

Ueber

die optische Bedeutsamkeit des am elektromagnetischen Multiplicator sich darstellenden Principis zur Verstärkung des magnetischen Umschwungs

von

**Dr. J. S. C. Schweigger.**

**I. Historisches.**

Ich will zuerst an einige in Vergessenheit gekommene Thatsachen erinnern, welche ich aus der gewiss nun sehr selten gewordenen Schrift entlehne: „Beiträge zur Dioptrik und Geschichte des Glases von MAXIMILIAN LUDWIG CHRISTOPH SCHUELEN, Diener des göttlichen Worts bei der Evangelischen Gemeinde zu Esslingen in Schwaben. Nördlingen bei Karl Gottlob Becken. 1782.“

Es sind zwei Thatsachen, welche in dieser Schrift besondere Aufmerksamkeit verdienen, weil sie in das Gebiet der Lichtpolarisation gehören. Dennoch blieben sie in neuerer Zeit gänzlich unbeachtet, obwohl ROESLER in seinem bekannten Handbuche der praktischen Astronomie, Tübingen 1788. Th. I. S. 249—255 diese Thatsachen als höchst merkwürdig für die praktische Optik besonders hervorgehoben.

1) S. 15 der eben angeführten Schrift sagt Schülen von der Wichtigkeit sprechend des Verhältnisses der Stellung des Oculars zu der des Objectivs in einer bestimmten Linie:

„Was die Eigenschaft des Glases betrifft, nach welcher es in gewisser Richtung um seine Axe in der Röhre zu stehen kommen muss, und welche Eigenschaft ich, nach einer willkürlichen Benennung, den Strich nennen werde: so habe ich folgendes durch die genauesten Versuche dabei wahrgenommen.

„Dass, wenn das vollkommenste Bild sich zeigen soll, die Richtung nach dem Strich aufs genaueste bestimmt werden muss; dreht man die Röhre, in welcher das Objectivglas enthalten ist, um etwas zur Linken oder zur Rechten, mehr oder weniger, so wird sich schon einige Verminderung in der Deutlichkeit bemerken lassen. — Dreht man die Röhre so, dass

der Punkt A, der zuvor oben stand, nun um 90 Grade zur Seite zu stehen kommt, es sei links oder rechts, so wird die Undeutlichkeit am stärksten in die Augen fallen.“

SCHUELEN reiht S. 24 zum Schlusse noch folgende Bemerkung an: „Soviel melde ich hier noch einmal, dass die Eigenschaft des Glases, welche ich den Strich zu nennen pflege, durch tausend Versuche mit aller Genauigkeit und Aufmerksamkeit in der Erfahrung gegründet befunden worden, und bei einigen Objectiven in Ansehung des mehrern Grades sich äusserst auffallend zeigt. Indem ich dieses schreibe, bekam ich ein achromatisches Seherohr, von RAMSDEN in London verfertigt, in die Hände. Die Länge desselben beträgt 14 Zoll, und hat das zusammengesetzte Objectiv, bei einem Focus von  $9\frac{1}{2}$  Zoll, eine Oeffnung von 15 Linien im Durchschnitt. Wie begierig war ich nicht, sogleich damit Versuche in Absicht auf die vom Strich herrührenden Erscheinungen anzustellen. Ich fand zu meiner Verwunderung die Sache in allem so, wie ich sie bei einfachen Gläsern bemerkt und beschrieben habe. Ich zweifle also nicht, bei achromatischen Seheröhren von mehrerer Länge wird es sich noch merklicher zeigen; und ein jeder, der ein dergleichen Seherohr besitzt, besonders wenn es von beträchtlicher Länge ist, wird es aus der Erfahrung so befinden. Er darf nur die Röhre umdrehen, um die Abwechslung des Deutlichen und Undeutlichen zu bemerken, und damit beim hellen Sonnenschein Versuche anstellen.“

ROESLER macht in seiner oben angeführten Schrift Th. I. S. 255 dabei folgende interessante Anmerkung: „Vor mehreren Jahren erzählte mir der berühmte BRANDER in Augsburg, dass er aus zuverlässiger Erfahrung gefunden, dass ihm verschiedene geschliffene Gläser nach mehrerer Zeit unbrauchbar geworden seien, indem sie sich, wie er sich ausdrückte, geworfen hätten. Ist wohl dieser Umstand auch von Andern bemerkt worden? und war es wohl eine wirkliche Veränderung der Gestalt des Glases? oder traf etwa hier einer von beiden oben angeführten Umständen ein, dadurch die Gläser, die BRANDER bei der ersten Untersuchung durch Zufall glücklich gestellet, nachmals, als er sie wieder untersuchte, nimmer in die vorige Lage gebracht, und wegen undeutlicher Vorstellung deswegen von ihm für verändert und unbrauchbar geachtet worden?“

Auch SCHUELEN macht eine interessante Anwendung seiner auf den Strich sich beziehenden Bemerkungen auf HEVEL's Mondbeobachtungen S. 25 seiner Schrift: „Es wird in der astronomischen Geschichte gemeldet, dass HEVEL öfters wahrgenommen, dass die Flecken im Monde, und überhaupt dessen ganze erleuchtete Oberfläche, manchmal heller geschienen, manchmal aber blasser ausgesehen haben, ungeachtet er den Mond durch ein und dasselbe Seherohr, bei eben derselben Höhe, und jedesmal bei dem heitersten Himmel und der reinsten Luft beobachtet habe. HEVEL hat daraus den Schluss gemacht, der Mond habe eine Atmosphäre, die je zuweilen heller, je zuweilen trüber und mit Dünsten angefüllt sei. Da nun aber diese Erscheinung durch gute Fernröhre von Andern nicht so beobachtet worden,

besonders nicht durch gute Teleskope: so dünkt mich, diese HEEVELISCHE Wahrnehmung habe ihren Grund in der Eigenschaft seines Objectiv-Glases gehabt, die ich den Strich nenne. Denn ansser der Undeutlichkeit, welche entsteht, wenn ein solches Glas nicht nach dem Strich gerichtet ist, erscheinen auch die Gegenstände weniger hell und matter vom Lichte.“

In der That hat also SCHUELEN durch die, wie er sagt, willkürlich gewählte Benennung Strich etwas sehr Bezeichnendes ausgesprochen, in welcher Hinsicht man nur an die Erscheinung am Chalcedon zu erinnern braucht, wo man den Strich, den Schülen im Sinne hat, vor Augen sieht, und welchem gemäss zwei Chalcedone gestellt werden müssen, wenn sie durchscheinend bleiben sollen, während, wenn der Strich des einen perpendicular auf den des andern steht, Dunkelheit hervortritt. Eben darauf laufen auch die Versuche mit Turmalinen hinaus. Und wie durchgreifend die Erscheinung sei bei allen auf den Quarz sich beziehenden Versuchen, kann man deutlich zeigen, wenn man braungefärbten Bergkrystall (Rauchtopas) anwendet, der im polarisirten Licht in der einen Stellung hell erscheint, während nach einer Umdrehung von  $90^\circ$  die dunkle Farbe hervortritt. — Man sieht, dass von der krystallinischen Structur des Bergkrystalls die Erscheinung abhängig sei, welche SCHUELEN mit dem Namen Strich bezeichnet. — Und merkwürdig genug ist es, dass der sogenannte amorphe Zustand des Glases diese mit der krystallinischen Structur des Bergkrystalls zusammenhängende Eigenschaft nicht verschwinden macht. Diess allein reicht schon hin, der vergessenen Beobachtung SCHUELEN's die verdiente Aufmerksamkeit wieder zuzuwenden.

Ich will hier nebenbei ein als Collegienversuch sehr angenehm überraschendes Phänomen auführen. Legt man eine Spiegelscheibe auf ein farbiges Bild, und lässt das zerstreute Licht vom Fenster her unter dem Polarisationswinkel auf die Spiegelscheibe fallen, so wird bei der einen Lage des geschliffenen Turmalins bloß das gespiegelte Licht durchgehen, während mit einem Male das farbiges Bild hervortritt, sobald man den Turmalin um  $90$  Grade dreht, weil nun erst das vom Spiegelglas gebrochene Licht durch den Turmalin ungestört hindurchgeht.

Es gehört zum Ruhme NEWTON's, dass er es als etwas Unerklärliches hervorhob, wie dasselbe Licht durch eine Spiegelscheibe durchgehen und zu gleicher Zeit zurückgeworfen werden kann. Diess setzt voraus, dass an demselben Punkte der Spiegelscheibe Anziehung und Abstossung zugleich stattfinden könne. NEWTON reiht daran, besonders bei dem unter schiefe Winkel in das durchsichtige Medium eindringenden Lichtstrahle, seine Theorie der Anwandlungen bald zum leichtern Durchgang, bald zur leichtern Zurückwerfung. — Den Weg zur Lösung des Räthsels zeigte die Lichtpolarisation. Denn wir haben durch sie gelernt, unter gewissen Bedingungen das gespiegelte vom gebrochenen Lichte zu trennen, was ich eben durch das dem farbigen Bild aufgelegte Spiegelglas recht augenfällig machen wollte, um den Versuch umzubilden zu einem Collegienversuch, der leicht von jedem Zuhörer selbst angestellt werden kann. — Und in dieser Gestalt war der Versuch besonders überraschend

für GOETHE, welchem ich einmal in Carlsbad eine Reihe von Lichtpolarisationserscheinungen im freundlichen Verkehr, wie ihn Carlsbad so leicht herbeiführt, zu zeigen das Vergnügen hatte. Hier wollte ich an diesen Versuch erinnern mit Beziehung auf den von SCHUELEN gebrauchten Ausdruck der Strich, der durch die Structur des Turmalins sich bemerklich macht, während man auch mit einem Chalcedon, wo der Strich recht in die Augen fallend hervortritt, den Versuch anstellen kann, wenn man einen recht hellen geschliffenen Chalcedon hat, obwohl er natürlich mit dem hell durchsichtigen Turmalin stets viel deutlicher und schöner ausfallen wird.

2) Ich komme auf den zweiten Versuch des bei allen seinen Mittheilungen so gewissenhaften Pfarrers SCHUELEN, und will diesen zweiten Versuch in dem Auszuge, den ROESLER im Handbuch der praktischen Astronomie Bd. I. S. 249 aus Schülen's Schrift giebt, hier darlegen.

„Im Jahr 1753 verfertigte SCHUELEN ein Objectivglas von 11 Fuss Brennweite; er spannte es zwischen eines der Fenster seiner Stube, um damit nach einem gegenüberstehenden Dache zu sehen und es zu prüfen. Er konnte sich nicht genug über die Deutlichkeit verwundern, womit er die Ziegel auf dem Dache sah, und bei dem allen war doch das Glas bei dem Einspannen in eine schiefe Lage gekommen. Als er des folgenden Tages das Glas auf die vorige Art versuchen wollte, und es beim Einspannen in die Lage brachte, dass die Axenlinie gerade auf sein Aug und Augenglas zu fiel, so sahen die Gegenstände äusserst übel gezeichnet aus, und dieses so lange, bis das Glas nach manchfaltiger Veränderung wieder in diejenige schiefe Lage zu stehen kam, in welcher es, wie Tags zuvor, die deutlichste Vorstellung des Gegenstandes zeigte. Eben dieselbe Wirkung einer deutlichen Vorstellung, die sich nur erst sodann ergab, wenn das Objectivglas schief gestellt wurde, fand SCHUELEN nachmals gar oft, und überzeugte sich davon durch eine besondere Vorrichtung, durch welche er bei seinen Versuchen die Gläser in verschiedene schiefe Stellungen bringen konnte, bis er auf diejenige traf, welche das gegenwärtige Glas zu einer deutlichen Vorstellung erforderte. Ja unter 20 Objectiven, die er nachmals geschliffen und die aus verschiedenem Spiegelglas verfertigt waren, fand er nur zwei, welche durchaus keine schiefe Lage erforderten. Der Unterschied bei den andern bestand bloß darin, dass der Grad der Obliquität mehr oder minder war. Ein Glas von 14 Fuss 6 Zoll Brennweite, und 35 Linien Breite, erforderte, um vollkommen deutlich zu zeigen, eine ganz ausserordentlich schiefe Richtung. In einer mit der Axe des Fernrohrs rechtwinkligen Lage war die Undeutlichkeit des Sehens so gross, dass man nicht wusste, was man aus den Gegenständen machen sollte; die Bilder waren ganz verzerrt und verworren. Endlich, als die rechte Lage gefunden war, so ergab sich ein Bild in der Deutlichkeit, das man sich kaum vollkommener wünschen konnte; allein die Abweichung in der Obliquität dieses Objectivglases von der gewöhnlichen nach der Theorie erforderlichen

Lage betrug völlig  $5\frac{1}{2}$  Linien. Wer sollte bei einer solchen Lage noch eine Deutlichkeit erwartet haben? SCHUELEN giebt noch die Versicherung, dass die Gläser, von denen die Rede ist, meist alle so genau als möglich centriert waren. Er fand ferner durch häufige Versuche folgendes: wenn man das Objectivglas um seine Axe wendet, jedoch so, dass eben dieselbe Fläche des Glases auswärts gekehrt ist, und hernach der Punkt, der zuvor in der Abweichung von der rechtwinkligen Lage am höchsten stand, nun am niedrigsten steht, so zeigt sich das Bild fast eben so deutlich, als im entgegengesetzten Falle. Man merkt zwar, dass es sich in einem Fall etwas schärfer darstellt als im andern, jedoch ist der Grad des minderen oder mehreren so gar sonderlich nicht merkbar. Ferner: bei solchen Objectiven, die gar sehr schief liegen müssen, kann man die Directionslinie der Obliquität durch Versuche bald finden; bei anderen aber, die nur wenig schief gelegt zu werden erfordern, kostet es mehrere Zeit und genauere Aufmerksamkeit. Ueberhaupt nimmt die Undeutlichkeit, die bei Gläsern entsteht, welche eine schiefe Richtung erfordern, wenn sie statt derselben in eine ebene Lage gelegt werden, um so mehr zu, je länger die Brennweite des Vorderglases ist; hingegen aber wird sie nicht sonderlich gemerkt bei einer Brennweite von 3—5 Fuss (es sei denn, dass die schiefe Lage ganz ausserordentlich sein müsste). Diese Eigenschaft des Spiegelglases, kraft deren die Objective eine schiefe Lage erfordern, leitet Hr. SCHUELEN mit grosser Wahrscheinlichkeit von einer Verrückung der Glas-Poren her, welche durch die Zubereitung des Spiegelglases in den Fabriken entsteht. Es ist bekannt, dass in den meisten Spiegel-fabriken das Glas gewalzet oder gerollet wird, davon es ganz dichte werden soll. Nun stellt er sich vor, dass, wenn die Walze über das Glas gehet, sodann die Poren desselben verschoben werden, so dass sie von der Richtung, die sie perpendicular mit dem Planum des Glases haben sollten, mehr oder weniger abweichen, welches sich nach den Umständen bei dem Walzen und nach der Beschaffenheit des Glases in seinen Bestandtheilen und ihren Mischungen diversificire.“

Man begreift leicht, warum diese Beobachtung SCHUELEN's, von deren Erklärung auf dem Standpunkte seiner Zeit gar nicht die Rede sein konnte, bei den Optikern auch in neuerer Zeit keine Berücksichtigung gefunden hat, weil man nämlich das Fernrohr durch Anbringung mehrerer Gläser zu verkleinern sich bemühte, während Schülen blos von Fernrohren spricht, die mit zwei Gläsern versehen sind bei grosser Brennweite des Objectivs. Darum machte er Gebrauch von einer Maschine, die der jüngere CASSINI erfunden und in den *Mémoires de l'Académie des sciences* auf das Jahr 1714 beschrieben, und die auch in BION's mathematischer Werkschule abgebildet ist, um die Sterne ohne Rohr mit Gläsern von grosser Brennweite zu betrachten.

SCHUELEN's Versuch habe ich wiederholt, und, wie sich erwarten liess, bestätigt gefunden. Um aber auch einen Collegienversuch aus der Beobachtung SCHUELEN's zu machen, legte

ich mehrere Spiegelscheiben hinter einander, welche in eine Fassung gebracht, gemeinschaftlich gedreht und gegen ein von zerstreutem Lichte beleuchtetes gegenüberstehendes Haus gewendet werden konnten. Man sollte meinen, die beleuchtete Fläche des Hauses müsse am hellsten erscheinen durch den kleinsten Durchmesser der hinter einander gestellten Spiegelscheiben gesehen. Umgekehrt aber nimmt die Helligkeit bedeutend zu, sobald man den hinter einander gelegten, in eine angemessene Fassung gebrachten Spiegelscheiben eine schiefe Lage giebt.

