

ANNALEN DER PHYSIK UND CHEMIE.

Bd. III.

ERGÄNZUNG.

St. I.

I. *Zwei und zwanzigste Reihe von Experimental- Untersuchungen über Elektrizität; von Michael Faraday.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus den *Phil. Transact.* f. 1849; ein kurzer Auszug davon findet sich schon in diesen Ann. Bd. 76, S. 144 ¹). Was die früheren Abhandlungen betrifft, so giebt über die ersten achtzehn der Registerband dieser Annalen den nöthigen Nachweis; die neunzehnte steht im Bd. 68 (S. 105), die zwanzigste im Bd. 69 (S. 289) und die ein und zwanzigste im Bd. 70 (S. 24). Auch ist die drei und zwanzigste schon im Bd. 82 (S. 75 und 232) gegeben worden.)

§. 28. Ueber die Krystallpolarität des Wismuths und anderer Körper und über ihre Beziehung zur magnetischen Kraftform.

2454. **M**anche der bei Einwirkung des Magnets auf Wismuth erhaltenen Resultate haben mich zu verschiedenen Zeiten stutzig gemacht und genöthigt, bei einer unvollständigen Erklärung stehen zu bleiben oder sie einer künftigen Untersuchung zu überlassen. Gegenwärtig habe ich diese Untersuchung wieder aufgenommen und bin dadurch zur Entdeckung der folgenden Resultate gelangt. Ich kann jedoch nicht besser auf den Gegenstand eingehen als

1) Wir überliefern diese Abhandlung hier ausführlich, ungeachtet die Arbeiten von Plücker (Ann. Bd. 72, S. 315 und 343; Bd. 76, S. 576; Bd. 77, S. 447; Bd. 78, S. 421); Plücker und Beer Bd. 81, S. 115 und Bd. 82, S. 42) und Knoblauch und Tyndall (Ann. Bd. 79, S. 233 und Bd. 81, S. 481) den Gegenstand zum Theil schon weiter geführt haben, um die Sammlung der in das Gebiet der Elektrizität einschlagenden Untersuchungen des großen britischen Physikers den Annalen in Vollständigkeit zu erhalten. P.

durch eine kurze Beschreibung der vorkommenden Anomalien, die man nach Belieben erhalten kann.

2455. Wenn man sauberes gutes Wismuth in dem mittleren kugelförmig ausgeblasenen Theil einer offenen ¹⁾ Glasröhre mittelst einer Weingeistlampe zum Schmelzen bringt, und es dann, durch Umwenden der Vorrichtung, in den röhrenförmigen Theil versetzt, so erhält man es leicht in langen Cylindern, die sehr blank sind und beim Zerbrechen krystallinisch erscheinen, gewöhnlich mit Spaltungsebenen in der Quere. Ich bereite sie von 0,05 bis 0,1 Zoll im Durchmesser, und wenn das Glas dünn ist, breche ich es zusammen mit dem Wismuth durch, und hebe die kleinen Cylinder in ihrer Glashülle auf.

2456. Als ich aufs Gerathewohl einige dieser Cylinder nahm, und horizontal zwischen den Polen eines Elektromagnets (2247) aufhing, zeigten sich folgende Erscheinungen. Die ersten stellten sich axial, die zweiten aequatorial, die dritten, in einer Lage aequatorial und, wenn sie 50° bis 60° um ihre Axe gedreht wurden, schief, die vierten, unter denselben Umständen, aequatorial und axial; bei senkrechter Aufhängung stellten sie sich alle gut vibrirend um eine endliche feste Lage, welche keine Beziehung zu der Gestalt der Cylinder zu haben schien. In allen diesen Fällen war das Wismuth stark diamagnetisch (2295 etc.), indem es von einem einzelnen Magnetpol abgestoßen ward, und zwischen zwei Magnetpolen nach jeder Seite hin aus der axialen Linie wich. Ein ähnliches Stück feinkörniges oder granulirtes Stück Wismuth erlitt unter gleichen Umständen und zur selben Zeit eine ganz regelmässige Einwirkung, indem es die aequatoriale Stellung annahm (2253) wie es ein bloß diamagnetischer Körper thun muß. Als Ursache dieser Abweichungen ergab sich zuletzt die regelmässig krystallinische Beschaffenheit der Metallcylinder.

I. Krystallpolarität des Wismuths.

2457. Einiges Wismuth wurde in der gewöhnlichen Weise krystallisirt, indem man es in einem sauberen eiser-

1) Wohl an einem Ende verschlossenen Glasröhre.

P.

nen Löffel schmelzte, zum Theil erstarren liefs, und das Flüssige des Inneren ausgoß. So erhaltene Stücke wurden durch kupferne Hämmer und Werkzeuge zerschlagen, und diejenigen Krystallgruppen ausgelesen, bei denen sämtliche Krystalle eine symmetrische Anordnung besaßen, also wahrscheinlich in gleicher Richtung wirkten. Wenn diese Stücke irgendwo mit dem eisernen Löffel in Berührung gewesen waren, wurden sie durch Abreiben mit Sandstein und Sandpapier gereinigt. So wurden leicht Stücke von 18 bis 100 Grm. erhalten.

2458. Der zuerst angewandte Elektromagnet war der schon beschriebene (2247), versehen mit beweglichen Endstücken, die konische, runde oder flache Pole darboten. Zur leichten und gegen magnetischen Einfluß gesicherten Aufhängung des Wisnuths wurde gewöhnlich die folgende Vorrichtung gewählt. Ein einfacher Coconfaden, 12 bis 24 Zoll lang, der oben an einem passenden Gestelle hing, war unten an dem Ende eines dünnen geraden und wohl gereinigten Kupferdrahtes von 2 Zoll Länge befestigt; das untere Ende dieses Drahtes war zu einem Knöpfchen aufgewickelt und dort versehen mit einem Klümpchen Kitt aus 4 Th. weißem Wachs und 1 Th. Canadabalsam. Der Kitt war weich genug, um bei Druck an jede trockne Substanz zu kleben, und doch so hart, daß er Gewichte von 300 Gran und darüber trug. Diese Vorrichtung wurde zuvörderst allein dem Magnet ausgesetzt, um zu ermitteln, ob sie keine Einwirkung von demselben erleide, denn sonst wären die Resultate nicht zuverlässig gewesen.

2459. Ein Stück von ausgelesenem Wismuth (2457) 25 Gran schwer, wurde zwischen den Polen eines Magnets aufgehängt; es bewegte sich mit großer Freiheit. Die es bildenden Würfel saßen, wie gewöhnlich, hauptsächlich in der zwei gegenüberliegende Ecken verbindenden Linie an einander, und diese Linie lag auch in der größten Länge des Stücks. Sowie die Magnetkraft erregt ward, schwang das Wismuth stark um eine gewisse Linie, in welcher es zur Ruhe kam; aus derselben abgelenkt, kehrte es, los-

gelassen, in sie zurück, und stellte sich mit bedeutender Kraft, seiner größten Länge nach, *axial*.

2460. Nun wurde ein anderes Stück von flacherer Form ausgelesen; der Magnetkraft unterworfen, stellte es sich mit gleicher Kraft und Leichtigkeit, aber, seiner größten Länge nach, *aequatorial*; doch hatte die Linie, nach welcher die Würfel sich diametral an einander reibten, eine *axiale* Richtung. Andere Stücke von anderer Form oder durch Abreiben auf Stein in andere Formen gebracht, stellten sich alle gut ein, und nahmen zuletzt eine Lage an, die keine Beziehung zu dieser Form hatte, sondern offenbar von der krystallinischen Beschaffenheit der Substanz abhing.

2461. In allen diesen Fällen war das Wismuth diamagnetisch, ward stark von jedem Magnetpol abgestoßen oder aus der Axiallinie geworfen, und zwar nur bei Gegenwart der Magnetkraft. Es begab sich in eine vollkommen bestimmte Lage und kehrte, aus ihr abgelenkt, immer dahin zurück, sobald die Ablenkung nicht über 90° hinausging; dann drehte es sich weiter und nahm eine neue, gegen die frühere, diametrale Lage an, die es mit gleicher Kraft und in gleicher Weise behauptete. Diese Erscheinung war bei allen Resultaten, über die ich berichten werde, die allgemeine; ich will sie mit den Worten, *diametral*, *diametrale* Einstellung oder Lage, bezeichnen.

2462. Die Erscheinung zeigt sich auch bei einem einzelnen Magnetpol und es ist dann auffallend, zu sehen, daß eine so diamagnetische Substanz wie Wismuth abgestoßen wird, und sich doch zugleich mit Kraft in die axiale Lage dreht, wie es eine magnetische Kraft thun würde.

2463. Diese Wirkung auf das Wismuth ist gleich, die angewandten Magnete (2358) mögen spitz, rund oder flach seyn; defsungeachtet hat die Gestalt der Pole einen wichtigen Einfluß untergeordneter Art und einige Gestalten eignen sich mehr als andere zu diesen Untersuchungen. Bei Anwendung zugespitzter Pole divergiren die Magnetkraftlinien (2149) rasch, und die Kraft nimmt nach der Mitte des Abstandes von jedem Pole hin ab. Allein bei

Anwendung flacher Pole giebt es, obwohl die Kraftlinien gekrümmt, und an und nach den Enden der Flächen hin von verschiedener Stärke sind, doch in der Mitte des magnetischen Feldes einen Raum, wo diese Linien als parallel und überall als von gleicher Stärke betrachtet werden können. Sind die Flächen der Pole quadratisch oder kreisrund, und stehen sie um etwa ein Drittel ihres Durchmessers aus einander, so hat dieser Raum von gleichförmiger Kraft eine bedeutende Ausdehnung. Bei meinem Versuche ist der centrale oder axiale Theil des Magnetfeldes merklich schwächer als der ihn umgebende Theil; allein jede Polfläche hat in der Mitte ein kleines Schraubenloch zur Befestigung anders gestalteter Enden.

2464. Nun ist es Gesetz bei der Wirkung des Wismuths als eines *diamagnetischen* Körpers, dafs es von stärkeren zu schwächeren Orten der Magnetkraft (2267. 2418) zu gehen strebt; allein als ein *magnekrystallischer* Körper ist es keinem Effect der Art unterworfen, und wird von Linien gleicher Kraft so stark wie von anderen afficirt. So scheint ein Stück amorphes Wismuth, in einem Magnetfelde von gleicher Kraft aufgehängt, seine diamagnetische Kraft gänzlich verloren zu haben, und keine andere Bewegung anzunehmen als die von der Torsion des Aufhängefadens oder von Luftströmen herrührende; allein ein Stück von regelmäfsig krystallisirtem Wismuth wird, unter gleichen Umständen, vermöge seiner magnekrystallischen Beschaffenheit, stark afficirt.

2465. Dies giebt einem Magnetfelde von gleichförmiger Kraft einen grofsen Werth, und wenn daher bei Ausdehnung dieser Untersuchungen auf Körper von nur geringer Krystallkraft ein vollkommen gleichförmiges Feld erfordert würde, könnte man es leicht dadurch erhalten, dafs man die Polfläche etwas convex machte, oder an den Kanten mehr oder weniger abrundete. Die erforderliche Gestalt liesse sich durch Rechnung finden, oder in Praxis vielleicht besser durch einen kleinen Probecylinder von körnigem oder amorphem Wismuth oder von Phosphor.

2466. Hiczu mag noch bemerkt werden, dafs kleine Krystalle oder kleine Krystallmassen und zwar solche, die in ihrer allgemeinen Gestalt dem Würfel oder der Kugel nahe kommen, besser als grofse oder längliche Stücke sind, in sofern als solche Stücke, wenn Unregelmäßigkeiten in der Stärke des Magnetfeldes vorkommen, weniger von ihnen ergriffen werden.

2467. Wenn sich ein Wismuthkrystall in einem Magnetfelde von gleichmäfsiger Stärke befindet, wird er gleich gut afficirt, er mag in der Mitte des Feldes oder einem der Magnetpole sehr nahe seyn, d. h. die Anzahl der Schwingungen scheint in gleichen Zeiten gleich zu seyn. Es erfordert indess viel Sorgfalt diefs auf solche Weise auszumitteln, weil wegen des beiden Lagen instabilen Gleichgewichts in der aequatorialen Richtung, die Schwingungen in grossen Bogen viel langsamer geschehen als die in kleinen, und es ist schwierig in verschiedenen Fällen die Bogen gleich zu halten.

2468. Das Wismuth mag in einem Felde von starker oder schwacher Magnetkraft befindlich seyn, die Magnetpole mögen dicht neben dem Stücke ruhen oder fünf, sechs und selbst zwölf Zoll aus einander gerückt seyn, das Wismuth mag in oder über oder unter der Linie des Kraftmaximums schweben, der elektrische Strom und folglich die Magnetkraft mag stark oder schwach seyn: stets erleidet das Wismuth, wenn überhaupt eine da ist, einerlei Einwirkung.

2469. Die Resultate sind insgesamt sehr verschieden von denen der diamagnetischen Action (2418), eben so wie von denen der gewöhnlichen magnetischen Action. Sie sind auch verschieden von denen, welche Plücker entdeckt und in seinen schönen Untersuchungen über den Zusammenhang der optischen Axen mit der magnetischen Action beschrieben hat, denn dort ist die Kraft aequatorial, während sie hier axial ist. So scheinen sie uns also eine neue Kraft oder Kraftform in den Körpertheilchen darzubieten, welche ich, der Bequemlichkeit halber, durch ein

neues Wort, durch: *Magnekrystallkraft* (*magnecrystallie force*) bezeichnen will.

2470. Die Richtung dieser Kraft ist, in Bezug auf das magnetische Feld, *axial* und *nicht aequatorial*; dies ergibt sich aus verschiedenen Betrachtungen. Als z. B. ein Stück regelmässig krystallisirtes Wismuth aufgehängt ward, stellte es sich ein. Es in dieser Lage haltend, wurde der Aufhängepunkt um 90 Grad in der Aequatorialebene (2252) fortgerückt, so dafs, als es wieder frei schwebte, die Linie durch den Krystall, welche zuvor horizontal in der Aequatorial-Ebene war, jetzt vertical stand; das Stück stellte sich wiederum ein und gewöhnlich mit mehr Kraft als zuvor. Die durch den Krystall gehende, mit der Magnetaxe coïncidirende Linie, kann nun als Kraftlinie angesehen werden; und wenn die Drehung um einen Viertelkreis in der Aequatorialebene auch wie oft wiederholt wird, fährt der Krystall dennoch fort, sich mit der angenommenen Kraftlinie, und zwar mit einem Maximum der Kraft, in die Magnetaxe zu stellen. Verschiebt man nun aber den Aufhängepunkt um 90 Grad in der Ebene der Axe, d. h. nach dem Ende der angenommenen Kraftlinie hin, so dafs, wenn der Krystall wiederum frei schwebt, diese Linie vertical ist, so äufsert der Krystall nur ein Minimum seiner eigenthümlichen Wirkung, indem er die Richtkraft fast oder ganz verloren hat und nur die gewöhnliche diamagnetische Kraft zeigt (2418).

2471. Wäre nun die Kraft aequatorial und polar gewesen, so würde ihr Maximum-Effect nicht durch eine Verschiebung des Aufhängepunkts um 90 Grad in der Aequatorial-, sondern durch eine gleiche Verschiebung in der Axial-Ebene hervorgebracht seyn, und eine gleiche Verschiebung nach der in der Axial-Ebene würde die Maximum-Kraft nicht gestört haben; wogegen eine einzige Verschiebung von 90° in der Aequatorial-Ebene die Kraftlinie in die Verticale gebracht, (wie beim Kalkspath in Plücker's Versuch) und die Wirkung auf ein Minimum oder auf Null reducirt hätte.

2472. Die Richtkraft so wie die Einstellung des Kry-

stalls ist also eine *axiale*. Diese Kraft hat ihren Sitz ohne Zweifel in den Theilchen des Krystalls. Sie ist eine solche, daß der Krystall mit gleicher Leichtigkeit und Beständigkeit zwei diametrale Lagen annehmen kann, und zwischen diesen giebt es zwei aequatoriale Gleichgewichtslagen, die natürlich instabiler Natur sind. Sowohl bei diesen Erscheinungen als bei den gewöhnlichen der Krystallform ist jedes Ende der Masse oder ihrer Molecüle in allen Beziehungen dem anderen Ende gleich; und in vielen Fällen würden daher die Worte *axial* und *Axialität* bezeichnender seyn als die: *polar* und *Polarität*. Mir scheinen auch die ersteren Worte nützlicher zu seyn.

2473. Bei Versetzung des Wismuths in andere, also gezwungene Lagen bringt der Magnet, wie stark oder wie lang er auch wirken mag, keine Aenderung in dem Zustande oder der Gröfse und Richtung der Kraft desselben hervor.

2474. Es hält schwer die Lage dieser Kraft in Bezug auf den Krystall einfach zu beschreiben, obwohl es sehr leicht ist, sie experimentell zu ermitteln. Die Gestalt der Wismuthkrystalle soll die eines Würfels und die Primitivform ein Octaëder seyn; mir aber scheinen sie nicht Würfel, sondern entweder Rhomboëder oder rhombische, dem Würfel sehr nahe kommende Prismen zu seyn ¹⁾. Meine Messungen waren sehr unvollkommen und meine Krystalle nicht regelmäfsig; allein als Durchschnitt aus mehreren Beobachtungen ergab sich die gegenseitige Neigung der Flächen zu $91\frac{1}{2}^{\circ}$ bis $88\frac{1}{2}^{\circ}$ und der Kanten einer Fläche zu $87\frac{1}{2}^{\circ}$ bis $92\frac{1}{2}^{\circ}$. Was auch die wahre Gestalt seyn möge, so er giebt doch der blofse Anblick, daß die Aggregatkraft Krystalle von mehr oder weniger rhomboëdrischer Gestalt mit rhombischen Flächen zu bilden strebt; und daß diese Krystalle, gewöhnlich in Richtungen ihrer längsten Dimensionen, zu symmetrischen Gruppen verwachsen. Nun fällt die

1) Bekanntlich ist die Rhomboëdergestalt der Wismuthkrystalle auch schon von Prof. G. Rose näher bestimmt. (S. Ann. Bd. 77 S. 143.)

