Wirkung in die Ferne an, die Faraday nicht anerkennen will. Diese Wirkung zu verwerfen liegt kein Grund vor, da wir doch annehmen, dass die Gravitation in die Ferne wirke. Die Wirkung in die Ferne besteht hier in der Anziehung von Elektricitäten der einen Art und Abstossung der anderen in jedem Massentheilchen, und wirkt unbeschränkt, d. h., wirkt ein elektrisches Massentheilchen E auf ein Massentheilchen A, und setzt man irgend wohin ein Massentheilchen B, so wird dadurch die Wirkung von E auf A nicht verändert. — Diese paar Worte fassen die ganze Theorie zusammen, und aus ihr erklären sich die Erscheinungen der statischen Elektricität auf die einfachste Weise.

Wenn nun auch die Unhaltbarkeit der Anschauungen Faraday's durch Riess auf das Ueberzeugendste dargethan ist, wenn auch darum jetzt die ältere Theorie, welche eine Fernwirkung annimmt, allgemein von den Physikern anerkannt wird, wie sie von Riess in seinem Buche über Reibungselektricität durchgeführt ist, einem Buche, welches überhaupt den heutigen Standpunkt der Wissenschaft in diesem Gebiete der Elektricität darlegt, — so ist damit doch

Faraday's lange Reihe von Arbeiten in diesem Theile der Physik nicht eine vergebliche gewesen, indem er zum Zwecke dieser Untersuchungen eine grosse Menge von Erscheinungen durchforschte, die von bedeutender Wichtigkeit sind.

II. Galvanismus.

Indem wir nun zu Faraday's Arbeiten auf dem Gebiete des Galvanismus oder der Volta'schen Elektricität übergehen, setzen wir als bekannt voraus, auf welche Weise ein elektrischer oder galvanischer Strom zu Stande kommt und wie man die Richtung desselben (nämlich nach dem Wege des positiven Stromes) bezeichnet. Ferner setzen wir als bekannt voraus, dass es besonders zwei Mittel giebt, nämlich ein chemisches und ein magnetisches, um den Gang eines Stromes zu erkennen und dessen Stärke zu messen. Die chemische Messmethode ist nur bei kräftigen Strömen anwendbar und man benutzt dazu einen Wasserzersetzungsapparat, den man Voltameter oder Volta-Elektrometer nennt. Apparate, welche auch die schwächsten Ströme messen können, sind das bekannte Galvanometer oder die Tangentenboussole, bei welchen die Stromstärke aus dem Ablenkungswinkel einer astatischen, im magnetischen Meridian stehenden, Nadel, und die Richtung des Stromes aus der Ablenkung der Nadel nach der einen oder anderen Seite mit Hilfe der Ampère'schen Regel ersehen werden kann.

Faraday's hervorragendste Arbeiten sind hier die Untersuchungen über die Elektrolyse und die chemische Theorie des Galvanismus.

In der 3. Reihe seiner Experimental Researches in Elektricity (Phil. Trans. for 1833 oder Pogg. Ann. Bd. XXIX., p. 274 und 365) theilt Faraday zuerst seine Untersuchung und den Nachweis für die Identität der Elektricitäten verschiedenen Ursprungs mit, besonders der gemeinen und Volta'schen Elektricität, welche Identität damals noch nicht allgemein anerkannt war. Auch für die Magneto-Elektricität, die Thermo-Elektricität und selbst die thierische Elektricität weist Faraday durch eineReihe von Versuchen deren Identität nach, so dass der allgemeine Schluss ist, dass die Elektricität, aus welcher Quelle sie auch entsprungen sei, in ihrer Natur identisch ist.

Nach der Feststellung der Identität der gemeinen und Volta'schen Elektricität giebt Faraday ein gemeinsames Maass für beide Elektricitäten an. Zunächst wurde durch verschiedene Versuche festgesetzt, dass, wenn die von einer Elektrisirmaschine ausgehende Elektricität in gleicher absoluter Menge durch ein Galvanometer geleitet wird, wie gross auch ihre Intensität sein mag, die ablenkende Kraft auf die Magnetnadel immer gleich ist. Die Batterie wurde dann durch eine doppelte Anzahl von Umdrehungen geladen und wie zuvor durch das Galvanometer entladen; die Ablenkung der Magnetnadel war die doppelte, so dass der Schluss gemacht werden konnte: die ablenkende Kraft eines elektrischen Stromes ist direkt proportional der absoluten Menge der Elektricität, wie gross ihre Intensität übrigens auch sei. Um für die magnetische Aktion einen Vergleichungspunkt zu haben, wurde darauf eine Volta'sche Batterie construirt, welche in einer gewissen Zeit denselben Ausschlag gab wie vorher die Elektrisirmaschine bei 30 Umdrehungen. Ebenso wurde zur Vergleichung

der chemischen Aktion ein Maass bestimmt. Es ergab sich, dass der elektrische Strom jener normalen Volta'schen Batterie, wenn er 8 Uhrschläge (von denen 150 auf eine Minute gingen) lang wirkte, sowohl in magnetischer Ablenkungskraft als in chemischer Aktion gleich dem von der Maschine durch 30 Umdrehungen entwickelten war. Somit ist in allen Fällen die chemische wie magnetische Kraft der absoluten Menge durchgeleiteter Elektricität direct proportional. — Durch das so gefundene gemeinschaftliche Maass schätzte Faraday, dass z. B. die chemische Wirkung eines Grans Wasser auf vier Gran Zink eine Quantität von Elektricität hervorbringt, welche gleich derjenigen eines mächtigen Blitzes beim Gewitter ist.

In der folgenden (4ten) Reihe seiner Experimental-Untersuchungen (Phil. Trans. for 1833, oder Pogg. Ann. Bd. XXXI, p. 225) folgen Arbeiten über die Elektricitätsleitung. Darauf, in der 5ten Reihe (Phil. Trans. for 1833, oder Pogg. Ann. Bd. XXXII, p. 401) knüpft Faraday an die 3te Reihe an, um zu der elektrochemischen Zersetzung überzugehen, über deren Thatsachen wohl alle Physiker übereinstimmen, über deren Natur aber besonders damals die abweichendsten Meinungen herrschten. So schrieb Grotthuss im Jahre 1805 den Polen der Säule anziehende und abstossende Kräfte zu. Davy gab im Jahre 1806 Thatsachen von der grössten Wichtigkeit (so stellte er z. B. durch Zersetzung von Kali und Natron zuerst das metallische Kalium und Natrium dar), aber eine sehr in's Allgemeine gehende Theorie der elektrochemischen Zersetzung. Unter den übrigen sei nur noch de la Rive erwähnt, welcher die Resultate als Folge einer wirklichen, durch einen Akt von Verwandtschaftsspiel bewirkten Verbindung der Elemente mit den von den Polen ausgehenden Elektricitäten betrachtet.

Faraday dagegen sucht nun nachzuweizen, dass die elektrochemische Zersetzung nicht von irgend einer direkten Anziehung oder Abstossung der Pole auf die sie berührenden oder ihnen benachbarten Elemente abhänge. Zahlreiche Versuche bringen ihn zu folgendem Ausspruche: „Die Summe der chemischen Zersetzung ist constant für jeden Querschnitt eines zersetzt werdenden Leiters von gleichförmiger Beschaffenheit, welche Entfernung auch die Pole von einander oder von dem Querschnitte haben mögen, oder wie auch der Querschnitt den Strom durchschneide.“ Er denkt sich nämlich die Effekte entsprungen aus inneren der in Zersetzung begriffenen Substanz angehörigen Kräften; und nimmt an, die Wirkungen seien Folge einer durch den elektrischen Strom hervorgebrachten Abänderung der chemischen Verwandtschaft der in oder neben der Bahn des Stromes liegenden Theilchen, durch welche diese das Vermögen erlangen, in einer Richtung stärker als in der anderen zu wirken, demgemäss durch eine Reihe folgeweiser Zersetzungen und Wiederzusammensetzungen in entgegengesetzten Richtungen fortgeführt und endlich an den in der Richtung des Stromes liegenden Gränzen des in Zersetzung begriffenen Körpers ausgetrieben oder ausgeschlossen werden, und dieses in grösserer oder geringerer Menge, je nachdem der Strom mehr oder weniger stark ist. Daher will Faraday, dass man nicht sagen solle, die Produkte der Zersetzung von einer in den Stromkreis eingeschalteten Substanz gehen nach dem positiven und negativen Pole der Batterie, sondern sie gehen nach dem negativen und positiven Ende des zersetzt werdenden Körpers.

Diese Untersuchungen setzt Faraday in der 7ten Reihe der Experimental Researches (Phil. Trans. for 1834, oder Pogg. Ann. Bd. XXXIII, p. 301, 433, 481) weiter fort. Zuerst

führt er eine Nomenclatur ein, welche wegen ihrer Kürze und Deutlichkeit jetzt allgemein angenommen ist. Statt des Wortes „Pol“ führt er den Namen „Elektrode“ (von ἤλεκτρον und ὁδός) ein. Die folgenden Ausdrücke verdanken ihren Ursprung den elektrischen Strömen, welche wahrscheinlich die Erde wie ein Solenoid von Osten nach Westen, also in der Richtung des scheinbaren Laufs der Sonne, umkreisen; ist nämlich der zersetzt werdende Körper so gestellt, dass der durch ihn gehende elektrische Strom parallel und in gleicher Richtung geht mit dem in der Erde vorhanden sein sollenden, so werden die Oberflächen, durch welche die Elektricität zur Substanz ein- und austritt, eine unveränderliche Beziehung zu einander haben. Hiernach heisst die östliche Fläche „Anode“ (von ἀνά und ὁδός, der Weg vom Sonnenaufgang) und die westliche „Kathode“ (von κατά und ὁδός der Weg zum Sonnenuntergang). Danach ist die Anode die Oberfläche, durch welche der elektrische Strom eintritt (diese ist das negative Ende des zersetzt werdenden Körpers, das, wo Sauerstoff, Chlor, Säuren entwickelt werden) und steht der positiven Elektrode gegenüber. Die Kathode ist diejenige Fläche, durch welche der Strom den zersetzt werdenden Körper verlässt, ist dessen positives Ende, an ihr werden brennbare Körper, Metalle etc. entwickelt, und sie steht mit der negativen Elektrode in Berührung. Gewöhnlich gebraucht man jetzt diese Ausdrücke so, dass man unter positiver Elektrode und Anode, ebenso unter negativer Elektrode und Kathode dasselbe versteht. Ferner nennt Faraday alle direkt durch den Strom zersetzbaren Substanzen „Elektrolyten“ (von ἤλεκτρον und λύω); die Ausdrücke „elektrolysiren“ und „elektrolytisch“ sind dann von selbst verständlich. Diejenigen Körper des Elektrolyten, welche zur Anode gehen, heissen nun „Anionen“ (ἄνιον) und die, welche zur Kathode gehen, „Kationen“ (κάτιον). Beide gemeinschaftlich heissen „Ionen“ (von ἰών). So ist also z. B. Chlorblei ein Elektrolyt, und wenn es elektrolysirt wird, entwickelt es zwei Ionen, Chlor und Blei; das erste ist ein Anion, das letztere ein Kation.

Nach der Einführung dieser Termini geht Faraday zur näheren Betrachtung der elektrochemischen Zersetzuug über. Es wird jetzt ermittelt, ob nicht ein Gesetz existire, welches die Zersetzbarkeit regulirt. Um ein solches Gesetz zu finden, war es zuerst nöthig, ein Instrument zu construiren, welches die durch dasselbe gegangene Elektricität mässe. Als geeignetste Substanz, die unter den gewöhnlichen Umständen den anzeigenden Körper in solch einem Instrumente abgeben konnte, wurde das Wasser erkannt, welches durch Zusatz von etwas Säure oder Salz zu einem besseren Leiter gemacht wird. Ein solcher Wasserzersetzungsapparat, also ein Voltameter, wurde nun mit allen Vorsichtsmassregeln construirt. Sollte dies Instrument aber ein sicheres Maass abgeben, so war zunächst zu prüfen, ob das Faraday'sche Gesetz der festen elektrolytischen Aktion, wie man das nachher gleich anzugebende allgemein gültige Gesetz nennt, wenigstens beim Wasser unter allen Umständen gelte. Aus vielen Versuchen ergab sich nun, dass eine Intensitätsveränderung, veranlasst durch Unterschiede in der Stärke der Ladung oder Anzahl der Plattenpaare, keinen Einfluss auf die Resultate hat, wenn die Elektricitätsmenge dieselbe bleibt. Somit gilt der Schluss: Unterwirft man Wasser dem elektrischen Strome, so wird von ihm eine Menge zersetzt, die genau der durchgegangenen Elektricitätsmenge proportional ist, trotz aller Verschiedenheiten der Bedingungen und Umstände, in welchen es sich dabei befindet. Hütet man sich also vor störenden Einflüssen, so

lassen sich die Produkte der Zersetzung des Wassers mit solcher Genauigkeit auffangen, dass sie einen sehr vortrefflichen Maassstab für die ihre Entwickelung bedingende Elektricität abgeben.

Das für die Elektrochemie so wichtige Faraday'sche Gesetz der festen elektrolytischen Aktion wird nun von Faraday näher begründet und entwickelt. Wie es schon für die Wasserzersetzung nachgewiesen wurde, so ist auch für alle übrigen Substanzen die chemische zersetzende Wirkung des elektrischen Stromes constant für eine constante Menge von Elektricität; oder anders ausgedrückt: Die Zersetzung aller Substanzen ist der Stromstärke einfach proportional. Dies ist der erste Satz jenes Gesetzes. — Schaltet man zwei Zersetzungszellen in den Strom, deren eine angesäuertes Wasser enthält, während die andere mit irgend einer anderen binären Verbindung gefüllt ist, so sind die Zersetzungsprodukte in beiden Zellen einander immerfort proportional. Faraday's zweiter Satz ist dann, dass derselbe Strom, welcher in einer gegebenen Zeit irgend eine Gewichtsmenge Wassers zersetzt, in eben derselben Zeit eine der zersetzten Wassermenge äquivalente Menge einer beliebigen anderen binär zusammengesetzten Verbindung zersetzt; oder kurz, dass die binären Verbindungen bei gleicher Stromstärke nach äquivalenten Mengen zersetzt werden.