Diess ist offenbar das von SCHUELEN wahrgenommene Phänomen der für die Beobachtung vortheilhaften schiefen Stellung des Glases. Nur kommt dabei eine Verstärkung der Erscheinung in Betrachtung, welche durch neben einander gelegte Gläser herbeigeführt wird und uns an die Wirkung des elektromagnetischen Multipliers erinnert, worüber nun umständlicher zu sprechen.

Man kann auf eine höchst einfache Weise den Versuch mit den zwei Bildern im Doppelspath anstellen, wodurch er besonders belehrend wird. Legt man nämlich einen Doppelspath auf weisses Papier, worauf man zuvor einen Punkt mitschwarzer Tinte gemacht hat, so wird natürlich der Punkt doppelt erscheinen. Der Punkt von gewöhnlicher Strahlenbrechung erscheint als der mehr gebrochene höher liegend, während der von der ungewöhnlichen Strahlenbrechung tiefer liegt, also weniger gebrochen erscheint. Beschaut man nun beide Punkte durch ein Spiegelglas, das man neigt in der Richtung des Hauptschnittes entweder, oder in der Richtung der auf den Hauptschnitt perpendicularen Linie, so wird man bei starker Neigung allerdings schon bemerken, dass in der einen Lage der Punkt von unregelmässiger, in der andern der Punkt von regelmässiger Strahlenbrechung an Lichtstärke abnimmt. Jedoch grössere Deutlichkeit der Erscheinung tritt erst dann ein, wenn man mehrere Spiegelplatten, wenigstens 3—4, über einander legt. Auch braucht man dann die Spiegelplatten minder stark zu neigen, besonders wenn man ihre Anzahl noch vermehrt hat, zu welchem Zwecke man sie in eine angemessene Fassung bringen kann. Es fragt sich nun, auf welchem Princip die Verstärkung beruht, welche durch Vermehrung der über einander gelegten Spiegelplatten erreicht wird.

Der Versuch, den ich hier angeführt, mit scharfer Bezeichnung der Lage der Spiegelscheiben im Hauptschnitte des Doppelspaths, oder der darauf perpendicularen Linie, ist der Hauptsache nach schon gleich nach Entdeckung der Lichtpolarisationslehre zur Sprache gekommen. SEEBECK wurde durch denselben, den er mit BIOT'S Worten anführt, auf seine merkwürdige Entdeckung der von ihm sogenannten entoptischen Figuren im schnell gekühlten Glase geleitet. Es war ihm nämlich nicht gelungen, mit den einzelnen von MALUS zu den berühmten Versuchen über Spiegelung und Brechung des Lichtes angewandten Spiegelgläsern den Gegensatz zwischen Spiegelung und Brechung auf eine recht in die Augen fallende Weise

darzustellen. Aufmerksam aber geworden auf den Gebrauch mehrerer hinter einander gelegter Spiegelgläser konnte er seinen Versuchen mit Glaswürfeln, worin er schon einzelne Farbenercheinungen gesehen hatte, eine andere Gestalt geben, und nun traten mit einmal die entoptischen Figuren hervor. Ich will daher mit SEEBECK's eigenen Worten in seiner durch diese entoptischen Figuren berühmt gewordenen Abhandlung über Spiegelung und Brechung des Lichtes, welche im Journal f. Chem. u. Phys. Bd. VII. vom Jahr 1813 abgedruckt ist, an folgenden Versuch Bior's erinnern, der S. 275 jener Abhandlung in der Art angeführt wird.

„Herr Bior machte in einem Berichte von seiner den 11. März 1811 vorgelesenen Abhandlung folgende Erfahrung bekannt (im Moniteur 1811 N. 73): Wenn die Flamme einer Kerze durch eine Säule von mehreren parallel über einander geschichteten Gläsern und durch ein hinter denselben befindliches Prisma von Kalkspath betrachtet wird, so erscheinen 2 Bilder von gleicher Intensität, so lange das Licht perpendikular auf die Fläche der Gläser fällt; wird aber der Einfallswinkel des einfallenden Strahles mit der ersten Fläche der Gläser verkleinert, so nimmt die Intensität des einen Bildes nach und nach ab, und das Bild verschwindet endlich gänzlich, wenn jener Winkel eine gewisse Grenze erreicht hat. — Ferner bemerkt er, dass der Winkel, unter welchem die Gläser, bei gleicher Intensität des Lichtes, das Verschwinden des einen Bildes bewirken, von der Zahl der Gläser abhängt, und dass der Einfallswinkel, in welchem das eine Bild unsichtbar werde, sich um so mehr dem Perpendikel nähert, je grösser die Zahl der Glasscheiben ist. Herr Bior sieht diess als einen Beweis an, dass gewisse Theile des Lichtes sich in einer Anwandlung zur leichtern Zurückwerfung (*dans un accès de facile réflexion*) und die andern in einer Anwandlung zum leichtern Durchgange (*dans un accès de facile transmission*) befänden.“

Man sieht, dass Bior sich begnügte, an die dunkle Theorie NEWTON's zu erinnern von den sogenannten Anwandlungen des Lichtes zum leichtern Durchgange oder zur leichtern Zurückwerfung, statt einen Versuch zu machen zur Auffindung des Principis, wovon die Verstärkung bei hinter einander gelegten Gläsern abhängig ist. Im Sinne der Lichtpolarisationslehre verdient es nämlich besondere Beachtung, dass selbst der Polarisationswinkel eine Abänderung erleidet in Abhängigkeit von der Anzahl hinter einander gelegter Gläser. Denn Bior hebt selbst hervor, was so eben angeführt wurde, dass der Winkel, unter welchem die Gläser, bei gleicher Intensität des Lichtes, das Verschwinden des einen Bildes bewirken, von der Anzahl der Gläser abhängt.

Unwillkürlich wird man dabei an die Erscheinungen erinnert, welche der elektromagnetische Multiplicator hervorbringt. Während der einzelne Draht bei schwacher elektromagnetischer Kraft gar keine in die Augen fallende Ablenkung der Magnetnadel zu bewirken vermag, so tritt diese sogleich ein bei Anwicklung des Drahtes zur Form des magnetischen

Multiplicators, wobei der vorher unwirksame Draht blos mehrere andere in gleichem Sinne den Strom neben oder über ihn wegleitende zu Hülfe genommen hat. Ich werde zu zeigen suchen, dass (gleich den elektromagnetischen im spiralförmigen Umschwunge sich fortbewegenden Strahlen) auch Lichtstrahlen im Sinne des Multiplicatorprinzips geordnet und eben dadurch vermittelt gegenseitiger Einwirkung verstärkt werden können. Das eben bezeichnete Multiplicatorprincip scheint daher an die Stelle der NEWTON'schen Anwandlungen, worauf Biot sich bezieht, bei den Lichtstrahlen unter gewissen der Lichtpolarisationslehre entsprechenden Bedingungen treten zu können.

Zunächst mögen an den bisher gegebenen historischen Ueberblick angereicht werden

## **II. Bemerkungen über allgemeine Analogien zwischen den elektromagnetischen und den zur Lichtpolarisation gehörigen optischen Erscheinungen.**

1) Bei Vergleichung dieser scheinbar so verschiedenartigen Erscheinungen wird uns zuerst auffallen, von welcher grossen Bedeutung die perpendikularen Beziehungen sind. Denn bei einer in sich zurücklaufenden Schiene von Kupfer (welche eine geeignete Metallstärke haben muss, damit man vorherrschend auf die eine oder andere Fläche, z. B. die obere oder untere, mit dem Magnet einwirken könne) treten die magnetoelektrischen Erscheinungen dann ein, wenn der Magnetpol perpendikular gegen die Fläche der Kupferschiene bewegt wird. Und je rascher die Bewegung des Magnets so nah als möglich der Kupferschiene, desto kräftiger ist die Einwirkung. Wie stark unter solchen Verhältnissen der elektrische Strom werden könne, zeigt der Versuch, welchen ich in MARBACH's physikalischem Lexikon Bd. I. S. 383 beschrieben habe und stets als Collegienversuch benützte. Dabei wandte ich am bequemsten eine lange Kupferschiene an von quadratischem Durchschnitt, während die Seite des Quadrats  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Par. Linien betrug. Man darf diesen Versuch nur gesehen haben, um sogleich geneigt zu werden, nicht mit AMPÈRE die magnetischen Erscheinungen aus den elektrischen, sondern umgekehrt die elektrischen aus den magnetischen abzuleiten, und zwar den elektrischen Strom als einen Schwungmagnetismus aufzufassen. In der Idee eines magnetischen Spiralschwungs ist die bei den Optikern so beliebte Wellentheorie durch den wellenförmigen Fortschritt der Spirale angedeutet; jedoch es gesellen sich, was hier sehr wesentlich ist, durch die Seitenbewegung der Spirale zugleich perpendikulare Beziehungen bei. Dieser der Wellentheorie ursprünglich fremden perpendikularen Beziehungen wegen schob man bekanntlich den Satz ein, dass die Lichtwelle, eindringend in ein durchsichtiges Medium, geneigt sei, sich in perpendikularer Beziehung zu theilen.

Experimentell erregen nämlich in der Lichtpolarisationslehre die perpendikularen Beziehungen dadurch unsere Aufmerksamkeit, dass der polarisirte Strahl, wenigstens bei einfach brechenden Körpern, perpendikular auf dem gebrochenen steht. Und im Doppelspath kommt

alles an auf die Linie des Hauptschnittes und das darauf gezogene Perpendikel, worin jedesmal die umgekehrten Erscheinungen sich darstellen. Auch gehören hierher die schon vorhin mit SCHUELEN'S Worten zur Sprache gebrachten Erscheinungen, die er mit dem sinnig gewählten Ausdruck „der Strich“ bezeichnete. Welcher Gegensatz sich in der Richtung des Striches oder perpendikular darauf darstelle, wurde schon da hervorgehoben, wo von den Erscheinungen am Chalcedon, am Turmalin und am Rauchtopyas die Rede war. Auch kann man sich leicht mit dem Turmalin in der Hand, dessen krystallinische Streifen entweder dem Hauptschnitt im Doppelspath gemäss, oder perpendikular darauf gelegt sind, davon überzeugen, dass das eine Bild im Doppelspath den gespiegelten, das andere den gebrochenen Lichtstrahlen analog sei.

2) BREWSTER macht in seiner Abhandlung über Thermoelektricität (Journ. f. Chem. u. Phys. 1825. Bd. XLIII. S. 98) noch auf eine Analogie aufmerksam zwischen optischen und magnetischen Erscheinungen, indem er hervorhebt, dass eine „Glasplatte, welche ihre doppelt das Licht brechende Structur durch rasche Abkühlung erhalten hat, sich genau wie ein magnetischer Stahlstab verhält. Denn irgend ein beträchtliches Stück Glas abgeschnitten vom als positiv bezeichneten Theile zeigt, nachdem es abgetrennt von der Glasplatte, sowohl die positive als die negative Structur.“ — Ich habe schon damals dasselbe Phänomen auch mit GOETHE'S Worten in einer Note angeführt. GOETHE sagt nämlich (Zur Naturwissenschaft B. I. Stuttg. u. Tüb. 1817. S. 164): „Man schneide eine viereckte (entoptische Figuren gebende) Platte mitten durch und bringe den parallelepipedischen Theil zwischen die Spiegel, so werden abermals vier Punkte in den Ecken erscheinen, zwei und zwei weit von einander getrennt, und, von den langen Seiten herein, der helle oder dunkle Raum viel breiter als von den schmalen. Schneidet man eine viereckte Tafel in der Diagonale durch, so erscheint eine Figur derjenigen ähnlich, die sich fand, wenn man Dreiecke glühte.“ — Suchten wir uns nun vorhin mit einer mechanischen Vorstellungsart durchzuhelfen, so werden wir schon wieder in eine höhere, in die allgemeine Region der ewig lebenden Natur gewiesen; wir erinnern uns, dass das kleinste Stück eines zerschlagenen magnetischen Eisensteins ebenso gut zwei Pole zeigt, als das Ganze.“

Es ist übrigens wohl zu beachten, dass bei der Zerschneidung eines spröden Glases die Figur, wenn sie gleich der ursprünglichen analog ist, doch abnimmt an Schönheit und scharfer Begrenzung, während zugleich Farben verloren gehen, oder mindestens an Lebhaftigkeit bedeutend verlieren. Umgekehrt aber gewinnt die Figur an Schönheit, wenn man mehrere einzelne schnell gekühlte Scheiben über einander legt. Neue Farben treten hervor, sowie auch neue dunkle Streifen, so dass die ganze Zeichnung viel schärfer begrenzt und vollkommener erscheint. Das Abnehmen einer zugelegten Scheibe ist also dem Erfolge nach vergleichbar dem Zerschneiden eines einzelnen Glases. Die gebildete Säule aus geglühten Gläsern wird gleichsam zerschnitten durch Hinwegnahme einiger Gläser. Wenn man nun dieses

Zerschneiden des einzelnen Glases mit dem Zerbrechen eines Magnets darum vergleicht, weil stets die beiden Pole wieder hervortreten, obwohl mit verminderter Kraft, so wird man consequenter Weise die Verstärkung der Kraft durch das Aufeinanderlegen mehrerer Scheiben mit der Wirkung des Multipliers vergleichen müssen. Es handelt sich also nur davon, den Vergleichungspunkt schärfer zu bestimmen, wozu uns folgende Betrachtung Anleitung geben wird.

### III. Bildung der Krystalle unter dem Einflusse fortdauernder magnetischer Bewegung.

I) Schon in der Abhandlung über physikalische Zeichensprache in der neuen Ausgabe von MARRACH'S physikalischem Lexikon Bd. I. S. 380 u. 381 erinnerte ich daran, dass WEISS zuerst die Aufmerksamkeit der Krystallographen hingelenkt auf die zuvor unbeachtet gebliebenen Unterschiede zwischen Körpern, welche die Geometrie umgekehrt gleich und ähnlich nennt, und welche sich also verhalten wie rechts und links, rechter und linker Arm, rechts und links gewundene Schnecken u. s. w. Derselbe ausgezeichnete Krystallograph macht aber in den Schriften der Berliner Akademie von 1836 in einer Abhandlung über rechts und links gedrehte Bergkrystalle noch in einem ganz andern Sinn auf die Bedeutsamkeit des Rechts und Links aufmerksam, als er früher im Jahr 1815 in dem Magazin der Gesellschaft naturforschender Freunde in Berlin Bd. VII. Heft 3. S. 173 ff. bei demselben Bergkrystall gethan hatte, woran er rechts oder links umlaufende kleine secundäre Flächen zuerst nachgewiesen. In jener Abhandlung vom Jahr 1836 handelt es sich von einem mechanisch rechts oder links Gedrehtwerden des Bergkrystalls im Fortwachsen. Und zwar giebt es, wie ausdrücklich hervorgehoben wird, sowohl rechtsgewundene als linksgewundene Bergkrystalle, so dass die Analogie mit jenen rechtsum oder linksum laufenden kleinen secundären Flächen sich klar darstellt.

Offenbar müssen wir, um die Drehung im Fortwachsen zu erklären, an fortdauernde Kräfte denken, welche in drehender Bewegung\*) sind, wodurch allein diese Drehung des

---

\*) WEISS sagt in der Abhandlung über rechts- und linksgewundene Bergkrystalle (in den Abhandlungen der Kön. Akad. d. Wissensch. zu Berlin aus dem Jahr 1836) ausdrücklich S. 200: „Es war das Studium der innern Cohäsionsbeschaffenheit der hemiedrischen Krystallsysteme, welches mich vor zwanzig Jahren darauf hingeleitet hat, anzuerkennen, dass es drehende Kräfte in der krystallinischen Structur geben müsse.“ — Und solches wird nachgewiesen durch Anführung einiger Stellen aus einer in den Denkschriften der physikalischen Classe von 1816—17 von ihm mitgetheilten Abhandlung. — Man sieht also, dass ein streng mathematisches Studium der krystallinischen Structur zu drehenden Kräften hinführt, welche nicht mechanisch aufzufassen, nicht auf eine Centripetal- und Centrifugalkraft zurückzuführen sind. — WEISS erinnert schon an die Drehungen, welche bei dem Elektromagnetismus und dem Thermomagnetismus vorkommen. — Gegenwärtig haben wir diesen krystallographisch strengen Nachweisungen anzureihen, was über den Zusammenhang krystallinischer Structur mit Magnetismus neuerdings von PLUECKER und FARADAY nachgewiesen wurde.