Linie der *Magnekrystallkraft* fast immer zusammen mit dieser Richtung, wo sie sichtbar ist.

2475. Die *Spaltungsflächen* der Wismuthkrystalle stumpfen die Ecken ab und bilden ein Octaëder; sie sind in-
deß, nach meiner Erfahrung, nicht leicht zu erhalten, und nicht gleich blank und vollkommen. Ein Paar, oder häufiger noch, bloß eine dieser Flächen ist vollkommener als die übrigen, und diese, die vollkommenste Fläche, wird an der scharfen Ecke (2474) gebildet und ist ungemein leicht zu erkennen. Wenn ein Wismuthkrystall, der viele Spaltungsflächen darbietet, im diamagnetischen Felde aufgehängt wird, so wendet sich eine dieser Flächen gegen einen der Magnetpole, und die entsprechende Fläche, falls sie vorhanden ist, gegen den andern, so daß die Linie der *Magnekrystallkraft* winkelrecht ist auf dieser Fläche. Diese Fläche entspricht einer derjenigen, welche ich schon als gewöhnlich die vollkommensten beschrieben habe, und sie stumpft die scharfe Ecke des Krystalles ab.

2476. Aus der Wismuthmasse schnitt man, mittelst kupferner Werkzeuge, einen einzelnen Krystall heraus, und rieb die Stellen, wo er angesessen hatte, mit Sandpapier ab, um ihn eine Würfelgestalt zu geben; vier seiner sechs Flächen waren natürlich. Eine der Ecken, in der muthmaßlich die Linie der *Magnekrystallkraft* auslief, wurde abgestumpft; die Spaltungsfläche war, wie auch zu erwarten, blank und vollkommen. Als der Krystall, mit dieser Fläche vertical, im magnetischen Felde aufgehängt wurde, stellte er sich mit beträchtlicher Kraft ein, und zwar diese Fläche dem einen oder anderen Magnetpol zuwendend, so daß die *Magnekrystallaxe* nun horizontal zu liegen und mit größter Kraft zu wirken schien. Würde diese axiale Linie vertical, folglich die Fläche horizontal gestellt, so richtete sich der Krystall durchaus gar nicht. Als nun der Würfel nach einander an allen Ecken und Flächen aufgehängt wurde, stellte er sich mit mehr oder weniger Kraft ein, jedoch immer so, daß die auf der Spaltungsfläche recht-

winkliche Linie (die also die Kraftlinie vorstellt) in derjenigen Vertical-Ebene lag, welche die Magnetaxe einschloß. Wenn endlich die Spaltungsebene horizontal, also die Richtkraft vertical war, und man neigte sie ein wenig in gegebener Richtung, so liefs sich bewirken, dafs jeder beliebige Theil des Krystalls sich gegen die Magnetpole richtete.

2477. Eine Gruppe von Wismuthkrystallen, die an ihrem Scheitel eine einzelne kleine Spaltungsfläche besafs, gab dieselben Resultate.

2478. Bisweilen kamen Krystallgruppen (2457) vor, die nicht schienen sich in eine Lage bringen zu lassen, in welcher sie alle Richtkraft verloren, sondern die immer ein Minimum von dieser Kraft behielten. Es ist jedoch sehr unwahrscheinlich, dafs alle diese Gruppen in der Anordnung ihrer Theile vollkommen symmetrisch gewesen seyn sollten; auffallender ist es vielmehr, dafs ihre Wirkung noch so entschieden war. Bei Wismuth und bei vielen anderen Körpern liefert vermuthlich die Magnetkraft eine wichtigere Anzeige von der wesentlich und wahrhaft krystallinischen Structur als es die Gestalt zu thun vermag.

2479. Wie schon angeführt, äufsert sich die Magnetrystallkraft nicht durch Anziehung oder Abstofsung, oder wenigstens bewirkt sie keine Annäherung oder Entfernung, sondern sie verleibt nur Richtung. Das Gesetz der Wirkung scheint darin zu bestehen, *dafs die Linie oder Axe der Magnetrystallkraft (als der Resultanten der Wirkung der Molecule) sich zu der durch den Ort des Krystalls gehenden Magnetcurve oder Magnetrastlinie parallel oder tangential zu stellen sucht.*

2480. Ich zerbrach nun Wismuthmassen, welche geschmolzen und in gewöhnlicher Weise erstarrt waren, und wählte zu dem Versuche diejenigen Stücke aus, die mir am regelmäfsigsten krystallisirt zu seyn schienen. Es war fast unmöglich, das kleinste Stück zu nehmen, welches nicht dem Magnet gehorchte, sich mehr oder weniger leicht einstellte. Unter dünnen Platten mit vollkommenen Spaltungs-

flächen fanden sich leicht einige, die in jeder Hinsicht den Krystallen entsprachen, allein dickere Platten, eckige Stücke gaben complicirte, obwohl in Bezug auf die Gestalt einfache und regelmässige Resultate. Hin und wieder erwies sich die Spaltungsfläche, welche ich im Voraus für die auf der Kraftlinie (2475) winkelrechte gehalten hatte, nicht als solche; allein nach sorgfältigem Beobachten der Richtung der MagnekrySTALLkraft fand oder erhielt ich durch Spaltung immer eine ihr entsprechende Fläche, welche das zuvor beschriebene Ansehen und Kennzeichen besafs. Wismuthplatten von 0,05 bis 0,10 Zoll in Dicke und von parallelen und ähnlichen Flächen begrenzt, erwiesen sich nach dem Zerbrechen als zusammengesetzt und unregelmässig.

2481. Wenn eine wohl ausgelesene Wismuthplatte (die meinige war 0,3 Zoll lang und breit und etwa 0,05 Zoll dick) an der Kante im magnetischen Felde aufgehängt wird, kommt sie schwingend und ihre Seiten den Magnetpolen zuwendend, diametral zur Ruhe (2461). Mit welchem Theil der Kante sie aufgehängt seyn mag, ist doch das Resultat dasselbe. Wird sie aber horizontal so aufgehängt, dass die Spaltungsflächen parallel sind der Ebene der Bewegung, so ist sie ganz indifferent, denn die Linie der MagnekrySTALLkraft ist auf der Linie der Magnetkraft senkrecht, in jeder Lage, welche sie annehmen kann.

2482. Wird aber die Platte nur um eine sehr kleine Gröfse aus dieser Lage geneigt, so richtet sie sich, und zwar mit desto mehr Kraft, je verticaler die Flächen sind (2475). Das zuvor bei einem Krystall beschriebene Phänomen (2476), kann hier mit einem Bruchstück von einer Masse erhalten werden, und jeder Theil der Kante der Platte lässt sich zur axialen Einstellung bringen, je nachdem man ihn über oder unter die Horizontalebene versetzt.

2483. Wenn man eine Anzahl solcher krystallinischer Platten mittelst des Magnets ausgelesen hat, kann man sie hernach durch Kitt (2458) zu einer Masse vereinen, welche eine vollkommen regelmässige magnekrySTALLinische Wirkung ausübt, und in dieser Beziehung den zuvor bespro-

chenen Krystallen (2459, 2468, 2476) ähnelt. In dieser Weise läßt sich auch die *diamagnetische* Wirkung des Wismuths neutralisiren, denn es ist leicht ein Prisma von gleicher Breite und Dicke aufzubauen, welches, mit der Länge vertical aufgehängt, sich gut einstellt, ohne durch die diamagnetische Wirkung gestört zu werden.

2484. Stellt man drei gleiche Platten rechtwinklich zu einander, so erhält man ein System, welches alle Richtkraft gegen den Magnet verloren hat, indem dessen Kraft in jeder Richtung neutralisirt ist. Diefs repräsentirt also den Fall von fein krystallisirtem oder amorphem Wismuth. Dasselbe Resultat erhält man, wenn man eine ausgelesene gleichförmige Masse von Krystallen (2457) in einer Glasröhre schmelzt und wieder erstarren läßt; sobald nicht die Krystallisation grofs und deutlich ist, was selten der Fall ist, erhält man ein Stück scheinbar ohne alle Magnekrystallkraft. Ein gleiches Resultat erhält man, wenn man den Krystall zerbricht, die Stückchen oder das Pulver in eine Röhre bringt, und so das Ganze dem Magnete aussetzt.

2485. Diese Versuche mit Wismuth sind nicht schwer zu wiederholen; denn mit Ausnahme derer, die ein plötzliches Entstehen oder Verschwinden der Magnetkraft erfordern, lassen sich alle mit einem gewöhnlichen Hufeisen-Magnet wiederholen. Ein Magnet, mit dem ich Bedeutendes geleistet habe, besteht aus sieben an einander liegenden Lamellen, die, in einer Büchse mit den Polen aufwärts befestigt, zwei Magnetbacken (*magnet cheeks*) in dem Abstände von $\frac{5}{4}$ Zoll darbieten, zwischen welchen das magnetische Feld mit Kraftlinien von horizontaler Richtung erfüllt ist. Die Magnetpole müssen beide mit Papier bekleidet werden, um die Anhaftung von Eisentheilchen oder Rost zu verhüten. Der beste Ort für das Wismuth ist natürlich zwischen den Polen, nicht im Niveau mit deren Scheiteln, sondern 0",4 bis 1",0 tiefer (2463), damit man die Wirkung flacher Pole erlange. Ist es wünschenswerth die Kraftlinien zu verstärken, so kann es dadurch geschehen, dafs man ein Stück Eisen zwischen die Magnetpole bringt, und

somit, indem man diese virtuell einander nähert, die Weite des Magnetfeldes zwischen ihnen verringert.

2486. Der angewandte Magnet trägt mittelst seines Ankers 30 Pfund; allein bei Anwendung kleiner Stücke Wismuth habe ich die Wirkungen leicht mit Magneten erhalten, die nicht mehr als 7 Unzen wogen und nur 22 Unzen trugen. Die Versuche stehen also in Jedermanns Bereich.

2487. So lange der Wismuthkrystall im magnetischen Felde ist, wird er sehr deutlich und selbst stark durch die Annäherung von weichem Eisen oder einem Magnet afficirt, und zwar in folgender Weise. Stelle Fig. 1 Taf. I. die Lage der beiden Haupt-Magnetpole und ein Stück krystallisiertes Wismuth, welches, vermöge seiner Magnekrytallität, zwischen ihnen sich axial richtet, im Grundrifs vor. Legt man nun ein Stück weiches Eisen an die Backe des Pols, z. B. in *e*, und dem Wismuth nahe, wie in *a*, so wird letzteres afficirt und nähert sich dem ersteren. Wird das Eisen in ähnlicher Weise bei *f*, *g* oder *h* angebracht so bewirkt es eine gleiche Bewegung des Wismuths; die mit *b*, *c* oder *d* bezeichneten Theile nähern sich dem Eisen und scheinen angezogen zu werden. Wenn das weiche Eisen den Magnetpol nicht berührt, sondern zwischen diesem und dem Wismuth, im Ganzen in derselben Lage, gehalten wird, so erhält man dieselben Wirkungen, nur schwächer.

2488. Obwohl diese Bewegungen einen Anziehungseffect anzudeuten scheinen, so glaube ich doch nicht, daß sie aus einer solchen Ursache entspringen, sondern daß sie einfach Folgen aus dem zuvor (2479) angegebenen Gesetze sind. Die bisdahin gleichförmige Beschaffenheit des magnetischen Feldes ist durch die Gegenwart des Eisens zerstört. Magnetkraftlinien, von größerer Intensität als die übrigen gehen, in der abgebildeten Lage, von der Ecke *a* des Eisens aus, und, in den übrigen Lagen, von den entsprechenden Ecken, (indem sich die Gestalt des Poles nun mehr oder weniger einer konischen oder spitzen nähert);

und deshalb dreht sich der Wismuthkrystall um die Aufhängeaxe, damit er die Linie der MagnekrySTALLkraft parallel oder tangential zu der Resultante der durch seine Masse gehenden magnetischen Kräfte stellen könne.

2489. Wird statt der Krystallgruppe eine krystallinische Platte von Wismuth angewandt, so haben die unter ähnlichen Umständen auftretenden Erscheinungen das Ansehen einer *Abstoßung*. Stelle Fig. 2 Taf. I. diesen Zustand der Dinge vor. Das Eisenstück, in *e* angelegt, bewirkt ein Zurückweichen des Wismuths bei *a*; ebenso in *f*, *g* *h* angelegt, veranlaßt es ein Zurückweichen desselben an den Punkten *b*, *c*, *d*; diese Erscheinungen sehen wie Abstoßungen aus, und doch sind sie, wie ich schliesse, nur Folgen der Bestrebung des Wismuths, gemäß dem zuvor angegebenen Gesetz (2479), die magnekrySTALLische Kraftlinie parallel oder tangential zur Resultante der durch seine Masse gehenden Magnetkraft zu stellen.

2490. Ein Eisenstück von etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll Länge und 0,1 bis 0,2 Zoll Dicke wurde in der Aequatorialebene an den Rand der Wismuthplatte (Fig. 3 Taf. I.) gehalten; es änderte deren Lage nicht. Allein als das Ende *e* zu einem der Pole gedreht wurde, begann die Platte sich zu bewegen, und sie bewegte sich am meisten, wenn, wie in der Figur, das Eisen den Pol berührte. Wenn es dem *Pole N* nahe kam oder ihn berührte, drehte sich die Wismuthplatte wie es die punktirte Figur andeutet. Berührte es den Pol *S*, so war die Drehung entgegengesetzt. Wurde das Ende *e* mit dem Pol *N* in Berührung gehalten, und das andere Ende des Eisens in die Lage *m* gebracht, so wurde das Wismuth nicht afficirt; allein wenn man den Hülfs-pol in der einen oder anderen Weise gegen den Rand der Platte bewegte, drehte sich diese, so wie der Pol sich bewegte, immer ihre Seite demselben zugewandt strebend, offenbar durch die Tendenz der MagnekrySTALLaxe, sich der Resultante der durch das Wismuth gehenden Magnetkraft parallel zu stellen. Dieselben Resultate wurden unter gleichen Umständen mit dem Krystall (2487) erhalten, und entspre-

chende Resultate entstanden auch, wenn der weiche Eisenstab zwischen dem Pole *S* und dem Wismuth angebracht ward. Gleiche Resultate lieferten endlich auch die Platten von Arsenik und Antimon.

2491. Bei Anwendung eines Magnets statt des weichen Eisens werden entsprechende Resultate erhalten. Nur ist zu bemerken, dafs der Hauptmagnet, wenn er sehr kräftig ist, den Magnetismus des kleinen genäherten Magnets oft neutralisiren, ja selbst umkehren kann, und zwar (in Bezug auf äufseren Einflufs), während letzterer im magnetischen Felde ist, selbst wenn 'er, herausgezogen, unverändert zu seyn scheint.

2492. Als z. B. die Wismuthplatte zwischen den Backen (*cheeks*) des Hufeisenmagnets (2485) aufgehängt (Fig. 2 Taf. I.), und der Nordpol des kleinen Magnets (der Klinge eines Taschenmessers) in *a* oder *b* angebracht ward, bewirkte dieser ein Zurückweichen des ihm nahen Theils der Platte, genau aus denselben Gründen wie das weiche Eisen. Wurden die Extrapole nach *c* oder *d* versetzt, war die Wirkung schwächer als im ersten Fall, und sie bestand in einer Annäherung jenes Theils der Platte zu dem Pole. Da diese Lage des Hülfs Pols gewisse vom Südpol des Hufeisenmagnets ausgehende Magnetkraftlinien begränzt (*terminate*) und neutralisirt, so wird die Resultante der durch das Wismuth gehenden Kraftlinien in ihrer Richtung geändert und schiefer gegen ihren früheren Lauf gestellt, genau wie es die Bewegung des Wismuths, vermöge dessen Tendenz seine Kraftlinie jenen in ihrer neuen Lage parallel zu stellen, andeutet.

2493. Ein genäherter Südpol bewirkt Bewegungen in umgekehrter Richtung.

2494. Wenn der kleine Magnet in aequatorialer Lage mit einem Pole dem Rande der Platte genähert wird (Fig. 3 Taf. I.), so bewirkt er, da er nicht wie das Eisen neutral ist, eine Bewegung der Platte in tangentialer Richtung, entweder nach der Rechten oder Linken, je nach dem es der Süd- oder Nordpol war, just wie es das Eisen that,

wenn, durch Neigen, das genäherete Ende ein Pol geworden (2490). Diese Erscheinung zeigt sich in noch auffallenderem Grade bei Anwendung eines Wismuthkrystalles (2487), weil, vermöge seiner Gestalt und Lage, die Magnetcurven am meisten von dem Hülfspol afficirt und daher mehr in das Wismuth eingeschlossen werden, als wenn eine Platte gebraucht wird.

2495. Unzählige Abänderungen dieser Bewegungen, scheinbare Anziehungen und Abstofsungen oder tangentialen Einwirkungen, lassen sich nach Belieben erhalten durch Anwendung von Krystallen, deren MagnekrySTALLaxe ihrer Länge entspricht, oder von Platten, wo sie der Dicke nach liegt, und von permanenten oder temporären magnetischen Hülfs-polen. Führt man den beweglichen Pol langsam rund um das Wismuth, von den neutralen Punkt m an bis zu einem anderen Neutralpunkt n (Fig. 3) so erhält man einen Inbegriff aller Erscheinungen, und man findet, daß sie sich sämmtlich in dem zuvor aufgestellten allgemeinen Gesetz auflösen (2479), daß die MagnekrySTALLaxe und die durch das Wismuth gehende Resultante der Magnetkraft parallel zu werden streben.

2496. Somit kann ein kleiner Krystall oder Wismuth oder Arsenik (2532) ein sehr nützlicher und wichtiger Anzeiger der Richtung der Kraftlinien in einem magnetischen Felde werden, denn während er durch seine Lage den Lauf derselben veranschaulicht, stört er sie zugleich durch seine eigene Wirkung nicht merklich.