Für das Wasser ist das Gesetz bereits nachgewiesen. Für andere Substanzen wurde nun der Nachweis so geführt, dass in einen und denselben Stromkreis ein Voltameter und ausserdem eine Zersetzungszelle mit der zu untersuchenden Substanz eingeschaltet wurde. Aus der im Voltameter entwickelten Menge Knallgas oder Wasserstoff wurde das Gewicht des zersetzten Wassers berechnet. Dann wurde ebenso durch Wägung oder durch eine Analyse das Gewicht des an einer der beiden Elektroden aufgetretenen Zersetzungsproduktes bestimmt und daraus die Menge der zersetzten Substanz berechnet. Ist dann das Gesetz richtig, so müssen sich die beiden Gewichte stets wie die Aequivalente der zersetzten Substanzen verhalten. Einer der gelungensten Versuche war der mit Zinnerchlorür ($Sn\ Cl$), den wir hier beschreiben wollen:

Es wurde in das eine verschlossene Ende einer Glasröhre ein am Ende mit einer Kugel versehener Platindraht eingeschmolzen, welcher vorher sorgfältig gewogen worden war. In die Röhre wurde wasserfreies Zinnchlorür gebracht und dasselbe durch eine Flamme in Fluss gehalten. Von oben tauchte in die Flüssigkeit eine Graphitelektrode, letztere war zur positiven Elektrode, der Platindraht mit der Kugel zur negativen Elektrode einer Volta'schen Säule gemacht; ausserdem war in den Stromkreis ein Voltameter eingeschaltet. Das Zinnchlorür wurde nun so zersetzt, dass das freiwerdende Chlor an der Anode Zinnchlorid ($Sn\ Cl_2$) bildete, das in Dampfform entwich. Das an der negativen Elektrode ausgeschiedene Zinn bildete mit dem Platin eine Legirung, welche bei der Temperatur, welche die Röhre hatte, schmolz. Als nachher das Ganze erkaltet war, wurde die Röhre zerbrochen, worauf sich dann das Chlorür und das Glas leicht von dem Platindrahte und dessen Knopf von Legirung ablösen liess. Der letztere gewogen, musste durch seine Gewichtszunahme die Menge des zersetzten Zinnes geben. Diese Gewichtszunahme betrug 3,2 Gran; in dem Voltameter waren 0,49742 Gran Wasser zersetzt; dies ist demnach das Gewicht des Wassers, welches derselbe elektrische Strom zersetzte, der im Stande war, so viel Zinnchlorür, als 3,2 Gran metallischen Zinnes liefert, zu zersetzen. Das Aequivalent des Wassers ist nun aber $1 + 8 = 9$, das des Zinnes 57,9; und es ist

$$\frac{0{,}49742}{3{,}2} = \frac{9}{57{,}9}$$

(der erste Quotient ist gleich 6,435, der zweite gleich 6,433). Folglich war auf 1 Aequivalent Wasser 1 Aequivalent Zinn ausgeschieden, und damit das Gesetz für Zinnchlorür bewiesen. —

Auf eine ähnliche Weise wurde nun mit anderen Substanzen experimentirt. Alle Thatsachen bewiesen auf's Uebereinstimmendste und Unwiderleglichste die Wahrheit des wichtigen Satzes, dass die chemische Kraft eines elektrischen Stromes der absoluten Menge von durchgegangener Elektricität direkt proportional ist. Das Gesetz ist später noch von anderen Physikern, wie Daniell, Soret, Buff, Hittorf besonders für gelöste Salze mehrfach geprüft worden. Der Satz von der festen elektrolytischen Aktion gilt somit für alle elektrolytischen Substanzen.

Zum Schlusse dieser 7ten Reihe seiner Experimentaluntersuchungen stellt Faraday noch einige Betrachtungen an über die den Theilchen beigesellte Menge von Elektricität, und kommt zu dem Schlusse, dass diese Menge eine ungeheure sein muss. So sagt er, dass 800000 Entladungen einer bestimmten Leydener Batterie nöthig wären, um die zur Zersetzung eines einzigen Grans Wasser erforderliche Elektricität zu liefern.

Immer aber ist das Faraday'sche Gesetz der festen elektrolytischen Aktion ein Gesetz von der grössten Wichtigkeit, weil es der Elektrochemie eine feste Grundlage gab und noch Einfluss auf die neueste Chemie ausgeübt hat.

An seine Untersuchungen über die elektrochemische Zersetzung knüpft Faraday in der 8ten, 10ten, 16ten und 17ten Reihe der Experimental Researches (Phil. Trans. for 1834, 1835 und 1840 oder Pogg. Ann. Bd. XXXV, XXXVI, LII, LIII) eine Entwickelung seiner Ansichten über die Volta'sche Elektricität, besonders über die Herkunft und Quelle dieser Kraft. Es giebt für die Volta'sche Elektricität besonders zwei Theorieen, die Contakttheorie und die chemische Theorie. Faraday nahm mit vielen anderen englischen und französischen Physikern an, dass nur die chemische Aktion die Ursache des elektrischen Stromes sei, nicht der Contakt. Er geht in seinen Schlüssen so weit, dass er die chemische Verwandtschaft und die Elektricität für eine und dieselbe Kraft hält: Wo keine chemischs Aktion ist, wird auch kein Strom erzeugt; so wie aber die chemische Aktion anfängt, tritt auch ein Strom auf. Wir wollen hier auf diese Theorie nicht weiter eingehen und nur hinzufügen, dass seitdem noch andere Theorieen, wie die von Schönbein, Wiedemann u. a., aufgestellt sind, die immer mehr oder weniger der Contakttheorie oder der chemischen Theorie nahe kommen. Jedenfalls ist es aber in diesem Punkte der Physik bis auf den heutigen Tag noch zu keiner Entscheidung gekommen, immer aber scheint die strenge chemische Theorie an Vertheidigern zu verlieren.

III. Elektrodynamik, Magnetismus, Elektromagnetismus, Diamagnetismus.

Wir kommen nun zu denjenigen Wirkungen, welche der elektrische Strom ausserhalb seines Stromkreises ausübt. Auf diesem Gebiete werden wir Faraday wieder als den aus-

gezeichneten Experimentator kennen lernen. In dem theoretischen Theile dieses Abschnittes konnte Faraday wegen seiner mangelhaften mathematischen Kenntnisse, wie er selber es eingesteht, keine grossen Erfolge erringen. So finden wir Faraday's Namen nirgends in der theoretischen Elektrodynamik, in welcher Ampère, Wilh. Weber u. a. hervorleuchten. Aber doch finden wir ihn auch hier, wo es sich um die Verdeutlichung eines Gesetzes durch das Experiment handelt. Grossartig aber sind Faraday's Leistungen im Magnetismus und in dem, was damit zusammenhängt, im Elektromagnetismus und Diamagnetismus. Faraday war, was wir hier nur erwähnen wollen, der erste, welcher die Rotation eines Stromtheiles um einen Magnet gezeigt hat. Ebenso construirte er zuerst einen Apparat, welcher die continuirliche Rotation eines Magnets unter dem Einflusse eines Stromes zeigte. Dadurch hatte Faraday zuerst in praxi den aus Ampère's elektrodynamischem Grundgesetze folgenden Satz gefunden, dass das Drehungsmoment eines Magnetpoles auf einen endlichen Leiter nur abhängt vom Anfang und Ende des Leiters, dass bei einer geschlossenen Drahtkurve, wo also beide zusammenfallen, das Drehungsmoment gleich Null ist.

Para- und Diamagnetismus. Schon im Jahre 1778 hatte Brugmanns die Eigenthümlichkeit des Wismuths gesehen, dass es von beiden Polen eines Magnets abgestossen wurde; man schrieb aber diese und andere Erscheinungen immer dem Eisengehalte der untersuchten Körper zu. Erst im Jahre 1845 war es Faraday vergönnt, den Nachweis zu liefern, dass es wohl keinen gegen den Magnet indifferenten Körper gebe. Er fand, dass alle Körper in der Natur in zwei grosse Klassen zerfallen, in die magnetischen, oder wie er sie später nennt, paramagnetischen und in die diamagnetischen. Die ersteren verhalten sich wie das Eisen, sie werden vom Magnete angezogen; letztere im Allgemeinen wie das Wismuth, sie werden vom Magnete abgestossen. Um diese Erscheinungen sichtbar zu machen, bedurfte es namentlich starker Elektromagnete. —

Die in dieses Gebiet des Diamagnetismus fallenden und alle damit verknüpften Erscheinungen und Wirkungen des Magnetismus hat Faraday in der 19ten bis 30ten Reihe seiner Experimental Researches, sowie in einigen anderen kleineren Abhandlungen niedergelegt. Ein nicht minder grosses Verdienst um die Aufschlüsse über das Wesen dieser Erscheinungen hat der deutsche Physiker Plücker gehabt, welcher bald nach Faraday's Entdeckungen auf diesem Felde seine Forschungen anstellte.

Gehen wir zunächst an die 20te Reihe der Experimental Researches (Phil. Trans. for 1846 oder Pogg. Ann. Bd. LXIX, p. 289). In dieser giebt Faraday seinen ersten Bericht über den von ihm entdeckten Diamagnetismus. Um die zu beschreibenden Effekte zu erhalten, war, wie schon erwähnt, ein magnetischer Apparat von grosser Kraft nöthig. Faraday construirte daher einen grossen Elektromagneten, welcher bei 10 Grove'schen Elementen an jedem seiner Enden zwei 50 Pfund-Stücke tragen konnte; derselbe war cylindrisch. Ein zweiter war hufeisenförmig und so eingerichtet, dass die auf die Pole gelegten Anker die Pole bildeten, so dass das magnetische Feld vergrössert und verkleinert werden konnte. Zwischen diesen beiden Polen (— der Magnet richtete nämlich seine Pole nach oben —) wurde die zu

untersuchende Substanz an Coconfäden aufgehängt, und um sie vor Luftzug zu schützen, war sie von einem Glaskasten umgeben.

Bevor man zu experimentiren beginnt, muss man sich versichern, dass die angewandten Substanzen keinen Magnetismus besitzen, und dass der angewandte Aufhängungsapparat sich nicht richte. Jede Substanz muss erst mit dem grossen Elektromagneten auf ihren Magnetismus geprüft werden; ist sie magnetisch, so ist sie zu verwerfen. — Für die Richtung von Pol zu Pol (am Hufeisenmagneten) oder längs der Magnetkraftlinien führt Faraday den Ausdruck axial ein; die zu ihr senkrechte Richtung nennt er äquatorial.

Zunächst beschreibt Faraday die Wirkung der Magnete auf eine von ihm schon früher angewandte schwere Glassorte, welche kieselborsaures Bleioxyd ist. Ein Stab von demselben wurde central zwischen den Polen aufgehängt und sich überlassen, bis die Torsion vorüber war. Dann wurde der Magnet durch Schliessung der Volta'schen Kette in Thätigkeit gesetzt; der Stab stellte sich äquatorial und kehrte in diese Lage zurück, wenn man ihn aus derselben entfernte, und zwar ging der Stab immer auf kürzestem Wege in diese Lage. Bei der Umkehrung der Pole fand dasselbe Statt. Ausser dieser stabilen Gleichgewichtslage giebt es noch eine zweite, nämlich die axiale Richtung; so wie aber der Stab nur um das Geringste aus derselben gebracht wird, so geht er in die äquatoriale über; diese Gleichgewichtslage ist also labil. — Liegt der Schwerpunkt des Stabes in der axialen Linie, aber etwas näher dem einen Pole als dem anderen, so geht der Stab auch in die äquatoriale Lage über, wird aber dabei von dem näheren Pole etwas abgestossen, so lange der Strom in Thätigkeit ist. — Hält man den Drehpunkt in der äquatorialen Linie, d. h. gleich weit von den beiden Polen und entfernt ihn diesseits oder jenseits ein wenig aus der axialen Linie, so stellt sich der Stab wie zuvor gegen die Magnetkraftlinien, weicht aber zugleich aus der axialen Linie, entfernt sich von ihr und bleibt in dieser neuen Lage so lange, als der Magnetismus anhält.

Statt der beiden Magnetpole kann man auch einen einzigen anwenden, und zwar sowohl in vertikaler als in horizontater Lage. Die Erscheinungen stimmen mit dem Vorigen überein: Der Stab wird in der Richtung der Magnetkraftlinien abgestossen und senkrecht gegen dieselben gestellt.

Soll sich das angewandte schwere Glas richten, so muss es eine längliche Gestalt haben, es darf nicht ein Würfel oder eine Kugel sein. Aber wohl werden diese letzteren abgestossen bei Anwendung eines Poles, oder wenn man sie bei zwei Polen nicht in deren Mitte dazwischen bringt. — Das Constante bei allen diesen Erscheinungen ist die Tendenz von stärkeren zu schwächeren Stellen der magnetischen Kraft überzugehen.

Die Bahnen, welche die Theilchen des schweren Glases bei freier Bewegung beschreiben, nennt Faraday diamagnetische Curven, um sie von den magnetischen Curven zu unterscheiden.