Bergkrystals im Fortwachsen bedingt werden kann. An welche Kräfte aber sollen wir denken, welche in fortwährender Bewegung sind? — Schon die tägliche Bewegung der Magnetnadel zeigt, dass der Magnetismus ebenso wie das Licht, in beständiger Bewegung sei. Und dass diese magnetische Bewegung eine drehende sei, zeigt die vorhin angeführte erste Abhandlung von WEISS aus dem Jahr 1815 über die am Bergkrystall rechtsum oder linksum laufenden secundären Flächen. Denn sobald dieser ausgezeichnete Krystallograph von den Anomalien gehört hatte, welche BIOT bei der circularen Lichtpolarisation beobachtete, indem zwei perpendicular auf die Axe geschnittene Bergkrystalle von ganz gleicher Dicke einen Gegensatz in der circularen Farbenerscheinung zeigten, welcher wie rechtsum und linksum sich verhält: so äusserte er sogleich, dass die eine Scheibe aus einem mit rechtsum, die andere aus einem mit linksum laufenden kleinen secundären Flächen müsse geschnitten gewesen sein. Und HERSCHEL, nachdem er die Abhandlung von WEISS über diese secundären Flächen am Bergkrystall kennen gelernt, bestätigte experimentell diese von selbst sich darbietende Vermuthung. Ueberaus klein sind zuweilen jene secundären Flächen, und noch häufiger fehlen sie ganz, obwohl die mit ihnen zusammenhängende optische Erscheinung nie fehlt. Demnach ist von fortwährend wirksamen Drehkräften die Rede, deren Ausdruck stets optisch, als wesentlich zur Natur des Bergkrystals gehörig, seltener krystallographisch nachweisbar ist.

2) Durch FARADAY'S Untersuchungen aber haben wir erfahren, dass sich diese circulare Lichtpolarisation auch in vielen andern Körpern, welche sie ursprünglich nicht zeigen, z. B. selbst im Wasser, durch Magnetismus hervorrufen lasse. Wir erhalten also hierdurch eine Anleitung von der Natur, auch bei den rechtsum und linksum gedrehten secundären Flächen am Bergkrystall an die Kraft des Magnetismus zu denken, welche ebensowohl die Drehungen dieser Flächen am Bergkrystall, als die zuerst erwähnte wirklich mechanische Drehung im Fortwachsen hervorbringt. Nicht immer, wie gesagt, sind diese kleinen secundären Flächen an Bergkrystallen sichtbar, wiewohl sie in der Structur aller Bergkrystalle begründet anzunehmen sind, und zwar so, dass an demselben Individuum nie zugleich die rechtsumlaufende und die linksumlaufende Fläche auftritt, wodurch der optische Ausdruck derselben aufgehoben werden müsste. Es ist also hier von einem merkwürdigen Dimorphismus bei dem Bergkrystall die Rede, womit zusammenhängt, dass alle Bergkrystalle entweder rechtsum oder linksum laufende Farbenerscheinung bei der circularen Lichtpolarisation zeigen. Was aber der specielle Grund sei, der das sichtbare Hervortreten jener secundären Flächen bedingt, ist eben so wenig zu sagen (verborgen in der Majestät der Natur, um einen Ausdruck des PLINIUS zu gebrauchen), als wir den Grund anzugeben vermögen jenes oben erwähnten mechanisch rechts- oder linksum Gedrehtwerdens im Fortwachsen. Fragt man nach Analogien: so bietet der Thermomagnetismus sie dar, indem nicht selten in Abhängigkeit von der Tem-

peratur der thermomagnetische Umschwung sich entweder rechtsum oder linksam darstellt. So z. B. bei aufgewundenen Eisen- und Kupferdrähten, welche mit einem elektromagnetischen Multiplicator in Verbindung gebracht, dreht der bei der ersten Erwärmung eintretende thermoelektrische Strom sich geradezu um, wenn die Temperatur bis zur Glühhitze erhöht wird. — Aehnliche von der Temperatur abhängige Umkehrungen hat HANKEL bei den elektrischen Krystallen des Boracit und Titanit nachgewiesen. —

3) Was aber vorzugsweise hervorzuheben, ist Folgendes: Die magnetische Kraft, welche im Bergkrystall die circulare Lichtpolarisation begründet, muss von ungemein grosser Stärke sein. Denn obwohl wir in Flüssigkeiten und selbst in festen Körpern, wie besonders im Flintglase oder Boronglase, nach FARADAY'S Weise bereitet, diese circulare Lichtpolarisation durch Magnetismus auf unzweideutige Weise hervorrufen können, so gelingt es doch selbst durch die stärksten magnetischen Kräfte nicht, bei der circularen Lichtpolarisation des Bergkrystalls irgend eine Verminderung oder Vermehrung zu bewirken. Die uns zu Gebote stehenden stärksten magnetischen Kräfte sind daher als eine verschwindende Grösse zu betrachten in Vergleichung mit der magnetischen im Bergkrystall auftretenden Kraft, womit die Bildung jener rechts- und linksam laufenden secundären Flächen den angeführten Thatsachen gemäss zusammenhängt. Ebenso wenig kann man in spröden Gläsern die farbige im polarisirten Lichte sich darstellende Figur durch Magnetismus abändern. Wie gross in diesem spröden Glase die wirksame, alle einzelnen Elemente verbindende Kraft sein müsse, zeigt die Heftigkeit, womit die kleinste Abtrennung eines Theils, z. B. bei spröden Glastropfen (denen die Bologneser Fläschchen sich anschliessen) Zersprengung des Ganzen hervorruft. — Beachtenswerth ist in diesem Zusammenhange folgender Versuch von DESSAIGNES: „Taucht man einen Glascylinder von  $+100$  C. in Quecksilber von  $-18$  C., so geht das Glas ohne alle Elektrizität hervor, wenn nicht etwa die schnelle Contraction, welche es durch die Kälte erleidet, es springen macht; denn in letzterm Fall wird es ausserordentlich elektrisch.“ (Journ. f. Ch. u. Ph. Bd. IX. vom J. 1813. S. 113.)

#### IV. Ueber den Krystallmagnetismus überhaupt, mit specieller Beziehung zum sogenannten Diamagnetismus.

Man hat den Diamagnetismus als den Gegensatz des Magnetismus aufgefasst, wie er sich als Gegensatz wirklich bei dem ersten Anblicke darstellt, da die meisten Körper von jedem der beiden Magnetpole, sobald sie nur auf eine feine Weise aufgehangen sind, eine ganz schwache Abstossung erleiden, und nur die magnetischen angezogen werden. Es ist aber zu erwägen

1) dass die schwache Abstossung bei combinirten magnetischen und diamagnetischen Körpern in Abhängigkeit steht von der Distanz, in welcher Beziehung auch an ältere Beobach-

tungen zu erinnern ist, die nur der Wiederholung und Prüfung bedürfen. Versuche gehören hierher von LAMPADIUS im Journ. d. Ch. u. Ph. Bd. X. vom Jahr 1814 S. 171—178. LAMPADIUS sagt nämlich S. 171: „Um auf eine leichte und bequeme Art kleine Quantitäten von Körpern wägen zu können und dabei des lästigen Auf- und Ablegens der Gewichte überhoben zu sein, richtete ich mir folgendermassen eine sehr empfindliche Wage ein, welche mir zugleich als Magnetometer dient, und auch zu anderen hygroskopischen und Verdunstungsversuchen gebraucht werden kann. — Ich hänge an einen geölten Faden einen möglichst gleichen 24 Zoll langen Glasstab von der Stärke einer mässigen Thermometerrohre auf. Der Aufhängepunkt ist 8 Zoll von dem linken Ende des Glasstabes entfernt, so dass 16 Zoll die zweite längere Seite des Hebels bilden, an deren Ende sich ein silberner Zeiger zur Bemerkbarmachung der Hebelbewegung findet. Das kürzere Ende des Hebels trägt ein kleines schweres Bleigewicht, durch Lackiren gegen die Oxydation geschützt, und am äussersten Ende des längern Hebeltheils hängt an seidenen Schnüren eine ganz kleine leichte gläserne Wagschale. Damit der Hebel nicht hin und her schwanke, so spielt er vorn zwischen zwei senkrechten Glasröhren.“

„Das Gewicht wird von der Schwere genommen, dass die Wage bei dem ersten Aufhängen auf dem Nullpunkte steht; dann wird ein Gran Apothekergewicht aufgelegt, und sobald der Zeiger in Ruhe ist, die Eins bezeichnet, und die Eintheilung geht mit Auflegung einzelner Grane bis zu Zehn fort. Da zwischen jedem Gran  $1\frac{1}{2}$  Zoll Spielraum ist, so lässt sich derselbe wieder bequem in 100 Theile abtheilen, und so sind die Grade auf dieser Wage Hunderttheile eines Grans.“

„Um die magnetische Stärke gewisser Körper zu untersuchen, lege ich ein Stück derselben = 100 der Scala (= 1 Gran) auf die kleine gläserne Wage. Nun schiebe ich vermittelst einer Schraube einen Magnet, der ein Pfund Eisen trägt, allmählig auf einer senkrechten Linie unter die Wagschale, in deren Mittelpunkt der zu untersuchende Körper liegt. Kommt der Magnet in die Anziehungssphäre des anzuziehenden Körpers, so wird der Zeiger anfänglich ein wenig aufwärts, z. B. auf 95 gedrückt. Ich fahre nun behutsam mit dem Aufschrauben des Magnets fort. Endlich springt die Wage auf den Magnet nieder. Nun beobachte ich wieder den Zeiger. Stände derselbe z. B. auf 155, so drücke ich die Stärke des Magnetismus des untersuchten Körpers durch die Zahl 55 aus, und er ist mit einer Kraft, die wenig mehr als die Hälfte seines Gewichts beträgt, an den Magnet übergesprungen. Ich wiederhole den Versuch gewöhnlich 6 bis 10mal, und finde höchstens ein Hunderttheilchen Differenz.“

Man sieht, es ist hier offenbar eine schwache diamagnetische Abstossung, welche der darauf folgenden stärkern magnetischen Anziehung voranging. Und zwar beziehen sich die Versuche vorzugsweise auf Legirungen des Nickel mit Platin. „Nickel und Platin, jedes

1 Gran schwer, wurden dem Oxygebläse auf der Kohle ausgesetzt, und sowie sie nach einer halben Minute zu erweichen anfangen, sprangen beide Körper auf eine merkwürdige Weise schnell in einander über, und stellten dann ein leichtflüssiges Metall, ohngefähr von dem Grade der Schmelzbarkeit des Kupfers, dar, da doch der Nickel für sich beinahe so strengflüssig als Platin selbst ist. Die Legirung zeigte sich völlig dehnbar, eine schöne Politur annehmend, blass gelblichweiss von Farbe, beinahe wie 12löthiges Silber. Der Magnetismus, der bei dem Nickel = 35 sich gezeigt, ist = 35 geblieben.“

Ebenso auch bei Legirungen von gleichen Theilen Gold und Nickel blieb der Magnetismus = 35, während, wenn gleiche Theile Kupfer und Nickel verbunden wurden, die sehr leicht in 4 Secunden zusammenschmolzen, keine Spur von Magnetismus mehr übrig blieb. Sehr beachtungswerth ist vorzugsweise der Versuch mit Nickel und Platin, da nach FARADAY'S Beobachtung auch Platin den magnetischen Körpern sich anschliesst, folglich wir mit einer Legirung zweier magnetischer Metalle zu thun haben, die doch, ehe die magnetische Anziehung eintritt, eine diamagnetische Abstossung erleidet, wie wenigstens aus den so leicht zu wiederholenden Versuchen von LAMPADIUS hervorgeht, auf dessen Genauigkeit man sich übrigens verlassen kann, da er, was ausdrücklich hervorgehoben, jeden Versuch 6 bis 10mal angestellt hat, und dabei höchstens eine Differenz von  $\frac{1}{100}$  auf seiner sehr empfindlichen Wage fand, obwohl vergleichende Versuche fehlen mit der kleinen gläsernen Wagschale allein.

Unter diesen Umständen aber könnte die Untersuchung zwischen magnetischen und diamagnetischen Körpern schwerlich einen specifischen Unterschied bezeichnen, da Abstossung und Anziehung bei denselben Körpern nur in Abhängigkeit von Nebenbeziehungen erfolgen. In dieser letzten Hinsicht ist

2) höchst merkwürdig der Versuch mit krystallisirtem Wismuth, welcher in der Fläche des Blätterdurchganges, und zwar perpendicular auf derselben, eine sehr leicht nachzuweisende magnetische Anziehung zeigt, sofern der krystallisirte Wismuth blos an einem Coconfaden aufgehangen, um den er sehr leicht auf eine Weise sich drehen kann, dass seine natürliche Bruchfläche in die magnetische Richtung zu kommen vermag, wobei der Gebrauch eines Elektromagnets zu empfehlen ist. Die von STOENNER mit drei magnetischen Magazinen dargestellte magnetoelektrische Maschine vermag sehr leicht selbst ein unverhältnissmässig grosses Hufeisen, aus einer Locomotivwagenaxe bereitet, in Action zu setzen, so dass nicht blos der eben erwähnte Versuch mit krystallisirtem Wismuth auf die bezeichnete Weise, sondern auch schwieriger anzustellende Versuche, z. B. über die magnetische Abstossung der Flamme, mit STOENNER'S magnetoelektrischer Maschine gezeigt werden können.

Das Merkwürdige des Experiments mit krystallisirtem Wismuth besteht jedoch vorzugsweise darin, dass hier der am meisten diamagnetische Körper magnetische Anziehung zeigt.

Und wirklich wird durch diese magnetische Anziehung die diamagnetische Abstossung geschwächt, was am bequemsten nachgewiesen werden kann, wenn man den vorhin angeführten Versuch von LAMPADIUS, welcher auch mit einer der COULOMB'schen Drehwage analogen Vorrichtung angestellt werden kann, umkehrt, und den Magnet, wie bei dem GAUSS'schen Magnetometer (nur dass er in einen ganz engen mit parallelen Gläsern versehenen Glaskasten eingeschlossen sein muss) einen Spiegel tragen lässt, der die am Fernrohr des Beobachters angebrachte Scala abspiegelt. Wendet man ein Parallelepipedon von krystallisirtem Wismuth an, so zeigt die Fläche des natürlichen Blätterdurchganges schwächere Abstossung des Magnets, als die perpendicular auf derselben stehende. In der Art hat Professor HANKEL in Leipzig diesen Versuch angestellt, während FARADAY bei mit grösseren Schwierigkeiten verbundenen Versuchen sich doch endlich überzeugte (N. 2841 POGGENDORFF's Ann. Ergänzungsband III. S. 128), dass in der Fläche des Blätterdurchganges bei dem am meisten diamagnetischen Körper, dem Wismuth, wirklich gleichzeitig (unabhängig also von verschiedener Distanz) diamagnetische Abstossung und magnetische Anziehung nachweisbar ist. \*) — Unter solchen Umständen ist es wenigstens gewagt, den Magnetismus und Diamagnetismus aus verschiedenen Principien ableiten zu wollen.