2497. Viele dieser Bewegungen haben Aehnlichkeit und Beziehung zu denen, welche Plücker, Reich und Andere bei Einwirkung von Eisen und Magneten auf Wismuth in seinem gewöhnlichen diamagnetischen Zustande erhalten haben. Sie und Andere betrachten diese Erscheinungen als Anzeige, daß das Wismuth, wie auch ich anfangs vermuthete (2429 etc.), in seinem diamagnetischen Zustande eine, obwohl umgekehrte, magnetische Polarität (*magnetic condition*) wie das Eisen besitze. Ich bin nicht mit allen ihren Arbeiten bekannt, aber das, was ich davon kenne

kenne und wiederholt habe, scheint mir das einfache Resultat des früher (2267. 2418) aufgestellten Gesetzes zu seyn, nämlich, daß diamagnetische Körper dahin streben, von Orten stärkerer Magnetkraft zu Orten schwächerer zu gehen. Sie liefern von der vermeintlichen umgekehrten Polarität des Wismuths so wenig einen neuen, noch andern Beweis, als die früher von mir beschriebenen Fälle, die sich jenem Gesetze unterordnen.

2498. In der Voraussetzung, es möchte ein dazwischen liegendes oder umgebendes Mittel die magnekrySTALLISCHE Wirkung des Wismuths und anderer Körper einigermaßen verändern, befestigte ich die Magnetpole in einem gewissen Abstände (2 Zoll) von einander, hing in der Mitte des magnetischen Feldes einen WismuthkrySTALL auf und beobachtete dessen Schwingungen und Ruhelage. Dann schob ich, ohne sonst etwas zu ändern, zwischen Pole und KrySTALL Schirme von Wismuth, nämlich Klötze von 2 Zoll im Quadrat und 0,75 Zoll Dicke; allein ich konnte nicht wahrnehmen, daß durch deren Gegenwart eine Aenderung in den Erscheinungen hervorgebracht wurde.

2499. Der WismuthkrySTALL (2459) wurde im Wasser zwischen den Polen eines Hufeisenmagnets aufgehängt. Seine Ruhelage stimmte mit dem allgemeinen Gesetz (2479) wohl überein; fünf Umgänge des Torsionszeigers am oberen Ende des seidenen Aufhängefadens waren erforderlich, um ihn aus dieser Lage in die diametrale zu drehen. So weit ich es beobachten konnte, war derselbe Betrag von Torsionskraft zu demselben Effect erforderlich, wenn der KrySTALL bloß von Luft umgeben war.

2500. Dasselbe Wismuth wurde nun in einer gesättigten Lösung von Eisenvitriol (als einem magnetischen Medium) aufgehängt; die Einstellung geschah wie zuvor, anscheinend mit keiner Art von Veränderung, und, wie zuvor, waren fünf Umdrehungen des Torsionszeigers erforderlich, um den KrySTALL aus seiner Lage in die diametrale zu bringen.

2501. Krystalle von Wismuth mögen daher von Luft, Wasser oder Eisenvitriol-Lösung umgeben, oder zwischen dicken Wismuthmassen befindlich seyn, so üben sie doch, einer gleichen Magnetkraft unterworfen, sowohl der Natur und Richtung als dem Betrage nach, dieselbe Magnekry-stallkraft aus.

2502. Es schien möglich, ja wahrscheinlich, dafs die Magnetkraft auf die Krystallisation des Wismuths und anderer Körper einwirke. Denn da die Magnetkraft auf die Masse eines Krystalls vermöge derjenigen Kraft wirkt, welche seine Theilchen besitzen und durch ihren polaren oder axialen (2472) und symmetrischen Zustand dem ganzen Krystall verleihen, und da die Ruhelage der Krystallmasse im magnetischen Felde als die des geringsten Zwanges betrachtet werden kann, so ward es wahrscheinlich genug, dafs wenn man Wismuth in flüssigem Zustande dem Einflufs des Magnetismus aussetzte, die Theilchen desselben eine und dieselbe axiale Lage anzunehmen streben würden, die krystallinische Anordnung der Masse nach ihrer Erstarrung also dadurch in gewissem Grade bedingt seyn würde.

2503. Es wurde daher Wismuth in einer Glasröhre geschmolzen und, bis zu seinem Erstarren, in fester Lage im magnetischen Felde gehalten, dann von seiner Glashülle befreit und aufgehängt, damit es unter dem Einflusse des Magnets dieselbe Lage annehme; allein es waren keine Anzeigen von Magnekry-stallkraft sichtbar. Ich hatte nicht erwartet, dafs das Ganze regelmäfsig krystallisirt seyn würde, sondern nur dafs ein *Unterschied* zwischen der einen oder anderen Richtung vorhanden wäre. Aber es zeigte sich nichts der Art, in welcher Richtung das Stück auch aufgehängt seyn mochte; und nach dem Zerschneiden fand sich eine kleinkörnige und verworrene Krystallisation nach allen Richtungen. Vielleicht erhielte man bessere Resultate, wenn man sich länger Zeit liesse und einen permanenten Magnet anwendete. Ich hatte in Bezug auf die Krystallisation des Goldes, Silbers, Platins und überhaupt der Me-

talle und anderer Körper viele Hoffnung auf diesen Proceß gesetzt ¹).

2504. Ich kann nicht finden, daß Wismuthkrystalle irgend ein, sey es temporäres oder permanentes, Vermögen erlangen, welches sie mit aus dem magnetischen Felde brächten. Ich hielt Krystalle in verschiedenen Lagen im Felde der intensiven Wirkung eines kräftigen Elektromagnetes, dessen konische Pole einander sehr nahe waren, zog sie dann nach einiger Zeit heraus und prüfte sie nun sogleich an einer sehr empfindlichen astatischen Magnetnadel; allein ich konnte nicht wahrnehmen, daß sie in Folge dieser Behandlung irgend eine besondere Wirkung ausübten.

2505. Da ein Wismuthkrystall dem Einfluß der Magnetkraftlinien unterliegt und gehorcht (2479), so folgt, daß er auch der Wirkung des Erdkörpers gehorchen müsse, wiewohl in sehr schwachem Grade. Ich habe einen guten Krystall an einem einfachen sehr langen Coconfaden aufgehängt und ihn durch concentrische Glasröhren möglichst gut vor Luftzug geschützt; ich glaube Anzeigen von Richtkraft beobachtet zu haben. Der Krystall hing so, daß die Magnekristallaxe denselben Winkel mit dem Horizont machte (etwa 70°) als die magnetische Neigung, und es schien die Axe mit dieser Neigung zusammenfallen zu wollen; jedoch erfordern die Versuche eine sorgfältige Wiederholung.

2506. Wichtiger für die Natur der polaren oder axialen Kräfte des Wismuths ist es, zu wissen, ob zwei Krystalle oder gleichförmig krystallisirte Massen von Wismuth eine Wirkung auf einander ausüben, und wenn dem so ist, welcher Natur diese Wirkung sey, in welcher Beziehung die Theile in der Mitte und an den Enden stehen, und welche Richtung die Kräfte besitzen. Ich habe hierüber viele Versuche gemacht, sowohl in als außer dem Magnetfelde, aber nur negative Resultate erhalten. Ich wandte jedoch nur

1) Bekanntlich hat Hr. Prof. Plücker einen ähnlichen Versuch mit Erfolg angestellt.

kleine Wismuthmassen an, und meine Absicht ist die Versuche in besserer Jahreszeit auf grössere Massen auszudehnen, erforderlichenfalls auf solche, die in der schon beschriebenen Weise (2483) zusammengelegt sind.

2507. Kaum brauche ich wohl zu sagen, daß ein Wismuthkrystall in einem schrauben- oder ringförmigen Draht, der von einem elektrischen Strom durchflossen wird, sich richten muß, und zwar so, daß seine Magnekrystallaxe der Axe der Rolle oder des Ringes parallel werde. Diefes ist auch der Fall, wie ich experimentell gefunden.

II. Krystallpolarität des Antimons.

2508. Das Antimon ist ein magnekrystallischer Körper. Krystallische Massen desselben, auf die zuvor (2457) beschriebene Weise dargestellt, wurden durch kupferne Werkzeuge zerstückelt und dadurch einige vortreffliche Krystallgruppen erlangt; sie wogen 10 bis 20 Gran und alle ihre Krystalle schienen gleichförmig gelagert zu seyn. Die einzelnen Krystalle waren im Ganzen sehr gut und, viel häufiger als die des Wismuths, voll an den Flächen und vollständig. Ueberdies waren sie glänzend, von stahlgrauem oder silbrigem Ansehen, und erschienen dem Auge sicherer kubisch, als die Wismuthkrystalle, obwohl sich hier und da deutliche rhomboidale Flächen zeigten. Durch Abstumpfungen lassen sich Spaltungsflächen erhalten, und von diesen ist eine, wie beim Wismuth, glänzender und vollkommener als die übrigen.

2509. Zuvörderst wurde ermittelt, daß alle diese Krystalle diamagnetisch waren und zwar stark.

2510. Nächstem überzeugte ich mich, daß sie alle, wie beim Wismuth, die magnekrystallischen Phänomene mit bedeutender Stärke zeigten; indem sie eine Kraftlinie besaßen (2470), welche, bei senkrechter Stellung, dem Krystall eine freie Bewegung in jeder Richtung (2476) gestattete, bei horizontaler Lage aber, dem Krystall eine Richtung verlieh und zwar so, daß er sich parallel stellte der durch ihn hingehenden Resultante der Magnetkraft (2479).

Diese Linie ging, wie beim Wismuth, von einer Ecke zu der gegenüberliegenden und war winkelrecht auf der oben erwähnten (2508) blanken Spaltungsfläche.

2511. So war denn die Wirkung des Magnets auf diese Krystalle im Allgemeinen dieselbe wie auf die Wismuthkrystalle; allein es gab auch einige Verschiedenheiten, welche eine nähere Angabe und Unterscheidung verlangen.

2512. Zunächst zeigte sich, daß ein gewisser Krystall, bei horizontaler Lage seiner Magnekristallaxe, nach Erregung der Magnetkraft sich nur langsam einstellte und gleichsam zur todten Ruhe kam. Wurde er aus dieser Lage rechts oder links abgelenkt, so kehrte er auf einmal, ohne Schwingungen, dahin zurück. Andere Krystalle thaten unvollkommen dasselbe, und noch andere machten vielleicht eine oder zwei Schwingungen; aber alle schienen sich wie in einer dicken Flüssigkeit zu bewegen und waren in dieser Beziehung dem Wismuth, das frei und leicht vibrirte (2459), äußerst ungleich.

2513. Nächstdem zeigte sich keine Einstellung oder anderweitige Ausföserung der Magnekristallkraft, wenn die Krystalle so aufgehängt wurden, daß ihre Magnekristallaxe vertical war; allein es traten andere Erscheinungen auf. Denn wenn, bei erregter Magnetkraft, die Krystallmasse in Drehung versetzt ward, so blieb sie plötzlich stehen, und wurde in einer Lage festgehalten, welche, wie sich experimentell ergab, eine jede seyn konnte. Wenn sich indess die größte Länge auferhalb der axialen oder aequatorialen Lage befand, so folgte dem Stillstand, bei Unterbrechung des elektrischen Stroms (2315), eine *rückgängige* Bewegung. Die Bewegung war niemals groß, am größten wenn die Länge der Masse etwa einen Winkel von 45° mit der Axe des Magnetfeldes machte.

2514. Bei weiterer Untersuchung ergab sich, daß dieses Stillstehen und Zurückspringen genau von gleicher Art war wie das früher bei Kupfer und anderen Metallen beobachtete (2309), auch aus derselben Quelle entstand, nämlich daraus, daß unter dem inductiven Einfluß des Magnets

kreisrunde elektrische Ströme entstehen. Nun erhellt, warum vorhin die Antimonkrystalle nicht oscillirten (2512) und warum sie auch gleichsam absterbend (*with a dead set*) ihrer Ruhelage zuwanderten. Denn die durch die Bewegung erzeugten Ströme waren gerade diejenigen, welche die Bewegung zu hemmen suchten (2329)¹⁾. Obwohl die MagnekrySTALLKRAFT hinlänglich ist, den Krystall zu bewegen und zu richten, so ist es doch gerade die so entstandene Bewegung, welche Ströme erzeugt, die auf die Tendenz zur Bewegung rückwirken und veranlassen, daß die Masse auf ihre Ruhelage zugeht, wie wenn sie sich in einer dicken Flüssigkeit bewegte.

2515. Nach dieser erweiterten Kenntnifs vom Stillstehen und Rückgehen des Antimons (Erscheinungen, die abhängen von seinem, im Vergleich zum Wismuth, höheren Leitvermögen im compacten krystallinischen Zustand) hat es keine Schwierigkeit die Identität der MagnekrySTALLKRAFT dieses Metalls mit der des Wismuths, so wie aller Resultate in ihren wesentlichen Charakteren, darzuthun. In vielen Stücken von Antimonkrystallen schien die Kraft geringer als im Wismuth zu seyn, doch wohl nur scheinbar, denn die eben beschriebene Wirkung der Inductionsströme sucht die magnekrySTALLISCHEN Phänomene zu verstecken.

2516. Verschiedene Antimonstücke schienen auch in der Kraft, mit der sie sich einstellten, sowie in der Neigung, die Erscheinungen des Rücksprunges zu zeigen, von einander abzuweichen. Aber diese Unterschiede sind nur scheinbar oder lassen sich leicht erklären; die Effecte des Stillstehens und Zurückgehens hängen sehr von der Continuität der Masse ab, so daß ein großes Stück sie viel

1) Wenn sich Jemand eine genügende Idee von der hemmenden Wirkung dieser inducirten Ströme machen will, so nehme er einen Klumpen dichten Kupfers, von annähernd würflicher oder kugelförmiger Gestalt, 8 bis 16 Loth schwer, hänge denselben an einem langen Faden auf, versetze ihn in rasche Rotation, und bringe ihn so, wirbelnd, in das Magnetfeld eines Elektromagnets. Augenblicklich wird er die Bewegung gehemmt sehen; auch wird er es unmöglich finden, den Klumpen, so lange er in dem Felde ist, wieder in Wirbel zu versetzen.

besser zeigt, als eine Anzahl kleiner, und diese wiederum besser als die gepulverte Substanz. Selbst die Revulsionswirkung einer Kupfermasse kann gänzlich zerstört werden, wenn man sie in Feilstaub verwandelt. Leicht ersieht man, daß von zwei Gruppen gleich symmetrisch gelagerter Antimonkrystalle, die eine aus großen wohl zusammenhängenden und also für die Induction von Strömen in der Masse günstig vereinten Krystallen bestehen kann, die andere aber nicht; und aus demselben Grunde können sie die magnekrySTALLischen Phänomene mit ungleicher Leichtigkeit zeigen, obwohl sie die Kraft dazu genau in gleichem Grade besitzen.

2517. Beim Experimentiren mit Antimonplatten wurden fernere Erläuterungen hiezu erhalten. Die Platten waren wie die des Wismuths (2480) aus zerbrochenen Massen ausgelesen. Einige derselben wirkten einfach, augenblicklich und gut; ihre breiten Seiten waren glänzende Spaltungsflächen. Irgendwo an den Kanten aufgehängt, wandten sie diese Flächen gegen die Pole, und sie oscillirten um ihre Endlage, in welcher sie allmählig zur Ruhe kamen.

2518. Als diese Platten mit Horizontalität ihrer Flächen aufgehängt wurden, vermochten sie nicht, sich im Magnetfelde einzustellen. Als sie geneigt wurden, nahmen die am meisten unter oder über die Horizontalebene versetzten Theile den nächsten Ort an den Magnetpolen ein (2482).

2519. Wenn mehre Platten übereinstimmend zu einem Bündel (2483) vereinigt wurden, war der *diamagnetische* Effect entfernt, und die magnekrySTALLische Oscillation und Einstellung ward sehr leicht und charakteristisch.

2520. So ist es einleuchtend, daß es in allen diesen Fällen eine auf den Flächen der Platte winkelrechte Linie magnekrySTALLischer Kraft gab, die in ihrer Lage und Wirkung vollkommen übereinstimmte mit der Kraft, die zuvor an Antimonkrystallen aufgefunden wurde.

2521. Nun wurde eine andere Antimonplatte ausgewählt, die, vermöge ihres Ansehens, fähig schien, alle Erscheinungen der früheren Platten darzubieten, und doch,

als sie an ihrem Rande aufgehängt wurde, gab sie keine Anzeige von magnekrystallischen Resultaten. Denn erst rückte sie ein wenig vor (2310), darauf blieb sie stehen und behauptete ihren Platz, und als nun der Strom unterbrochen ward, während sie zwischen der aequatorialen und axialen Lage schwebte, sprang sie zurück, und zeigte ganz die Erscheinung des Kupfers (2315). Viele andere Platten verhielten sich genau ebenso.

2522. Als diese Platte (2521) in das intensive Feld zweier gegenüberstehender konischer Magnetpole gebracht wurde, zeigte sie dieselben Erscheinungen; allein ungeachtet sie eine Hemmung erlitt, bewegte sie sich langsam bis zur aequatorialen Lage, ein Resultat, welches wahrscheinlich aus vereinter Aeußerung der *magnekrystallischen* und *diamagnetischen* Kraft entsprang. Als die Platte mit Horizontalität ihrer Flächen aufgehängt wurde, waren die hemmenden und rückdrehenden Wirkungen gehoben; denn die diese veranlassenden Inductionsströme können nur nothwendigerweise in verticalen Flächen existiren; ferner hatte sie kein Einstellungsvermögen, was zeigte, dafs in der Länge und Breite der Platte keine Axe der magnekrystallischen Kraft vorhanden war.