Bei der Eintauchung des schweren Glases in ein zwischen den Polen befindliches Gefäss voll Wasser, Alkohol oder Aether waren die Erscheinungen wie zuvor: Der Stab richtet sich und der Würfel weicht zurück, genau so wie in Luft. Dabei waren die Erscheinungen

gleich gut in Gefässen von Holz, Steingut, Thon, Kupfer, Blei, Silber oder irgend einer der Substanzen, die zur Klasse der diamagnetischen gehören.

Die so entdeckte Erscheinung weicht also ab von der magnetischen Eigenschaft von Eisen, Nickel und Kobalt. Wir haben hier eine magnetische Abstossung, und zwar stösst jeder Pol die Substanz ab.

Es fand sich bald, dass die Eigenschaft, von den Magnetpolen afficirt und abgestossen zu werden, nicht blos dem schweren Glase eigen ist. Zunächst zeigten borsaures Bleioxyd, Flintglas, Crownglas dieselbe Eigenschaft, sich äquatorial zu stellen und abgestossen zu werden. Es wurde nun eine grosse Zahl von Körpern der verschiedensten Klassen untersucht, krystallinische, amorphe, flüssige und organische Substanzen. Flüssigkeiten wurden in ein dünnes Flintglasrohr gethan; dünnes Flintglas für sich allein giebt nämlich nur eine sehr schwache Wirkung, so dass der Effekt des Glases gegen den der darin enthaltenen Flüssigkeit verschwindet; die Röhren dürfen nicht mit Kork, Siegellack oder mit anderen Substanzen auf's Gerathewohl verschlossen werden. Faraday wandte Röhren an, die keinen Verschluss nöthig hatten, indem das eine offene Ende derselben nach oben umgebogen war. — Darauf giebt Faraday eine Liste der verschiedenartigsten Körper, welche diamagnetisch sind, sich also äquatorial stellen, wenn ihre Dimension nach einer Richtung hin länger ist als nach den anderen; darunter befinden sich selbst Fleisch, Blut, Holz, Aepfel etc. — Zertheilung der Körper übte keinen Einfluss aus, es war kein merklicher Unterschied vorhanden, ob ein Stück Kalkspath oder Kieselerde ganz war oder grob oder fein gepulvert.

In den diamagnetischen Körpern wirken also Kräfte, welche den magnetischen Kräften des Eisens direkt entgegengesetzt sind. Es wurden nun speziell die Metalle mit Hilfe des starken Elektromagneten auf ihren Magnetismus untersucht. Als magnetisch ergaben sich folgende: Eisen, Nickel, Kobalt, Platin, Palladium, Titan, Mangan, Chrom, Cerium, Osmium; als diamagnetisch: Wismuth, Antimon, Zink, Zinn, Kadmium, Quecksilber, Blei, Silber, Kupfer, Gold, Arsen, Uran, Rhodium, Iridium, Wolfram. Alle die nicht magnetischen Metalle unterliegen der Magnetkraft und zeigen im Allgemeinen dieselben Erscheiuungen wie die schon angeführte grosse Klasse von Körpern. Die Kraft, welche sie dann äussern, besitzen sie in verschiedenem Grade. Wismuth zeigt von allen untersuchten Substanzen die diamagnetischen Erscheinungen auf's Beste. Das Wismuth wurde auch gut gerichtet und abgestossen, wenn es in Wasser, Alkohol, Aether, Oel, Quecksilber und andere Flüssigkeiten eingetaucht wurde, auch wenn es in Gefässe von Steingut, Glas, Kupfer, Blei u. s. w. eingeschlossen ist. Selbst als man einen Wismuthwürfel in ein Eisengefäss brachte, wurde derselbe gut und frei vom Magnetpole abgestossen. Es gilt auch hier immer das Gesetz, dass das Wismuth von stärkeren Punkten der Magnetkraft zu schwächeren überzugehen strebt. — Endigt ein Pol in eine Kreisfläche, so verhält sich ein Wismuthwürfel an der Peripherie dieses Kreises indifferent, ausserhalb dieses Kreises wird der Würfel nach aussen abgestossen, im Inneren nach dessen Mittelpunkt abgestossen, so dass also die Peripherie den eigentlichen Magnetpol repräsentirt, von dem die Magnetkraftlinien ausgehen. Dasselbe zeigt sich, wenn man Papier auf den Pol legt und darauf Wismuthpulver streut; dasselbe zieht sich in zwei Richtungen, ein- und auswärts, von der über

der Kante des Kernes befindlichen kreisrunden Linie fort und legt den Kreis bloss, besonders wenn man auf das Papier tupft. Endigte der Pol in einen Kegel, so wurde jeder Punkt des Papiers von dem Wismuthpulver befreit, der über die Spitze des Kegels gebracht wurde.

Die 21te Reihe der Experimentaluntersuchungen (Phil. Trans. for 1846 oder Pogg. Ann. Bd. LXX, p. 24) bildet die Fortsetzung zu der vorigen Reihe. Faraday behandelt in derselben die Wirkung von Magneten auf magnetische Metalle und deren Verbindungen. Bisher hatte Faraday geglaubt, dass die magnetischen Metalle Eisen, Nickel und Kobalt bei gewissen Temperaturen ihren Magnetismus vollkommen verlieren. Bei näherer Untersuchung ergab sich jetzt aber, dass diese bei jeglicher Temperatur einen gewissen Betrag von Magnetkraft behalten. Ein Eisendraht blieb in hoher Temperatur noch magnetisch, aber sehr schwach; jedoch nur bei Anwendung des starken Elektromagneten, gegen einen gewöhnlichen Magnet war er ganz unempfindlich geworden. Beim Erkalten erhielt der Eisendraht von einer gewissen Temperatur an wieder seine starke magnetische Eigenschaft. Dasselbe fand bei einem Nickelstabe Statt.

Indem Faraday dann zu den Verbindungen dieser Metalle übergeht, finden sich alle natürlichen wie künstlichen Eisen-, Nickel- und Kobaltoxyde magnetisch, sowohl bei gewöhnlichen als bei hohen Temperaturen. Aber die zurückgehaltene Kraft war immer sehr schwach gegen die des reinen Metalls. Auch die Eisensalze waren magnetisch. Grünes Bouteillenglas und Crownglas sind wegen ihres Eisengehaltes magnetisch, ebenso blaues Kobaltglas wegen des Kobalts. Flintglas dagegen stellt sich äquatorial. Ausgenommen von den Eisenverbindungen sind das rothe und gelbe Blutlaugensalz (das Ferro- und Ferridcyankalium). Auch Lösungen von Eisen-, Nickel- und Kobaltsalzen sind magnetisch. Durch Erhitzung wurde die Kraft dieser Lösungen nichi verringert oder verändert.

Es wurden jetzt drei Lösungen von Eisenvitriol hergestellt, deren Prozentgehalte an Eisensalz sich wie 16 : 4 : 1 verhielten. Diese drei Lösungen mögen mit 1, 2 und 3 bezeichnet werden. Diese wurden nun in Röhren, wie sie früher schon beschriebeu wurden, gethan und sowohl in diamagnetischen Mitteln, wie Luft, Wasser, Alkohol etc., als auch in magnetischen Mitteln von stärkerer oder schwächerer Magnetkraft als die in den Röhren befindlichen Substanzen untersucht. In Luft, Wasser, Alkohol eingetaucht, stellten sich alle drei Lösungen axial mit um so grösserer Kraft, je stärker die Lösung war. Anders waren aber die Resultate beim Eintauchen in die verschiedenen Eisenvitriollösungen: No. 1 war in 2 und 3 ganz entschieden magnetisch; 1 in 1 indifferent, die Röhre nahm keine bestimmte Stellung an; aber in 1 waren 2 und 3 diamagnetisch. In den concentrirteren Lösungen waren sie diamagnetisch, in den gleichen indifferent, in den verdünnteren magnetisch. Die Anziehung und Abstossung stimmte damit überein; Die Röhre wurde so aufgehängt, dass ihre Längsrichtung vertical war; dann wurde sie in Luft, Wasser oder einer verdünnteren Lösung von dem Magnetpole angezogen, in concentrirterer Lösung dagegen von demselben abgestossen. — Es gilt überhaupt der Satz, dass eine magnetische Substanz in einer Flüssigkeit, die stärker magnetisch ist als sie selbst, sich diamagnetisch verhält; eine diamagnetische Substanz in einer stärker diamagnetischen Substanz verhält sich magnetisch.

Jetzt wurden die Verbindungen anderer Metalle untersucht. Faraday bildete folgende zwei Reihen mit absteigender Stärke, wobei das Verhalten der Verbindungen dieser Metalle im Allgemeinen mit dem Metalle übereinstimmt:

Magnetisch sind: Eisen, Nickel, Kobalt, Mangan, Chrom, Cerium, Palladium, Platin, Osmium.

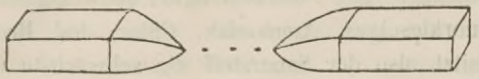
Diamagnetisch: Wismuth, Antimon, Zink, Zinn, Kadmium, Natrium, Quecksilber, Blei, Silber, Kupfer, Gold, Arsen, Uran, Rhodium, Iridium, Wolfram.

Ob die Gase und Dämpfe vom Magnete afficirt werden, gelang Faraday an dieser Stelle noch nicht nachzuweisen; alle bisher über diesen Gegenstand angestellten Versuche ergaben nur negative Resultate.

Hieran knüpft Faraday einige allgemeine, mehr theoretische Bemerkungen. Er hat folgende Ansichten: Man kann die Erscheinung des Diamagnetismus zurückführen auf eine Abstossung der Materie durch beide Magnetpole, die so lange dauert, als die Magnetkraft unterhalten wird. Ein der magnetischen Wirkung unterliegendes Stück solcher Materie sucht von stärkeren zu schwächeren Orten oder Punkten zu gehen. Die sämmtlichen starren und flüssigen Körper können in zwei Klassen eingetheilt werden, in die magnetischen und die diamagnetischen; bis jetzt hat sich noch kein neutraler Körper gefunden, der in Luft weder angezogen noch abgestossen würde. Magnetische und diamagnetische Wirkung ist in dynamischer Hinsicht entgegengesetzt, also muss man durch Mischung zweier solcher einen neutralen zusammengesetzten Körper erhalten können; da z. B. Eisenoxydul magnetisch und Wasser diamagnetisch ist, so war es leicht, die Lösung neutral darzustellen; so wie dann aber von dem einen oder anderen wieder zugesetzt wurde, überwog auch das eine oder andere. — Zur Erklärung der diamagnetischen Erscheinungen macht Faraday die Annahme, dass die magnetische Induction in diesen Körpern einen entgegengesetzten Zustand hervorruft, wie er in magnetischen Körpern erzeugt wird. Beide Gruppen von Körpern werden im Magnetfelde magnetisch, jedes Theilchen stellt seine Achse parallel der durch sie hingehenden magnetischen Resultante, mit dem Unterschiede, dass die Theilchen des magnetischen Körpers ihre Nord- und Südpole den entgegengesetzten Polen des inducirenden Magnetes zuwenden, die Theilchen des diamagnetischen es aber umgekehrt machen. Bei den diamagnetischen Körpern erregt der Nordpol einen Nordpol, der Südpol einen Südpol, und dadurch entsteht dte Abstossung. — Diese Theorie der diamagnetischen Polarität, welche bald besonders von Wilh. Weber weiter begründet wurde, hat Faraday jedoch, wie wir bald sehen werden, nicht lange nachher wieder aufgegeben.

Wir haben schon erwähnt, dass es Faraday nicht gelungen war, magnetische Eigenschaften bei den Gasen zu entdecken. Bald gelang es jedoch Faraday und Plücker zugleich, nachzuweisen, dass auch die Gase magnetische Eigenschaften haben. Faraday hatte einen Aufsatz von dem italienischen Physiker Zantedeschi gelesen, worin die von Bancalari zuerst entdeckte Thatsache aufgestellt war, dass die Flamme aus der die Magnetpole verbindenden axialen Linie fortgestossen werde. Faraday fand diese Versuche bestätigt und zwar noch auffallender. Er theilt seine Resultate in Phil. Mag. Ser. III, vol. XXXI, p. 401 (Pagg. Ann. Bd. LXXIII, p. 256) in einem Briefe an Richard Taylor mit. Der Elektromagnet

Fig. 1.



erhielt zwei eiserne Ansätze von abgerundeter kegelförmiger Gestalt, wie sie die Figur zeigt, welche eine kräftige Wirkung im Magnetfelde geben. Eine dazwischen gebrachte Flamme einer Wachskerze wich sogleich aus der axialen Linie und breitete sich in äquatorialer Richtung sehr stark aus. Wurde die Flamme etwas mehr gehoben, so erhielt sie die Gestalt eines quer gegen die Magnetaxe gestellten Fischschwanzes. Treten die Pole sich sehr nahe, so kann auch eine Zweitheilung der Flamme eintreten. Bei Aetherflammen traten analoge Erscheinungen auf. Ferner bestätigte Faraday dieselben an Flammen von Alkohol, Steinkohlengas, Wasserstoff, Schwefel, Phosphor und Kampfer. Dabei schienen die hellen Flammen am meisten ergriffen zu werden.

Die Hauptresultate wurden darauf an einer rauchenden Kerze ebenso gezeigt. Lässt man nämlich eine Kerze aus mit Grünspan gefärbtem Wachs eine Minute lang aufrecht brennen, so glimmt sie nach dem Ausblasen oben auf dem Docht gewöhnlich noch sehr lange fort und giebt in sehr ruhiger Luft einen senkrecht aufsteigenden, schmalen Strom von dichtem Rauch; stehen die Pole nahe an einander, so theilt sich der Rauch in äquatorialer Richtung in zwei Theile. Andere glimmende Substanzen zeigen dieselbe Erscheinung.