3) Uebrigens ist in der Hall'schen naturforschenden Gesellschaft am 8. Julius 1848 von mir eine kleine Abhandlung mitgetheilt worden, woraus das Intelligenzblatt zur Allgem. Lit. Ztg. vom September 1848 N. 34. S. 253 ff. einen Auszug giebt. Der äquatorial schwingende Wismuthcylinder kann nämlich in einen axial schwingenden verwandelt werden, wenn man die Eisencylinder, zwischen denen die Enden des Wismuthcylinders horizontal schwingen, in der Art einschneidet, dass ein entgegengesetzter Schwingungsmagnetismus auf die Enden des Wismuthcylinders wirken kann. Sogar mit Heftigkeit bewegt sich der äquatorial schwingende Wismuth (der natürlich ganz rein und eisenfrei vorausgesetzt wird) in die genäherten Einschnitte der Eisencylinder hinein, und schwingt darin mit grosser Lebhaftigkeit axial. FARADAY hat späterhin eine ähnliche Beobachtung gemacht, indem er fand, dass in runde einen halben Zoll von einander abstehende Oeffnungen, die zum Einschrauben von Ansätzen in eine auf dem Elektromagnet stehende Eisenmasse gemacht waren, ein 0,3 Zoll langer Cylinder von Wismuth sich hineinbewegte und axial schwang (N. 2384 seiner Experimente, in POGGENDORFF's Annalen. Ergänzungsband III. 27.). Er schliesst daraus, dass gegen die Mitte der Oeffnung die magnetischen Kraftlinien ungemein an Stärke abnehmen und der Wismuth also seiner Neigung folge, da zu sein, wo die schwächste magnetische Kraft sich

---

\*) FARADAY drückt in der Art sich aus: „Das krystallisirte Wismuth erweist sich je nach der Lage seiner Magnetkrystallaxe in verschiedenem Grade diamagnetisch; bei winkelrechter Lage dieser Axe gegen die Magnetkraftlinien ist es stärker diamagnetisch als bei paralleler.“

darbietet. Dieser Ausdruck spricht jedoch nur das Phänomen mit andern Worten aus, ohne zur Aufklärung desselben etwas beizutragen. Im Sinne der Idee vom Schwungmagnetismus bietet sich eine andere mit dem Multiplicatorprincip zusammenhängende Auffassung dar. Ich muss ausdrücklich hervorheben, dass ebenso, wie FARADAY bei zwei einander entgegenstehenden runden Oeffnungen beobachtete, auch ein einziger von den vorhin erwähnten eingeschnittenen Cylindern schon ausreicht, dem äquatorial schwingenden Wismuth durch seine Annäherung eine der axialen sich nähernde Richtung zu geben.

4) Zum Schluss ist noch aufmerksam zu machen, dass der Magnetismus und Diamagnetismus bei einzelnen Körpern in Abhängigkeit sich darstellt von der Umgebung, in welcher man sie untersucht. So fand schon FARADAY, dass Eisenvitriollösung, eingeschlossen in eine Glasröhre, in der Luft entschieden vom Magnet angezogen wurde, aber in einer mehr concentrirten Eisenvitriollösung diamagnetische Abstossung zeigte. Auf ähnliche Weise hebt EDM. BECQUEREL hervor in den *Comptes rendus de l'Académie des sciences tom. XXVIII. S. 623—627*, dass gewöhnliches Glas in der Luft vom Magnet angezogen werde, in einer Eisen- oder Nickel-Auflösung aber diamagnetische Abstossung erleide. Hier stellt sich also der Diamagnetismus als ein Phänomen des Uebergangs dar von einem magnetischen Körper zum andern. Und auf ähnliche Weise zeigen nach EDM. BECQUEREL's Beobachtung Schwefel und weisses Wachs sich diamagnetisch in der Luft, werden aber in concentrirter Auflösung von Chlorkalk oder Chlormagnesia vom Magnet angezogen. Ebenso wird in einer Eisenchloridauflösung Wismuth stärker abgestossen als in der Luft, trotz des Hindernisses, welches die Flüssigkeit der Bewegung entgegensetzt.

Man kann allerdings diese Erscheinung auf die Schwergesetze zurückführen unter der Voraussetzung, dass die specifische Schwere der Flüssigkeit dem Archimedischen Principe gemäss durch magnetische Anziehung erhöht, durch diamagnetische Abstossung vermindert werden müsse. Jedoch es ist hier von höchst schwachen Kräften die Rede. Denn selbst die magnetische Anziehung einer concentrirten Eisenvitriollösung ist nur schwach; bei weitem schwächer aber ist die diamagnetische Abstossung von Flüssigkeiten. Ist ja doch selbst die stärkste diamagnetische Abstossung, welche wir kennen, beim Wismuth, überaus schwach, verglichen mit der magnetischen Anziehung des Eisens und Nickels. — Vorzüglich aber ist hervorzuheben, dass die ganze Betrachtungsweise, welche sich der Archimedischen Lehre vom specifischen Gewicht anschliesst, hier, wo von magnetischen Kräften die Rede ist, sich umkehrt, wenn die Schwere selbst als eine Function des Magnetismus aufgefasst wird, wofür ich die Gründe umständlich dargelegt in meiner Abhandlung über stöchiometrische Reihen S. 14—33. Man kann leicht diese Gründe ignoriren (so wie man auch RICHTER's stöchiometrische Reihen ein halbes Jahrhundert lang ignorirt hat) aber man wird sie nicht widerlegen können. Darum muss ich mich hier ganz speciell auf jene Abhandlung berufen. Denn die ganze Betrachtungs-

weise kehrt sich um, wenn man die Schwere selbst als eine Function des Magnetismus auf- fasst. Unter dieser Voraussetzung haben wir uns streng an die magnetische Erscheinung zu halten, wie sie sich darstellt, und das Phänomen der Abhängigkeit der magnetischen Anziehung und Abstossung von der Umgebung als ein Phänomen aufzufassen des Uebergangs von einem magnetischen Spiralschwung in den andern. Wie mannigfaltig diese Spiralschwünge sein müs- sen, in welchen der Magnetismus sich beständig bewegt, und wie verschieden die Schnellig- keit des magnetischen Umschwungs um die einzelnen krystallinischen Elemente, geht aus dem hervor, was N. III. zur Sprache gekommen. Die magnetische Anziehung aber scheint eine Gleichförmigkeit des magnetischen Spiralschwungs bei den anziehenden und den angezogenen Körpern herbeizuführen, während in den meisten Fällen der erste Moment der Einwirkung nichts anderes veranlassen kann, als eine im Sinne des Parallelogramms der Kräfte erfolgende Abstossung der verschiedenartigen Spiralschwingungen, wenn die einen in weitem, die andern in engern Bögen sich bewegen, die einen heftiger, die andern minder heftig sind.

5) Schon in der auf diamagnetische Abstossung sich beziehenden Mittheilung im Intel- ligenzblatt der Allg. Literatur-Zeitung vom September 1848 No. 34. S. 255 wurde hervorgehoben, dass bei der diamagnetischen Abstossung des Rauches und der Flamme die nördliche und südliche Eisenspitze sogar bis zur Berührung genähert werden können, und „selbst bei ziemlich schwacher Kette die Erscheinung der Rauchabstossung durch den Magnet noch deutlich wahrnehmbar war, wenn einem mit Schneide versehenen Eisencylinder, dessen Schneide horizontal stand, ein kegelförmig zugespitzter Eisencylinder bis zur Berührung entgegengeschoben wurde.“ — Die Gestalt der Spitzen veranlasst einen engern Bogen des magnetischen Umschwunges, wodurch eine Concentration desselben herbeigeführt wird. Hängt man daher an einen Coconfaden leichte Streifen diamagnetischer Körper neben nabeliegende Spitzen elektromagnetisch anzuregender Eisencylinder auf, so wird man die Abstossung am leichtesten merken. — Und eben damit hängt es zusammen, dass nach FARADAY'S Beobachtung (N. 2449) amorpher Wismuth, der in Cylindergestalt zwischen Spitzen sogleich äquatorial sich richtet, in der Mitte zweier grösserer quadratischer oder kreisrunder Magnetpole, welche um etwa ein Drittel ihrer Durchmesser von einander abstehen, nicht mehr die diamagnetische Abstossung zeigt, sondern blos eine von der Torsion des Aufhängefadens oder von Luft- strömen abhängige Richtung annimmt. Es fehlt in diesem letzten Falle die Concentration des magnetischen Umschwunges, welche, wie soeben angeführt, durch Spitzen zu bewirken. Von der andern Seite giebt die magnetische Spitze oder Schneide für die krystallinisch magneti- schen Elemente im amorphen Wismuth einen bestimmten Anhaltepunkt, wodurch auf dem kürzesten Wege, d. h. perpendicular auf die Länge des Wismuthcylinders, sich ein Magnet bilden kann, welcher die äquatoriale Richtung des amorphen Wismuthcylinders herbeiführt. Ist aber von krystallinischem Wismuth die Rede, in welchem sich perpendicular auf den

Blätterdurchgang die magnetische Axe darstellt: so begreift man, dass die Richtkraft dieser magnetischen Axe sich auch zwischen zwei grössern entgegengesetzt magnetischen Eisenflächen darstellen werde, was FARADAY ausdrücklich hervorhebt (N. 2358).

Werfen wir nun in diesem Zusammenhang einen Blick auf ältere Versuche, namentlich die von COULOMB über den allgemeinen Magnetismus, so klärt sich manches auf, was früher dunkel geblieben. HAUY in der 3. Ausg. seiner Physik Bd. II. S. 134 sagt von diesen Versuchen, dass, obwohl die grosse Genauigkeit, welche COULOMB bei allen seinen Untersuchungen zeigte, keinen Zweifel lasse an der Richtigkeit derselben, doch den Physikern die Wiederholung dieser Versuche nicht gelingen wollte. Er selbst habe, obwohl er sehr starke Magnete und alle möglichen Vorsichtsmassregeln anwandte, doch nicht zum Ziele gelangen können. Die Nadeln machten vielmehr sehr ungleiche Schwingungen, und nachdem sie zur Ruhe gekommen, so bildeten sie einen Winkel mit den entgegenstehenden Polen der Magnete, der mehr oder minder gross war, und verschieden bei Wiederholung derselben Versuche. HAUY meint, der von ihm angewandte Magnetismus müsse doch nicht stark genug gewesen sein. Indessen wissen wir gegenwärtig, dass bei recht starkem Magnetismus sich die Nadeln am Ende sogar äquatorial würden eingestellt haben. Blicken wir aber auf die Versuche von COULOMB, welche er im französischen Institut im Junius 1802 mitgetheilt (*Journal de Physique tom. LIV. p. 454*, übersetzt in GILBERT'S Annal. d. Phys. Bd. XII. S. 194 ff.), so sehen wir, dass COULOMB zwei künstliche Magnete anwandte, von denen jeder aus zwei gehärteten 360<sup>mm</sup>-langen 28<sup>mm</sup>-breiten und 4<sup>mm</sup>-dicken Stahlstäben bestand, so dass jeder der beiden Magnete 28<sup>mm</sup>-breit, 8<sup>mm</sup>-dick und 360<sup>mm</sup>-lang war. Beide Magnete standen in gerader Linie mit ihren Polen einander entgegen und 20<sup>mm</sup>-von einander entfernt. Da die aufgehängenen Nadeln sieben Millimeter lang waren, und nur vierzig Milligramm schwer, so begreift man, dass, da Flächen von 8 mal 28 □ Millimeter so zarten Nadeln entgegenstanden, das Hervortreten des Diamagnetismus auf ähnliche Weise geschwächt werden musste, wie nach den vorhin angeführten Versuchen von FARADAY selbst der Diamagnetismus des Wismuth durch die entgegenstehenden grossen Flächen der Magnetpole unwahrnehmbar gemacht worden war. Nimmt man hierzu noch, was GILBERT am angeführten Orte in einer Note hervorhebt, dass COULOMB nirgends angibt, dass er sorgfältig den Gebrauch eiserner Werkzeuge vermieden habe, so begreift man, wie bei seinen so zarten Nadeln Magnetismus herbeigeführt werden konnte, während PLUECKER, um denselben bei Kohlenstückchen zu vermeiden, sie mit Glas abschaben und den Gebrauch der Stahlmesser gänzlich vermeiden musste.

Reihen wir daran die spätern Versuche von SEEBECK über die magnetische Polarisation verschiedener Metalle und Oxyde zwischen den Polen starker Magnetstäbe, die am 11. Jun. 1827 der Berliner Akademie mitgetheilt wurden (s. POGGENDORFF'S Ann. d. Phys. Bd. X. S. 203). SEEBECK sagt: „Befindet sich eine Säule von Eisenfeilspänen über einem einfachen Magnet-

stabe schwebend aufgehängt, so wird sie nothwendig eine Polarität annehmen müssen, und diese wird am vollkommensten und also auch am stärksten in derjenigen Dimension der Säule sein, welche die kürzeste ist, also in transversaler Richtung.“ Selbst die Kante des einzelnen Magnetstabes konnte das Hervortreten des transversalen Magnets begünstigen. Ich besinne mich, aus dem Munde eines sorgfältigen Verfertigers guter Magnetstäbe die Bemerkung gehört zu haben, dass er den anzuwendenden Stahl dadurch prüfte, dass er über einen daraus verfertigten Stahlstab nur einmal mit dem Magnet wegstrich und dann feine Eisenfeile aufstreute. Häufte sich diese an den Kanten des Stabes an, so dass die Mitte des Stabes frei blieb, so war der Stahl zu empfehlen, während, wenn in der Mitte des Stabes an einzelnen Stellen Zusammenhäufungen sich zeigten, solches auf Ungleichheiten im Stahle hindeutete, die der Bildung starker Magnete nachtheilig wurden.

Man begreift, dass wir mit den von Eisenfeile gebildeten Patronen SEEBECK'S (welche Eisenfeile HALDAT — *Ann. de Chém. et de Phys.* 1832. Bd. 65. S. 224 — absichtlich zuvor mit Sand vermischte) die krystallinischen Elemente combiniren können im amorphen Wismuth, auf welche krystallinischen Elemente die Einwirkung des Magnets in den kürzesten Dimensionen sich geltend machen würde. Ich weiss es wohl, dass selbst bei krystallisirtem Wismuth TYNDALL Anomalien beobachtete, welche durch Druck auf die krystallinische Axe herbeigeführt wurden, indem eine transversale Axe sich ausgebildet. Aber auf dem optischen Standpunkt, auf welchem wir hier sprechen, haben wir doppelt Ursache, an die in optischer Beziehung durch Druck hervortretenden secundären Axen zu erinnern. SEEBECK schraubte mit der Buchbinderpresse aus ungehärteten Glaswürfeln seine entoptischen Figuren heraus. Und in jedem Cabinette sind nun bequeme Vorrichtungen, um in etwas dicken quadratischen oder kreisförmigen Scheiben durch den Druck von gebogenen Eisenflächen eine künstliche Axe zwischen den Spiegeln des Polarisationsinstrumentes entstehen zu lassen. Dass Versuche über künstliche Axenbildung uns nicht abhalten können, die natürlichen krystallinischen Axen in ihrer hier bezeichneten bestimmten Wirksamkeit anzuerkennen, geht aus dem hervor, was in N. III. mit Beziehung auf die krystallographischen Untersuchungen von WEISS angeführt wurde. Diese krystallographischen Thatsachen nöthigen uns zur Annahme fortdauernder Drehkräfte, die in den Krystallen herrschen. Und dass diese Drehkräfte magnetischer Art seien, ist ebendasselbst schon, angeführten Thatsachen gemäss, hervorgehoben worden. Auch sprechen dafür die schönen Versuche von SVANBERG, welche beweisen, dass Thermomagnetismus in demselben krystallisirten Wismuth hervorzurufen sei in Abhängigkeit von dem Schmitte, dem gemäss Stückchen mit Hinsicht auf das krystallinische Gefüge ausgeschnitten werden. Dasselbe gilt vom krystallisirten Antimon, und giebt einen neuen entscheidenden Beweis von dem Zusammenhange der Krystallisation mit magnetischen Strömungen.

Anm. Wenn man die Erscheinungen am amorphen Wismuthcylinder von den krystalli-

nischen Elementen ableitet, die analog wirken wie die Eisentheile im eisenhaltigen Messing MÜNCKE's, woran SEEBECK Versuche mit Patronen reichte, die aus Eisenfeile gebildet waren, so begreift man, dass zwischen magnetischen Eiseneinschnitten, von denen wir vorhin sprachen (N. IV. 3), eine eigenthümliche Art des Magnetismus im amorphen Wismuth stattfinden könne durch Anregung gleichnamiger Pole, die transversal entstehen, während der entgegengesetzte Pol in der Mitte des Cylinders auftritt. Auf diese Weise kann man sich die Bildung um so kleinerer, aber vergleichungsweise stärkerer Magnete im amorphen Wismuthcylinder denken.