2523. Andere Platten zeigten gemischte Effecte und zwar in verschiedenem Grade. Einige z. B. oscillirten freistellten sich gut ein und gaben keine Anzeigen von Stockungen und Rücksprüngen. Andere oscillirten träge, stellten sich aber gut ein, und zeigten eine Neigung zum Stocken. Andere stellten sich gut ein, gingen aber wie todt zur Ruhe, wie wenn sie sich in einer Flüssigkeit bewegten; und als die Magnetkraft entfernt wurde, ehe sie zur Ruhe gekommen, erlitten sie nur einen schwachen Rücksprung. Noch einige endlich stockten auf einmal, stellten sich nicht ein (innerhalb der Zeit meiner Beobachtung), und sprangen stark zurück.

2524. Eine sorgfältige Untersuchung mittelst des Hufeisenmagnets (2485) und des großen Elektromagnets (2247)

machte endlich die Ursache dieser Verschiedenheit der Effecte augenfällig.

2525. Zunächst mag bemerkt seyn, dafs zuweilen eine Antimonplatte ausgewählt worden (2517), die sehr blanke und anscheinend fehlerfreie Flächen hatte und daher glauben liefs, sie würde sich im Magnetfelde gut richten; allein dem Hufeisenmagnet ausgesetzt, that sie es nicht, stellte sich vielmehr schief, mit geringer Kraft und vielleicht in zwei nicht diametrale Lagen. Diefs rührte ohne Zweifel von einer verworrenen und verwickelten Krystallisation her. Solch eine Platte, von hinlänglicher Breite und Länge (nicht geringer als ein Viertel- oder Drittelzoll), dem Elektromagnet ausgesetzt, zeigt die Erscheinung des Stockens (2310) und Zurückspringens (2315) gut.

2526. Nächstem habe ich zu erinnern, dafs zur Entwicklung der Inductionsströme, der Ursache des Stockens und Zurückspringens, die Platte hinglängliche Dimensionen in einer Verticalebene (2329) haben mufs. Die Ströme circuliren in der Masse und nicht um die einzelnen Theile (2329) und die Resultante der durch die Substanz gehenden Magnetkraftlinien ist die Axe, rings um welche die Ströme erregt werden. Das ist der Grund, weshalb die Erscheinung nicht vorkommt bei in horizontaler Lage aufgehängten Platten, welche dieselbe in verticaler Lage ganz gut zeigen, was man bei einer einen halben Zoll im Durchmesser haltenden Scheibe von dünnem Kupfer, Silber, Gold, Zinn oder fast jedem dehnbaren Metall wahrnehmen kann, obwohl die besten Leiter die geeignetsten hierzu sind. Nun ist diese Bedingung von keiner Bedeutung für die Magnetrystall-Wirkung und, bei gleicher Masse, hat eine schmale Platte ebenso viel Kraft als eine breite. Die erste Platte, die ich ausgewählt (2517), war gut krystallisirt, dick und schmal; folglich war sie günstig für die Magnetrystall-Wirkung, ungünstig für die Erscheinung des Stockens und Zurückspringens, und daher gab sie von letzterer Wirkung verhältnifsmäfsig keine Anzeige.

2527. Hat man eine breite und gut krystallisirte Platte, so treten beide Reihen von Wirkungen auf. Erregt man z. B. Magnetkraft, während die Platte herum wirbelt, so wird ihre Bewegung für einen Augenblick beschleunigt und dann gehemmt, und hebt man nun plötzlich die Magnetkraft auf, so wird sie zurückgeführt, genau wie eine Kupferplatte (2315). Wenn man aber die Magnetkraft unterhält, wird man wahrnehmen, daß die Hemmung nur scheinbar ist; denn die Platte bewegt sich, obwohl mit sehr verringerter Geschwindigkeit, und fährt darü fort, bis sie ihre magnekrySTALLISCHE Lage angenommen hat. Sie bewegt sich wie in einer dicken Flüssigkeit. Die magnekrySTALLISCHE Kraft ist also da und übt ihre volle Wirkung, und die Erscheinungen sind nur anders, weil gerade die von dieser Kraft hervorgebrachte Bewegung diejenigen magneto-elektrischen Ströme erregt (2329), welche durch ihre wechselseitige Wirkung mit dem Magnet die Bewegung zu hemmen suchen; daraus dann die Langsamkeit und zuletzt die todtE Einstellung (2512. 2523).

2528. Ein Magnet, welcher schwächer ist (als der (2485) beschriebene Hufeisenmagnet) erregt die Inductionsströme in geringerem Grade, und zeigt doch die MagnekrySTALLKRAFT gut an; er ist also unter gewissen Umständen vorthEilhafter für dergleichen Untersuchungen, da er den einen Effect von dem anderen zu unterscheiden hilft.

2529. Leicht ersieht man, daß Platten, gleich viel ob von demselben oder verschiedenem Metall, durch ihre Schwingungen nicht hinsichtlich ihrer MagnekrySTALLKRAFT verglichen werden können; denn vermöge dieser inducirten Ströme schwingen Platten von gleicher Krystallkraft in sehr ungleicher Weise. Ich nahm eine Platte; kittete (2458) ausgewähltes Papier an ihre Flächen und beobachtete nun ihr Verhalten im magnetischen Felde; sie stellte sich langsam ein und zeigte die Stockungen und Rücksprünge (2521). Ich zerdrückte sie nun in einem Mörser in viele Stücke die jedoch ihren Platz behielten; jetzt stellte sie sich freier

und rascher ein und zeigte sehr wenig von der Erscheinung des Zurückspringens.

2530. Obwohl Schwingungen somit eine unsichere Angabe liefern, so bleibt uns doch noch die Torsionskraft als eine, glaube ich, genaue Anzeige von der Stärke der Einstellung (2500) und folglich auch der Magnekrystkraft; ein seidener Aufhängefaden mag ein wenig nachgeben, aber ein Glasfaden, wie ihn Ritchie empfiehlt, wäre vollkommen geeignet.

2531. Das Antimon muß in Richtung der Krystallplatten ein guter Elektrizitätsleiter seyn, sonst würde es nicht die Erscheinung des Zurückspringens so frei zeigen. Gruppen von Antimonkrystallen (2508) zeigten dieselbe in solchem Grade, daß sie mich glauben lassen, die einzelnen Krystalle besitzen in allen Richtungen ein nahe gleich gutes Leitvermögen. Ein Stück fein krystallisirten oder körnigen Antimons zeigt sie jedoch nicht in gleichem Maafse, wornach es scheint, wie wenn ein einigermaßen ähnlicher Effect, wie der der Zertheilung, entweder an der Gränze zweier incongruenter Krystalle oder zwischen den anliegenden Platten der Krystalle stattfindet und das Leitvermögen in diesen Richtungen abändert.

III. Krystallpolarität des Arseniks.

2532. Eine Masse Arsenikmetall von krystallinischer Structur (2480) wurde zerschlagen und aus den Bruchstücken einige Platten ausgewählt, die gute und ebene Spaltungsflächen besaßen, etwa 0,3 Zoll lang, 0,1 Zoll breit und 0,03 Zoll dick waren. Diese, einem konischen Pol gegenüber aufgehängt, erwiesen sich vollkommen *diamagnetisch*, und vor oder zwischen zwei Polen, stark *magnekrySTALLISCH*. Ich besitze ein Paar flachseitige Pole mit Schraubenlöchern in der Mitte der Flächen, und diese schwächen die Intensität der Magnetlinien in der Mitte des Feldes so sehr, daß wenn die Flächen einen halben Zoll von einander stehen, ein 0,3 Zoll langer Cylinder von körnigem Wismuth sich

axial oder von Pol zu Pol richtet (2384). Allein bei den Arsenikplatten zeigte sich zwischen denselben Polen keine Tendenz dieser Art; so sehr überwog die magnekrystallische Kraft der Substanz ihre diamagnetische.

2533. Wurden die Arsenikplatten mit Horizontalität ihrer Flächen aufgehängt, so stellten sie sich zwischen den flachseitigen Polen gar nicht mehr. Aber jede Neigung der Flächen gegen den Horizont bewirkte Einstellen, mehr oder minder stark, je nachdem die Flächen sich mehr der Verticalität näherten, genau wie in der schon beim Wismuth und Antimon beschriebenen Weise.

2534. Sonach besitzen also Arsenik, nebst Wismuth und Antimon, die magnekrystallische Kraft oder Beschaffenheit.

Royal Institution, 23. Sept. 1848.

II. Fortsetzung der zwei und zwanzigsten Reihe von *Experimental-Untersuchungen über Electricität;* von *M. Faraday.*

§. 28. Ueber die Krystallpolarität des Wismuths und anderer Körper so wie deren Beziehung zur magnetischen und elektrischen Kraftform (Fortsetzung).

IV. Krystallzustand verschiedener Körper.

2535. **Zink.** Platten, aus krystallisirten Zinkmassen herausgebrochen, gaben unregelmäßige Anzeigen; allein, da sie wegen Unreinigkeiten zugleich magnetisch waren, so mögen die Effecte gänzlich daraus entsprungen seyn. Nun wurde reines Zink aus dem Chlorid und dem Sulphat elektrochemisch auf Platin niedergeschlagen; das erstere lieferte es in dendritischer, das andere in compacter Form. Beide Niederschläge waren diamagnetisch, frei von magnetischer

Wirkung, zeigten aber keine Spur von magnekrySTALLISCHER Action.

2536. *Titan* ¹⁾. Gute Titankrystalle, aus dem Boden eines Hochofen herstammend, wurden durch abwechselnde Behandlung mit Säuren und Flussmitteln so gut wie möglich von Eisen gereinigt. Sie waren glänzend, wohl gebildet und magnetisch (2371), enthielten aber Eisen und zwar, wie ich glaube, durch ihre ganze Masse verbreitet, denn Königswasser zog bei langem Sieden beständig Eisen und Titan aus. Diese Krystalle besaßen einen gewissen Magnetismus, welchen ich geneigt bin ihrer krystallischen Structur zuzuschreiben. Zwischen den Polen eines Elektromagnets stellten sie sich, selbst dann noch, wenn durch Unterbrechung des elektrischen Stroms die Kraft des Magnets sehr geschwächt worden. Ein Krystall sich selbst überlassen, nahm immer dieselbe Lage an, zum Beweise, daß er stets in derselben Richtung magnetisch geworden. Wenn aber ein Krystall in anderer Lage zwischen den Magnetpolen gehalten ward, während der elektrische Strom thätig war, und man unterbrach nun den Strom, so behielt der freigelassene Krystall auch diese neue Richtung zwischen den geschwächten Polen, zum Beweise, daß der Magnetismus nun in anderer Richtung als zuvor in dem Krystall erregt worden war. Wenn hierauf der Magnet wieder durch den elektrischen Strom erregt ward, sprang der Krystall sogleich herum und nahm seinen Magnetismus in der früheren Richtung an. In der That ließen sich die Krystalle in jeder Richtung magnetisiren, doch in einer Richtung leichter und stärker als in allen übrigen. Ich bin geneigt dieses der krystallischen Structur zuzuschreiben; allein es kann auch von einer unregelmäßigen Vertheilung von Eisen in der Titanmasse herrühren. Die Krystalle waren zu klein für mich, um dies gehörig aufzuklären.

2537. *Kupfer*. Gute Krystalle von nativem Kupfer, sorgfältig ausgelesen von der Masse, wurden auf ihre

1) Diese und viele andere Krystalle verdanke ich der Güte des Sir Henry T. De la Beche und des Hrn. Tennant.

Magnekrystallkraft geprüft. Neben dem Hufeisenmagnet (2486) gaben sie keine Anzeige von dieser Kraft; in welcher Richtung sie auch aufgehängt werden mochten: sie blieben in jeder stehen; und wie wenig man auch den Aufhängefaden oben drehen mochte, so folgte doch unten der Krystall sogleich und zu vollem Betrage. Dem Elektromagnet ausgesetzt, zeigten sich die Erscheinungen des Stockens und Zurückspringens (2513, 2310), wie zu erwarten. Wenn, nach dem Stocken, die Magnetkraft unterhalten ward, zeigte sich kein langsames Vorrücken des Krystalls in eine bestimmten Richtung (2512); vielmehr stand er in jeder Lage vollkommen still. Das Kupfer gab also keine Anzeige von magnekrystallischer Wirkung.

2538. *Zinn.* Aus Block- und Kornzinn las ich einige Stücke aus, welche, ihrer äusseren Form und der bei Behandlung mit Säuren entstehenden Oberfläche nach, ein regelmässig krystallinisches Gefüge im Innern zu besitzen schienen; ich schnitt Stücke davon ab und unterwarf sie sorgfältig der Kraft der Magnete, konnte aber keine magnekrystallische Erscheinungen wahrnehmen. Anzeigen von Stockungen und Rücksprüngen waren vorhanden, auch von diamagnetischer Kraft, sonst aber nichts. Ich untersuchte auch einige durch elektrochemische Zerlegung gebildete Zinnkrystalle; sie waren rein und diamagnetisch, liessen Hemmungen und Rücksprünge zu, gaben aber keine Anzeige von magnekrystallischer Action.

2539. *Blei.* Blei wurde geschmolzen und, nach theilweiser Erstarrung, ausgegossen (2457); dadurch wurden einige schöne Krystalle von octaëdrischer Gestalt erhalten. Vor den Magneten zeigten sie schwache Hemmungen und Rücksprünge, aber keine magnekrystallische Erscheinungen. Darauf wurden feine krystallinische Bleiplatten, die durch elektrochemische Zersetzung von essigsaurem Blei erhalten worden, dem Magnet ausgesetzt; sie waren rein und diamagnetisch, zeigten Stockungen und Rücksprünge, aber keine magnekrystallische Action.

2540. *Gold.* Es wurden drei schöne grosse Goldkry-

stalle untersucht. Sie waren diamagnetisch und leicht zu hemmen, (2310. 2340) gaben aber wegen ihrer octaëdrischen oder rundlichen Gestalt, keine Rücksprünge. Auch lieferten sie keine Anzeige von MagnekrySTALLITÄT.

2541. *Tellur*. Es wurden zwei Bruckstücke mit grossen und parallelen Spaltungsflächen untersucht; beide stellten sich ein und zwar, der grössten Länge nach, zwischen flachseitigen Polen (2463) quer gegen die axiale Linie. Ich glaube, diese Erscheinung entsprang zum Theil, wenn nicht gänzlich, aus dem magnekrySTALLISCHEN Zustand der Substanz, halte es aber nicht für entscheidend bewiesen.

2542. *Osmium-Iridum*. Die natürlichen Körner dieser Legirung sind oft flach, zwei wie KrySTALLflächen aussehende Seiten darbietend, die, selbst wenn die Körner dick sind, einander parallel liegen. Es wurden einige der grössten und krySTALLINISCHSTEN Körner ausgewählt, und, nach Glühen mit Flufs und Digestion mit Königswasser, vor dem Magnet untersucht. Einige waren magnetischer als andere, und wurden angezogen; andere wurden es sehr wenig; die letzteren wurden ausgelesen und sorgfältiger untersucht. Sie alle richteten sich mit grosser Leichtigkeit und verhältnismässig grosser Kraft; denn, obwohl sie nur 0,2 Zoll lang waren, stellten sie sich leicht, wenn auch die Pole 3 oder 4 Zoll aus einander standen. *Immer* wandten die KrySTALLe ihre Seitenflächen den Polen zu, richteten also ihre Länge nicht *in*, sondern *quer* gegen die Axiallinie, es mochten übrigens die Pole viel oder wenig aus einander stehen, flachseitig oder konisch seyn. Ich halte sie für magnekrySTALLISCH.

2543. *Leicht schmelzbares Metall (Fusible metal)*. KrySTALLe von leicht schmelzbarem Metall (2457) stellten sich ein, aber dieselben, anscheinend vierseitige Platten oder Prismen, waren nicht gut, und daher ihre Angabe nicht deutlich.

2544. *Drähte*. Ich hielt es für möglich, dafs dünne Drähte, welche nach Behandlung mit Säuren ein faseriges Gefüge zeigten, eine der KrySTALLITÄT sich nähernde

Anordnung ihrer Theilchen besitzen könnten, und unterwarf daher Bündel von Platin- Kupfer- und Zinndrähten der Wirkung des Magnets; allein es erschien keine Anzeige von magnekrySTALLISCHER Action.

2545. Ich unterwarf mehre Metall-Verbindungen der Kraft des Magnets in solcher Weise, dafs sie magnekrySTALLISCHE Erscheinungen hätte zeigen können: Bleiglanz, natürlichen Zinnober, Zinnstein, Schwefelzinn, Rothkupfererz, Brookit oder Titanoxyd, Eisenkies, auch Diamant, Flussspath, Steinsalz und Boracit; allein obgleich sie alle wohl krySTALLISIRT und diamagnetisch waren, gaben sie keine Anzeige von MagnekrySTALLKRAFT. Natürliches und gut krySTALLISIRTES Schwefelkupfer, Schwefelzink, Kobaltglanz und Leucit waren magnetisch. An keinem von ihnen konnte ich ein von der KrySTALLISATION herrührendes magnetisches Resultat erkennen.

2546. Bei Untersuchung der *magnetischen Salze* erwiesen sich verschiedene derselben sehr auffallend magnekrySTALLISCH, so das *schwefelsaure Eisenoxydul*, welches zunächst genommen wurde. Mit Verticalität der magnekrySTALLISCHEN Axe aufgehängt, zeigte es keine besondere Erscheinungen, nur dafs die längere Horizontaldimension sich schwach in die magnetische Axe stellte; als aber der KrySTALL um 90° gedreht wurde (2470) richtete er sich mit vieler Kraft und die gröfsere Länge stellte sich aequatorial. Der KrySTALL bestand aus übereinander liegenden flachen Individuen oder Tafeln und die MagnekrySTALLAXE ging quer durch sie hin. Nach einem Paar Versuchen war es daher leicht, voraus zu sagen, wie ein KrySTALL aufgehängt werden müsse, und wie er einspielen werde. Die KrySTALLe mochten lang oder schief oder unregelmäfsig seyn, so war doch die MagnekrySTALLKRAFT vorherrschend und das Bestimmende ihrer Lage, gleichviel ob die Pole zugespitzt oder abgeflacht, nahe oder weit von einander waren. Die MagnekrySTALLAXE ist ganz oder beinahe rechtwinklich auf einer der Seiten des rhombischen Prismas. Ich besitze kleine prismatische KrySTALLe, deren Länge fast das Dreifache der
Breite

Breite ist; wenn beide, Länge und MagnekrySTALLaxe, horizontal sind, vermag keine Kraft oder Gestalt oder Lage der Magnetpole die Länge in die axiale Richtung zu bringen, vielmehr wird diese beständig von der MagnekrySTALLaxe eingenommen: so überwiegend ist deren Kraft über die blofs magnetische Kraft des KrySTALLs. Und doch ist die letztere mit unter so grofs, um die Aufhängefasern zu zerreißen, wenn der KrySTALL sich über den Polen befindet (2615).