Die Erscheinungen an Flammen sind ein besonderer Fall eines allgemeinen Gesetzes, nämlich des Diamagnetismus der Gase. So fand sich, dass heisse Luft diamagnetisch gegen kalte ist oder diamagnetischer als sie. Ebenso zeigte sich gering, aber deutlich, dass kalte Luft in Bezug auf Luft von gewöhnlicher Temperatur magnetisch war, oder weniger diamagnetisch als sie.

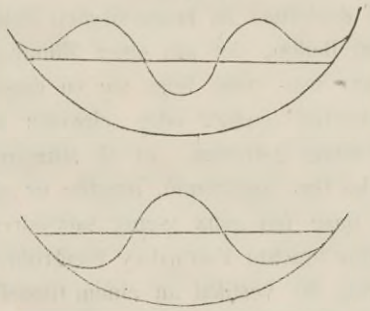
Es wurde nun zu der Untersuchung des Verhaltens anderer Gase geschritten. Um Ströme von Gasen in die Luft treten zu lassen und den Lauf derselben im magnetischen Felde zu verfolgen, brachte Faraday manchmal die Gase in einen Ballon, der mit einer Mündung oder auch mit einer Tubularöffnung (tubular spout) versehen war, und liess sie zu dieser Oeffnung ausfliessen, aufwärts oder niederwärts, je nachdem das Gas leichter oder schwerer als die Luft war. Für die farblosen Gase wurde eine andere Einrichtung getroffen. In die Mündung der etwas unter den Polen befindlichen Röhre, aus welcher das Gas ausströmte, brachte er ein mit etwas Salzsäure befeuchtetes Fliesspapier, so dass die Gase mit ganz wenig salzsaurem Dampfe gemischt waren. In einiger Entfernung über den Polen brachte Faraday Fangröhren an, dünne, ungefähr fingerlange, an beiden Enden offene Röhren, die vertikal an einem Gestelle befestigt waren, eine an jeder Seite der axialen Linie, und eine in der axialen Linie. Die unteren Enden der Röhren wurden mit etwas Ammoniak befeuchtet. In denjenigen Röhren, durch welche das Gas hindurchging, bildeten sich dann weisse Dämpfe; ist das Gas diamagnetisch, so entstehen in den seitlichen Röhren, ist es magnetisch, in der axialen Röhre die weissen Dämpfe. Zunächst wurde ein Luftstrom aus der axialen Linie gesandt; derselbe stieg in die axiale Röhre, mochte der Magnet in Thätigkeit sein oder nicht. — Stickstoff war zur Luft entschieden diamagnetisch, der Sauerstoff fand sich dagegen magnetisch, d. h. also magnetischer als Luft. Die folgenden untersuchten Gase erwiesen sich sämmtlich als diamagnetisch in der Luft: Wasserstoff, Kohlensäure, Kohlen-

oxyd (mehr als Kohlensäure), Stickstoffoxydul, Stickstoffoxyd und salpetrigsaures Gas (die beiden letzteren sehr schwach diamagnetisch), ölbildendes Gas, Steinkohlengas, schwefligsaures Gas, Chlorwasserstoffsäure, Jodwasserstoffsäure, Fluorkieselgas, Ammoniak, Chlor, Jod, Brom, Cyan. Unter allen bis dahin geprüften Gasen besitzt also der Sauerstoff die schwächste diamagnetische Kraft; die Luft sowohl als alle Verbindungen von Sauerstoff und Stickstoff scheinen den Einfluss des Sauerstoffgehaltes darzuthun.

Ueber den relativen Grad der diamagnetischen Kraft bei verschiedenen Körpern lässt sich, so lange sie nur in Luft untersucht sind, höchstens eine Muthmassung aussprechen, weil so viele Umstände das Resultat verwickelt machen, z. B. das spezifische Gewicht. Der einzige richtige Weg, zwei Gase mit einander zu vergleichen, ist der, dass man mit dem einen in dem anderen experimentirt. Zunächst wählte Faraday die Kohlensäure als umgebendes Medium, da sich leicht mit ihr experimentiren lässt und sie wahrscheinlich diamagnetischer in Luft ist als irgend ein anderes Gas. Die Kohlensäure wurde in einem Glaskasten, der über den Magnetpolen stand, eingeschlossen; sonst war das Arrangement ganz wie früher in Luft. Es zeigten sich Luft und Sauerstoff axial, alle anderen untersuchten Gase äquatorial. Aehnliche Versuche wurden in Steinkohlengas und Wasserstoff angestellt; Sauerstoff zeigte sich in beiden sehr stark magnetisch. Sauerstoff scheint also von allen Gasen am wenigsten diamagnetisch zu sein; Stickstoff aber ist sehr diamagnetisch. Endlich wurden Versuche mit erhitzten Gasen angestellt; hier war z. B. heisser Sauerstoff in gewöhnlicher Luft diamagnetisch.

Wir haben schon erwähnt, dass Plücker unabhängig von Faraday zur selben Zeit Untersuchungen über den Magnetismus der Gase anstellte. Plücker (Pogg. Ann. LXXIII, p. 549). untersuchte besonders farbige Gase und fand ähnliche Resultate. Auch wollen wir hier gleich Plücker's Resultate über das magnetische oder diamagnetische Verhalten der tropfbarflüssigen Körper erwähnen. Plücker legte auf die Halbanker Glimmerblätter oder Uhrgläser, in welche die zu untersuchende Flüssigkeit gebracht war. Wenn die Flüssigkeit magnetisch war, erhoben sich über den Magnetpolen zwei Wülste, während bei den diamagnetischen Flüssigkeiten sich ein Wulst zwischen den beiden Polen bildete (siehe die beiden Figuren). Die Bildung der Wülste ergiebt sich unmittelbar daraus, dass die freie Oberfläche einer Flüssigkeit stets normal sein muss zu den auf sie wirkenden Kräften.

Fig. 2.



Magnekrystallkraft. Kurz vorher hatte schon Plücker (Pogg. Ann. Bd. LXXII, p. 315) die Entdeckung gemacht, dass das Verhalten der Krystalle nicht übereinstimmt mit demjenigen unkrystallischer Körper. Es nehmen nämlich Kugeln im Magnetfelde keine bestimmte Lage an; Kugeln aus Krystallen dagegen zeigen eine bestimmte Richtung, wenn man sie zwischen die Pole bringt; ja selbst nach einer Richtung ausgedehnte Krystalle stellen sich oft anders als nach der magnetischen Beschaffenheit erwartet werden sollte. Plücker fand zunächst zwei Gesetze: 1) Wenn man einen beliebigen Krystall mit einer einzigen optischen

Achse zwischen die Pole eines Magnets bringt, so wird diese Achse von jedem der beiden Pole abgestossen. Wenn der Krystall zwei optische Achsen hat, so wird jede dieser beiden Achsen von jedem der beiden Pole mit derselben Kraft abgestossen. 2) Die Kraft, welche diese Abstossung hervorbringt, ist unabhängig von der magnetischen oder diamagnetischen Beschaffenheit der Masse des Krystalls; sie nimmt mit der Entfernung von den Magnetpolen langsamer ab als die von diesen Polen aus auf den Krystall wirkenden magnetischen oder diamagnetischen Kräfte.

Faraday machte sehr bald nachher (22te Reihe der Exp.-Unt., Philos. Trans. for 1849 oder Pogg. Ann. E. III, p. 1) ganz ähnliche Beobachtungen. Obgleich Wismuth sonst immer stark diamagnetisch war, zeigte sich doch, dass Wismuthcylinder, die durch Schmelzen entstanden waren, sich bald axial, bald äquatorial stellten; als Ursache dieser Abweichungen ergab sich zuletzt die regelmässig krystallinische Beschaffenheit dieser Wismuthcylinder. Faraday nahm nun gut in Rhomboëdern krystallisirte Wismuthstücke, deren sämmtliche Krystalle eine symmetrische Anordnung besassen. Das erste Wismuthstück stellte sich zwischen den Polen des Elektromagneten mit bedeutender Kraft, seiner grössten Länge nach axial. Ein anderes Stück von flacherer Form stellte sich mit gleicher Kraft und Leichtigkeit, aber seiner grössten Länge nach äquatorial; doch hatte die Linie, nach welcher die Rhomboëder sich diametral an einander reihten, eine axiale Richtung. Die Stellung hängt also von der krystallinischen Beschaffenheit der Substanz ab: die krystallographische Hauptachse des krystallisirten Wismuths stellte sich also immer axial.

Diese Erscheinungen schreibt Faraday einer neuen Kraft zu, der Magnekrystallkraft (magnecrystallic force). Die Achse, welche sich abweichend von dem sonstigen Verhalten der Krystalle axial oder äquatorial stellt, bezeichnet Faraday als die Magnekrystallachse. Die Magnekrystallkraft äussere sich nicht durch Anziehung oder Abstossung, sondern sie verleihe nur Richtung. Faraday meint also, dass diese Kraft in Charakter und Wirkung verschieden von der magnetischen und diamagnetischen Kraftform sei. Die in die Form wirkende Magnekrystallkraft soll die offenbarste Beziehung zum Krystallgefüge der Körper haben. Faraday ist ferner der Ansicht, dass die Magnekrystallkraft keine dem Krystalle ursprünglich innewohnende Kraft ist, sondern dass diese Kraft hauptsächlich und fast gänzlich inducirter Natur sei, freilich abhängig von der Krystallkraft und ihr zuletzt hinzutretend, aber sie zugleich zu einem Grade erhöhend, den sie ohne Induction nicht erreicht haben würde.

Die ausgedehntesten Versuche über die magnekrystallischen Frscheinungen hat jedoch Plücker angestellt. Er hat seine Resultate in einer Reihe von Abhandlungen niedergelegt, die mit dem 72. Bande von Pogg. Ann. beginneu, und von denen wir hier auch einige Thatsachen erwähnen wollen, weil sie in so enger Verbindung mit den Faraday'schen Untersuchungen stehen. Plücker fand, dass bei allen nicht zum regulären Systeme gehörigen Krystallen eine Magnekrystallachse vorhanden ist, welche im quadratischen und hexagonalen Systeme im Allgemeinen mit der krystallographischen Hauptachse oder der optischen Achse zusammenfällt. Anfänglich glaubte Plücker, dass sich die optische Achse immer äquatorial stelle; das stimmt aber nicht mit den schon angeführten Beobachtungen Faraday's, wonach sich die Magne-

krystallachse des Wismuths axial stellte. So kam Plücker denn endlich zu folgendem Endresultate: Er bezeichnete diejenigen Krystalle als positiv, bei welchen die magnetische Polarität der Achse dem Sinne nach dieselbe ist wie die der ganzen Masse, wo aber diese Polarität ein Maximum ist, während man als negativ diejenigen bezeichet, bei denen die Polarität der Achse derjenigen der ganzen Masse entgegengesetzt ist, oder wenn sie gleich gerichtet ist, den kleinsten Werth hat, so dass diese sich in Folge der Magnekrystallkraft anders stellen als nach dem magnetischen Verhalten der ganzen Masse. Darnach unterscheidet man magnetisch positive und negative, und diamagnetisch positive und negative Krystalle. In einem gleichartigen Magnetfelde stellt sich die Achse

magnetisch	positiver	Krystalle	axial,
„	negativer	„	äquatorial,
diamagnetisch	positiver	„	äquatorial,
„	negativer	„	axial.

Hiernach gehört z. B. Wismuth zu den negativen diamagnetischen Krystallen, da es diamagnetisch ist, aber seine krystallographische Hauptachse axial stellt. — Diejenigen Krystalle, welche keine Hauptachse haben, haben jedoch zwei magnekrystallische Achsen, ebenso wie sie in optischer Beziehung zwei Achsen haben.

Plücker leitet die magnetische Einstellung der Krystalle daher, dass das magnetische Moment, welches dieselben unabhängig von ihrer Gestalt annehmen, nach verschiedenen Richtungen verschieden ist. Woher es indess kommt, dass die Krystalle nach den verschiedenen Richtungen verschiedene Momente annehmen, dass lässt sich nicht absehen, um so weniger, da auch ganz amorphe Körper dadurch, dass sie nach einer Richtung zusammengepresst werden, eben dieselbe Fähigkeit erhalten.

Drehung der Polarisationsebene des Lichts durch Magnete und den Strom. Noch bevor Faraday nachgewiesen hatte, dass alle Körper durch den Magnetismus afficirt werden, hatte er schon auf eine andere Weise gezeigt, dass der Magnetismus seinen Einfluss über die innere Structur der Körper erstreckt, und nachgewiesen, dass der Lichtstrahl in isotropen, durchsichtigen Körpern, welche sich zwischen den Polen eines Magnets befinden, afficirt wird. Diese Wirkung des Magnets auf das Licht beschreibt Faraday in der 19ten Reihe der Experimentaluntersuchungen (Phil. Trans. for 1846 oder Pogg. Ann. Bd. LXVIII, p. 105). Er definirt hierin zunächst den Ausdruck „Magnetkraftlinien“, auf welche wir später noch zurückzukommen haben; dann nennt er diamagnetische Körper oder Diamagnetica alle Körper, die von Magnetkraftlinien durchschnitten werden, und die durch deren Wirkung nicht den gewöhnlichen magnetischen Zustand von Eisen oder Magneteisenstein annehmen.