**V. Ueber Induction und die Hervorrufung ihr eigenthümlicher Lichterscheinungen dem Princip des elektromagnetischen Multipliers gemäss.**

Als ich in MARBACH's physikalischem Lexikon (Bd. I. der neuen Ausg. S. 383—385) einen einfachen Versuch angeführt, wobei durch Bewegung eines Magnetpols über eine Kupferschiene von angemessener Stärke elektrische Ströme erregt werden, so ergab sich sogleich auch der Begriff der sogenannten Induction (S. 386), indem zur ersten Anregung eines magnetischen Spiralschwunges nicht bloß ein bewegter Magnet, sondern auch ein schon angeregter magnetischer Spiralschwung dienen kann. Wird ein Magnetpol rasch hineinbewegt zwischen zwei einander gegenüberliegende Schienen, die wir uns z. B. als concentrische Schienenkreise, oder vielmehr in die Länge gezogene Ellipsen, denken mögen: so wird derselbe Pol nothwendig in beiden Kreisen entgegengesetzten magnetischen Spiralschwung (d. h. entgegengesetzten elektrischen Strom) anregen. Auf ähnliche Weise wird selbst ein mechanischer Stoss, der zwischen zwei einander gegenüberstehenden Personen erfolgt und auf jede von beiden wirkt, die eine nöthigen sich rechtsum, die andere sich linksum zu drehen. Und diese mechanische Auffassungsweise lässt sich auf jede zwischen zwei einander entgegenstehenden Schienen aufblitzende oder zurückblitzende elektromagnetische Tangente anwenden. Der nordpolarische Schwung linksum z. B. wird in der gegenüberliegenden Schiene, worin wir relativ uns den Magnetismus in Ruhe denken, nothwendig einen nordpolarischen Schwung rechtsum anregen, aber bloß momentan. Denn es handelt sich hier lediglich vom momentanen Stoss der aufblitzenden oder zurückblitzenden magnetischen Tangente. Die zurückblitzende wirkt nämlich wie ein zurückgezogener Magnetpol entgegengesetzt der aufblitzenden. Der zwischen beiden entgegengesetzten Bewegungen in der Mitte liegende Zustand der Ruhe (die wenigstens als eine relative aufzufassen ist, wenn der sogenannte continuirliche Strom als rasche Folge von Blitzen betrachtet wird) muss also nothwendig wirkungslos sein. Denn bloß von der Wirkung des bewegten Magnetismus handelt es sich hier.

An diese Betrachtung reihte sich in der Note theoretisch eine Methode starke Ströme zu messen. „Es können nämlich leicht zwei Kupferschienen (gleich Condensatoren) auf einander geschliffen und gefirnisst oder durch gefirnisstes Papier getrennt werden. Unterbrochene Ströme von verschiedener Stärke werden durch die eine Schiene geleitet; und in

der anliegenden wird der entstehende inducirte Strom durch einen magnetoelektrischen Multiplicator (Schienenmultiplicator) gemessen.“

Von theoretischer Seite ist nichts einzuwenden gegen diese Methode starke elektrische Ströme zu messen. Denn allgemein gilt der Satz, dass in einem Leiter, der schnell einem andern von einem starken elektrischen Strom durchströmten Leiter genähert wird, momentan ein inducirter Strom entstehe, wodurch das angeführte Experiment theoretisch gerechtfertigt ist. Dennoch, sobald man zur Ausführung des Versuches übergeht: so treten eine Fülle von Neckereien ein in Abhängigkeit, wie es scheint, von einer secundären Mitwirkung des primitiven Stromes. Man darf nur an SAVARY'S anomale Magnetisirung erinnern, um vor derartigen Versuchen zu warnen, wenn man nicht die Absicht hat, die angedeuteten Anomalien zu einem Gegenstande des förmlichen Studiums zu machen.

Schon in demselben physikalischen Lexikon S. 387 machte ich in einer Note aufmerksam durch Anführung der genauesten Versuche, dass der stärkste magnetoelektrische Strom durchaus keine Schlagweite\*) habe. Aber der durch Induction in Metalldrähten erregte elektrische Strom hat eine Schlagweite und nähert sich in sofern der Reibungselektricität, wovon gleichfalls schon in der zweiten Note zu S. 359 die Rede war. Insofern hat also der inducirte Strom eine specielle Beziehung zur Lichterscheinung, und wir dürfen vielleicht

---

\*) Neuerdings hat jedoch DESPRETZ in den *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* XXXVI, 176 hervorgehoben, er habe gefunden, dass in einem fast vollkommen luftleeren Raume schon bei einem und selbst bei fünf Centimetern Abstand nicht nur zwischen Kohlenspitzen, sondern auch zwischen Metallen der Funke übergeht, während die Entfernung sich vermehre mit der Anzahl der VOLTAISCHEN Elemente. Unmittelbar entgegen steht aber diesen Erfahrungen, was DRAPER im *London and Edinburgh Philosophical Magazin* tome IV, p. 349 mittheilte, dass er selbst in der TORRICELLISCHEN Leere ohne vorhergegangene wirkliche Berührung nicht vermochte einen sichtbaren Funken zu erzeugen. Offenbar hat jedoch DRAPER die Kohlenstückchen, die er über das Quecksilber im Barometer aufsteigen liess (während oben ein Platindraht eingeschmolzen im Glase zur TORRICELLISCHEN Leere hinahging) zuvor ausgeglüht, um nicht Luft in den TORRICELLISCHEN Raum zu bringen. Dagegen hatte DESPRETZ keinen speciellen Grund, mit ausgeglühten Kohlen unter der Luftpumpe zu experimentiren. Aber eben dadurch wurde die Kohle durch ihren Luftgehalt im GOERICKE'SCHEN Raum aufgelockert, so dass kleine Theile zum Losreissen geneigt werden mussten. Um diese Geneigtheit zum Losreissen, und dadurch die Entstehung des Funkens zu befördern, amalgamirte ich die Enden des Inductionsdrahtes, wenn nur schwache elektrische Kraft angewandt wurde, und sah dann sogleich die Erscheinung des Funkens. Und wenn DESPRETZ sagt, dass selbst zwischen Metallen im fast vollkommen luftleeren Raum ein Funke übersprungen sei, so wollen wir nicht übersehen, was NEEF in seiner Abhandlung „über das Verhältniss der Elektricität zu Licht und Wärme“ als ihm wahrscheinlich hervorhebt (S. 14), dass jedes feste Metall von einer gasartigen Atmosphäre in einer sehr dünnen Schicht umgeben sei, und dass von dieser der specifische Geruch mancher Metalle herrühre. NEEF sucht in dieser Abhandlung die Lichterscheinung als dem negativen Pol speciell angehörig, die Wärmeerscheinung als dem positiven Pol eigenthümlich darzustellen. Er vergisst jedoch nicht, auch alle die Thatsachen hervorzuheben, welche dafür sprechen, dass vom positiven Polardraht Theile sich losreissen, und am negativen Pole zum Theil in veränderter Gestalt (wie z. B. die Kohle in graphitartigem Zustande) sich anhäufen. Wir werden daher auch hier wieder auf das krystallinische Princip zurückgeführt, indem als positive Metalle vorzugsweise solche auftreten, bei denen das Losreissen der Theile durch die Art des Zusammenhanges derselben erleichtert wird. — Man denke auch an STRACON'S merkwürdigen Versuch, dem gemäss der Funke einer Leidner Flasche die erste Losreissung von Kohlentheilchen bewirken kann zur Einleitung des Lichtogens zwischen den Kohlenspitzen.

der Hoffnung Raum geben, auf diese Weise über die Natur der mit magnetischen Beziehungen (dem Principe nach) zusammenhängenden Lichtstrahlen einige Aufklärung zu erhalten. Diese Hoffnung wird speciell angeregt durch die neuern Inductions-Elektisirmaschinen, welche vermittelst zahlreicher Multiplicatorwindungen construiert worden sind. Daher wollen wir von dieser Seite den Gegenstand weiter verfolgen, und zu zeigen suchen, dass die eigenthümliche Lichterscheinung, die der inducirte Strom hervorruft, in theoretischer Beziehung mit dem Multiplicatorprincip zusammenhängt.

1) Während durch unmittelbare Einwirkung des Magnets auf starke Schienen es so leicht geliugt, elektrische Ströme hervorzurufen, so ist auf lange und dünne Drähte, worauf sich ausschliesslich unsere Inductionsversuche beziehen, unmittelbar mit einem Magnet bloß dann einzuwirken, wenn sie zum Multiplicator aufgewickelt sind. — Und werden zwei oder vier mit Seide sorgfältig, am besten doppelt überspinnene Drähte über einen starken Cylinder von Holz (oder eingeschnittenem Messing mit Zwischenschiebung eines Isolators von Holz oder Horn), der eine Länge von etwa 3 bis 4 Zoll, und eine Dicke in hohler Oeffnung von etwa 5 Zoll hat, neben einander aufgewickelt in zahlreichen Windungen, so kann der eine Draht oder Doppeldraht zur Leitung des primitiven Stromes benützt werden, indess in dem andern einfachen Draht oder Doppeldraht der inducirte Strom sich darstellt. — Die Verstärkung des primitiven Stromes durch lange Drahtleitung und noch mehr durch Aufwindung derselben in Multiplicatorform hat zu der Theorie vom sogenannten Extracurrent Veranlassung gegeben. Man darf aber nur den nebenliegenden Draht, worin der inducirte Strom entsteht, in geschlossenem Kreis anwenden: so ist die vom sogenannten Extracurrent, bei Unterbrechung des primitiven Stromes, abhängige Erschütterung auf einmal verschwunden, selbst wenn man in die hohle Oeffnung des Cylinders zahlreiche Bündel von Eisendraht zur Verstärkung der Wirkung gelegt hat. Mit Heftigkeit tritt aber sogleich die Erschütterung ein, sobald der nebengewickelte Draht nicht mehr in geschlossenem Kreis angewandt, sondern die verbundenen Enden desselben geöffnet werden. — Man überzeugt sich in der Art sehr leicht von dem Zusammenhange der Induction mit dem Multiplicatorphänomen. Und es ist nicht bloß die mit einmal verschwundene sehr lebhafte Erschütterung, welche hier unsere Aufmerksamkeit erregt, sondern parallel der Erschütterung laufen die Lichterscheinungen, welche auf demselben Wege verstärkt oder geschwächt werden können.

2) Noch näher treten wir dem, was über die Natur der Lichterscheinung zu sagen, wenn wir damit in Verbindung bringen, was bei dem von FARADAY entdeckten Zusammenhange der circularen Lichtpolarisation mit Magnetismus zur Sprache kam.

Ich habe hier vorzugsweise im Sinne einen von A. BERTIN, in der Abhandlung *Sur la Polarisation circulaire magnétique* (*Annales de Chimie et de Physique*, 3me série, tome XXIII. S. 1—32) gemachten Versuch. — BERTIN leitete nämlich Lichtstrahlen, deren Polarisations-

ebene z. B. im Flintglas oder in dem von FARADAY bereiteten Boronglas durch Magnetismus (bei dem bekannten Versuch über circulare Lichtpolarisation) gedreht worden war, durch sich nahe liegende neue Gläser, welche gleichfalls der magnetischen Wirkung ausgesetzt waren, und erreichte nicht bloß bei diesen Gläsern, sondern auch bei Flüssigkeiten, denen durch Magnetismus eine auf die Polarisationssebene der Lichtstrahlen wirksame Kraft mitgetheilt wurde, eine Verstärkung in der Drehung dieser Lichtstrahlen. Es waren übersponnene Kupferdrähte aufgewunden auf Spulen, von denen zwei 28 Centimeter Länge hatten und einen durchbohrten Eisencylinder von 8 Centimeter Durchmesser in sich schlossen. Beide, in Contact mit dem Flintglas FARADAY'S von 48 Millimeter Dicke, brachten eine Drehung der Polarisationssebene von 9 Grad hervor. Andere vier Spulen hatten nur 10 Centimeter Länge und schlossen Eisencylinder von 3 Centimeter Durchmesser ein, die gleichfalls der Länge der Axe nach durchbohrt waren.\*) Diese mit aufgewundenen Drähten umwickelten Spulen wurden in eine Rinne von Holz nebeneinander gelegt. Der um die Spulen gewickelte Draht, seine Enden mitgerechnet, bietet nun fünf Intervallen dar, in welche man die dem Magnetismus zu unterwerfenden Substanzen legen kann. Daran reihten sich folgende Versuche.

A. Versuche mit 5 Trögen mit Schwefelkohlenstoff von 1 Centimeter Dicke.

	Drehungen.
Mit 5 Trögen, welche zwischen die 5 Intervalle gesetzt wurden . . . . .	5° 5'
Man nimmt die beiden äussersten Tröge hinweg . . . . .	6° 25'
Man lässt bloß den mittelsten Trog . . . . .	2° 00'
Die 5 Tröge in Contact zwischen zwei doppelten Spulen . . . . .	4° 00'

B. Versuche mit Wasser.

Ein Trog zwischen die Spulen 1 und 2 gestellt . . . . .	0° 55'
Ein zweiter Trog beigefügt zwischen die Spulen 2 und 3 . . . . .	1° 40'
Ein dritter beigefügt zwischen die Spulen 3 und 4 . . . . .	2° 30'
Man setzt die 3 Tröge zwischen 2 doppelte Spulen . . . . .	1° 20'

---

\*) Der übersponnene Kupferdraht, der unmittelbar dem Eisenkern aufgewickelt war (bei dem in den *Ann. de Chim. et de Phys.* 3me série, tome XVIII, p. 318 beschriebenen Apparate von RUMKORFF, dessen sich BERTIN bediente) hatte 2mm 50 im Durchmesser. Was die Masse des Drahtes anlangt, so wird beigefügt, dass die Verfertiger dieser Apparate die Gewohnheit haben, nm den Eisenkern eine Drahtdicke aufzuwickeln, deren Radius gleich dem des Kernes selbst ist, so dass der äussere Durchmesser der Rolle das Doppelte von dem des Cylinders beträgt. — BERTIN hebt hervor, dass er eine Koblenbatterie von 80 EUNSEN'schen Elementen gebraucht, dabei aber gefunden habe, dass es die zweckmässigste Einrichtung sei, nm den grossen Apparat RUMKORFF's in Action zu setzen, vier durch die gleichnamigen Pole verbundene Batterien von 20 Elementen zu vereinigen.

G. Versuche mit Flintgläsern.

	Drehungen.
Ein sehr dichtes Flintglas von 55 Millimeter zwischen zwei Spulen giebt . . .	5° 00'
Das Flintglas FARADAY'S von 48 Millimeter giebt . . . . .	6° 10'
Die beiden Flintgläser in zwei verschiedene Intervalle gelegt . . . . .	11° 10'
Die beiden Flintgläser in Contact zwischen zwei doppelten Spulen . . . . .	9° 30'

„Man sieht,“ fügt BERTIN bei, „dass die Vermehrung, welche man in der Drehung der Polarisationssebene beobachtet, nicht abhängt von der Vermehrung der Dicke des magnetischen Körpers, sondern von der Vertheilung seiner verschiedenen Lagen in den Intervallen der Spulen.“

Der Erfolg hängt bekanntlich ab von der Einwirkung magnetisirten Flintglases oder magnetisirter Flüssigkeiten auf die Lichtstrahlen. Auf den in freier Luft sich bewegenden Lichtstrahl hat die umgebende durch den elektrischen Strom hervorgebrachte magnetische Multiplicatorwirkung keinen Einfluss. Der aus dem Flintglas, oder aus den Flüssigkeiten in den Trögen hervortretende Lichtstrahl behält aber seine durch Farbenerscheinungen zu erkennende Drehung, die ihm mitgetheilt wurde, auch noch bei, ausgetreten aus dem Glas oder der Flüssigkeit. Denn so allein ist die Verstärkung erklärbar, die durch das neue magnetisirte Flintglas oder die neue magnetisirte Flüssigkeit in dem aus der Luft eingetretenen Lichtstrahl hervorgebracht wird.

Offenbar waren die krystallinischen Elemente, welche auch in Flüssigkeiten nicht fehlen, bei dem Flintglas aber allgemein angenommen werden, durch den vermittelt der umgebenden Drähte hervorgerufenen Magnetismus im Eisenkern, an welchem das Flintglas anlag, von einem Magnetismus ergriffen, den wir als einen spiralförmig die Elemente umkreisenden auffassen können. Diesen magnetischen Elementen gemäss wurden die einzelnen Lichtstrahlen entsprechend geordnet, was bei dem Licht allerdings eine Fähigkeit zum magnetischen Spiralschwunge voraussetzt, so dass wir selbst die Lichterscheinung uns in Abhängigkeit von der Heftigkeit des magnetischen Umschwunges zu denken haben. Einmal diesem magnetischen Spiralschwung entsprechend geordnete Lichtstrahlen können durch Multiplicatorwirkung, wie wir den vorliegenden Thatsachen gemäss voraussetzen müssen, ihre Drehung gegenseitig befördern, und verharren darum in dieser Drehung selbst ausgetreten aus dem Glase. So allein lässt es sich denken, dass bei dem Eintritt in ein neues Glas die erhaltenen Drehungen sich verstärken, indem die angenommenen sich zu den neu entstehenden addiren, wie die vorhin mitgetheilten Versuche BERTIN'S zeigen.