2547. *Schwefelsaures Nickeloxyd*. Ein KrySTALL desselben im Magnetfelde aufgehängt, stellte sich seiner Länge nach axial ein. Diefs konnte theils von blofser Magnetkraft, theils von MagnekrySTALLkraft herrühren. Ich schnitt aus dem KrySTALL einen Würfel, an dem zwei Flächen rechtwinklich waren auf der Länge des Prismas. Dieser Würfel spielte im Magnetfeld gut ein und zwar richtete die mit der Axe des Prismas zusammenfallende Linie sich axial; sie stellte die MagnekrySTALLaxe vor. Selbst wenn der Würfel in dieser Richtung verkürzt, und in eine quadratische Tafel verwandelt wurde, deren Axe mit der MagnekrySTALLaxe zusammenfiel, richtete er sich so gut wie zuvor, obwohl jetzt die kürzesten Dimensionen axial zu liegen kamen.

2548. *Schwefelsaures Eisenoxyd-Ammoniak* und *schwefelsaures Manganoxydul* gaben keine Anzeige von magnekrySTALLischen Erscheinungen; *schwefelsaures Manganoxydul-Ammoniak* glaube ich gab sie, aber die KrySTALLe waren nicht gut. *Schwefelsaures Nickeloxyd-Kali* ist magnekrySTALLisch. Alle drei Salze sind magnetisch.

2549. Somit erhellt dann, dafs aufser Wismuth, Antimon und Arsenik auch andere Körper magnekrySTALLische Effecte darbieten. Zu diesen gehören die Legirung von Iridium und Osmium, wahrscheinlich Tellur und Titan, und sicher schwefelsaures Eisenoxydul und schwefelsaures Nickeloxyd. Ehe ich diesen Gegenstand verlasse, mufs ich noch bemerken, dafs diese Eigenschaft mich wahrscheinlich früher (2290) manchmal zu Irrthümern verleitet hat. Daraus möchte namentlich sehr leicht ein Versehen beim Arsenik (2383) entstanden seyn.

V. Ueber die Natur der Magnekryallkraft und allgemeine Betrachtungen

2550. Die Magnekryallkraft scheint sehr deutlich sowohl von der magnetischen als von der diamagnetischen Kraft unterschieden zu seyn, in sofern sie weder ein Annähern noch ein Zurückweichen, weder Anziehung noch Abstossung bewirkt, sondern blofs der ihrem Einflusse ausgesetzten Masse eine gewisse bestimmte Richtung verleiht, so dafs eine gegebene Linie in der Masse gegen die Richtung der äufseren Magnetkraft in eine bestimmte Lage kommt.

2551. Ich hielt es für nothwendig, den Schluss, dafs die Kraft weder einen anziehenden, noch einen abstossenden Einflufs ausübe, sorgfältig zu prüfen und zu beweisen. Zu dem Ende construirte ich eine Torsionswaage mit Bifilarsuspension von Coconfäden, bestehend aus zwei Bündeln, jedes von sieben Filamenten, vier Zoll lang und ein Zwölftelzoll aus einander; von dem Ende eines Hebels liefs ich daran einen Wismuthkryall (2457) hängen, so dafs er in jeder Lage festgehalten werden konnte. Diese Waage war durch einen Glaskasten geschützt, an dessen Außenseite sich das konische Ende eines der Pole des grofsen Elektromagnets (2247) befand, und zwar horizontal, rechtwinklich gegen den Hebel der Torsionswaage, und in solcher Lage, dafs der Wismuthkryall sich in der Verlängerung der Axe des Pols befand, etwa einen halben Zoll von seinem Ende, wenn alles in Ruhe war. Der andere vier Zoll entfernte Pol war breit gelassen, damit die Magnetkraftlinien gleichsam divergirten, und von dem konischen Pole aus rasch an Stärke abnehmen mußten. Der Zweck war nun, den Grad der vom Magnet auf das Wismuth, als diamagnetischen Körper, ausgeübten Abstossung zu beobachten, entweder durch den Abstand, bis zu welchem es fortgestoßen wurde, oder durch die Torsion, die man zur Zurückführung in seine erste Lage anzuwenden hatte; und ferner zu sehen, ob ein Unterschied vorhanden sey, wenn dabei das Wismuth seine Magnekryallaxe einmal axial oder

den Magnekraftlinien parallel, und das andere Mal aequatorial zu liegen habe.

2552. Der Krystall wurde daher zunächst mit seiner Magnekristallaxe den Magnekraftlinien parallel gestellt, und nach einander viermal um 90° in horizontaler Lage gedreht, um ihn unter allen Lagen der Magnekristallaxe zu beobachten. In keinem Falle konnte indess ein Unterschied in dem Betrage der Abstofsung beobachtet werden. Bei anderen Versuchen hatte die Axe eine schiefe Lage, aber das Resultat war noch dasselbe. Wenn daher irgend ein Unterschied vorhanden ist, muß er äußerst klein seyn.

2553. Ein entsprechender Versuch, wobei der Krystall gleich einem Pendel bifilar an 30 Fuß langen Seidenfäden hing, gab dasselbe Resultat.

2554. Eine andere Reihe schlagender Beweise, daß die Wirkung nicht von Attraction oder Repulsion herrührte, wurde in folgender Weise erhalten. Eine Strähne von funfzehn Coconfasern, etwa 14 Zoll lang, wurde oben befestigt und am unteren Ende mit einem Gewicht von einer Unze und mehr beschwert. Die Mitte dieser Strähne war ungefähr in der Mitte vom magnetischen Felde des Elektromagnets, und das quadratische Gewicht unten ruhte an der Seite eines Holzklotzes, so daß eine verticale, steife seidene Axe ohne Schwingung und Umdrehung gebildet war. In der Mitte dieser Axe und quer gegen sie wurde ein kleiner Kartenstreif von 0,5 Zoll Länge und 0,1 Zoll Breite durch Kitt befestigt und dann ein kleiner Eisenvitriolkrystall von etwa 0,3 Zoll Länge und 0,1 Zoll Dicke an die Karte geheftet, so, daß dessen Länge und auch dessen Magnekristallaxe in der Horizontalebene lagen. Der Krystall befand sich seiner ganzen Länge nach an Einer Seite der seidenen Axe, so daß, wenn er herumschwang, die Länge der Radius des beschriebenen Kreises war, und die Magnekristallaxe parallel zu dessen Tangente.

2555. Die Ruhelage des Krystalls war durch die Torsionskraft der seidenen Axe bedingt und liefs sich durch Drehung des unteren Gewichtes beliebig verändern. Die

Torsionskraft dieser Axe war von solcher Stärke, daß der Krystall, in Schwingungen versetzt, deren vierzig (ganze, hin und her) in einer Minute vollbrachte.

2556. Brachte man den Krystall in schiefe Lage (wie Fig. 4 Taf. I.) zwischen den flachseitigen Polen, so suchte er sich im Moment der Erregung des Magnets, mit seiner Länge aequatorial, oder mit seiner Magnekrystallaxe parallel den Magnekraftlinien zu stellen. Wurde der Nordpol entfernt und dann der Versuch wiederholt, so war der Erfolg derselbe, obgleich nicht so stark wie zuvor. Und als endlich der Südpol dem Krystall so nahe gebracht ward, als es ohne ihn zu berühren geschehen konnte, ergab sich dasselbe Resultat und zwar mit größerer Stärke als zuvor.

2557. In den beiden letzten Versuchen *wich* also der Eisenvitriolkrystall, obwohl er als magnetischer Körper von dem angewandten Magnet stark angezogen ward, unter dem Einfluß der Magnekrystallität von dem Magnetpol zurück.

2558. Wurde der Südpol entfernt und der Krystall bloß der Wirkung des Nordpols ausgesetzt, so näherte er sich demselben, getrieben sowohl von der magnetischen als von der magnekrystallischen Kraft; wurde aber der Krystall um 90° links oder 180° rechts um die seidene Axe gedreht, so daß er in umgekehrte oder entgegengesetzte Lage kam, so stieß dieser Pol ihn ab oder versetzte ihn in eine gewisse Entfernung, gerade wie es der Südpol that. Der Versuch erfordert Sorgfalt, und konische Pole eignen sich nicht gut dazu; allein bei ein wenig Achtsamkeit konnte ich die Resultate mit äußerster Leichtigkeit erhalten.

2559. Der Eisenvitriol wurde nun durch eine krystallinische Platte von Wismuth ersetzt (2480), und diese, wie jener, mit der Magnekrystallaxe horizontal, an Einer Seite der Seidenaxe befestigt. Gegen den Nordpol in dieselbe Lage gebracht, welche der Krystall im vorhergehenden Versuch (2556) besaß, so daß sie sich, um ihre Axe den Magnekraftlinien parallel zu stellen, dem Magnetpol nähern mußte, that sie dieses wirklich, so wie der Magnet in Thätigkeit gesetzt ward, zuwider ihrem Diamagnetismus, aber unter

der Herrschaft der Magnekrystallkraft. Der Effect war gering, aber deutlich.

2560. Einstweilen das Resultat des weiterhin (2607) gegebenen Raisonnements anticipirend, will ich einen entsprechenden, mit dem rothen Cyaneisenkalium erhaltenen Effect beschreiben. Ein Krystall dieses Salzes, der durch Abschleifung seiner scharfen Kanten in eine Tafel, mit Flächen parallel der Ebene der optischen Axen, verwandelt worden, wurde statt der Wismuthplatte genommen. In der zuvor (2556) abgebildete Lage der Wirkung des Magnets ausgesetzt, bewegte er sich und stellte die Ebene der optischen Axen aequatorial, wie es Plücker beschreibt. Dasselbe geschah, wenn der Nordpol entfernt und der Südpol an den Krystall gebracht wurde; der Krystall *wich* vom Pol *zurück*. Wurde dagegen der Südpol entfernt und der Nordpol neben dem Krystall angewandt, so näherte sich letzterer, als Ganzes, diesem Pol. Stellte man den Krystall auf die andere Seite der Aequatorial-Linie, so bewirkte der Südpol eine *Annäherung* und der Nordpol eine *Entfernung*. So schien also ein und derselbe Pol eine und dieselbe Seite des Krystalls anziehen und abstossen zu können, und jeder der Pole vermochte diese scheinbare Anziehungs- und Abstosungskraft zu äußern.

2561. Diefs ist ein Beweis, dafs weder eine Anziehung noch eine Abstossung die Einstellung oder endliche Lage des Körpers verursacht (2607).

2562. Diese Kraft ist also in Charakter und Wirkung verschieden von der magnetischen und diamagnetischen Kraftform. Andererseits hat sie die offenbarste Beziehung zum Krystallgefüge des Wismuths und anderer Körper, deshalb auch zu den Molekülen und zu der Kraft, durch welche Moleküle im Stande sind, Krystallmassen zu bilden. Es scheint mir unmöglich, die Resultate anders aufzufassen als durch eine Wechselwirkung der Magnetkraft und der Kraft der Krystalltheilchen zu einander, und diefs führt zu dem weiteren Schlufs, dafs sie, in sofern sie auf einander einzuwirken vermögen, gleicher Natur theilhaft sind, wodurch

die Lösung jenes großen Problems der Philosophie der Molecularkräfte, welche ihnen allen einen gemeinsamen Ursprung beilegt (2146), eine neue Stütze bekommt.

2563. Mögen wir einen Krystall oder ein Theilchen vom Wismuth betrachten, so hat doch die Polarität desselben einen sehr ungewöhnlichen Charakter im Vergleich zur Polarität eines Theilchens im gewöhnlichen magnetischen Zustand oder zu sonst einem Dualismus von physischer Kraft. Denn die entgegengesetzten Pole haben *gleiche* Charaktere, wie vor allem aus der diametralen Einstellung der Massen (2461), und dann aus den physischen Charakteren und Relationen der Krystalle im Allgemeinen erhellt. Da die Moleküle in der Masse eines Krystalles liegen, so können sie keineswegs repräsentirt werden durch den Zustand eines Spänchens Eisenfeilicht zwischen den Polen eines Magnets oder durch den der Eisentheilchen in dem daran gelegten Anker; denn diese haben *ungleichnamige* Pole und die Eigenschaft zusammenzubasteln und so eine Art Structur zu bilden; wogegen in den Krystallen die Moleküle einander Pole von gleicher Art zuwenden, denn es sind, so zu sagen, alle Pole gleich.

2564. So wie aus den Erscheinungen erhellt, ist die Magnekrystallkraft eine in die Ferne wirkende Kraft; denn der Krystall kann aus der Ferne vom Magnet bewegt werden (2574) und kann ihn auch aus der Ferne bewegen. Um dies letztere Resultat hervorzubringen, magnetisirte ich eine stählerne Haarnadel (*bodkin*) von etwa drei Zoll Länge und hing sie mittelst eines vier Zoll langen einfachen Cocconfadens an einem horizontalen Stäbchen auf, das wiederum mittelst eines anderen Seidenfadens in der Mitte an einem festen Punkt aufgehängt war. Auf diese Weise konnte die Nadel sich frei um ihre Axe drehen und zugleich einen Kreis von etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser beschreiben. Die letztere Bewegung war durch die Tendenz der Nadel, sich unter dem Einfluß der Erde zu richten, nicht gehindert, weil sie in dem Kreise jegliche Richtung annehmen und doch sich selbst parallel bleiben konnte.

2565. Aus einem Glasstab und Kupferdraht wurde ein von magnetischer Wirkung vollkommen freier Träger construirt, und durch den Boden des Stativs geführt, in der Verlängerung der oberen Drehungsaxe und also concentrisch mit dem Kreise, welchen der kleine Magnet beschreiben konnte; er hatte eine solche Höhe, dafs er im Niveau mit dem Pol am unteren Ende der Nadel und im Centro des kleinen Kreises, in welchem dieser Pol sich um ihn drehen konnte, einen Krystall oder irgend eine andere Substanz zu tragen vermochte. Durch Bewegung seines unteren Endes konnte man sein oberes Ende dem Magnete nähern oder von ihm entfernen. Das Ganze wurde mit einer Glasglocke bedeckt. Stehen gelassen, bis die Temperatur gleichförmig geworden und die Nadel zur Ruhe gekommen war, hatte diese unter dem Einflufs der Torsionskraft des Aufhängefaden eine constante Lage angenommen. Eine Drehung des aus Glas und Kupfer gebildeten Trägers bewirkte keine bleibende Aenderung in der Lage des Magnets; denn obwohl die Bewegung der Luft den Magnet fortführte, so kehrte er doch zuletzt zu demselben Ort zurück. Wurde er aus diesem Orte abgelenkt, so oscillirte das System vermöge der Torsionskraft des Seidenfadens; die Zeit einer halben Oscillation oder eines Ganges in einer Richtung betrug etwa drei Minuten, die einer ganzen Oscillation also sechs Minuten.

2566. Ein Wismuthkrystall, mit der Magnekrystallaxe in horizontaler Richtung an dem Träger befestigt, konnte dem unteren Pol der Nadel in jeder Richtung nahe gebracht werden, und nach zwei- oder dreistündigem Stehenlassen oder, wenn nach wiederholter Untersuchung der Magnetpol sich als in Ruhe erwies, konnte die Lage desselben bestimmt und der Grad und die Richtung der Einwirkung des Wismuths auf ihn ermittelt werden. Diese Beobachtungen erforderten ungemeine Vorsicht; alle stähler- und eisernen Gegenstände, wie Brillen, Messer, Schlüssel u. s. w. mußte der Beobachter, ehe er herantrat, von sich ablegen, auch nur Glasleuchter anwenden. Der er-

zeugte Effect, obwohl nur gering, ergab das Resultat, daß wenn die MagnekrySTALLKRAFT einen Winkel von 10° , 20° oder 30° mit der vom Magnetpol zur Mitte des WismuthkrySTALLES gezogenen Linie machte, der Pol ihr folgte und beide Linien in Parallelismus zu bringen suchte, was für ein Ende der MagnekrySTALLAXE übrigens dem Pole zugekehrt, oder nach welcher Seite sie gewandt seyn mochte. Durch successives Bewegen des Wismuths konnte die Ablenkung des Magnetpols auf 60° gebracht werden.

2567. Ein WismuthkrySTALL ist daher im Stande aus der Ferne auf einen Magnet zu wirken.

2568. Allein diese in die Ferne wirkende Kraft entspringt doch aus derselben, die Theilchen zu einem krySTALLINISCHEN Gefüge anordnenden Ursache, welche wir zu anderen Zeiten Aggregations-Anziehung nennen, und so oft als nur in *unmerkliche* Abstände wirkend betrachten.

2569. Zur weiteren Aufhellung der Natur dieser Kraft schritt ich nun zur Untersuchung des Einflusses der Wärme auf WismuthkrySTALLE im magnetischen Felde. Die KrySTALLE wurden an dünnen Drähten von Platin oder Kupfer aufgehängt und erhitzt, zuweilen direct durch eine kleine Weingeistlampe, zuweilen durch ein zwischen die Pole gebrachtes Oelbad. Obwohl hiebei der aufsteigende Strom von Luft oder Oel stark war, so vermochte er doch nicht die durch die magnekrySTALLISCHE Kraft bewirkte Einstellung zu hindern, sondern half mit zu zeigen, wann diese Wirkung abnahm oder aufhörte.