Der Einflnss des Magnetismus auf das Licht zeigte sich Faraday zuerst, als er zwischen die Magnetpole durchsichtige Substanzen brachte, welche von dem Lichte durchsetzt werden mussten. Zwischen die Pole eines kräftigen Hufeisenmagnets wurde ein prismatisches Stück des schon früher erwähnten Faraday'schen Glases (das kieselborsaure Bleioxyd) von 54 mm im Quadrat und 13 mm. Dicke so eingesetzt, dass es zur Hälfte über die Polebene hervorsah und dass es mit seiner grösseren Ausdehnung axial stand. Durch dieses Glas wurde unmittel-

bar über den Polflächen ein polarisirter Lichtsrahl hindurchgeleitet, so dass er das Glas in axialer Richtung, also in der ganzen Länge von 54 mm durchsetzte. Der Strahl trat dann in ein Nicol'sches Prisma ein, welches als Analyseur diente. Das Glas wirkte ganz indifferent; war der Nicol vorher in solche Lage gebracht, dass der polarisirte Strahl ausgelöscht oder vielmehr das von ihm erzeugte Licht unsichtbar wurde, so brachte das dazwischen gestellte Glas keine Aenderung hervor. So wie aber der Elektromagnet durch einen elektrischen Strom erregt war, wurde das durch die Flamme hervorgebrachte Bild wieder sichtbar und blieb es, so lange der Strom unterhalten wurde. Es verschwand wieder, sobald der Strom aufhörte. Der Charakter der auf die diamagnetische Substanz ausgeübten Kraft ist der einer Drehung; denn wenn das Bild der Flamme sichtbar geworden ist, wird eine mehr oder minder starke Drehung des Nicols nach der Rechten oder Linken dasselbe auslöschen, und eine weitere Drehung in der einen oder anderen Richtung dasselbe wieder zum Vorschein bringen, und zwar mit complementären Farben, je nachdem rechts oder links gedreht worden. Wenn der dem Beobachter nächste Pol ein Nordpol ist, so ging die Drehung rechts, denn der Nicol musste rechts oder im Sinne eines Uhrzeigers gedreht werden, um den Strahl einzuholen oder das Bild wieder in den früheren Zustand zu versetzen. Bei Umkehrung der Pole (durch den Strom) fand dieselbe Drehung nach links statt. Das Faraday'sche Glas erhält also unter dem Einflusse des Magnets die Fähigkeit, die Polarisationsebene zu drehen.

Die Experimente wurden nun auch gemacht mit Elektromagneten, deren Kerne hohle Eisencylinder waren (— am besten ist hierzu die zuerst von Rühmkorff dem Electromagneten gegebene Gestalt —). Der polarisirte Strahl ging längs der Achsen dieser horizontalen Cylinder und durch das zwischen den Polen befindliche Diamagneticum. Das Resultat war dasselbe. —

Das Gesetz der Wirkung auf das Licht ist also so: Wenn eine Magnetkraftlinie längs einem auf den Beobachter gerichteten Strahle von einem Nordpole fortgeht oder von einem Südpole kommt, so dreht sie den Strahl nach der Rechten; dagegen nach der Linken, wenn sie von einem Nordpol kommt oder von einem Südpol fortgeht. Wäre eine Taschenuhr das Magneticum, stände der Nordpol eines Magnets vor dem Zifferblatte und der Südpol hinter der Rückseite, so würde die Bewegung der Zeiger die Richtung andeuten, in welcher ein Lichtstrahl bei der Magnetisirung gedreht wird.

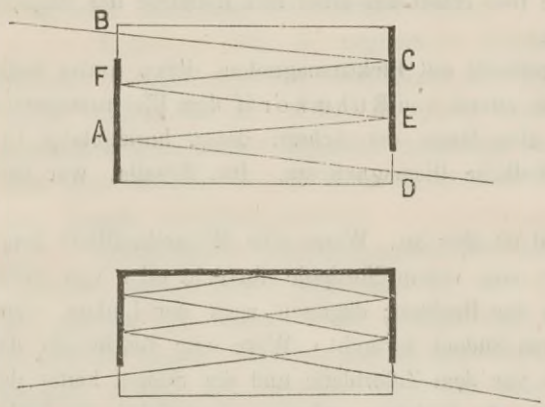
Was die Grösse der Drehung anbetrifft, so glaubte Faraday, dass dieselbe der Dicke der von dem Licht durchlaufenen Schicht sowohl als auch der Stärke des Magnetismus proportional sei. Die Richtigkeit dieses Faraday'sen Gesetzes ist durch Verdet's Versuche bestätigt worden. (Verdet, Annales de Chimie et de Physique, III. sér., tome XLI, oder Pogg. Ann. Bd. XCII, p. 481).

Nicht blos das kieselborsaure Bleioxyd, sondern auch viele andere Substanzen, zeigen die eben besprochene Eigenschaft, dass der Magnetismus die Polarisationsebene des Lichtes zu drehen vermag. Fast alle durchsichtigen festen und flüssigen Körper ertheilen zwischen den Magnetpolen der Polarisationsebene eine Drehung, aber natürlich unter sonst gleichen Umständen in verschiedenem Grade. Bei keinem Gase dagegen konnte diese Eigenschaft entdeckt werden. Daraus

lässt sich schon der Schluss ziehen, dass die Drehung Folge einer molekularen Aenderung der Substanzen ist, in denen sie stattfindet, dass sie nicht Folge einer direkten Einwirkung der magnetischen Kraft auf den schwingenden Aether ist. Denn wäre das der Fall, so müsste auch in Gasen diese Drehung stattfinden.

Die Relation eines Magnets zu einem elektrischen Strome liess erwarten, dass ein elektrischer Strom dieselbe Wirkung auf das Licht haben werde. Dazu wurden kupferne Drahtgewinde angewandt. Starre Körper liessen sich leicht der Wirkung solcher Spiralen aussetzen, indem man Stäbe von ihnen formte und diese in die Rollen als Kerne steckte. Flüssigkeiten wurden in Glasröhren gethan. Der erste Versuch wurde mit destillirtem Wasser gemacht, durch welches der Länge nach der polarisirte Strahl ging; sowie der elektrische Strom durch das Gewinde ging, wurde das vorher durch den Nicol verdunkelte Bild der Flamme augenblicklich wieder sichtbar, und es war eine Drehung des Nicols nöthig, um es wieder verschwinden zu lassen. Die Resultate waren also ganz dieselben wie vorher. Die verschiedensten der Wirkung des elektrischen Stromes ausgesetzten festen und flüssigen Körper bestätigten das vorher aufgestellte Gesetz. —

Fig. 3:



Eine Fortsetzung über diesen Gegenstand giebt Faraday im Phil. Mag., ser. III, vol. XXIX. p. 153 und 249 (Pogg. Ann., Bd. LXX, p. 283). Faraday zeigt hier, wie die Eigenthümlichkeit der magnetischen Drehung benutzt werden kann, um den Endeffekt der Magnetkraft zu verstärken: Ein Parallelepiped von schwerem Glase wurde auf beiden Enden versilbert, mit Ausnahme der Stellen B und D; so dass ein bei B eintretender Strahl nach zwei- oder mehrmaliger Reflektion an den versilberten Flächen bei D wieder austreten konnte. Oder es wurde die Einrichtung, wie sie die zweite Figur darstellt, getroffen. So konnte ein Strahl mehrere Male im Glase hin- und hergehen, ehe er durch die Luft in's Auge des Beobachters trat; die Anzahl der Hin- und Hergänge des Strahles im Glase hängt ab von der Neigung, mit welcher der Strahl in das Glas eintritt. Das Glas, wie es die erste Figur darstellt, war am bequemsten. Die Drehung in einer doppelbrechenden Substanz ohne Hilfe des Magnets würde so sein, dass sich ein Hin- und Hergang des Lichtstrahls aufheben. Zwischen den Magnetpolen ist die Drehung aber entgegengesetzt, wenn der Strahl vom Nordpol zum Südpol, als wenn er vom Südpol zum Nordpol sich fortpflanzt. Schreitet der Strahl vom Südpol zum Nordpol durch das Glas fort, so wird er rechts gedreht, schreitet er umgekehrt fort, so wird er links gedreht. In Bezug auf die Richtung im Raume wird also der Strahl in beiden Fällen nach derselben Seite gedreht. Lässt man daher einen Lichtstrahl in das zwischen den Polen befindliche Glas eindringen und an der Rückfläche reflektirt werden, so

werden in dem vorn wieder hervordringenden Strahle die Drehungen auf dem Hin- und Rückgange sich nicht aufheben, sondern sich verstärkt oder addirt haben. In dem Falle unserer ersten Figur muss also die Drehung der Polarisationsebene das 5fache werden, was auch der Versuch bestätigte: Bei einfachem Durchgange des Strahles war die Drehung 12°, so aber 60°. — Man sieht so den Unterschied zwischen der Drehung des Strahles durch Magnetismus und der durch Quarz, Zucker, Terpentin und andere Körper. Auch hier zeigte sich wieder das Gesetz bestätigt, dass die Wirkung der der Magnetkraft unterworfenen Länge des Strahles proportional ist. Man kann also durch diese Methode in der Messung des Betrags der Drehung eines gegebenen Strahles oder der verschiedenfarbigen Strahlen einen weit höheren Grad von Genauigkeit erreichen. Man hat daher nur ein kurzes Stück eines Diamagneticums nöthig, um eine grosse Drehung hervorzubringen; auch braucht man so nicht so starke Magnete anzuwenden, um ein deutliches Resultat zu erzielen.

Theorie des Magnetismus, Diamagnetismus etc. Von den übrigen Arbeiten Faraday's auf dem Gebiete des Magnetismus und Diamagnetismus wollen wir nur kurz die Hauptsachen erwähnen. Dieselben sind mehr theoretischer Natur, enthalten dabei aber auch manche experimentelle Untersuchungen. Wie schon früher erwähnt wurde, stellte Faraday Anfangs für den Diamagnetismus die Ansicht auf, dass die diamagnetische Abstossung darin ihren Grund hat, dass in den diamagnetischen Substanzen unter dem Einflusse des Magnets ebenso wie bei den magnetischen Substanzen ein polarer Zustand entsteht, jedoch so, dass der Nordpol einen Nordpol, der Südpol einen Südpol erregt. Die Theilchen der magnetischen Körper wenden also hiernach ihre Nord- und Südpole den entgegengesetzten Polen des inducirenden Magnetes zu, die Theilchen der diamagnetischen Körper aber machen es umgekehrt. Diese Theorie stellte Faraday in der 21ten Reihe der Experimental Researches auf, verliess dieselbe aber bald wieder, um sie mit einer eigenthümlichen, seinen Ansichten über Elektrisirung durch Influenz analogen Theorie zu vertauschen. In der 23ten Reihe der Experimentaluntersuchungen (Phil. Trans. for 1850, oder Pogg. Ann. Bd. LXXXII, p. 75 und 232) theilt Faraday mit, dass ihn seine Experimente zu dem Schlusse gebracht hätten, dass die von diamagnetischen Metallen erzeugten Wirkungen aus inducirten in ihrer Masse circulirenden Strömen hervorgehen und nicht aus einer Polarität, die der im Eisen analog ist und nur eine entgegengesetzte Richtung hat. Die Theorie der diamagnetischen Polarität hat aber namentlich durch Wilh. Weber eine grosse Stütze erlangt (Pogg. Ann., Bd. LXXIII, p. 241, und in seinen „Elektrodynamischen Maassbestimmungen"). Wilh. Weber stellte die ausgedehntesten Versuche mit dem von ihm construirten Diamagnetometer an, indem er das diamagnetische Moment eines Wismuthstabes mit demselben zu messen im Stande war. Er zeigte, dass ein Wismuthstab Polarität annimmt; er hat ferner gezeigt, dass die Polarität des Wismuths jener des Eisens entgegengesetzt ist, und schliesslich gelang es ihm die Polarität des Wismuths mit der eines Eisenstabes gleichen Gewichtes zu vergleichen.

Wir sind auf Farada's Entdeckungen und Arbeiten auf dem Gebiete des Para- und Diamagnetismus so speciell eingegangen, um hieran ein Beispiel zu haben, ein wie gründlicher Physiker und Experimentator Faraday war, der, wenn er auf einem Felde arbeitete, gleich

Resultate von erschöpfendem Umfange hervorbrachte. Der Magnetismus, der so lange nur als eine auf wenige Körper wirkende Kraft bekannt war, ist jetzt so weit erforscht, dass wir wissen, dass er auf alle Körper wirkt und in innigster Beziehung steht zur Elektricität, Wärme, chemischen Action, zum Licht, zur Krystallisation, und durch diese wiederum zu den Cohäsionskräften. Faraday suchte daher (24te Reihe der Exp. Res.: Phil. Trans. for 1851, oder Pogg. Ann., Ergänzungsband III, p. 64) auch nach einem Zusammenhange der Schwerkraft mit der Elektricität und dem Magnetismus; aber alle Versuche über diesen Gegenstand waren erfolglos und negativ. In der Ueberzeugung jedoch, dass alle Naturkräfte einen Ursprung haben oder vielmehr nur verschiedene Aeusserungen einer Grundkraft seien, wurde Faraday durch diese negativen Resultate nicht in dem Glauben an das Dasein einer Beziehung zwischen Schwerkraft und Elektricität erschüttert.