Diese Versuche legen dasselbe dar, was bei dem Doppelpath so sehr die Aufmerksamkeit des scharfsinnigen HUGENIUS erregte. Wenn derselbe nämlich neben einem Doppelpath, durch welchen das Licht einer Lampe gegangen war, einen zweiten Doppelpath so hielt, dass

Hauptschnitt auf Hauptschnitt zu liegen kam, so ging der regelmässige Strahl regelmässig, der unregelmässige unregelmässig durch. Keiner von beiden Strahlen erlitt eine neue doppelte Brechung. Diese trat erst ein durch Verschiebung des zweiten Doppelpaths, wobei neben dem regelmässigen ein unregelmässiger, neben dem unregelmässigen ein regelmässiger Strahl erschien, der bei fortgesetzter Drehung des Doppelpaths an Stärke zunahm, in der Art, dass zuletzt, wenn der Hauptschnitt des zweiten Doppelpaths perpendicular auf dem Hauptschnitte des ersten stand, der regelmässige Strahl unregelmässig, der unregelmässige regelmässig durchging. Da nun HUGENIUS die doppelte Strahlenbrechung im Doppelpath von einer Abstossung der Hauptaxe \*) gegen gewisse Theile des Lichtes abgeleitet, und dieser Hypothese gemäss die Lage des unregelmässigen Strahls bestimmen konnte, so war es ihm ganz unerklärlich, dass auch nach dem Austritt aus dem Doppelpath sowohl der regelmässige als der unregelmässige Strahl Eigenschaften beibehielt, die er im Doppelpathe seiner Theorie gemäss der bezeichneten Abstossung der Hauptaxe verdankte. Ich habe, sagt HUGENIUS, die Doppelpathe sehr weit von einander entfernt, konnte aber durch diese Entfernung keine Modification der Erscheinungen, weder bei dem regelmässigen, noch bei dem unregelmässigen Strahl bemerken. Diess ist unerklärlich nach meiner auf die Wirkung der Hauptaxe sich beziehenden Hypothese. — Ich muss, fügt er bei, der Nachwelt die Erklärung der Erscheinung überlassen. — Sie kann offenbar blos aufgeklärt werden durch nähere Bestimmung der Kraft, welche der Lichtstrahl im Doppelpath auf eine Weise erhält, dass er sie beibehalten kann auch nach dem Austritt aus dem Doppelpath.

Wir haben vorhin gesehen (N. II. 1. zum Schluss), dass der regelmässige und unregelmässige Strahl im Doppelpath sich gegenseitig verhalten wie gespiegeltes und gebrochenes Licht, wobei der Versuch mit dem Turmalin uns auf perpendikulare Beziehungen hingeleitet. Es erscheinen bei diesem Versuche die gespiegelten Lichtstrahlen vergleichungsweise perpendikular geordnet im Verhältniss zu den gebrochenen, sofern nämlich von polarisirtem Lichte die Rede, welche Polarisirung der Doppelpath hervorruft.

Durch den Versuch von BERTIN können wir nun näher geführt werden zur Bezeichnung der Kraft, welcher die Lichtstrahlen die eben erwähnte gegenseitige perpendikulare Anordnung

---

\*) Man sagt gewöhnlich von dieser Hauptaxe, dass in ihr keine doppelte Strahlenbrechung stattfindet, und selbst BIOR drückt in seiner Physik (in der Uebersetzung von FECHNER, 2. Aufl. Bd. V. S. 212) sich also aus: „Das Vorhandensein solcher, nach der Richtung der Axe wirkenden, Drehungskräfte, wo die von der doppelten Brechung abhängigen Kräfte null sind, gab zur Genüge zu erkennen, dass sie nicht auf dem krystallinischen Zustande beruhen.“ Jedoch man kann sich sehr leicht überzeugen, dass auch in der Hauptaxe doppelte Strahlenbrechung stattfindet, nur dass das höher liegende regelmässige Bild im Doppelpath das unregelmässige deckt. — Man nehme ein dünnes Stück von zusammenhängenden Rhomboedern des Doppelpathes, worunter man leicht eines finden wird von vollkommener Durchsichtigkeit, welches die beiden Bilder klar nebeneinander zeigt, die jedoch sich übereinander lagern, wenn man das Rhomboeder so dreht, dass man durch die Hauptaxe desselben durchblickt.

verdanken. Es ist nämlich bei BERTIN'S Versuch der die krystallinischen Elemente umkreisende Magnetismus, welcher alle durchgehenden Lichtstrahlen in dieselbe Drehung versetzt, während sich nothwendig diese den magnetischen Gesetzen entsprechenden Drehungen dem Multiplicatorprincipe gemäss gegenseitig verstärken müssen und daher fort dauern können auch nach dem Austritt aus dem durchsichtigen Medium.

Aber schon früher (N. III. 3) wurde aufmerksam gemacht, dass die magnetische Kraft, welche wir den Elementen z. B. des Flintglases mittheilen können, eine verschwindende Grösse sei gegen die Kraft des magnetischen Spiralschwunges, welche den Krystallen z. B. des Bergkrystalls, eigenthümlich ist, und welche ebenso auch im Doppelspath angenommen werden muss. In diesem Zusammenhange combinirt sich leicht die von HUGENIUS gemachte Erfahrung mit den Versuchen von BERTIN. Wir werden durch die letztern auf die magnetische Kraft hingeführt, die den Lichtstrahlen eine bleibende Anordnung zu geben vermag, welche durch dieselbe magnetische Kraft, mittelst des Multiplicatorprinzips, Fortdauer gewinnt. — Ausdrücklich müssen wir hier an die von WEISS (N. III. I. Note) streng nachgewiesenen Drehkräfte in den Krystallen erinnern, deren magnetischer Charakter auf dem bezeichneten Wege experimentell nachweisbar.

3) Speciell ist noch zu sprechen von dem Einfluss, welchen eine lange Drahtleitung auf das Inductionsphänomen hat. Denn bei Erregung von Funken durch Induction kommt es höchst wesentlich auf Anwendung sehr langer Drähte an. Demnach ist daran zu erinnern, dass schon VOLTA bei der gemeinen Elektrisirmaschine auf Verlängerung der Conductoren aufmerksam machte, um dadurch die Wirksamkeit bedeutend zu erhöhen. Derselbe wandte mit Stanniol überzogene Stäbe, die im obern Raume des Zimmers isolirt hin und her geleitet wurden, als lange Conductoren an. VOLTA empfahl diese Verlängerung des Conductors, um durch den einfachen Funken Erschütterungen wie durch eine Flasche zu bewirken. Diese eben erwähnte Einrichtung VOLTA'S ist etwas unbequem, und hat daher wenig Eingang gefunden. Aber sie kann bequem gemacht werden, wenn man die Elektrisirmaschine auf einen feststehenden Schrank stellt mit einer nebenbei, etwa in einer Ecke des Zimmers, angebrachten Stufenleiter, so dass man leicht hinaufsteigen und die gleich dem Schranke gut befestigte Elektrisirmaschine drehen kann. Von dem über den Schrank hinausragenden Conductor geht eine Spirale hinab in weiten Windungen aus Messingdraht oder auch Eisendraht gemacht, während der glatte Messing- oder Kupferdraht weder übersponnen noch überlackirt zu werden braucht. An der Wand können die Enden der vom Conductor herabgehenden Spirale während der Zeit, wo die auf dem Schranke stehende Elektrisirmaschine nicht gebraucht wird, in einem Haken aufgehängt werden. — Eine ähnliche Vorrichtung mit isolirt aufgehängener Spirale lässt sich am Reibzeug anbringen. Seit einer langen Reihe von Jahren, wie d. Jahrb. d. Ch. u. Ph. von 1821 oder Bd. XXXIII. S. 21 zeigt, benützte ich diese Einrichtung im phy-

sikalischen Cabinet der Universität Halle, die schon der Raumersparung wegen sehr bequem ist. Die Erschütterungen, welche der durch Spiralwindung verlängerte elektrische Conductor giebt, haben das Eigenthümliche, dass bei dieser Art der Condensirung nicht, wie bei der Leydener Flasche, der Electricität die Bahn vorgeschrieben ist; sie kann vielmehr sich die Richtung, in welcher sie sich bewegen will, selbst wählen, nicht blos im Arme, sondern auch gleichzeitig im Fuss empfunden, zur Erde hinabfahrend. Die meisten Individuen empfinden dabei eine Kreuzung der Erschütterung, so dass diese im rechten Arm und linken Fuss, oder wenn man mit dem linken Arme den Funken auszieht, im linken Arm und rechten Fuss empfunden wird, vorausgesetzt, dass man ruhig auf beiden Füßen steht, und nicht durch Zufälligkeiten der eine Fuss schon an sich mehr gereizt ist als der andere. Bei den Augenerven kommt bekanntlich eine Kreuzung vor. Aber es ist diese Kreuzung der Nerven nicht im Principe nachzuweisen, obwohl etwas Analoges in dem eben angeführten Versuche mit der Elektrirmaschine sich bei einigen Individuen auf eine mehr oder weniger hervortretende Weise geltend macht. Auch ist es eine pathologische Erscheinung, dass bei Gehirnerschütterungen auf der rechten Seite, wenn eine Lähmung veranlasst wird, diese auf der linken Seite eintritt. — Und eben in dieser pathologischen Beziehung ist die angeführte elektrische Erscheinung interessant, die auf keine andere Weise darzustellen als durch die bezeichnete bedeutende Verlängerung des elektrischen Conductors, wodurch die Capacität desselben so sehr erhöht wird.

Befremden kann es uns in diesem Zusammenhange durchaus nicht, dass auch bei den durch die VOLTAISCHE Säule und die einfache Kette zu erregenden elektrischen Strömen eine verstärkte Wirkung durch lange Drahtleitung zu erhalten ist. Noch bei weitem günstiger aber wirkt die lange Drahtleitung, wenn sie zum Multiplicator aufgewunden wird; denn hier kommen immer die tangentiell aufblitzenden entgegengesetzten Magnetismen neben einander zu liegen und verstärken sich gegenseitig. Noch mehr condensirt wird die Kraft, wenn ein Eisenkern sich in der Spirale befindet. Diese Condensation wird den hervortretenden Funken verstärken, weil den zurückblitzenden magnetischen Tangenten die zurücktretenden Magnetismen in den Bündeln von Eisendrähten (die, wenn es um starke Erschütterung zu thun, statt des Eisenkerns angewandt werden) zu Hülfe kommen, in gleichem Sinne nämlich wirksam zur Erregung des magnetischen Spiralschwunges.

Wir haben, um den Zusammenhang der Induction mit dem Principe des elektromagnetischen Multiplicators darzustellen, in dem vorhin (n. I.) angeführten Versuche Cylinder vorausgesetzt, die grössere Weite als Höhe haben, nämlich eine Höhe von 3—4 Zoll und eine Weite von etwa 5 Zoll. Doch mag auch hier noch ein Versuch angeführt werden mit Aufwindung von Drähten um eine Spule, die etwa 5 Zoll lang, während sie blos eine Oeffnung für einen etwa 2 Linien dicken Eisenkern darbietet. Es seien drei lange mit Seide über-

spinnene Drähte in Spiralen übereinander gewickelt. Die unterste Spirale werde von einem Drahte gebildet, der mit gelber Seide übersponnen; die zweite darüber gewickelte Spirale sei gleichfalls mit mehrfach über einander liegenden Windungen eines Kupferdrahtes gebildet, der aber mit rother Seide übersponnen, und über dieser liege mit zahlreichen Windungen eine Spirale von mit grüner Seide übersponnenem Kupferdraht. — Verbinde man nun die äussere grüne Spirale mit der innern gelben, und leite durch diese beiden Spiralen den primitiven Strom, während die mittlere rothe Spirale durch Induction elektrisirt wird, mit dem Multiplicator in Verbindung gebracht. Man bedarf bei dieser Vorrichtung keiner starken Kette, um auch ohne Eisenkern die Wirkung der Induction auf die mittlere Spirale nachzuweisen, während die Wirkung bedeutend schwächer ist, wenn man die untere gelbe Spirale mit dem Multiplicator in Verbindung bringt, und den primitiven Strom durch die verbundenen zwei äussern Spiralen gehen lässt. Der Grund ergiebt sich von selbst, wenn man erwägt, dass auf jeden Multiplicator die Wirkung eines Hufeisenmagnets, von dem der eine Pol auf die äussere, der andere auf die innere Seite des Multiplicators einwirkt, weit stärker ist, als die blosser Einwirkung mit einem Pol eines stabförmigen Magnets. Es zeigt sich also auch hier wieder die Wirkung der Induction ganz abhängig vom Multiplicatorprincip. Vorzugsweise aber sind grössere Dimensionen in den Multiplicatorwindungen zur Darstellung des Gesetzes der Induction zu empfehlen, und es hat daher die *n. I.* angeführte Vorrichtung entschiedene Vortheile vor der voraus, von welcher soeben die Rede war. Diess geht schon daraus hervor, weil es bei diesen Inductions-Versuchen so wesentlich auf die Länge des Drahtes ankommt. Zugleich ist nicht zu verkennen, dass die Weite des Multiplicatorbogens eine Concentration der gegen den Mittelpunkt zusammenstrahlenden elektromagnetischen Tangenten bewirkt. Die Kraft ist natürlich um so grösser, je zahlreichere Tangenten gegen den Mittelpunkt hin zusammenstrahlen. Darum kommt es auch bei dem Versuche, dem kreisförmig gebogenen Draht durch die elektromagnetische Kraft eine der Magnetnadel analoge Richtkraft mitzutheilen, sehr wesentlich auf die Weite des Bogens an.

4) An den bisher in mehr als einer Beziehung nachgewiesenen Zusammenhang der Inductionserscheinungen mit dem Multiplicatorprincip schliesst nun von selbst die Betrachtung sich an, dass die Lichterscheinungen, welche so lebhaft bei der Induction hervortreten, abhängig seien von der Schnelligkeit des um den Leitungsdraht sich bewegenden Schwungmagnetismus; und in sofern stellen die hervorbrechenden Lichtstrahlen sich als ein Ausdruck dar des mit der grössten Schnelligkeit und Heftigkeit sich bewegenden Schwungmagnetismus. Schon vorhin aber in *N. III.* hatten wir Veranlassung, auf den Umschwung des Magnetismus um die krystallinischen Elementartheile aufmerksam zu machen, und namentlich war vom Bergkrystall die Rede, dem das gewöhnliche Glas bei unsern Elektrirmaschinen sich anschliesst. — Nun ergiebt sich sogleich der Unterschied zwischen Lei-

ter und Nichtleiter bei der Elektricität, indem die in N. III. 3. dargelegten Beobachtungen zeigen, welche grosse Kraft des magnetischen Umschwunges um die krystallinischen Elemente z. B. des Bergkrystalls angenommen werden müsse. Wir haben also, wenn von Schwungmagnetismus die Rede ist, zweierlei zu unterscheiden. Bei der einen Gattung von Körpern vermag der künstlich angeregte Schwungmagnetismus den beständig die Elemente umkreisenden krystallmagnetischen Schwung zu besiegen, so dass er den die Elemente umkreisenden Magnetismus hineinreisst in die ihm eigenthümliche Bewegung. Und solche Körper nennen wir Leiter. Umgekehrt kann aber auch der künstlich angeregte Schwungmagnetismus besiegt werden von dem um die Krystallelemente sich bewegenden natürlichen, so dass er die künstlich angeregten magnetischen Ströme in sich hineinreisst; und solche Körper nennen wir Nichtleiter.