2570. Bei allmäliger Steigerung seiner Temperatur in der Luft fuhr der WismuthkrySTALL fort sich zu richten, bis er plötzlich in dieser Beziehung indifferent wurde und unter dem Einfluß der aufsteigenden Luftströme jede Richtung annahm. Als darauf die Flamme entfernt wurde, drehte er sich langsam und regelmäÙsig, wie wenn er keine Lage lieber als die andere annehmen wollte oder keine magnekrySTALLISCHE Wirkung zurückgeblieben wäre. Allein nach wenigen Sekunden weiterer Temperaturabnahme nahm er seine Richtkraft wieder an, scheinbar in einem Augenblick

und mit voller Kraft; auch stellte er sich genau in der früheren Richtung ein. Bei sorgfältiger Untersuchung des Krystalls zeigte sich, daß seine äußere Gestalt und seine Spaltbarkeit unverändert geblieben waren; allein ein kleines Wismuthkügelchen, welches an einer Stelle an der Oberfläche ausgeschwitzt war, zeigte, daß die Temperatur dem Schmelzpunkt sehr nahe gewesen.

2571. Dasselbe Resultat ergab sich im Oelbad, ausgenommen, daß mehr Wismuth schmolz, da bei Entfernung der Lampe von dem Oelbade nicht sogleich die weitere Erwärmung unterdrückt war; etwa ein Viertel des Metalls hing unten als ein Tropfen daran. Dennoch verlor die Masse ihre Kraft in der hohen Temperatur und nahm sie beim Erkalten wieder an, in derselben Richtung, nur in geringerem Grade. Die Schwächung der Kraft erklärte sich beim Zerschneiden des Krystalls, denn die flüssig gewordenen Theile waren nun unregelmäßig krystallirt, und deshalb am Ende des Versuchs neutralisirt, während sie zu Anfang desselben sich activ verhalten hatten.

2572. Da Wärme diese Wirkung ausübt, so ist die frühere Erwartung (2502), Wismuth im Magnetfelde regelmäßig krystallisiren zu sehen, natürlich unbegründet; denn das Metall muß in den starren Zustand treten und vermuthlich mehre Grade weiter erkalten, ehe es die magnetkrystallischen Erscheinungen zeigen kann. Wenn die Wärme auf alle Körper vor ihrer Liquefaction dieselbe Wirkung ausübt, kann natürlich jener Proceß auf keinen derselben angewandt werden.

2573. Als ein Stück krystallisirtes Antimon demselben Versuch unterworfen ward, verlor es seine magnetkrystallische Kraft unterhalb dunkler Rothgluth, just als es soweit erweicht war, daß es von dem es tragenden Kupferdraht einen Eindruck annahm. Nach dem Erkalten hatte es nicht seinen früheren Zustand angenommen, war vielmehr gewöhnlich magnetisch (*magnetic*) und richtete sich. Dies glaube ich rührt her von Eisen, welches von der Flamme und Hitze der Weingeistlampe afficirt worden war; denn

da die Hitze stark genug war, um einen Theil des Antimons zu verbrennen, und in Rauch von Antimonoxyd zu verwandeln, so könnte sie auch einen Theil Eisen frei gemacht, und dadurch den Kohlen- und Wasserstoff der Flamme in magnetischen Zustand versetzt haben (2608).

2574. Zur ferneren Erläuterung der Wechselwirkung zwischen Wismuth und dem Magnet wurde ersteres in der (2551) beschriebenen Weise an der Bifilarwaage aufgehängt, jedoch so gedreht, daß seine Magnekristallaxe, zwar horizontal, aber nicht parallel oder winkelrecht gegen den Hebelarm, sondern etwas geneigt war, wie in Fig. 5 Taf. I. wo 1 den am Waagebalken *b* sitzenden Krystall vorstellt, der vermöge der Lage der Drehungsaxe durch die Lagen 1, 2, 3, 4, ... schwingen kann. *S* ist der Magnetpol, getrennt von ihm bloß durch die Glasglocke. In der Lage 1 sind offenbar die Magnekristallaxen und Magnekraftlinien einander parallel, in den Lagen 2, 3, 4 dagegen schief. Wurde der Apparat so vorgerichtet, daß der Wismuthkrystall in 1 ruhte, so brachte die Entfaltung (*superinduction*) der vollen Magnetkraft ihn nach 4; ein Resultat der diamagnetischen Wirkung. Hatte jedoch das Wismuth seinen Ruheort in 2, so führte die Entwicklung der Magnekraft dasselbe nicht nach 3, übereinstimmend mit dem früheren Resultat, sondern nach 1, welches es meistens erreichte und oft überschritt, ein wenig auf 4 zugehend. In diesem Falle wirkten Magnekristallkraft und Magnetkraft einander entgegen, und die erstere überwog bis zu der Lage 1.

2575. Allein wiewohl der Wismuthkrystall sich in diesen Fällen quer gegen die Kraftlinien des magnetischen Feldes bewegte, darf nicht erwartet werden, daß er es auch in einem Felde thue, wo die Linien parallel und von gleicher Stärke sind, wie zwischen flachseitigen Polen; der Krystall ist gezwungen sich nur parallel zu sich selbst zu bewegen; denn unter solchen Umständen sind die Kräfte in beiden Richtungen und zu beiden Seiten der Masse gleich, und die einzige Tendenz, welche der Krystall vermöge seiner

Magnekrystallität behält, ist die, sich um eine Verticalaxe zu drehen, bis er in dem Magnetfelde seine natürliche Lage angenommen hat.

2576. Eine höchst wichtige Frage hinsichtlich der Magnekrystallkraft ist zunächst die, ob diese Kraft eine dem Wismuthkrystall u. s. w. ursprünglich inwohnende oder eine durch magnetischen oder elektrischen Einfluß hervorgerufene sey. Wenn ein weiches Eisen in die Nähe eines Magnets gebracht wird, erlangt es neue Fähigkeiten und Eigenschaften. Einige nehmen an, dies beruhe auf einer durch Vertheilung (*induction*) erregten neuen Kraft in dem Eisen und dessen Theilchen, von gleicher Natur mit der des erregenden (*inducing*) Magnets; Andere halten dafür, jene Kraft sey ursprünglich in den Eisentheilchen vorhanden, und die inductive Action bestehe nur in einer Anordnung aller elementaren Kräfte zu einer gemeinschaftlichen Richtung. Auf den Wismuthkrystall kann die letztere Annahme nicht in gleicher Weise angewandt werden, denn alle seine Theilchen sind schon vorher geordnet, und es ist eben diese Anordnung, wodurch er seine Kräfte erlangt. Wenn die Theilchen einer Substanz sich in der Verworrenheit (*heterogeneous condition*) befinden, welche die des Eisens in seinem unmagnetischen Zustand besitzen, so mag die Magnetkraft den magnetischen und auch diamagnetischen Zustand, welcher wahrscheinlich ein Inductionszustand ist, entwickeln; allein es erhellt nicht sogleich, daß sie auch einen Zustand wie den hier betrachteten erregen könne.

2577. Daß die Theilchen ihre Eigenthümlichkeit zu großem Maasse in allen Resultaten bewahren, geht aus der Betrachtung hervor, daß sie eine inwohnende Fähigkeit oder Kraft, die Krystallisationskraft, besitzen, welche so standhaft ist, daß sie sich durch keine Behandlung verändern läßt, daß es eben diese Kraft ist, welche, indem sie den Theilchen eine regelmässige Lage in der Masse giebt, sie auch befähigt, gemeinschaftlich auf den Magnet oder elektrischen Strom zu wirken oder eine Einwirkung von

ihnen zu erleiden; und dafs wenn die Theilchen nicht so angeordnet sind, sondern verworren in der Masse liegen, die Summe ihrer Kräfte nach aufsen Null ist und keine inductive Einwirkung des Magnets oder elektrischen Stroms die geringste Spur von den Erscheinungen zu entwickeln vermag.

2578. Und dafs die Theilchen selbst vor ihrer Krystallisation, vermöge der Krystallisationskraft, einigermaßen in die Ferne wirken können, wird, glaube ich, durch die folgende Thatsache dargethan. Eine Flasche enthaltend etwa ein Quart Glaubersalz-Lösung von solcher Concentration, dafs sie nach Erkalten bei Berührung mit einem Krystall des Salzes oder einem anderen Körper krystallisirte, wurde eine Woche oder länger ruhig stehen gelassen. Die Lösung war klar geblieben, allein als man die Flasche berührte, erfolgte mit einem Male durch die ganze Masse eine Krystallisation in klaren, gesonderten durchsichtigen Tafeln von mehr als einem Zoll in Länge und einem halben Zoll in Breite und einer Dicke von vielleicht $\frac{1}{30}$ bis $\frac{1}{60}$ Zoll. Sie alle waren horizontal und mit hin einander parallel, und hatten, wenn ich mich recht erinnere, ihre Länge in gleicher Richtung; auch waren sie in jedem Theil der Flasche von gleichem Charakter und anscheinend in gleicher Menge vorhanden. Beim Umkippen der Flasche hielten sie fast die Flüssigkeit zurück, und als diese abgelassen ward, boten sie ein schönes und gleichförmiges Haufwerk von Krystallen dar. Dieses Ergebnifs überzeugte mich damals, dafs wiewohl der Einfluß eines gelösten und krystallisirenden Theilchens unmittelbar und hauptsächlich auf seine Nachbarn gerichtet ist, er sich doch auch darüber hinaus erstrecken müsse, weil sonst die ganze Masse der Lösung schwerlich in einen so gleichförmigen Krystallisationszustand gerathen seyn könne. Ob die Horizontalität der Platten zu der fast verticalen Richtung der Kraftlinien des Erdmagnetismus, die während der ganzen Ruhezeit die Lösung durchschnitten, irgend eine Beziehung habe, ist mehr als ich zu sagen wage.

2579. Folgendes sind Betrachtungen, welche auf die

große Frage (2576) von einem ursprünglichen oder hervorgerufenen Zustand hinzielen.

2580. Zunächst bringt das Wismuth aus dem Magnetfeld keine Kraft oder keinen besonderen Zustand mit, vermöge dessen es auf einen Magnet wirkte (2504); wenn also der Zustand des Krystalls ein inductiver ist, ist er wahrscheinlich ein vorübergehender, der nur während der Induction besteht. Die Thatsache also, obwohl eine negative, stimmt, soweit ihre Beweiskraft reicht, mit jener Voraussetzung überein.

2581. Wenn ferner der Effect, so weit er den Krystall betrifft, ganz aus einer ursprünglichen, der Masse innewohnenden Kraft entspränge, so stände zu erwarten, daß der Magnetismus der Erde oder eines anderen schwachen Magnets auf den Krystall einwirkte. Freilich muß eine schwache Magnetkraft so gut als eine starke einen gegebenen Zustand in einem Wismuthkrystall induciren, nur verhältnißmäßig; allein wenn der gegebene Zustand dem Krystall inhärent wäre, und in seinem Betrage sich nicht änderte durch die Stärke der einwirkenden Magnetkraft, so müßte eine schwache Magnetkraft entschiedener auf das Wismuth wirken als im Fall der Zustand desselben ein inducirter, und nur der Stärke dieser Kraft proportional wäre. Was auch der Werth dieses Arguments seyn mag, so wurde ich doch dadurch veranlaßt, den Versuch über den Einfluß der Erde (2505) sehr sorgfältig zu wiederholen. Ich hing Krystalle in kleinen Flaschen auf, stülpte größere darüber und machte diesen Versuch an einem unterirdischen Orte von gleichförmiger und constanter Temperatur, so daß jeder Luftzug ausgeschlossen war, und der Krystall den schwächsten Torsionsgraden, die man den Aufhängefaden oben durch den Zeiger gab, folgen konnte. Unter diesen Umständen konnte ich keine Richtkraft unter dem Einfluß der Erde erhalten, weder mit Wismuth- noch mit Eisenvitriolkrystallen. Vielleicht möchte sie unter dem Aequator, wo die Kraftlinien, horizontal sind wahrnehmbar werden.

2582. Angenommen drittens, es sey in den Krystallen und dessen Molecülen eine ursprüngliche Kraft vorhanden, so liesse sich erwarten, dafs sie, unabhängig von der Magnetkraft, eine directe Wirkung auf einander ausüben, und wäre diefs der Fall, so hätte man den best möglichen Beweis, dafs die im Magnetfelde geäußerte Kraft eine inhärente sey. Allein als ich einen großen Krystall mit seiner Magnekrystallaxe horizontal unter oder neben einen aufgehängten kleineren legte, konnte ich kein Zeichen von gegenseitiger Einwirkung wahrnehmen, selbst dann nicht als die nahe gelegten Theile der Krystalle abgeschliffen oder fortgelöst worden waren, um die beiden Krystalle mit großen Flächen möglichst nahe an einander zu bringen. Solche Versuche (2581) erfordern eine große Sorgfalt, sonst entstehen Resultate, die eine Wechselwirkung der Krystalle anzudeuten scheinen.

2583. Ebenso wenig konnte ich eine Spur von Wechselwirkung zwischen Krystallen von Wismuth oder Eisenvitriol auffinden, wenn beide im Magnetfelde waren, und der eine frei schwebte, während der andere in verschiedenen Lagen ihm nahe war.

2584. Aus der Abwesenheit oder ungemeynen Schwäche irgend einer Wechselwirkung zwischen den Krystallen, so wie aus der Wirkung der Wärme, die den Krystallen, bevor sie ihren krystallinischen Zustand verloren haben, jedes Vermögen raubt (2570), bin ich zu glauben veranlaßt worden, dafs die Kraft, welche der Krystall im Magnetfelde durch seine Bewegung äußert, hauptsächlich und fast gänzlich *inducirter* Natur ist, freilich abhängig von der Krystallkraft und ihr zuletzt hinzutretend, aber sie zugleich erhöhend zu einem Grade, den sie ohne Induction nicht erreicht haben würde.

2585. In diesem Falle müßte die Kraft wahrscheinlich eine magnekrystallische genannt werden, da sie unter dem Einfluß des Magnets erzeugt oder entwickelt wird. Ich gebrauche das Wort magnekrystallisch, um damit anzudeuten, dafs sie, wie ich glaube, dem Krystall selber ange-

hört, und in diesem Sinn spreche ich auch von Magnetrystallaxe u. s. w.

2586. Diese Kraft scheint mir von einem sehr seltsamen und auffallenden Charakter zu seyn. Sie ist nicht polar, denn sie bewirkt weder Anziehung noch Abstofsung. Allein von welcher Natur ist dann die mechanische Kraft, welche den Krystall herumdreht (2460) oder ihn auf einen Magnet wirken läßt (2564)? Er ist nicht gleich einer Drahtrolle, auf welche Magnetkraftlinien wirken; denn dazu ist ein elektrischer Strom erforderlich, und jene Rolle besitzt die ganze Zeit hindurch Polarität, wird kräftig angezogen oder abgestoßen¹).

2587. Nehmen wir für einen Moment an, die axiale Lage sey diejenige, in welcher der Krystall nicht afficirt wird und es sey die schiefe Lage, in welcher die magnetrystallisch axiale Richtung afficirt und polar wird, zwei Spannungen gebend, welche den Krystall herumziehen; so müßten zu diesen Zeiten Anziehungen vorhanden seyn, und ein schief dargebotener Krystall müßte von einem einzigen Pol oder von dem nächsten unter beiden angezogen werden; aber eine Wirkung der Art ist nicht vorhanden.

2588. Oder wir könnten annehmen, der Krystall wäre in Richtung der Magnetrystallaxe etwas mehr für magnetische Induction oder etwas weniger für diamagnetische Induction empfänglich als in anderen Richtungen. Allein, wenn dem so wäre, so würden magnetische Körper, wie Eisenvitriol (2557, 2583) sicherlich polare Anziehungen äußern und diamagnetische Körper, wie Wismuth, einen Unterschied in dem Grade der Abstofsung zeigen, wenn sie mit der Magnetrystallaxe parallel oder winkelrecht den Magnetkraftlinien dargeboten werden (2552), was aber nicht der Fall ist.

2589. Ich erinnere mich bisher keiner Kraft, wie die gegenwärtige, durch welche ein Körper, ohne Anziehung oder Abstofsung, nur in eine Richtung gebracht wird.

2590. Ist die Kraft eine inducirte, so muß sie, im

1) Vielleicht finden diese Punkte ihre Erklärung in der Wirkung anliegender Partikel (1663, 1710, 1729, 1735, 2443).

Allgemeinen, der sie inducirenden gleich seyn, und diese sind bis jetzt die magnetische und elektrische Kraft. Ist sie, inducirt, der Krystallisationskraft unterworfen (2577), so muß zwischen ihr und dieser eine innige Beziehung stattfinden. Welche Hoffnungen also, daß die Resultate uns noch zur vollen Erkenntniß dieser Kräfte (2146), ihrer Verknüpfungen mit den Körpertheilchen und ihrer Wirkungsweisen führen werden.