Atmosphärischer und Erdmagnetismus. Die 26te und 27te Reihe der Exp. Res. (Phil. Trans. for 1851, oder Pogg. Ann. E. III, p. 108, 187 und 481) handeln von dem atmosphärischen Magnetismus. Faraday stellt die Hypothese auf, dass der sehr magnetische Sauerstoff der Atmosphäre durch die vermöge des täglichen und jährlichen Laufs der bewirkten Temperatur- und Dichtigkeitsveränderungen grossen Variationen in seinem Magnetismus ausgesetzt sei, dass er somit mit der Anordnung der Magnetkraft auf der Erdoberfläche zusammenhänge und vielleicht eine Erklärung liefere von einem grossen Theile der jährlichen, täglichen und auf kurze Zeit eintretenden unregelmässigen Variationen, welche in dieser Kraft vorkommen. Faraday giebt selbst zu, dass er diese grosse Aufgabe nicht mit vieler Einsicht behandeln könne, da er von den Arbeiten Humboldt's, Hansteen's, Arago's, Gauss's, Sabine's und anderer ausgezeichneter Physiker im Gebiete des Erdmagnetismus sehr wenig specielle Kenntnisse besitze. Jedoch zeugen seine Resultate über die allgemeinen Principien der magnetischen Wirkungen der Atmosphäre dafür, dass er jedenfalls viel darüber nachgedacht hat. Wie scharfsinnig hier aber auch alle von Faraday gemachten Beobachtungen und Schlüsse sein mögen, so wird man wohl auf diesem Wege allein nicht zu einem sicheren Endresultate über die Theorie des Erdmagnetismus kommen.

Magnetkraftlinien. Die 28te und 29te Reihe der Experimental Researches (Phil. Trans. for 1852, kurzer Auszug daraus in Pogg. Ann. E. III, p. 535 und 542) widmet Faraday sehr ausführlich den Magnetkraftlinien, ihrem Charakter und ihrer Vertheilung im Magnete und Raume. Obgleich es Faraday an den nöthigen mathematischen Kenntnissen fehlt und Fehler in dieser Abhandlung vorkommen, so bildet dieselbe doch die Grundlage für diesen Gegenstand. Eine Magnetkraftlinie wird hier als diejenige Linie definirt, welche von einer sehr kleinen Magnetnadel beschrieben wird, wenn sie in jeder ihrer Länge entsprechenden Richtung so bewegt wird, dass sie beständig eine Tangente der Bewegungslinie bleibt; oder als diejenige, längs welcher ein Querdraht in jeder Richtung bewegt werden kann, ohne dass eine Tendenz zur Bildung eines elektrischen Stromes in ihm entsteht, während, wenn er in irgend einer anderen Richtung bewegt wird, eine solche Tendenz vorhanden ist. Solche Linien werden durch Eisenfeilspäne, welche man auf ein Magnetfeld bringt, angezeigt.

IV. Elektrische Induction.

Wir kommen nun endlich zu den elektrischen Inductionserscheinungen. Man hatte bereits mehrere Erscheinungen gefunden, welche man einem sogenannten Rotationsmagnetismus zuschrieb. So z. B. gab Seebeck folgendes Experiment an: Man lässt auf einer Schwungmaschine eine Kupferplatte schnell in horizontaler Lage rotiren; hängt nun über derselben eine Magnetnadel, so macht dieselbe im Sinne der Drehung der Scheibe einen um so grösseren Ausschlag als die Rotation stärker wird; ja bei sehr schneller Rotation kann die Nadel ganz mit herumgerissen werden. Die Sache blieb jedoch lange unaufgeklärt, bis im Jahre 1832 Faraday die ersten Versuche über die inducirten Ströme bekannt machte. Er wies nach, dass in einem Leiter in der Nähe eines elektrischen Stromes elektrische Ströme entstehen und machte so den Anfang zu den seitdem ausserordentlich ausgebildeten Erscheinungen der Inductionselektricität.

Faraday zeigte gleich in seiner ersten Bekanntmachung (1te und 2te Reihe der Exp. Res. Phil. Trans. for 1832, oder Pogg. Ann. Bd. XXV, p. 91 und 142), dass es sich bei dem Rotationsmagnetismus um einen speciellen Fall einer allgemeineren Reihe von Erscheinungen handle, nämlich um die Erregung elektrischer Ströme sowohl durch andere Ströme als durch den Magnet. Faraday theilte gleich alle hier möglichen Fälle mit: 1) Wenn ein Draht mit dem Galvanometer, ein anderer mit einer kräftigen galvanischen Batterie verbunden wird, und beide von einander isolirt um eine hölzerne Walze gewickelt werden, so ist im Momente der Verbindung des Drahtes mit der Batterie eine plötzliche Wirkung auf das Galvanometer sichtbar, und ebenso, wenn diese Verbindung aufgehoben wird. Die Ablenkung der Nadel im Augenblicke des Schliessens ist von entgegengesetzter Richtung wie die im Momente des Oeffnens des Stromes. 2) In einem Drahte wird ein Strom erregt, wenn man demselben einen anderen, durch welchen ein Strom fliesst, nur nähert oder von demselben entfernt. 3) Durch einen magnetisirten Eisenstab, der mit einer Spirale umwickelt ist, wird ein Strom in dieser Spirale inducirt; verschwindet in dem von der Spirale umgebenen Eisenstabe der Magnetismus wieder, so wird ebenfalls ein Strom inducirt. Diese Induction nennt Faraday „Magnetinduction“. 4) Die Wirkung wird noch verstärkt durch Vereinigung beider Methoden, indem man in eine mit dem inducirenden und inducirten Drahte umwickelte Spirale einen Stab weichen Eisens steckt. 5) Anstatt der Elektromagnete kann man auch gewöhnliche Stahlmagnete anwenden, deren Polen man dann die mit Inductionsspiralen umgebenen Anker nähert, oder von denen man die Anker entfernt. Beim Annähern werden die Anker magnetisch und in Folge dessen entsteht in den Spiralen ein Inductionsstrom, beim Entfernen werden die Anker unmagnetisch, und in den sie umgebenden Spiralen entsteht ein entgegengesetzter Strom. 6) Wie bei der Induction durch elektrische Ströme ein Strom auch dadurch inducirt wird, dass zwei Leiter, deren einer von einem Strome durchflossen wird, ihre Lage gegen einander ändern, so entsteht auch ein Strom, wenn ein Magnet seine Lage gegen einen Leiter ändert. Führt man z. B. in eine Inductionsspirale rasch einen Magnet bis zur Mitte ein, so entsteht in der Spirale ein Strom, dessen Richtung jener der die Magnetmoleküle umkreisenden Ströme entgegengesetzt ist. Zieht

man den Magnetpol aus der Spirale wieder heraus, so entsteht ein entgegengesetzt gerichteter Strom. Schiebt man deshalb einen Magnet rasch durch eine Spirale hindurch, so entstehen in derselben zwei einander entgegengesetzte Ströme.

Darauf wendet sich Faraday zu der Erklärung der schon erwähnten Erscheinungen des Rotationsmagnetismus. Es gelang ihm unmittelbar nachzuweisen, dass diese Erscheinungen Folge der in rotirenden oder ruhenden Metallmassen erregten Inductionsströme sind. Die Wege dieser Ströme lassen sich (z. B. bei einer rotirenden Kupferscheibe) dadurch finden, dass man an verschiedene Punkte der Scheibe das eine Ende des Galvanometerdrahtes hält und dann mit dem anderen Ende des Drahtes Punkte auf der Scheibe aufsucht, an die man das zweite Ende des Galvanometerdrahtes anlegen kann, ohne dass ein Strom denselben durchströmt. Diese Punkte geben die Curven gleicher elektrischer Spannung. Die Strömungscurven sind dann in jedem Punkte senkrecht zu den Curven gleicher elektrischer Spannung. So hat Matteucci die Strömungscurven bestimmt. — Die Versuche über den Rotationsmagnetismus wurden von Faraday noch verschiedentlich modificirt. Durch seine Resultate kam er auf den Gedanken, ob nicht die Erde gleiche Wirkungen wie ein Magnet hervorbringen, also in einem Leiter Ströme induciren könne. Der Erfolg der dazu angestellten Versuche war günstig.

Weiteres über die elektrische Induction lieferte dann Faraday in der 9ten Reihe der Experimentaluntersuchungen (Phil. Trans. for 1835, oder Pogg. Ann. Bd. XXXV, p. 413). Wir erwähnen nur, dass es sich hier um die Extraströme (Extracurrents) handelt, Inductionsströme, welche in dem eigenen Stromkreise beim Schliessen entstehen. Der wichtige Einfluss dieser Extraströme zeigt sich besonders bei den magneto-elektrischen Maschinen, z. B. bei der Saxton'schen.

Damit schliessen wir die Darstellung der Leistungen Faraday's in der elektrischen Induction. Es ist bekannt, dass seitdem die Erscheinungen der Induction zu vielen neuen Entdeckungen Veranlassung gegeben haben; es sind Apparate oder Maschinen construirt worden, welche Inductionsströme mit grosser Intensität liefern. Diese Apparate haben namentlich Anwendung in der Medicin gefunden. Ausserdem wollen wir daran erinnern, dass durch diese Ströme Gase zum Glühen gebracht werden können, die in Röhren, die man Geissler'sche Röhren nennt, eingeschlossen sind. Mit diesen letzteren hat sich vorzüglich Plücker eingehend beschäftigt und die Spektra der glühenden Gase auf diese Weise untersuchen können.

Stettin, den 2. Februar 1880.

Dr. Karl Schulz.

Schulnachrichten

über das Jahr von Ostern 1879 bis Ostern 1880.

Der Unterricht im Sommerhalbjahr 1879 begann Donnerstag, den 17. April. Mit Schluß des Winterhalbjahrs war Herr Candidat Hoppe ausgeschieden. Er hat unserer Schule vom October 1876 bis Ostern 1879 angehört, in dieser Zeit Unterricht von Unter-Sexta bis Ober-Tertia gegeben und auf allen diesen Stufen dieselbe Tüchtigkeit bewiesen und dieselben guten Erfolge gehabt. Statt Herrn Hoppe's trat am 28. April 1879 der interimistische Collaborator und Probandus Gaebel ein. Die Verzögerung seines Eintritts wurde durch seine militärische Verpflichtung veranlaßt. An der dadurch nothwendigen Vertretung nahm auch Herr Candidat Menzel Theil, welcher den Winter über in Folge der Abwesenheit des Oberlehrers Schmidt bei uns thätig gewesen war. — Zu Michaelis 1879 verließ uns Herr Trouillas, um eine Stelle in Potsdam anzunehmen. Herr Trouillas ist vom 1. October 1877 bis Michaelis 1879 an unserer Schule gewesen und hat stets mit Eifer der Erfüllung seiner Pflichten obgelegen. Die Stelle des Herrn Trouillas erhielt Herr Fischer und wurde zugleich zum ordentlichen Lehrer ernannt. An Herrn Fischer's Stelle trat als Collaborator Herr Boehmer. — Die Vertretung des Oberlehrers Schmidt vom 22. October 1879 bis zum 1. März 1880 war Herrn Candidaten Broecker übertragen. — Vom 15. Juni 1879 bis zum Anfang der Sommerferien war Herr Dr. Schulz behufs einer Reise nach England beurlaubt. Die Directorial-Geschäfte während der Sommerferien führte Herr Lincke.

Lehrplan und Schulbücher sind im Wesentlichen dieselben gewesen wie früher. — Die Vertheilung der Lectionen zeigt die Tabelle am Schluß.

Die Schülerzahl betrug:

	Ostern 1879.	Michaelis 1879.
Unter-Sexta	59	55
Ober-Sexta	62	66
Unter-Quinta	68	65
Ober-Quinta	62	61
Unter-Quarta	60	64
Ober-Quarta	43	49
Unter-Tertia	41	38
Mittel-Tertia	55	45
Ober-Tertia b (parallel)	24	29
Ober-Tertia a (parallel)	24	27
Unter-Sekunda b (parallel)	39	40
Unter-Sekunda a (parallel)	35	37
Ober-Sekunda	37	38
Unter-Prima	16	17
Ober-Prima	15	14
	640	645

Es starb im Januar 1880 der Ober-Sekundaner Richard Krüger.

Am Turnen nahmen Theil im Sommer 568, im Winter 562 Schüler.

Vom Religionsunterricht der Schule sind die Confirmanden aus den Klassen von Unter-Quarta bis Ober-Sekunda bis auf einen, dessen Confirmandenunterricht außerhalb der Schulzeit fällt, auf Ansuchen der Eltern dispensirt worden.

Die Ferienschule in den Sommerferien wurde besucht von 71 Schülern der Vorschule und von 34 Schülern der Sexta und Quinta.

Das Abiturientenexamen bestanden zu Michaelis 1879:

1. Hermann Hugo Ulrich, $21\frac{1}{2}$ Jahre alt, aus Erfurt; er erhielt das Prädicat „genügend bestanden" und widmete sich dem Baufach.
2. Carl Friedrich Rudolf Falck, $19\frac{1}{2}$ Jahre alt, aus Stettin; er wurde von der mündlichen Prüfung dispensirt, erhielt das Prädicat „gut bestanden" und widmete sich dem Studium der Mathematik und der Naturwissenschaften.
3. Friedrich Wilhelm Wilcke, $19\frac{1}{4}$ Jahre alt, aus Lüdersdorf, Kr. Angermünde; er wurde von der mündlichen Prüfung dispensirt, erhielt das Prädikat „gut bestanden" und widmete sich dem Studium der Mathematik und der Naturwissenschaften.
4. Johann Adolf Richard Lipkow, $20\frac{1}{4}$ Jahre alt, aus Stettin; er erhielt das Prädicat „genügend bestanden" und ging zum Forstfach.
5. Robert Hugo Otto Schulze, $18\frac{1}{2}$ Jahre alt, aus Stettin; er erhielt das Prädicat „gut bestanden" und widmete sich dem Studium der Mathematik und der Naturwissenschaften.