Da nun das Princip der Verstärkung bei dem elektromagnetischen Multiplicator darauf beruht, dass der nordmagnetische Umschwung den süd magnetischen im nebenliegenden Drahte durch Anziehung verstärkt, und ebenso der süd magnetische Umschwung den nordmagnetischen im nebenliegenden Drahte mit sich fortreisst, so begreift man, sobald ausgesprochen wird (was vorliegenden, besonders den in N. III. zusammengestellten, Thatsachen gemäss nicht abzuleugnen) dass die Krystalle ein magnetischer Spiralschwung in ewiger Bewegung umkreise; — man begreift, dass dann unter gewissen Umständen bei diesen Krystallen die Verstärkung des Umschwunges nicht fehlen kann, welche aus dem eben bezeichneten Principe des Multiplicators hervorgeht. Bei Leitern, wie Kupferdrähte, müssen wir natürlich durch Umspinnung mit Seide einen isolirenden Körper anbringen, um einen Multiplicator zu construiren. Bei Isolatoren aber bedürfen die von magnetischen Spiralen umkreisten Krystalle natürlich keiner künstlichen Multiplicatorbildung. — Jedoch die Krystalle können, wenn sie eines Dimorphismus fähig, wenigstens theilweise umgebildet werden, was wir wegen des Zusammenhangs der Krystallisation mit Magnetismus bei starker magnetischer Kraft zu erwarten berechtigt sind. Und liegen dann analoge Krystalle in gleichnamiger Richtung neben einander dem Multiplicatorprincipe gemäss, so wird der magnetische Spiralschwung dadurch kräftiger werden. Wir begreifen also, wie die Wirkung sich blos durch das Nebeneinanderliegen verstärken könne. Diese Verstärkung ist eine Thatsache, welche N. I. (zum Schluss) angeführt und von Biot aus dem NEWTON'schen Principe der sogenannten „Anwendungen“ abgeleitet wurde. Diese Thatsache aber erklärt sich, wie man sieht, einfacher aus dem Multiplicatorprincipe, welches nun eine durchgreifendere theoretische Bedeutsamkeit gewinnt, während bisher der Multiplicator mehr von praktischer Bedeutung (unentbehrlich z. B. bei der Telegraphie) als von theoretischer zu sein schien.

5) Nun haben wir uns den Weg gebahnt, um zu den vorhin erwähnten Versuchen von BERTIN zurück zu kommen. Es kann nämlich der bei circularer Lichtpolarisation sich geltend

machende Zusammenhang der Erscheinungen mit dem Multiplicatorprincipe kaum klarer dargelegt werden, als durch die vorhin angeführten Versuche von BERTIN, indem z. B. eine aus Spiegelglas gebildete mit Schwefelkohlenstoff erfüllte Zelle von 1 Centimeter Durchmesser  $2^{\circ}$  Drehung giebt, während 5 solche Zellen neben einander in 5 Intervallen geordnet, dem Multiplicatorprincip gemäss sich verstärken, wohl nicht sogleich bis zur Drehung von  $5 \times 2^{\circ} = 10^{\circ}$ , aber doch bis zur Drehung von  $8^{\circ} 5'$ . Beim Flintglase stellen die Vermehrungen der bloss durch das Nebeneinanderliegen hervorzurufenden Kraft noch auffallender sich dar.

Und in diesem Zusammenhange wird auch die längst bei der circularen Lichtpolarisation der Flüssigkeiten die Aufmerksamkeit erregende Erscheinung klar, dass es nämlich auf eine gewisse Dicke der Flüssigkeitsmasse ankommt. Indem nun dasselbe Verstärkungsprincip sich auch da geltend macht, wo die circularer Lichtpolarisation durch Magnetismus, z. B. im Wasser hervorgerufen wird: so stellt sich uns die Analogie vor Augen, welche der elektromagnetische Multiplicator zur Aufklärung dieser Erscheinung darbietet. Denn so wie es bei dem Multiplicator auf die Zahl der Windungen, d. h. die Dicke des Multiplicators, ankommt, so wird in krystallinischen Körpern es auf die Zahl der neben einander liegenden, von gleichen magnetischen Schwingungen umkreisten Elemente ankommen. Die im Flintglase künstlich erregten magnetischen Schwingungen um die krystallinischen Elemente werden sich dem Multiplicatorprincipe gemäss neben einander liegend nothwendig verstärken müssen. Bei dünnerem Flintglase werden wir durch die Aneinanderlegung mehrerer Scheiben bis zu einer gewissen, der angewandten elektromagnetischen Kraft entsprechenden Dicke die Wirkung erhöhen können. Unmittelbar reihen sich daran die Erscheinungen, von denen wir gleich zum Schluss des ersten Abschnittes dieser Abhandlung ausgegangen sind. — Nur was die Flüssigkeiten anlangt, dürfen wir nicht vergessen, dass in ihnen das krystallinische Princip keineswegs als verschwunden zu betrachten ist. Zur Darstellung des Zusammenhanges damit haben neuerdings PASTEUR'S Untersuchungen über circularer Lichtpolarisation (in den *Comptes rendus de l'Académie des sciences* vom 9. April 1849 u. s. w. an) höchst interessante Beiträge geliefert.

6) Noch aber ist ein Gesichtspunkt zu beachten, nämlich dass magnetische Flüssigkeiten, z. B. Chloreisenauflösung, sich um so weniger geeignet zeigen zur Hervorrufung circularer Lichtpolarisation durch Magnetismus, je concentrirter sie sind, vielmehr durch Zusatz zu andern Flüssigkeiten die Wirkung derselben schwächen. — Man erinnere sich daran, dass vorhin in N. V. I. ein Versuch angeführt wurde, eine höchst bedeutende Schwächung zu bewirken des bei der Induction hervortretenden Schwungmagnetismus, bloss durch das Schliessen des dem Drahte, durch welchen der Strom geleitet wird, anliegenden oder auch nur nebenliegenden, zum Multiplicator aufgewundenen Drahtes. Und ebenso kann offenbar durch die natürliche Anziehung magnetischer Elemente eine Schwächung des magnetischen Umschwungs

(worauf die circulare Lichtpolarisation beruht) hervorgebracht werden. — Der Ausdruck, dass bloß in diamagnetischen Körpern durch Magnetismus circulare Lichtpolarisation angeregt werden könne, ist daher wenig geeignet zur Aussprechung eines Gesetzes, das zur Aufklärung der Erscheinung führen könnte, welche vielmehr durch den gewählten Ausdruck noch mehr ins Dunkle gezogen wird. — Erwägen wir aber, dass bei dem N. V. I. angeführten Versuch unmittelbar eine Schwächung des zur Lichterscheinung übergehenden magnetischen Spiralschwunges bewirkt wurde: so bietet sich der Weg dar, eine neue Reihe experimenteller Untersuchungen an die Versuche von BERTIN anzureihen, indem es sich fragt, ob die Drehkraft magnetisch geordneter Strahlenbündel unmittelbar bei dem Durchgange durch magnetische Flüssigkeiten geschwächt werden könne. \*)

#### VI. Angereichte Betrachtungen über kosmische Physik.

1) Es ist nicht zu leugnen, dass bei dem Nordlichte sich Lichtsäulen darstellen, welche magnetischen Gesetzen gemäss geordnet sind. BIOT sagt in seiner Abhandlung „über die Natur und die Ursachen des Nordlichts“ (gelesen in der öffentlichen Sitzung der Pariser Akademie am 24. April 1820, und übersetzt von GILBERT im 67. Bd. der Annalen der Physik) S. 22: „Die leuchtenden Strahlen des Nordlichts scheinen, von welcher Seite man sie auch betrachtet, stets grösste Kreise an dem Himmelsgewölbe zu beschreiben, und ihre Richtung insgesamt nach dem Punkte des Himmels zu nehmen, nach welchem eine ganz frei schwebende Magnetenadel (die Abweichungs- und Neigungsnadel zugleich) wenn sie in Ruhe ist, hinweist. Daraus muss man schliessen, dass diese Strahlen in der Wirklichkeit cylindrisch, und der Richtung dieser Nadel parallel sind. Aber es zeigt überdem jeder Strahl in seiner Länge Ungleichheiten der Dicke und des Lichts, von der Art, dass wir annehmen müssen, er sei aus einer Menge kürzerer Cylinder zusammengesetzt, die von einander unabhängig einander zum Theile bedecken. Und dehnt man diese partiellen Anzeigen auf den ganzen Raum aus, in welchem das Meteor verbreitet ist, so lässt sich daraus mit geometrischer Strenge folgendes schliessen: Das Nordlicht besteht aus einem Walde leuchtender Säulen, die alle der mittlern Richtung der magnetischen Kräfte, und folglich unter einander selbst parallel sind, in der Luft in fast gleicher Höhe schweben, und sich dem Beob-

---

\*) Vielleicht ist aus diesem Gesichtspunkt aufzufassen, was HILDEBRANDT in einer Abhandlung über elektrisches Spitzenlicht im Journ. d. Ch. u. Ph. Bd. XI. (vom Jahr 1814) S. 445 hervorhebt bei Vergleichung der Versuche mit kleinen gleichmässig gearbeiteten Metallkegeln von Spiessglanzmetall, Gold, Nickel, Silber, Messing, Wismuth, Kupfer, Zinn, Zink, Eisen, Blei, weichem Stahl und hartem Stahl (in welcher Ordnung sie mehr oder weniger Strahlungsvermögen zeigten). HILDEBRANDT fügt ausdrücklich bei: „Bei dem Eisen und Stahl bemerkten wir, dass sie ungeschaltet des gleichmässigen Fortdrehens der Maschine bisweilen aussetzten, oder nur ein sehr schwaches Licht gaben. Bei den übrigen Metallen war diess nicht zu bemerken.“

achter in verschiedenen horizontalen Richtungen zeigen. Da diese Säulen in verschiedenen Abständen vom Beobachter sind, so müssen sie ihm, den Regeln der Perspective zufolge, in verschiedenen Höhen zu schweben, sich auch einander zu bedecken scheinen, und zum Theile eine auf die andere projiciren. Dagegen müssen sie von einander getrennt erscheinen, wenn sie sich weit genug über dem Horizont erhoben haben, dass das Auge ihre Zwischenräume gewahr werden kann. Bewegen sie sich gemeinschaftlich mit einander fort, und eine Anzahl derselben wird über den Scheitelpunkt des Beobachters und den Punkt am Himmel hinausgeführt, nach welchem die ihnen parallele Neigungsnadel hinweist, so muss die Projection dieser Säulen auf das Himmelsgewölbe um den eben genannten Punkt eine Krone oder einen leuchtenden Heiligenschein (Glorie) bilden, und es wird das Ansehen haben, als gingen von ihr nach allen Seiten Strahlen nach dem Horizonte bis zu der Höhe herab, bis zu welcher diese sich fortbewegenden meteorischen Säulen werden scheinen herabgekommen zu sein. Alles dieses ist von DALTON durch geometrische Erörterungen vollkommen gut dargelegt und entwickelt worden, wahrscheinlich ohne dass er wusste, dass schon im Jahr 1716 COTES diese Schlüsse gemacht und dass CAVENDISH, der strengste der Männer von Genie, sie seitdem angenommen hatte; welches ich in der Absicht bemerke, um zu zeigen, dass man diese Folgerungen als streng erwiesen annehmen kann.“

2) Wer neben den ältern (BIOT geht von GASSENDI'S Beobachtung aus am 12. September 1612) auch die neuern und neuesten Beobachtungen berücksichtigt sehen will, den können wir auf die Abhandlung über das Nordlicht im Handwörterbuch der Chemie und Physik, Berlin 1850, verweisen. In dieser Abhandlung hat HANKEL nicht blos die ältern schon von BIOT gemachten Zusammenstellungen über den Ort der Nordlichtkrone in den einzelnen magnetischen Zeitepochen benützt, sondern daran auch die neuesten Beobachtungen gereiht, mit specieller Rücksicht auf HANSTEEN'S interessante Abhandlung über Polarlicht und Polarnebel (in d. Jahrb. d. Chem. u. Phys. Bd. 46. S. 188 — 212 u. Bd. 48. S. 360—373). Wir wollen in dieser Hinsicht den Schluss der Abhandlung hier anreihen: „Nach HANSTEEN soll die Materie des Nordlichts erst dann ihre leuchtende Eigenschaft erlangen, wenn sie weit ausserhalb der Erdatmosphäre ist. Während dieselbe jedoch die Atmosphäre durchströmt, soll sie gerade die entgegengesetzte Wirkung hervorbringen und die Atmosphäre undurchsichtig machen. Hierdurch erklärt er das dunkle Segment, indem man nach dieser Richtung hin durch einen langen Strich hindurchsieht der Atmosphäre, welche durch die sie durchströmende Nordlichtmaterie undurchsichtig geworden ist. Der ganze Raum unter dem Nordlichte hat daher eine dunkle Farbe, die aber um so weniger dunkel erscheinen muss, je näher der Ort der nördlichsten Grenze des Nordlichts ist, wie durch die Beobachtungen sich herausgestellt, denen gemäss auch die magnetische Intensität vor jedem Nordlicht auf eine ungewöhnliche Höhe steigt, während das Nordlicht die Wiederherstellung

des frühern Gleichgewichtes herbeiführt. — Dass der höchste Punkt des Nordlichtbogens nicht immer genau im magnetischen Meridiane liegt, sondern oft mehr oder weniger davon abweicht, während die Krone viel beständiger ihre Stelle am magnetischen Zenith einnimmt, und ihr Schwanken nach den Beobachtungen von WILCKE zugleich mit dem entsprechenden Schwanken der Neigungsnadel verbunden ist, scheint sich aus der eben erläuterten Entstehung des Nordlichts leicht zu erklären. Die Krone wird durch Strahlen gebildet, welche in unserer Umgebung in der Richtung einer frei schwebenden Magnetenadel aufsteigen; sie hat also genau die Richtung der Neigungsnadel an dem Orte des Beobachters. — Die Strahlen, welche den Nordlichtbogen bilden, haben aber, weil sie an andern, von dem Beobachter entfernten Orten aufsteigen, die jenen Orten entsprechende Neigung und Richtung, die von der des Beobachtungsortes verschieden sein kann, so dass folglich der höchste Punkt des Nordlichtbogens etwas von dem magnetischen Meridiane des Beobachters abweicht.“

3) Da nun hier offenbar die Lichtstrahlen sich magnetischen Gesetzen gemäss ordnen, wie thatsächlich aus den angeführten Erscheinungen hervorgeht: so können wir die Möglichkeit einer solchen Anordnung bloß dann begreifen, wenn wir voraussetzen, dass selbst die Quelle des Lichtes der Magnetismus sei. Und dieser Gedanke drang sich uns auf eine ergreifende Weise wie eine höhere Offenbarung auf, als endlich nach vielen vergeblichen Bemühungen es gelungen, die erste Lichterscheinung durch Magnetismus hervorzurufen, wobei die beständige (wenigstens partielle) Aufhebung und Schliessung der magnetischen Kette eine Hauptbedingung war. Und erwogen wir, was N. III. in vorliegender Abhandlung über Krystallmagnetismus gesagt, so bot sich uns der Gedanke dar, dass diese beständige Aufhebung und Schliessung der magnetischen Kette zum Begriff der Reibungselektricität gehöre. Sind zwei Multiplicatoren neben einander angebracht, und es wird durch bekannte Vorrichtungen in dem einen derselben der Schwungmagnetismus (sogenannte elektrische Strom) beständig unterbrochen, so tritt in ihm und nebenliegendem Multiplicator die lebhafteste Lichterscheinung hervor, welche wir auf magnetischem Wege hervorzurufen vermögen. Man sieht, dass bei diesem Experimente Schwung und Rückschwung der magnetischen Spiralschwungung sich unmittelbar aneinander reihen und nach allen Seiten elektromagnetische Tangenten ausstrahlen. Dadurch aber wird die Möglichkeit gleichmässig geordneter magnetischer Spiralschwungungen, wie sie in andern Fällen, namentlich bei den Nordlichtern, sich darstellen, nicht aufgehoben. — Dass wirklich von magnetischen Umschwingungen und zwar bei dem Fortschreiten des Lichtstrahls Spiralschwungungen der Nordlichtstrahlen die Rede sei, solches zeigt das Auftreten analoger Erscheinungen bei den Kometenschweiften. Wenn nämlich das Nordlicht ein Ausdruck des Erdmagnetismus, so ist der Komet ein Ausdruck des Weltmagnetismus. Und eben dadurch wird folgende Beobachtung BESSEL'S überaus wichtig, die wir sogleich anführen wollen, jedoch mit der Nebenbemerkung, dass damit die Thatsachen zusammenhängen, welche in

der Schrift über stöchiometrische Reihen S. 14—44, sowie in dem daran sich anschliessenden (in den Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle vom Jahr 1853 oder Bd. I. 4tes Quartal mitgetheilten) Aufsatz über die Umdrehung der magnetischen Erdpole und ein davon abgeleitetes Gesetz des Trabanten- und Planetenumlaufs von mir zusammengereicht wurden. Hier genügt es, folgendes hervorzuheben:

4) BESSEL beobachtete (s. dessen Abhandlung in POGGENDORFF's Annalen der Physik 1836 Bd. XXXVIII. S. 498 ff.) eine schwingende Bewegung des gegen die Sonne gerichteten Schweifes bei dem HALLEY'schen Kometen von 4,6 Tagen, welche, wie er hervorhebt, unmöglich aus den Schwergesetzen zu erklären, sondern „blos durch eine Kraft, zu deren Natur eine schwingende Bewegung gehört.“ Und eine solche ist der Elektromagnetismus. Aehnliche Beobachtungen wie BESSEL bei dem HALLEY'schen Kometen, hat schon HEINSIUS bei dem Kometen von 1744 gemacht. Und bei einem Kometen von 1825 (s. *Edinburgh Journal of Science* 1827, Januarheft) deuteten analoge Erscheinungen auf eine Rotationsbewegung des Schweifes von 19 Stunden 36 Minuten. Wenn nun der ganze Kometenschweif eine Rotation zeigt, welche bei dem fortschreitenden Kometen offenbar als Spiralschwingung sich darstellt, folgt nicht daraus, dass die einzelnen Lichtstrahlen selbst, aus denen der Kometenschweif gebildet, analoge Schwingungen zeigen werden? Sonach wird bei Kometen die Erscheinung, welche bei Nordlichtern hervortritt, noch schärfer bestimmt, so dass die Möglichkeit der Fortdauer dieser spiralförmigen Schwingungen den Multiplicatorgesetzen gemäss, wodurch sie sich gegenseitig verstärken, aufgefasst werden kann.