2591. Ich kann nicht unterlassen, über diese Erscheinungen noch eine andere Ansicht auszusprechen, die möglicher Weise die richtige ist. Die Magnekraftlinien lassen sich vielleicht als einigermassen den Strahlen des Lichts, der Wärme u. s. w. ähnlich betrachten, und sie mögen beim Durchgang durch die Körper eine Schwierigkeit finden, wie es mit dem Lichte der Fall ist. Sie mögen z. B. einen krystallisirten Körper in Richtung der Magnekristallaxe freier oder ungehindert durchdringen als in anderen Richtungen. In diesem Falle wäre die Lage, welche der Krystall mit seiner Magnekristallaxe den Magnekraftlinien parallel im Magnetfelde annimmt, die Lage des kleinsten oder nullgleichen Widerstands und deshalb die Lage der Ruhe und des stabilen Gleichgewichts. Alle diametralen Effecte würden mit dieser Ansicht übereinstimmen. Denn gerade, was die optische Axe für einen polarisirten Lichtstrahl ist, nämlich die Richtung, in welcher dieser nicht afficirt wird, das würde die Magnekristallaxe für die Magnekraftlinien seyn. Wenn dieß der Fall wäre, dürften wir auch hoffen, bei krystallisirten Körpern eine Reihe von auf Verzögerung und Richtungs-Einfluß beruhenden Erscheinungen zu entdecken, welche den schönen Licht-Erscheinungen in solchen Körpern parallel gingen. Indem ich diese Voraussetzung mache, vergesse ich nicht die Trägheit und das Moment; allein die Idee, die ich mir von der Trägheit mache, schließt die obige Ansicht nicht als unvereinbar damit aus; überdieß erinnere ich daran, daß wenn ein Magnetpol und ein von einem elektrischen Strom durchflossener Draht so befestigt werden, daß der

eine

eine sich nicht ohne den anderen drehen kann, der eine, wenn man den anderen zur Axe macht, diesen umkreiset und mit sich führt; und auch, dafs ein Magnet, wenn er im Quecksilber schwimmt und einen elektrischen Strom hinableitet, umherkreist vermöge der Kräfte, die *innerhalb* seiner Masse sind. Bei meinen unvollkommenen mathematischen Kenntnissen scheint mir in diesen Bewegungen ebenso viel Schwierigkeit zu liegen als in der von mir vorausgesetzten und daher wage ich die Idee auszusprechen ¹⁾. Die Hoffnung auf ein polarisirtes Bündel von Magnetkräften ist an sich genügend, um ernsthaft sich mit Darstellung desselben zu befassen; ich kann wohl sagen, dafs Keiner, bei gehöriger Geschicklichkeit, Unpartheillichkeit und Vorsicht, in diesen Untersuchungen vergebens arbeiten wird.

2592. In einem früheren Aufsatz (2469) habe ich schon auf Plücker's schöne Entdeckung der Abstofsung der optischen Axe gewisser Krystalle durch den Magnet ²⁾ verwiesen, und sie unterschieden von meiner eigenen beim Wismuth, Antimon und Arsen, welche nicht Fälle von Abstofsung oder Anziehung darstellen; ich glaube nun mit Plücker, dafs die dort auftretende Kraft eine der optischen Axe angehörige ist, die sich in aequatorialer Richtung äufsert, also winkelrecht auf der, welche die magnekrystallischen Erscheinungen hervorbringt.

2593. Allein die Beziehungen *beider* zum krystallinischen Gefüge und folglich zu der Kraft, welche dieses bewirkt, sind einleuchtend. Auch andere Betrachtungen, hinsichtlich der Lage, Einstellung und Drehung, zeigen, dafs die beiden Kräfte in ihren Beziehungen zur magnetischen und diamagnetischen Kraft sehr verschieden sind. Da demnach einerseits die strenge Gleichheit und andererseits die Verschiedenheit beider Klassen von Erscheinungen klar ist, so will ich sie vergleichen, um zu sehen ob nicht die bei ihnen wirkende Kraft identisch sey.

2594. Ich hatte den Vorthail die Resultate Plücker's

1) Siehe Note am Ende (2639).

2) Pogg. Ann. Bd. 72 (Oct. 1847).

Poggend. Ann. Ergänzungsbd. III.

unter dessen persönlicher Anleitung beim Turmalin, Staurolith, rothem Cyaneisenkalium und Kalkspath bestätigt zu sehen. Seitdem habe ich, besonders rücksichtlich der vorliegenden Arbeit, den Kalkspath sorgfältig untersucht, da er ein unmagnetischer und zugleich in krystallischer Beziehung so einfacher Körper ist, dafs er nur eine optische Axe besitzt.

2595. Hängt man ein kleines Rhomboëder, etwa 0,3 Zoll in größter Dimension, mit seiner optischen Axe horizontal zwischen den zugespitzten, und einander möglichst genäherten Polen eines Elektromagnets auf, so stellt es sich in aequatoriale Richtung und die optische Axe fällt mit der magnetischen zusammen; rückt man aber die Pole 6 oder 9 Linien aus einander, so dreht sich das Rhomboëder um 90° und stellt sich mit der optischen Axe aequatorial, also mit der größten Länge axial. Im ersten Fall hat die diamagnetische Kraft das Uebergewicht über die Kraft der optischen Axe, im letzteren ist es umgekehrt.

2596. Um den diamagnetischen Einflufs zu entfernen, wandte ich flache Pole an (2463); jetzt stellte sich das kleine Rhomboëder immer mit der optischen Axe aequatorial oder vibrirte um diese Lage.

2597. Hierauf nahm ich drei Würfel aus Kalkspath, respective von 0,3, 0,5 und 0,8 Zoll in Seite, deren optische Axen auf zwei der Flächen rechtwinklich waren, und brachte sie nach einander in das Magnetfeld, entweder zwischen flachen oder spitzen Polen. In allen Fällen ging die optische Axe, wenn sie horizontal war, in die aequatoriale Lage, und wenn sie vertical stand, hatten die Würfel keine Richtkraft. Durch die Methode zweier Lagen (2470) war es leicht, die Kraftlinie zu finden, bei deren Verticalität die Masse nicht vom Magnet afficirt ward und bei deren Horizontalität sie in die aequatoriale Lage ging. Eine Untersuchung der Würfel im polarisirten Lichte zeigte, dafs diese Linie mit der optischen Axe zusammenfiel.

2598. Selbst der Hufeisenmagnet (2485) ist stark genug, um diese Erscheinungen hervorzubringen.

2599. An zwei ähnlichen Würfeln von Bergkrystall (1692) konnte ich keine Spur von Erscheinungen wahrnehmen, die eine magne-optische, oder magnekrystallische oder sonst eine Beziehung zum Krystallgefüge der Masse gehabt hätten.

2600. So ist also vollkommen gewifs, dafs es im Kalkspathkrystall eine mit der optischen Axe zusammenfallende Linie giebt, welche die Resultante der den Krystall im Magnetfelde in eine bestimmte Lage bringenden Kräfte ist, und eben so gewifs ist, dafs diese Lage eine aequatoriale ist. Dennoch, scheint sie mir als Kraftlinie, d. h. als Richtung der Kraft, welche den Krystall in jene Lage bringt, etwas Anomales zu haben. Denn, dafs eine richtende und bedingende Kraftlinie zu ihrem vollen Effect das Resultat haben sollte, in eine *Ebene* (die aequatoriale) zu gehen, in welcher sie eine Unzahl verschiedenartiger Lagen annehmen könnte, hat etwas Unbefriedigendes, und erweckt den Gedanken, dafs irgend ein anderer Effect oder sonst noch ein Phänomen zu erforschen und zu erklären übrig bleibe.

2601. Bei fernerer Betrachtung scheint, dafs eine blofse Combination der Magnekrystallität, wie sie im Wismuth existirt, uns eine vollkommene Vorstellung von dem Zustand des Kalkspaths geben werde; denn bringt man zwei Wismuthstücke mit ihren Magnekrystallaxen rechtwinklich gegen einander (2484), so hat man ein System von Kräften, welche, als Resultante, eine in die aequatoriale Richtung einspielende Linie zu besitzen scheint. Wenn diese Linie vertical ist, hat das System keine Richtkraft; ist sie aber horizontal, so stellt es sich mit derselben in die aequatoriale Ebene. Dennoch hat die wahre Kraft nicht eine aequatoriale, sondern die axiale Richtung; und das System bewegt sich eher durch eine, so zu sagen, *Ebene axialer Kraft* (hervorgehend aus dem Vereine zwei zu einander rechtwinkliger Axen) als durch eine *Linie aequatorialer Kraft*.

2602. Ohne Zweifel ist das Rhomboëder oder der Würfel (2597) von Kalkspath kein zusammengesetzter Krystall

wie das eben (2601) erwähnte System von Wismuthkrystallen; allein die Molecule desselben könnten eine zusammengesetzte Anordnung ihrer Kräfte besitzen, könnten zwei oder mehre Axen haben, die, während sie die krystallinische Structur bedingen, gegen den Maguet eine solche Kraft äufserten, dafs die Resultate gleicher Art und Weise wären, wie bei dem Doppelkrystall von Wismuth (2601). Dafs es im Kalkspath- oder Wismuththeilchen nur eine Axe von Krystallkraft gebe, scheint mir in der That mit der Spaltbarkeit der Substanzen in drei und mehr Richtungen nicht verträglich zu seyn.

2603. Die optische Axe eines Kalkspathstücks ist einfach die Linie, in welcher ein polarisirter oder gemeiner Lichtstrahl am wenigstens afficirt wird. Sie mag, als Resultante der Molecularkräfte, eine Linie schwächster Intensität seyn, und sicher ist ein Stück Kalkspath, für die gewöhnlichen und mechanischen Mittel zur Beobachtung der Cohäsion, viel härter an den Flächen und Stellen, welche der optischen Axe parallel sind, als an den darauf winkelrechten. Eine gewöhnliche Feile oder ein Stück Sandstein erweist dieses. So wie also die zur optischen Axe aequatoriale Ebene Richtungen vorstellt, in welchen die Krystallisationskraft stärker ist als in Richtung der optischen Axe, so mag sie auch diejenige seyn, in welcher die Resultante der Magnekrystallkraft ausgeübt wird.

2604. Als einigermassen im Widerspruch mit diesen Betrachtungen muß ich sagen, dafs beim Wismuth, Antimon und Arsen die Spaltbarkeit winkelrecht auf der Magnekrystallaxe eine sehr leichte ist (2475. 2510. 2532.) Allein es ist daran zu erinnern, dafs die Spaltbarkeit (und deshalb die Cohäsion) nicht das Einzige ist, was in Betracht kommt; denn beim Kalkspath fällt sie weder mit der aequatorialen, noch mit der axialen Richtung desselben im Magnetfelde zusammen; zum vollen Verständnifs aller dieser Punkte müssen wir auch den polaren (oder axialen) Zustand der Theilchen der Massen in Betracht ziehen.

2605. Ich bin auch genöthigt zuzugeben, dafs, wenn

man zwei Kalkspathkrystalle mit ihren optischen Axen rechtwinklich auf einander zusammenfügt, man ein System erhält, welches in Richtung der Kraft das Wismuth getreu darstellt, d. h. welches im Magnetfelde auscheinend nur eine Kraftlinie und zwar in axialer Richtung zeigt, während es in Wahrheit durch ein System von zwei in aequatorialer Ebene liegenden Kräften bewegt wird. Ich will für jetzt nicht behaupten, dafs dies nicht der Zustand der Dinge sey; allein ich glaube, dafs die Metalle, Wismuth, Antimon und Arsenik, gleich wie sie uns die stärksten Fälle, so auch die einfachsten von Magnekrystallkraft darbieten. Wie dem aber auch sey, so bin ich doch der Meinung, dafs die von Plücker entdeckten und die von mir in diesen beiden Abhandlungen beschriebenen Erscheinungen einen gemeinschaftlichen Ursprung haben.

2606. Bei den Plücker'schen Krystallen (Kalkspath, Turmalin, rothem Cyaneisenkalium) wiederholte ich in Bezug auf die Frage über die Ursprünglichkeit oder Einpräglichkeit der Kraft (2576) alle früheren Versuche und Betrachtungen und kam zu demselben Schlufs wie damals (2584).

2607. Ich konnte nicht finden, dafs Krystalle von rothem Cyaneisenkalium oder Turmalin vom tellurischen Magnetismus afficirt werden (2581) oder auf einander wirken (2582). Ebenso wenig konnte ich finden, dafs der von Plücker beim Kalkspath und rothen Cyaneisenkalium beobachtete Effect ein attractiver oder repulsiver sey; er ist nur ein richtender (2550. 2560). Alle diese Umstände überzeugten mich, dafs die bei seinen und bei meinen Versuchen wirksame Kraft eine und dieselbe ist ¹⁾.

2608. Ein kleines Kalkspathrhomboëder wurde im Magnetfelde so stark erhitzt, als es mit einer Weingeist-

1) Die optische Axe ist die Richtung schwächster optischer Kraft, und, nach Plücker's Versuchen, coïncidirt sie mit dem, was ich in meinen Resultaten als die Richtung des Minimums der Magnekrystallkraft ansehe. Mehr als wahrscheinlich ist, dafs, wo man beide Reihen von Effecten (seyen sie wahrhaft oder nur nominell verschieden) an einem und demselben Körper beobachten kann, die Richtung des Maximum-Effects mit der des Minimum-Effects zusammenfällt.

lampe möglich ist (2570), wenigstens bis zur vollen Rothgluth des Kupfers; allein es richtete sich so gut wie zuvor. Ein kurzer dicker Turmalin, bis zu demselben Grade erhitzt, stellte sich ebenfalls gut ein. So wie er erkaltete, ward er indess stark magnetisch, und schien für Versuche in niederer Temperatur ganz unbrauchbar geworden zu seyn; allein als er einige Sekunden in Königswasser digerirt und dadurch etwas Eisen von seiner Oberfläche fortgenommen worden war, stellte er sich gut, wie zuvor, übereinstimmend mit dem Plücker'schen Gesetz. Durch die Flamme und Hitze war an der Oberfläche ein wenig Oxyd zu Oxydul reducirt und diess hatte den Magnetismus veranlaßt.

2609. Es giebt eine allgemeine und, wie mir scheint, wichtige Beziehung zwischen Plücker's magneto-optischen Resultaten und denen, die ich früher mit schwerem Glase und anderen Körpern erhielt (2152 etc.). Wenn diese Körper dem Einfluß starker magnetischer oder elektrischer Kräfte ausgesetzt werden, so gerathen sie in einen besonderen Zustand, in welchem sie auf einen polarisirten Lichtstrahl einzuwirken vermögen. Die Wirkung besteht in einer Drehung des Strahles, wenn er parallel den Magnetcraftlinien oder, anders gesagt, in axialer Richtung durch den Körper geht; geht er aber in aequatorialer Richtung, so erfolgt keine Wirkung. Die aequatoriale Ebene ist also diejenige, in welcher der Zustand der Molecularkräfte hinsichtlich ihres Einflusses auf das Licht am wenigsten gestört wird. So auch in Plücker's Resultaten: Die optische Axe oder, wenn deren zwei da sind, die optischen Axen stellen sich unter magnetischem Einfluß in jene Ebene und sind auch die Linien, in welchen die Wirkung auf polarisirtes Licht am schwächsten oder Null ist.

2610. Könnte ein Stück schweres Glas oder eine Portion Wasser, vor der Aufhängung im Magnetfelde, in diesen Zwangszustand versetzt werden, so würde es sich bei freier Beweglichkeit so stellen, daß die Ebene ohne Wirkung auf das Licht aequatorial zu stehen käme, gerade wie

es mit einem Kalkspath oder Turmalin in Plücker's Versuchen der Fall ist. Und so wie hierbei der magnetische oder diamagnetische Charakter keinen Unterschied in dem allgemeinen Resultat bedingt, so ist auch bei meinen Versuchen der optische Effect bei beiden Klassen von Substanzen von gleicher Richtung und gleichen Gesetzen unterworfen (2185. 2187).

2611. Trotz dieser allgemeinen Gleichheit in der Hauptsache ist doch, was Anordnung der Kräfte betrifft, eine sehr große Verschiedenheit im Krystall und schwerem Glase vorhanden, und eine noch größere besteht darin, daß das schwere Glas seinen Zustand nur während der Induction durch Zwang annimmt, während der Krystall denselben ungezwungen, natürlich und permanent besitzt. In beiden Fällen ist jedoch der Zustand, sey er natürlich oder aufgedrungen (*induced*), ein Zustand der Theilchen, und der Vergleich der Wirkung des Lichts auf das Glas unter Zwang und auf den Krystall in Natürlichkeit zeigt, daß der Magnet ein Vermögen hat, den Körpertheilchen, selbst den Flüssigkeitstheilchen (2184), etwas Aehnliches wie das zur Krystallisation Erforderliche, einzuprägen (*induce*).

2612. Wenn diese Betrachtungen irgend Werth haben, und wenn die vom Wismuth- und Kalkspathkrystall geäußerten Kräfte gleich sind (2607), so steht ferner zu glauben, daß in dem Wismuth und ähnlichen Metallen, wenn sie der Kraft eines Magnets unterworfen sind, zugleich eine eingeprägte (*induced*) (2584) und eine präexistirende Kraft (2577) vorhanden ist. Die letztere mag als die Krystallisationskraft unterschieden werden und läßt sich nachweisen zuerst durch solche Körper, die, ohne unter Induction zu stehen, optische Axen und Kraftlinien zeigen, dann durch die Symmetrie der ganzen Masse und die Festigkeit der Magnekrystallkraftlinien in Körpern, welche dieselbe experimentell besitzen.

2613. Ich habe von der Magnekrystallaxe als von einer gegebenen Linie oder Richtung gesprochen; ich wünschte jedoch nicht so verstanden zu seyn, als setzte ich voraus,

dafs rings um dieselbe die Kraft abnehme oder der Zustand sich ändere in gleichem Verhältnifs. Wahrscheinlich ist vielmehr, dafs die Veränderung verschieden ist in verschiedenen Richtungen, je nach den Kräften, die den Krystallen Gestaltverschiedenheiten geben. Die Anordnung der Kraft mag späterhin genau ermittelt werden durch Anwendung guter Krystalle, eines unveränderlichen Stahlmagnets (2485, 2528) oder eines regulirten Elektromagnets, flachseitiger Pole (2463) und Torsion (2500. 2530).

2614. Ich kann diese Reihe von Untersuchungen nicht schliessen, ohne bemerklich zu machen, wie rasch unsere Kenntnifs von den Molecularkräften wächst, wie schlagend jede Forschung uns deren Wichtigkeit mehr entfaltet und deren Studium anziehender macht. Vor wenig Jahren noch war uns der Magnetismus eine dunkle, nur auf wenige Körper wirkende Kraft; jetzt wissen wir, dafs er auf alle Körper wirkt und in innigster Beziehung steht zur Elektrizität, Wärme, chemischen Action, zum Licht, zur Krystallisation, und, durch diese wiederum, zu den Cohäsionskräften. Bei solchem Zustande der Dinge mögen wir uns wohl angetrieben fühlen, unsere Arbeiten fortzusetzen, er-muthigt durch die Hoffnung, den Magnetismus selbst mit der Gravitation in Verbindung zu setzen.