Zu Ostern 1880:

1. Johannes Franz Lange, $20^1/_2$ Jahre alt, aus Stettin; er erhielt das Prädicat „gut bestanden" und will sich dem Forstfach widmen.
2. Hans Emil Julius Daniel Dittmann, $17^1/_2$ Jahre alt, aus Stettin; er wurde von der mündlichen Prüfung dispensirt, erhielt das Prädicat „gut bestanden" und will Ingenieur werden.
3. Ernst Gustav Stüwert, $18^1/_2$ Jahre alt, aus Pasewalk; er wurde von der mündlichen Prüfung dispensirt, erhielt das Prädicat „vorzüglich bestanden" und will Mathematik und Naturwissenschaften studiren.
4. Carl Franz Meyer, 20 Jahre alt, aus Berlinchen; er erhielt das Prädicat „genügend bestanden" und will Beamter werden.
5. Erdmann Friedrich Tank, $19^1/_2$ Jahre alt, aus Grabow a. O.; er wurde von der mündlichen Prüfung dispensirt, erhielt das Prädicat „gut bestanden" und will Mathematik und Naturwissenschaften studiren.
6. Friedrich August Krüger, 19 Jahre alt, aus Stettin; er erhielt das Prädicat „genügend bestanden" und will Kaufmann werden.
7. Johannes Karl Emil Loth, $19^1/_2$ Jahre alt, aus Wollin; er erhielt das Prädicat „genügend bestanden" und will Beamter werden.
8. Adolf Wilhelm Höfeld, $19^3/_4$ Jahre alt, aus Bärstadt, Kr. Wiesbaden; er erhielt das Prädicat „gut bestanden" und will Soldat werden.
9. Ernst Albert Otto Mandt, $18^1/_2$ Jahre alt, aus Stettin; er erhielt das Prädicat „gut bestanden" und will zur Marine gehen.

Den Abiturienten wurden, außer Aufgaben in der Physik und Chemie und außer einem französischen oder englischen Exercitium aufgegeben:

Zu Michaelis 1879:

1. ein deutscher Aufsatz über das Thema: Wie werden die Menschen durch Rechte und Pflichten untereinander verbunden?
2. ein englischer Aufsatz über das Thema: The war of the first coalition against the French Republic.
3. in der Mathematik:

   Algebraisch: $x^4 - 10x^3 + 35x^2 - 50x + 24 = 0$.

   Trigonometrisch: Im Dreieck ABC ist $a = 841$, $p - q = 174$, $\angle \beta = 43.36.10{,}14$, gesucht $\angle \alpha$.

   Kegelschnitte: Gesucht die Gleichung des Orts für den Punkt, der von der gegebnen Geraden L doppelt so weit entfernt ist, als von dem gegebnen Punkt F.

   Planimetrie: Ein Dreieck zu construiren aus ab, h_c, t_c (t_c verbindet C mit der Mitte von c).

Zu Ostern 1880:

1. ein deutscher Aufsatz über das Thema: Prüfung des Spruches aus Körner's Zriny: Die Tugend übt sich schlecht im Glück; das Unglück ist der Boden, wo das Edle reift, der Himmelsstrich für Menschengröße.
2. ein französischer Aufsatz über das Thema: Quels sont les faits qui ont amené l'acquisition des provinces maritimes de la Prusse?
3. in der Mathematik:

   Algebraisch: $x^4 - \frac{3}{2} x^3 - 2 x^2 + \frac{3}{2} x + 1 = 0.$

   Trigonometrisch: Im Dreieck ABC aus $h_c = 580$, $\varrho_c - \varrho = 928$, $\angle \gamma = 83.16.1{,}5$, zu berechnen $\angle \delta = \alpha - \beta$.

   Aus der analytischen Geometrie: Im rechtwinkligen Dreieck ABC ist $A^1 B^1$ eine beliebige Parallele zu der Kathete AB. Gesucht wird die Gleichung des Orts für den Schnittpunkt von AB^1 und $A^1 B$.

   Stereometrisch: Um einen Würfel ist eine Kugel beschrieben. Eine Würfelfläche schneidet erweitert die Kugel. Gesucht wird das Verhältniß der beiden Kugelkappen.

Schulfeiern.

Am 11. Juni v. J. begingen wir die Feier der goldnen Hochzeit unsers Kaiserpaares durch Ausmarsch auf den Turnplatz und Taubenabwerfen, bei welchem den Siegern auf den Tag bezügliche Preise zuertheilt wurden.

Am 30. Juni nahm das Lehrer-Collegium und der Sängerchor an dem Begräbniß des Directors Glagau Theil, der von der Gründung der Schule bis Ostern 1854 erster Lehrer an derselben gewesen ist.

Den Sedantag begingen wir in gewohnter Weise durch Ausmarsch auf den Turnplatz und Turnübungen daselbst.

Am 27. September fand die Entlassung der Abiturienten statt.

Am 13. October wurde Herr Boehmer bei der Morgenandacht in sein Amt eingeführt.

Am 18. October verbanden wir mit der Schlußandacht die Erinnerung an die Schlacht bei Leipzig, an den Geburtstag des Kronprinzen und an den Stiftungstag unserer Schule.

Am 22. November gedachten wir der in dem vergangenen Kirchenjahr gestorbnen Schüler.

Am 23. Januar 1880 fand das Winterfest der Schule statt nach folgendem Programm:

Chor: Freuet Euch Alle, Ihr Frommen, denn des Herrn Wort ist wahrhaftig, und was er zusagt, das hält er gewiß. Comp. von Graun.

Rede des Primaners Dittmann über die Beschaffenheit der Sonne.

Chor: 1. Die Sonn' erwacht! Mit ihrer Pracht erfüllt sie die Berge, das Thal! O Morgenluft, o Waldesduft! O goldener Sonnenstrahl!

2. Aus dunklem Traum erwacht ich kaum, bin eilend gegangen ins Feld mit frischem Blut, mit frohem Muth. Wie herrlich ist heute die Welt.
3. Auf Wies' und Au welch süßer Thau erglänzt im flimmernden Licht. Hier Blümelein, dort Käferlein, noch erblickt ich Schönres nicht.
4. Es treibt mich fort von Ort zu Ort des Wanderns seelige Lust. Der kühle Wald umfängt mich bald. Ich athme aus voller Brust.
5. Der Vöglein Sang, des Waldhorns Klang dringt hell in die Seele hinein. Sie wird mir weit, von Sorg' befreit. O könnt es doch stets so sein.

Vers 2—5 vom Primaner Tank.

Rede des Primaners Stüwert über Robert Mayer, den Entdecker der Wärmemechanik.

Chor: Motette von C. Stein. Wer unter dem Schirm des Höchsten sitzet und unter dem Schatten des Allmächtigen bleibet, der spricht zu dem Herrn: Meine Zuversicht und meine Burg, mein Gott, auf den ich hoffe! Es wird dir kein Uebels begegnen und keine Plage zu deiner Hütte sich nahen: denn er hat seinen Engeln befohlen über dir, daß sie dich behüten auf allen deinen Wegen!

Rede des Primaners Mandt über Friedrich Rückert's Leben und Dichtungen.

Chor: Lied von Mendelssohn.

O Wald, du kühlender Bronnen, wie labst du die lechzende Brust. Vom sengenden Brande der Sonne lädst du zu erquickender Lust.

O Wald, du Tempel der Töne, hoch wölbt sich dein grünendes Dach; hell klingt in verdoppelter Schöne Gesang in den Wipfeln noch nach.

Und ruhn wir beschattet von Zweigen, das Auge zum Aether gewandt, so scheint sich der Himmel zu neigen, kühl weht's wie aus himmlischem Land.

Rede des Primaners Krüger, Einleitung zur dramatischen Aufführung.

Chor: Salvum fac regem von C. Löwe.

Aufführung aus Rückert's Drama Kaiser Heinrich IV.; II. Theil des Kaisers Begräbniß. 5. Aufzug.

I. Scene. Speier.

Heinrich V.	Primaner Stüwert.
Erkenbald	„ Mandt.
Bischof Gebhard	„ Schmidt.
Legat Gebhard	„ Klein.
Kanzler Heinrichs V.	„ Müller.

Chor: Der alte Barbarossa, der Kaiser Friederich, im unterirdschen Schlosse hält er verzaubert sich.

Er ist niemals gestorben, er lebt darin noch jetzt, er hat im Schloß verborgen zum Schlaf sich hingesetzt.

Er hat hinabgenommen des Reiches Herrlichkeit, und wird einst wieder kommen mit ihr zu seiner Zeit.

II. Scene in Rom.

Papst Paschalis	Primaner	Gauger.
Ein Bote	„	Paul Krüger.
Geistlichkeit	„	Wendt.
	„	Klein.
	„	Schmidt.
Kanzler	„	Müller.
Graf Hermann	„	Schwantes.
Deutsche Ritter	„	Crépin.
	„	Jordan.
	„	Ackermann.

Chor: Gesang bei der Bestattung Heinrichs IV. im Dome zu Speyer, comp. von Robert Lehmann.

Geh' zu deinen Vätern ein
Und zu deinem Weib in Frieden!
Und was nie im Leben dein,
Sei im Tode dir beschieden!
Ruh und Sieg
Nach Kampf und Krieg,
Sieg und Ruh dem Müden!

Herrlich hast Du Dich erkühnt,
Kaiserlicher Stamm der Franken!
Wenn die Kron' am höchsten grünt,
Fängt die Wurzel an zu kranken;
Doch der Ruhm
Ins Heiligthum
Nimmt sie auf, die sanken.

Deutsche Treu und deutscher Muth,
Hüte dieser Schwelle Feier;
Nimm dein Heiligthum in Hut
Vor dem Fremden, dem Entweiher!
Deutscher Dom
Am deutschen Strom,
Sei gegrüßt, o Speier!

Am 5. August 1879 wohnte Herr Eckler, Lehrer an der Königlichen Turnlehrer-Bildungsanstalt zu Berlin, im Auftrage des Ministeriums dem Turnunterrichte bei und knüpfte daran eine Unterredung mit unsern Turnlehrern über das Turnen.

Am 24. und 25. November 1879 besuchte Herr Generalsuperintendent Dr. Jaspis unsere Schule, wohnte dem Religionsunterrichte in den meisten Klassen bei und hielt eine Conferenz mit den Lehrern, welche Religionsunterricht ertheilen, in der er die Wichtigkeit des Religionsunterrichts hervorhob.

Am 4. Februar 1880 nahm Herr Geheimer Rath Dr. Wehrmann dem provisorischen Collaborator und Probandus Gaebel in der Ober-Tertia eine deutsche Probelection ab.

Besitz der Schule.

Außer dem etatsmäßigen Ankauf wurde die Lehrerbibliothek noch durch Geschenke vermehrt. Sie erhielt: Vom Herrn Geheimrath Dr. Engel in Berlin: Zeitschrift des preußischen statistischen Büreaus. — Von der Gesellschaft für pommersche Geschichte und Alterthümer: Fortsetzung der Baltischen Studien. — Von dem Bibliographischen Institut in Leipzig: Homers Odyssee und Ilias, übersetzt von Ehrenthal. — Von der Handlung Mey und Edlich: Führer durch Europa. — Von dem hiesigen Magistrat: 2 Exemplare „die Folterkammern der Wissenschaft". — Von dem Verfasser Herrn Beheim-Schwarzbach: Colonisation in Lithauen. — Von dem Provinzial-Schulcollegium für Pommern: Verhandlungen der Directoren-Versammlungen im Königreich Preußen seit 1879. Bd. 1. — Vom Herrn Verfasser E. Dietrich, Regierungsbaumeister und Lehrer an der Königlichen Technischen Hochschule (— ein früherer Schüler unserer Anstalt —): Reise-Skizzen nach Nord-Amerika über England. — Vom Herrn Professor Langbein: Riel, Doppelkarte des Papyrus-Ebers und Riel, der Thierkreis und das feste Jahr von Dendera. — Vom Herrn Oberlehrer Schmidt: Stenographische Berichte des Reichstages; Pompei descritta et illustrata. Cura del Cav. Gaetano Nobile; Denkschrift betreffend Regulirung der Weichsel, Oder, Elbe, Weser und des Rheins. — Vom Lesezirkel an unserer Anstalt: Die Fortsetzungen von Herrig's Archiv; Magazin für Literatur des Auslandes; Zarnke's Centralblatt; Westermann's Monatshefte; Gymnasial-Zeitschrift u. s. w.

Das physikalische Cabinet erhielt an Geschenken: Von früheren Schülern selbstausgeführte Modelle und zwar von Max Bessin Rock & Stump-Extractor und von Fritz Krause Differential-Flaschenzug.

Die Naturalien-Sammlung erhielt folgende Geschenke: Vom Kapitain Senger einen Tintenfisch, vom Quartaner Kiesow einen Störkopf und einen Seefisch, vom Primaner v. Klitzing einen Schreiadler, vom Tertianer Ziese ein Wiesel, von dem früheren Schüler Schmalz einen Tintenfisch und ein kleines Krokodil. Außerdem wurde durch Beiträge einiger Schüler eine Conchyliensammlung erworben und dadurch die bestehende vermehrt. Einen ansehnlichen Zuwachs erhielt letztere ferner durch Geschenke von Seiten des Herrn Dr. H. Dohrn.

Das Vermögen der Wittwen- und Waisen-Kasse betrug bei dem 23. Jahresabschluß im Januar 1880: 18229 Mark 21 Pfg., gegen 17800 Mark 81 Pfg. beim 22. Jahresabschluß. Im vergangnen Jahre wurden drei Wittwen mit je 330 Mark unterstützt.

Aus dem Stipendienfonds für Studirende des höheren Gewerbestandes bezog ein früherer Abiturient, welcher die Bauakademie besucht, ein Stipendium; ferner erhielten drei Schüler aus den obern Klassen das Schulgeld.

Rechnungslegung des Rendanten der Scheibert-Kleinsorge-Stiftung, Herrn Ernst Rabbow, für das Jahr 1879.