5) Zugleich werden nun Nebenerscheinungen verständlicher, welche bei dem Nordlichte vorkommen, und worauf HANSTEEN's Abhandlung über Polarlicht und Polarnebel, wie wir schon vorhin erwähnten, aufmerksam macht. Combiniren wir nämlich mit diesen magnetischen Spiralschwingungen der einzelnen Nordlichtstrahlen die neuerdings entdeckte Erscheinung, dass Oxygen der magnetischen Anziehung fähig ist, so begreifen wir, dass Oxygen durch einen spiralförmigen magnetischen Umschwung der Lichtstrahlen in analogen Umschwung hineingezogen werden kann. Es wird uns also nun leichter, die Erkältung zu verstehen, welche vom Nordlicht in der Atmosphäre veranlasst werden kann, und wodurch eben die Polarnebel und das damit zusammenhängende dunkle Segment hervorgerufen werden. Zugleich wird es auch verständlich, wie Beobachtungen gemäss Stürme durch starke Nordlichter veranlasst werden können in Abhängigkeit von den Luftschwingungen, welche die magnetischen sich dem Multiplicatorprincipe gemäss gegenseitig verstärkenden Spiralschwingungen der Nordlichtsäulen in der Luft erregen, woran leicht Wirbelwinde sich anschliessen mögen.

**VII. Ueber dunkle Streifen, welche gesetzmässig neben Lichtstreifen sich darstellen, analog den neben den Nordlichtsäulen aufsteigenden dunkeln Säulen.**

Bis jetzt steht Oxygen unter den Gasarten noch ziemlich isolirt als eine magnetische da. Zunächst aber schliessen den Beobachtungen PLUECKER's\*) gemäss sich die rothen Dämpfe der Salpetersäure an. Diess giebt mir Veranlassung, folgende vielleicht weiter zu verfolgende Thatsachen mitzutheilen, woraus ich seit länger als 10 Jahren einen Collegienversuch gemacht habe, der mit DOVE's für die Einstellung der Krystalle so bequem eingerichteten, zur Nachweisung der optischen krystallinischen Axen bestimmtem Apparat angestellt wurde. Experimentirt man mit dem Arragonit, so lassen sich die zwei optischen Axen desselben leicht darstellen durch eine kleine Verschiebung der Fassung, worin der Krystall angebracht ist. Mit Beziehung auf die Zeichnung der farbigen Ringe verhält sich eine Axe genau wie die andere bei der Beobachtung mit gemeinem Tageslichte. Dasselbe gilt, wenn man statt des gemeinen Tageslichtes eine Weingeistflamme anwendet, deren Docht mit Salz eingerieben ist, wobei die Flamme ganz gelb erscheint. Nur stellen dann blos in grosser Anzahl gelbe Ringe sich dar. Ein Phänomen aber zeigt sich, welches mit gemeinem Tageslichte nicht zu beobachten. Es treten nämlich bei dem Uebergange von einem Ringsysteme zum andern hyper-

---

\*) PLUECKER drückt in POGGENO. ANN. Bd. 53. S. 301 sich also aus: „Das Sauerstoffgas behält die nachgewiesene Coer- citivkraft auch dann, wenn es mit andern Gasen mechanisch gemengt ist. Ich habe dieses insbesondere bestätigt gefunden, wenn Sauerstoffgas zugleich mit Stickstoffgas, mit Kohlenoxydgas und mit Chlor in der Kugel sich befand. Endlich zeigt sich die fragliche Coeritivkraft auch noch bei gewissen chemischen Verbindungen des Sauerstoffgases mit Stickstoffgas, bei Stickstoffoxydgas  $\ddot{N}_2$  und salpetriger Säure  $\ddot{N}_2$ , in welchen das Sauerstoffgas, wie es nach meinen bisherigen Beobachtungen scheint, ganz ausnahmsweise seinen Magoetismus behält.“ — — Ins Einzelne gehende Versuche führt PLUECKER an in POGGENO. ANN. Bd. 84. S. 165 ff. (wohei es jedoch unbestimmt bleibt, ob nicht vielmehr von Mengung als von chemischer Verbindung die Rede sei) während FARADAY in der 25. Reihe seiner Experimental-Untersuchungen über Elektrizität N. 2792 (POGGENO. ANN. Ergänzungsbd. 3. S. 105) sich also ausdrückt: „Unter den bisher untersuchten Gasen ist keins, welches mit dem Sauerstoff verglichen werden könnte. Neben demselben sind die folgenden vergleichungsweise indifferent: Chlor, Bromdampf, Cyan, Stickgas, Wasserstoff, Kohlensäure, Kohlenoxyd, ölbildendes Gas, Stickstoff-Oxydul und Oxyd, salpetrigsaurer Dampf, Salzsäure, schweflige Säure, Jodwasserstoffsäure, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Steinkohlengas, Aetherdampf und Schwefelkohlenstoffdampf; denn obwohl einige, wie ölbildendes und Cyan-Gas, etwas diamagnetisch zu sein scheinen, und andere, wie Stickstoffoxydul und Stickstoffoxyd magnetisch sind, so verschwinden doch ihre Wirkungen im Vergleich zu der des Sauerstoffs.“ — — Es kommt aber auch eine Nebenbeobachtung in Erwägung, welche PLUECKER gemacht hat. Es heisst nämlich in POGGENO. ANN. Bd. 84. S. 171: „Beim ersten Einströmen des Sauerstoffgases in die mit Stickstoffoxydgas gefüllte Glaskugel bildete sich in der Mitte derselben anfänglich ein tief rothgelb gefärbtes Gas, das allmählig die ganze Kugel gelblich roth färbte. Schliesslich wurde noch so viel Sauerstoff zugelassen, dass die Spannung des Gases in der Kugel dem äussern Luftdrucke gleich kam. Als die Wagschale, um die Kugel allmählig von den Halbankern abzuziehen, belastet wurde, tanzte die Glaskugel, bald angezogen, bald abgestossen, auf den Ankern oft 10 bis 12 mal auf und ab, bis sie sich in Folge einer stärkern Abstossung so weit entfernte, dass sie ganz abgezogen wurde. Es spricht dieses unzweifelhaft für eine innere Thätigkeit, die in der Gasmischung vor sich ging.“ — — Auch bei einem spätern analogen Versuch (S. 179) zeigte sich gleichfalls der Tanz der Kugel an den Polen auf und ab. Und es ist wahrscheinlich, dass ein Wechsel der chemischen Verbindung und mechanischen Mengung dabei im Spiele sei.

bolische Zeichnungen hervor. Man sagt, die Erscheinung sei im homogenen gelben Lichte begründet, welches der mit Salz eingeriebene Docht der Weingeistflamme ausstrahlt. Aber dieselben [höchst interessanten hyperbolischen Zeichnungen stellen sich auch dar, obwohl schwächer, wenn man die reine Weingeistflamme anwendet. Ob sie bei der Beobachtung im prismatischen Lichte, sei es im homogenen gelben oder anders gefärbten Lichte, sich darstellen werden, ist noch zu untersuchen. Davon überzeugete ich mich bei einem rein rothen Glase, wie es bei alten Kirchenfenstern vorkommt, und welches vollkommen monochromatisch war, dass dieses rothe Glas nicht im Stande sei, eine Spur der hyperbolischen Zeichnungen bei dem Uebergange von einem System zum andern hervorzurufen. Ueberhaupt scheint es auf diese Monochromasie nicht wesentlich anzukommen, was aus folgender Thatsache hervorgeht.

Es ist am bequemsten mit der ARGAND'schen Lampe zu operiren, wobei jedoch, welche farbige Gläser man auch zwischenstellen mag, keine Spur erhalten wird jener interessanten hyperbolischen Zeichnungen, welche den Uebergang bilden von einem Ringsystem zum andern. Stellt man aber eine Flasche mit Salpetersäure, die starke Dämpfe ausstösst, dazwischen, so rufen diese gelbrothen Dämpfe sogleich die Zeichnungen hervor, je nach der Masse derselben mehr oder minder deutlich. Keine Spur der Zeichnungen aber stellt sich ein, wenn das Licht durch die auch noch so tief gefärbte Masse der Flüssigkeit geht. Deutlich sieht man, dass hier alles auf den luft- oder dampfförmigen Zustand ankommt.

Man hat etwas Aehnliches schon bemerkt bei den FRAUENHOFER'schen dunkeln Linien im Prisma, welche BREWSTER \*) gleichfalls durch salpetersaure gelbrothe Dämpfe hervorzurufen vermochte. Jedoch es stellten nicht dieselben FRAUENHOFER'schen Linien, sondern zum Theil andere sich dar. Bei jenen von mir erwähnten Zeichnungen, welche den Uebergang bilden von einem Ringsystem im Arragonit zum andern, scheinen die rothen salpetersauren Dämpfe ganz und gar dieselben Zeichnungen hervorzurufen, welche bei der Weingeistflamme, und noch schärfer und deutlicher sich darstellen bei der entstehenden hellgelben Flamme, wenn der Docht der Weingeistlampe mit Salz eingerieben worden.

Auch stellte eine Modification der FRAUENHOFER'schen Linien sich dar, wenn man Jodindämpfe oder Bromdämpfe oder Chlorgas anwandte (s. POGGENDORFF's Ann. Bd. XXVIII. S. 387). Es schien überhaupt, dass gefärbte Dämpfe nothwendig seien. Demnach möchte man glauben, dass selbst die blaue Farbe der Atmosphäre, bei der Art wie FRAUENHOFER ursprünglich experimentirte, von wesentlichem Einfluss sei.

Doppelt interessant ist es daher, bestimmte Zeichnungen, welche durch das Krystallisationsystem im Arragonit hervorgerufen werden, vor sich zu haben, welche, wie es mir bei

---

\*) Vgl. POGGENDORFF's Ann. d. Phys. Bd. XXVIII. S. 380—386, XXXIII. S. 234 u. XXXVIII. S. 50 ff.

dem Anblicke derselben schien, unabhängig sind von der farbigen Beleuchtung, lediglich bestimmt durch die krystallinischen Gesetze. Sie treten, wie gesagt, am lebhaftesten hervor bei der stark gelb gefärbten Flamme, welche man erhält durch Einreibung des Dochtes einer Weingeistlampe mit Kochsalz. Da nun in den hyperbolischen Zeichnungen, welche bei dem Uebergang von einem System zum andern sich darstellen, gewissermassen eine andere Art der Beleuchtung sich geltend macht, so kann man auf den Gedanken kommen, dass die sogenannte geforderte Farbe, die bei jeder farbigen Beleuchtung so leicht hervortritt, die Ursache sei, welche die Wahrnehmung der hyperbolischen Zeichnungen erleichtert.

Aber was ist die Ursache, dass blos dampfförmige oder gasförmige Körper sie hervorrufen? Man erhält durch die wichtige Entdeckung, dass Oxygen eine magnetische Gasart sei, und auch die gelbrothen Dämpfe der Salpetersäure nach PLUECKER'S Untersuchungen sich magnetisch zeigen, wenn gleich im minderen Grade, Anleitung, von dieser Seite etwa folgende experimentelle Untersuchungen anzustellen.

Es kann eine mit parallelen Spiegelgläsern von beiden Seiten genau verschlossene Röhre von angemessener Länge und Weite, in welcher Oxygen an der einen Seite einzuleiten, an der andern Seite abzuleiten, in der Art vorgerichtet werden, dass die atmosphärische Luft durch Oxygen vollständig ausgewaschen, und auch der Grad der Compression des Oxygens durch in einer Röhre emporgetriebenes Quecksilber gemessen wird. Auch kann man diese Röhre mit Knoten zahlreicher Multiplicatordwindungen umgeben, welche das mehr oder minder zusammengepresste Oxygen magnetisiren. Behält man nun, der farbigen Beleuchtung wegen, die gelbrothen Dämpfe der Salpetersäure so weit bei, dass die hyperbolischen Zeichnungen, wenn gleich nicht lebhaft, doch wahrnehmbar hervortreten: so kann man durch Einschiebung der mit magnetisirtem Oxygen erfüllten Röhre sehr leicht erkennen, ob die Lebhaftigkeit der hyperbolischen Zeichnung, welche bei dem Uebergang von einem Ringsystem zum andern hervortritt, durch dieses magnetisirte Oxygen erhöht wird. Wäre solches der Fall, so würden wir eben dadurch in ein neues Gebiet der Wirksamkeit des Magnetismus geführt, welches zusammenhängen mag mit den bei dem Nordlicht hervortretenden Erscheinungen, wobei, wie HANSTEEEN ausdrücklich hervorhebt, neben den Lichtsäulen auch schwarze Säulen emporsteigen.

Längst wollte ich daher obige Versuche anstellen, wurde aber theils durch Amtsgeschäfte, theils durch Kränklichkeit daran verhindert. Ich bringe sie nun als problematische Untersuchungen zur Sprache, die auf alle Fälle angestellt werden müssen, welchen Erfolg sie auch haben mögen. Denn wenn dieser Erfolg ein negativer ist, so werden wir auf Abänderungen der Versuche aus andern Gesichtspunkten dadurch hingeführt werden.

## Inhaltsanzeige.

---

I.	Historisches . . . . .	S. 201—208
II.	Bemerkungen über allgemeine Analogien zwischen den elektromagnetischen und den zur Lichtpolarisation gehörigen optischen Erscheinungen . . . . .	208—210
III.	Bildung der Krystalle unter dem Einflusse fortdauernder magnetischer Bewegung . . . . .	210—212
IV.	Ueber den Krystallmagnetismus überhaupt, mit specieller Beziehung zum sogenannten Diamagnetismus . . . . .	212—220
V.	Ueber Induction und Hervorrufung ihr eigenthümlicher Lichterscheinungen dem Princip des elektromagnetischen Multiplicators gemäss . . . . .	220—231
VI.	Angereicherte Betrachtungen über kosmische Physik . . . . .	231—234
VII.	Ueber dunkle Streifen, welche gesetzmässig neben Lichtstreifen sich darstellen, analog den neben den Nordlichtsäulen aufsteigenden dunkeln Säulen . . . . .	235—237

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Halle](#)

Jahr/Year: 1854

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Schweigger Johann Salomo Christoph

Artikel/Article: [Ueber die optische Bedeutsamkeit des am elektromagnetischen Multiplicator sich darstellenden Princips zur Verstärkung des magnetischen Umschwungs 201-238](#)