Royal Institution, 20. Oct. 1848.

VI. Zusatz. Ueber die Lage eines Eisenvitriolkrystalls im Magnetfelde.

2615. Wiewohl Effecte der folgenden Art allgemein sind, so glaube ich doch angeben zu müssen, dafs ich sie hauptsächlich bei Anwendung von Magnetpolen (2247) erhalten habe, deren Grundrifs und Seitenansicht in Fig. 6 Taf. I. gegeben sind. Die ihrer Wirkung ausgesetzten Krystalle wurden an Coconfäden aufgehängt, so, dafs sie mit der oberen Fläche der Pole im Niveau schwebten.

2616. Es wurde ein prismatischer Eisenvitriol-Krystall ausgewählt, der 0,9 Zoll lang, 0,1 Zoll breit und 0,05

Zoll dick war; seine MagnekrySTALLaxe coïncidirte mit der Dicke und war daher ganz oder fast parallel der Tafel (2546). Als er wie oben beschrieben aufgehängt, und der Magnet (2247) durch zehn Grove'sche Plattenpaare erregt worden, stellte er sich transversal oder mit seiner *MagnekrySTALLaxe* parallel der Magnetaxe, sobald der Abstand zwischen den Polen 2,25 Zoll oder mehr betrug; war aber dieser Abstand nur 2 Zoll oder weniger, so stellte er sich mit seiner Länge axial, oder beinahe so, und seine MagnekrySTALLaxe also quer gegen die Magnetkraftlinien. Bei Abständen zwischen 2 und 2,25 Zoll nahm das Prisma mehr oder weniger schiefe Lagen (2634) gegen die axiale Linie an, und so ging es allmähig von einer Lage in die andere über. Diesen intermediären Abstand will ich für jetzt den *n* (neutralen) Abstand nennen.

2617. Wurde, bei 2 Zoll Abstand der Pole, der Krystall langsam herabgelassen, so ging er durch dieselben intermediären schiefen Lagen in die transversale über, und dasselbe erfolgte, als er gehoben wurde; bei jedem kleineren Abstände erfolgten dieselben Uebergänge, nur später. Sie traten beim Heben des Krystalls rascher ein als beim Senken, doch nur wegen der Unsymmetrie in der Anordnung und Intensität der Magnetkraftlinien rings um die Magnetaxe, in Folge der Hufeisenform des Magnets und der Gestalt der Pole. Wären zwei Cylindermagnete mit konischen Polen angewandt worden, würden ohne Zweifel die entsprechenden Veränderungen in der Lage des Krystalls bei gleichen Hebungen und Senkungen eingetreten seyn.

2618. Diese Veränderungen rühren nicht blofs her von Abnahme der Magnetkraft mit der Ferne, sondern auch von Unterschieden in der Form und Richtung der Kraftresultanten. Diefs geht daraus hervor, dafs wenn der Krystall in der ersten Lage, wo er seine Länge axial stellt, gelassen wird, keine Verringerung der Magnetkraft diese Lage ändert. So bleibt der *n* Abstand (2616) ungeändert, man mag zur Erregung des Magnets ein oder zehn Grove'sche

Paare anwenden, ja selbst zum Gebrauch eines gewöhnlichen Hufeisenmagnets hinabsteigen.

2619. Veränderungen in der Länge des prismatischen Krystalls haben einen bedeutenden Einfluss auf das Resultat. Je kürzer der Krystall, desto kleiner der n Abstand, während alle übrigen Erscheinungen gleich bleiben. Ein 0,7 langer Krystall, der aber dicker als der letzte war, hatte als Maximum des n Abstandes 1,7 Zoll. Ein noch kürzerer Krystall hatte das Maximum des n Abstandes bei 1,1 Zoll. In allen diesen Fällen bewirkte eine Aenderung der Stärke des Magnets keine merkliche Verschiedenheit.

2620. Eine Veränderung in der mit der MagnekrySTALLAXE zusammenfallenden Dimension des Krystalls wirkt ein auf den n Abstand; eine Vergrößerung der Länge der MagnekrySTALLAXE verringert diesen Abstand, und eine Verkürzung jener, vergrößert diesen. Diefs zeigte sich auf zweierlei Weise, erstlich, indem man neben dem früheren Krystall einen zweiten in symmetrischer Lage anbrachte (2636), wodurch der n Abstand auf 1,75 bis 2 Zoll herabgebracht ward, und zweitens, indem man nach einander zwei Krystalle von gleicher Länge, aber verschiedener Dicke anwandte. Der dickere hatte den kleineren n Abstand.

2621. Eine Veränderung in der Dicke d. h. senkrechten Dimension des Krystalls hatte keinen merklichen Einfluss auf den n Abstand, kann es auch theoretisch nicht haben, so lange nicht die Ausdehnung auf- und abwärts die oberen und unteren Theile in die Bedingung des Hebens und Senkens versetzt (2617).

2622. Eine Veränderung in der Form der Pole wirkt ein auf den n Abstand. Je spitzer sie sind, je mehr wächst der Abstand; dagegen nimmt dieser ab, so wie sie stumpfer werden bis zur vollen Flachheit (2463).

2623. Bei kurzen Krystallen oder bei stumpfen Polen ist es oft nöthig die Kraft des Magnets zu verringern, weil sonst der Krystall leicht zu dem einen oder anderen Pol hingezogen wird. Diefs kann jedoch durch Anwendung

einer oben und unten befestigten verticalen Axe (2554) vermieden werden, und dann zeigt sich, dafs eine Verschiedenheit in der *Stärke* des Magnets fast oder ganz gleichgültig ist für die Resultate.

2624. Diese Erscheinungen entspringen wahrscheinlich aus dem wesentlichen Unterschied, welcher zwischen der gewöhnlichen magnetischen und der magnekrySTALLISCHEN Action besteht, in sofern die erste *polar* und die zweite nur *axial* ist (2472). Eine magnetische Substanz, Eisen z. B., in das Magnetfeld gebracht, wird sogleich polar, d. h. an den Enden verschiedenartig. Sind viele Eisen-theilchen vorhanden, so werden sie alle polar, und bei freier Beweglichkeit ordnen sie sich axial, vereint mit einander durch entgegengesetzte Pole, und dadurch wird die Polarität der Theilchen an den Enden erhöht. Diefs nun scheint durchaus nicht mit den unter Einfluß der MagnekrySTALLKRAFT stehenden Theilchen der Fall zu seyn; die Kraft scheint gänzlich axial zu seyn, und daher wahrscheinlich der Unterschied in obigen und vielen anderen Resultaten.

2625. Hängt man z. B. vier oder mehre kleine Eisenwürfel in einem Magnetfelde von gleichmäfsiger Kraft (2465) auf, so werden sie polar; verfährt man ähnlich mit vier Würfeln von krySTALLISIRTEM Wismuth, so stellen sie sich ein. Fügt man die Eisenwürfel nach Richtung der aequatorialen Linie zusammen, so bilden sie ein Aggregat in instabiler Gleichgewichtslage, und sogleich drehen und stellen sie sich als Ganzes mit der Länge axial; die Wismuthwürfel erleiden dagegen durch solche Anordnung keine merkliche Aenderung.

2626. Die *äußersten* (und die übrigen) Eisenwürfel haben in der Längs-Anordnung eine stärkere Polarkraft als sie zuvor hatten, und die ganze Gruppe dient gleichsam als Conductor für die Magnetkraftlinien; denn viele derselben concentriren sich auf das Eisen, und zwischen den Enden der Würfelreihe und den Magnetpolen ist die In-

tensität der Kraft stärker als an anderen Stellen des Magnetfeldes. Dies ist nicht der Fall bei den Wismuthwürfeln; denn wie sie auch angeordnet seyn mögen, wird doch durch sie, so weit die bisherigen Versuche reichen, die Intensität der Kraft im Magnetfelde nicht abgeändert; auch scheint die Intensität der Krystallmolecule dieselben zu bleiben.

2627. Ein Stück Eisen in ein Feld von gleichmässiger Magnetkraft gebracht und einem der Pole genähert, haftet an diesem und stört die Intensität des Feldes, indem es einen spitzen Pol mit divergirenden Kraftlinien schafft. Ein Wismuthkrystall schwingt in jedem Theil des Feldes (2467) mit nahe gleicher Stärke und stört nicht die Vertheilung der Kraft.

2628. In Betracht aller dieser Vorgänge und Zustände scheint mir das Vorkommen des n Abstandes bei einem Körper, der zugleich magnetisch und diamagnetisch ist, sich zurückführen zu lassen auf das, was sie und ihre Unterschiede hervorruft, nämlich auf die *Polarität* des magnetischen Zustandes; und die *Axialität* des magnekrySTALLISCHEN Zustandes. Gesetzt, man habe ein gleichförmiges Magnetfeld von drei Zoll zwischen den Polen und es sey in der Mitte desselben ein Stab aus magnetischer Substanz von einem Zoll in Länge aufgehängt; vermöge der Polarität, die er erlangt, wird er sich axial stellen, und mit seiner Masse die Magnetkraft fortführen oder leiten, weit besser als es derselbe Raum zuvor that, so daß die Kraftlinien zwischen den Enden dieses Stabes und den Magnetpolen concentrirt und intensiver gemacht werden als sie sonst wo in dem Magnetfelde sind. Nähert man die Pole dem Stabe, so wird dieser Effect zunehmen und der Stab immer mehr Magnetkraft leiten, sich auch mit verhältnißmässiger Stärke einstellen. Nicht bloß das Magnetfeld wird intensiver durch Annäherung der Pole, sondern auch der vom Stabe fortgeführte Antheil der Kraft wird gröfser im Vergleich zu dem, welchen ein gleicher Raum des Magnetfeldes daneben fortführt.

2629. Wird aber ein ähnlicher Stab von magnekry-

stallischer Substanz in das Magnetfeld gebracht, so steigt seine Kraft nicht in derselben Weise oder in so starkem Verhältniß durch Annäherung der Pole. Es leidet keinen Zweifel, daß nicht eine solche Annäherung die Intensität der Kraftlinien und deshalb auch die des magnekrySTALLISCHEN Zustandes erhöhe; allein dieser Zustand scheint nicht von Polarität herzurühren, und der Stab leitet durch sich hin nicht mehr Kraft, als sonst durch einen gleichen Raum des Magnetfeldes fortgeführt wäre. Daher nimmt denn auch seine Richtkraft nicht so rasch zu, als die des eben erwähnten magnetischen Stabes.

2630. Nehmen wir nun einen Stab, der, wie ein Eisenvitriol-Prisma, zugleich magnetisch und magnekrySTALLISCH ist, und seine MagnekrySTALLAXE winkelrecht auf seiner Länge zu liegen hat, so wird er, zweckmäfsig aufgehängt, einen n Abstand der Pole haben müssen, innerhalb dessen die Kräfte nahe im Gleichgewicht sind; bei einem gröfseren Abstände der Pole wird die MagnekrySTALLKRAFT überwiegen, bei einem geringeren Abstand die Magnetkraft; einfach deshalb, weil die Magnetkraft vermöge der wahren Polarität der Theilchen rascher wächst und rascher abnimmt als die MagnekrySTALLKRAFT.

2631. Diese Ansicht stimmt auch mit der Thatsache, daß eine Veränderung der Kraft des Magnets den n Abstand nicht verändert (2618. 2619); denn wenn diese Kraft verdoppelt oder vervierfacht wird, werden auch zugleich die magnetische und die magnekrySTALLISCHES KRAFT verdoppelt und vervierfacht, und das Verhältniß derselben bleibt ungeändert.

2632. Das Heben und Senken des Krystalls über oder unter die Linie des Maximums der Magnetkraft ist im Princip offenbar aequivalent mit der Trennung der Pole und deshalb muß es entsprechende Wirkungen hervorbringen, wie es auch der Fall ist (2617). Ueberdies sind, wenn der Krystall über das Niveau der Krystalle gehoben ist, die durch ihn gehenden Resultanten der Magnetkraft nicht mehr seiner Länge parallel, sondern mehr oder weniger

gekrümmt, so dafs sie dann vermuthlich nicht mehr so kräftig wie bei paralleler Lage den ganzen Krystall in einem gehörig polaren magnetischen Zustand versetzen können; dagegen scheint, hinsichtlich der Erregung des magneto-krystallischen Zustandes, jedes Theilchen unabhängig von den übrigen afficirt zu werden, und deshalb ist hier von der vereinten Wirkung kein Verlust an Effect zu verspüren.

2633. Hr. Plücker erzählte mir, als er im August in England war, dafs die Abstofsungskraft der optischen Axe, bei Veränderung des Abstandes, rascher ab- oder zunimmt als die Magnetkraft, allein in ihrem Verhältnifs zu letzterer nicht verändert wird durch Anwendung eines stärkeren oder schwächeren Magnets. Diefs ist offenbar derselbe Effect als der eben beschriebene, und macht mich noch mehr überzeugt, dafs seine und meine Resultate aus einer und derselben Ursache entspringen (2605 2607).

2634. Ich habe gesagt, dafs der Eisenvitriol-Krystall sich, innerhalb des n Abstandes, mehr oder weniger schief einstellt (2616); ich will nun die Umstände specieller angeben. Wird der n Abstand so eingerichtet, dafs der zwischen den Magnetpolen schwebende prismatische Krystall einen Winkel von 30° (oder jeder Gröfse) mit der axialen Linie macht, so findet sich, dafs er noch eine andere stabile Lage annehmen kann, nämlich die diametrale (2641); allein dafs die Schiefe immer auf derselben Seite der axialen Linie liegt, und der Krystall nicht mit derselben Schiefe von 30° auf der anderen Seite der Magnetaxe einspielt.

2635. Eine Drehung des Krystalls von 180° um eine Verticalaxe ändert die Neigung und die anfängliche Richtung nicht; denn sie giebt dem Krystall nur eine diametrale Lage. Dreht man aber den Krystall 180° um eine horizontale Axe, entweder um die mit der Länge zusammenfallende, welche das Maximum der magnetischen Richtung vorstellt, oder um die der Breite entsprechende, welche

mit der MagnekrySTALLaxe coincidirt, so bleibt zwar die Schiefe ihrem Betrage nach ungeändert, aber sie liegt auf der anderen Seite der axialen Linie.

2636. So verhalten sich alle prismatischen Eisenvitriolkrystalle, die ich untersucht habe. Der Effect ist sehr bestimmt; und wie zu erwarten, wenn zwei Krystalle in der Richtung ihrer Schiefe entsprechen, so entsprechen sie auch einander in der Lage ihrer Form und der Richtung ihrer verschiedenen Flächen.

2637. Alle diese Verschiedenheiten der Lage deuten auf eine schiefe Resultante der aus der vereinten Wirkung der magnetischen und der magnekrySTALLischen Kraft entspringenden Richtkraft; und sie würden sich erklären durch die Annahme, daß die MagnekrySTALLaxe oder die Linie des Maximums der MagnekrySTALLkraft nicht winkelrecht ist auf den Hauptflächen (oder Endflächen) des Krystalls, sondern ein wenig geneigt in Richtung der Länge.

2638. Mag dieß der Fall seyn oder auch die Maximum-Linie der Magnetkraft ein wenig gegen die Länge des Prismas neigen, so liefert doch der n Abstand eine vortreffliche experimentelle Gelegenheit, diese Neigung, wie klein sie auch seyn möge, zu untersuchen, da der Einfluß der einen oder anderen in jedem erforderlichen Grade mit Leichtigkeit vorwaltend gemacht werden kann.

Royal Institution, 5 Dec. 1848.

2639. *Note.* (2591). Es läßt sich noch eine Voraussetzung aufstellen. Schon habe ich gesagt, daß man die Einstellung ohne Anziehung und Abstofsung durch die Annahme eines bloß axialen Zustandes (2587. 2591) erklären würde. Gesetzt nun, es wäre möglich, die Molecule würden polar in Bezug auf den Nord- und Südpol des Magnets, doch ohne Relation unter einander, so könnte der Wis-muth- oder anderweitige Krystall sich einstellen wie wenn er bloß mit axialer Kraft begabt wäre; allein es scheint mir sehr unwahrscheinlich, daß die Polaritäten eines gegebenen Theilchens in einem Krystall dem Einfluß der Pola-

ritäten der entfernten Magnetpole unterworfen seyn sollten, und nicht auch den ähnlichen Polaritäten der benachbarten Theilchen.

III. Vier und zwanzigste Reihe von *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität;* *von Michael Faraday.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Philosoph. Transact. f. 1851.*)¹⁾

§. 30. Ueber den möglichen Zusammenhang der Schwerkraft mit der Elektrizität.

2702. **D**ie lange und beständige Ueberzeugung, daß alle Naturkräfte von einander abhängen, einen gemeinschaftlichen Ursprung haben oder vielmehr nur verschiedene Ausserungen Einer Grundkraft (2146) seyen, hat mich oft daran denken lassen, ob es nicht möglich sey, einen Zusammenhang zwischen Schwerkraft und Elektrizität experimentell nachzuweisen, und somit die erstere einzureihen in die Gruppe, welche, auch Magnetismus, chemische Kraft und Wärme einschließend, so viele und so verschiedenartige Kraftäusserungen durch gemeinsame Beziehungen verknüpft. Obwohl meine Untersuchungen über diesen Gegenstand nur negative Resultate gegeben haben; so glaube ich doch, daß eine kurze Angabe von dem Gegenstande wie er sich mir zuerst darbot, und von den Resultaten der Versuche, die anfangs sehr ermuthigend waren, aber bei sorgfältiger Nachspürung der Fehlerquellen sich auf ihren wahren Werth reducirten, nicht nutzlos seyn werden, sowohl um das Problem im Allgemeinen zu bezeichnen, als auch um Andere auf dasselbe aufmerksam zu machen.

2703. Beim Nachdenken über ein Princip, auf welches

1) Die 23. Reihe findet sich im Bd. 82 (S. 75 und 232) dieser Annalen.