1. Schulgelder- und Stipendienfonds.

Einnahme:

Zinsen von der Kämmerei-Kasse 5% von 7800 Mark	390	Mark	—	Pf.
Zinsen von der Sparkasse von 531 Mark 82 Pf.	18	„	44	„
	408	Mark	44	Pf.

Ausgabe:

Schulgeld für zwei Schüler	144	Mark	—	Pf.
Stipendium an die Studiosen Schallehn und Bessin	240	„	—	„
Zahlung an den Stiftungsfonds	24	„	44	„
	408	Mark	44	Pf.

2. Stiftungsfonds.

Der Stiftungsfonds betrug Ende 1878	8331	Mark	82	Pf.
Dazu Einnahme 1879:				
An Beiträgen	43	„	74	„
Aus dem Schulgelder- und Stipendienfonds	24	„	44	„
Also beträgt der Stiftungsfonds Ende 1879	8400	Mark	—	Pf.

Die Beiträge sind zum größten Theile gegeben von den Schülern: Möllendorf, König, Hagemann, Kletzin, Miers, Meltzer, Dreyer, Schell, Bastian, Saß, bei ihrem Abgange.

Aus der Hellwig'schen Stiftung sind den Statuten gemäß 216 Mark den Wittwen verstorbener Lehrer der Friedrich-Wilhelms-Schule zu Gute gekommen, 324 Mark sind zu gleichen Theilen zweien unserer früheren Abiturienten, welche studiren, als Stipendium verliehen.

Die Gründer dieser Stiftung sind der 1864 verstorbene Stadtrath und See- und Handelsgerichts-Assessor Carl Friedrich Hellwig und dessen 1876 verstorbene Ehefrau Catharina Maria Caroline Hellwig geb. Mayer. Nach dieser Stiftung ist der Magistrat der Stadt verpflichtet, die jährlichen Zinsen eines Capitals von 4000 Thlr. im Betrage von 180 Thlr. in der Art zu verwenden, daß 108 Thlr. als ein oder höchstens als zwei gleich große Stipendien, ohne Unterschied der Religion, an Schüler gegeben werden, welche nach bestandener Abiturientenprüfung die Friedrich-Wilhelms-Schule verlassen und zu ihrer Ausbildung noch eine wissenschaftliche Anstalt besuchen. Das Stipendium wird dem Stipendiaten zum Zwecke und während des Besuchs dieser wissenschaftlichen Anstalt jedesmal auf ein Jahr verliehen und darf von jedem Stipendiaten höchstens drei Jahre genossen werden. Das Stipendium oder die Stipendia werden in der Art conferirt, daß der Director

der Friedrich-Wilhelms-Schule mit Zustimmung der Lehrer der Prima dem Magistrate die Candidaten in Vorschlag bringt und dieser den ihm am würdigsten Erscheinenden auswählt. Ist nur ein Bewerber in Vorschlag gebracht, so muß diesem vom Magistrat das Stipendium zuertheilt werden. Die nach Verwendung dieser 108 Thlr. verbleibende Einnahme von 72 Thlr. wird in halbjährlichen Raten zur Wittwenkasse der Friedrich-Wilhelms-Schule abgeführt und deren Statuten gemäß verwandt.

Bei der Feier des Geburtstags Sr. Majestät des Kaisers und der damit verbundenen Entlassung werden sprechen:

der Abiturient Lange, französisch, über das Leben Theodor Körners;
der Abiturient Stüwert, englisch, über die Jugend unsers Kaiserss;
der Abiturient Mandt, deutsch, über das Leben des Kriegsministers Albrecht von Roon.

Zu dieser Feier laden wir die vorgesetzten Königlichen und Städtischen Behörden, die Eltern unserer Schüler, unsere früheren Schüler, sowie alle Freunde unserer Anstalt ganz ergebenst ein.

Kleinsorge.

Vertheilung der Lectionen im Sommer 1879.

Nr.	Lehrer.	Ordinarius von	Prima. Ober-	Prima. Unter-	Sekunda. Ober-	Sekunda. Unter- A.	Sekunda. Unter- B.	Tertia. Ober- A.	Tertia. Ober- B.	Tertia. Mittel-	Tertia. Unter-	Quarta. Ober-	Quarta. Unter-	Quinta. Ober-	Quinta. Unter-	Sexta. Ober-	Sexta. Unter-	Summa.
1.	Direktor Kleinsorge.	Prima.	2 Religion 3 Deutsch. 3 Geschichte und Geographie.		2 Relig. 3 Gesch. und Geog.													13
2.	Professor Dr. Emsmann.	Ober-Sekunda.	3 Physik.	3 Physik.	5 Math. 2 Physik. 1 Naturg.			2 Physik.			2 Physik.							18
3.	Professor Kuhr.	Unter-Sekunda A.	3 Latein.		4 Latein. 3 Deutsch	2 Relig. 4 Latein. 3 Deutsch.												19
4.	Professor Langbein	Unter-Sekunda B.	5 Math.	5 Math.			2 Relig. 6 Math.											18
5.	Oberlehrer Schmidt.	Ober-Tertia A.						3 Deutsch. 5 Latein. 2 Gesch.		3 Deutsch. 5 Latein. 2 Gesch.								20
6.	Oberlehrer Dr. Claus.		4 Franz.	4 Franz.	4 Franz.	4 Franz. 3 Englisch												19
7.	Oberlehrer Dr. Lieber.	Mittel-Tertia.				6 Math. 2 Physik. 1 Naturgeschichte.	2 Physik. 1 Naturgeschichte.			2 Relig. 4 Math. 2 Physik.								20
8.	Oberlehrer Dr. Schönn.		3 Chemie.	3 Chemie.	2 Chemie.				4 Math. 2 Physik.		4 Math.							18
9.	Ordentlicher Lehrer Lincke.					2 Geographie und Rechnen.	2 Geographie und Rechnen.	2 Rechn.	2 Rechn.	4 Rechn. und Geographie.	2 Rechn.	2 Rechn. 2 Geographie. 2 Schrb.						19
10.	Ordentlicher Lehrer Wulkow.												2 Rechn. 1 Schrb.	3 Rechn. 3 Schrb. 2 Naturgeschichte.	3 Rechn. 3 Schrb. 2 Naturg. 2 Zeichn.			21
11.	Ordentlicher Lehrer Dr. Reyher.		3 Englisch	3 Englisch	3 Englisch		4 Franz. 3 Englisch	2 Religion.	3 Englisch									21
12.	Ordentlicher Lehrer Sauer.	Unter-Quarta.						4 Mathematik.				4 Mathematik. 2 Naturgeschichte.	4 Mathematik. 2 Naturg. 2 Deutsch.	2 Raumlehre.				21
13.	Ordentlicher Lehrer Dr. Meyer.	Unter-Tertia.				2 Gesch.			4 Gesch. und Geographie.		2 Relig. 3 Deutsch. 5 Latein. 4 Gesch. und Geogr.							20
14.	Ordentlicher Lehrer Koch.	Ober-Tertia B.					4 Latein. 3 Deutsch 2 Gesch.		5 Latein. 4 Franz. 3 Deutsch.									21
15.	Ordentlicher Lehrer Schäffer.	Ober-Quarta.										2 Relig. 6 Latein. 5 Franz. 3 Deutsch.	5 Franz.					21
16.	Ordentlicher Lehrer Dr. Schulz.							4 Franz. 3 Englisch		4 Franz. 3 Englisch	4 Franz. 3 Englisch							21
17.	Ordentlicher Lehrer Heyse.	Unter-Quinta.		3 Latein.									2 Relig. 6 Latein. 2 Gesch.		3 Relig. 6 Latein.			22
18.	Collaborator Fischer.	Ober-Sexta.										2 Gesch.	2 Geographie.	2 Geographie.		3 Relig. 7 Latein. 4 Deutsch. 2 Geog.		22
19.	Hülfslehrer Trouillas.	Ober-Quinta.												3 Relig. 6 Latein. 5 Franz. 3 Deutsch.	5 Franz.			22
20.	Interim. Collaborator und Probandus Gäbel.														3 Deutsch. 2 Geographie.		3 Relig. 4 Deutsch. 7 Latein. 1 Geog.	21
21.	Ordentlicher Lehrer Kant.	Unter-Sexta.														4 Rechn. 4 Schrb. 2 Naturg. 2 Zeichn.	4 Rechn. 4 Schrb. 2 Naturg. 2 Zeichn.	24
22.	Zeichenlehrer Geyer.		2		2	2	2	2		2	2	2	2	2				20
23.	Gesanglehrer Lehmann.		3 Chorstunden.										2					5
24.	Ordentlicher Lehrer an der Vorschule Hagewald.													2 Singen.	2 Singen.			
25.	Ordentlicher Lehrer an der Vorschule Bootz.															2 Singen.	2 Singen.	

Vertheilung der Lectionen im Winter 1879—1880.

Nr.	Lehrer.	Ordinarius von	Prima. Ober-	Prima. Unter-	Sekunda. Ober-	Sekunda. Unter- A.	Sekunda. Unter- B.	Tertia. Ober- A.	Tertia. Ober- B.	Tertia. Mittel-	Tertia. Unter-	Quarta. Ober-	Quarta. Unter-	Quinta. Ober-	Quinta. Unter-	Sexta. Ober-	Sexta. Unter-	Summa.
1.	Direktor Kleinsorge.	Prima.	2 Religion 3 Deutsch. 3 Geschichte und Geographie.		2 Relig. 3 Gesch. und Geog.													13
2.	Professor Dr. Emsmann.	Ober-Sekunda.	3 Physik.	3 Physik.	5 Math. 2 Physik. 1 Naturg.			2 Physik.		2 Physik.								18
3.	Professor Kuhr.	Unter-Sekunda A.	3 Latein.		4 Latein. 3 Deutsch	2 Relig. 4 Latein. 3 Deutsch.												19
4.	Professor Langbein.	Unter-Sekunda B.	5 Math.	5 Math.			2 Relig. 6 Math.											18
5.	Oberlehrer Schmidt, vertreten durch Kandidat Bröcker.							5 Latein. 3 Deutsch. 2 Gesch.	5 Latein. 3 Deutsch. 2 Gesch.									20
6.	Oberlehrer Dr. Claus.		4 Franz.	4 Franz.	4 Franz.	4 Franz. 3 Englisch												19
7.	Oberlehrer Dr. Lieber.	Ober-Tertia B.				6 Math. 2 Physik. 1 Naturgeschichte.	2 Physik. 1 Naturgeschichte.	2 Religion.	4 Math. 2 Physik.									20
8.	Oberlehrer Dr. Schönn.		3 Chemie.	3 Chemie.	2 Chemie.					4 Math.	4 Math. 2 Physik.							18
9.	Ordentlicher Lehrer Lincke.					2 Geographie und Rechnen.	2 Geographie und Rechnen.	2 Rechn.	2 Rechn.	2 Rechn.	4 Rechn. und Geographie.	2 Rechn. 2 Geographie. 1 Schrb.						19
10.	Ordentlicher Lehrer Wulkow.												2 Rechn. 1 Schrb.	3 Rechn. 3 Schrb. 2 Naturgeschichte.	3 Rechn. 3 Schrb. 2 Naturg. 2 Zeichn.			21
11.	Ordentlicher Lehrer Dr. Reyher.		3 Englisch	3 Englisch	3 Englisch		3 Englisch 4 Franz.				4 Englisch							20
12.	Ordentlicher Lehrer Sauer.	Ober-Quarta.						4 Mathematik.				4 Mathematik. 3 Deutsch 2 Naturg.	4 Mathematik. 2 Naturgeschichte.	2 Raumlehre.				21
13.	Ordentlicher Lehrer Dr. Meyer.	Mittel-Tertia.				2 Gesch.		2 Geographie.	2 Geographie.	2 Relig. 3 Deutsch. 4 Latein. 4 Gesch. und Geogr.	2 Gesch.							21
14.	Ordentlicher Lehrer Koch.	Unter-Tertia.					3 Deutsch 4 Latein. 2 Gesch.				2 Relig. 3 Deutsch. 4 Latein. 4 Franz.							22
15.	Ordentlicher Lehrer Schäffer.	Unter-Quarta.										5 Franz.	2 Relig. 3 Deutsch. 6 Latein. 5 Franz.					21
16.	Ordentlicher Lehrer Dr. Schulz.	Ober-Tertia A.						4 Franz. 3 Englisch	4 Franz. 3 Englisch	4 Franz. 3 Englisch								21
17.	Ordentlicher Lehrer Heyse.	Ober-Quinta.		3 Latein.								2 Relig. 6 Latein. 2 Gesch.		3 Relig. 6 Latein.				22
18.	Collaborator Fischer.	Unter-Quinta.												5 Franz.	3 Relig. 3 Deutsch. 6 Latein. 5 Franz.			22
19.	Collaborator Böhmer.												4 Gesch. und Geographie.		2 Geographie.		3 Relig. 4 Deutsch. 7 Latein. 2 Geog.	22
20.	Interim. Collaborator und Probandus Gäbel.	Ober-Sexta.												3 Deutsch. 2 Geographie.		3 Relig. 4 Deutsch. 7 Latein. 2 Geog.		21
21.	Ordentlicher Lehrer Kant.	Unter-Sexta.														4 Schrb. 4 Rechn. 2 Naturg. 2 Zeichn.	4 Schrb. 4 Rechn. 2 Naturg. 2 Zeichn.	24
22.	Zeichenlehrer Geyer.		2		2	2	2	2		2	2	2	2	2				20
23.	Gesanglehrer Lehmann.			3 Chorstunden.									2					5
24.	Ordentlicher Lehrer an der Vorschule Hagewald.													2 Singen.	2 Singen.			4
25.	Ordentlicher Lehrer an der Vorschule Bootz.															2 Singen.	2 Singen.	4