

VII. *Dreißigste Reihe von Experimental - Untersuchungen über Elektrizität;
von Michael Faraday.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus den *Phil. Transact. f. 1855.*)

3363¹⁾. Bei Benutzung der Kraftlinien als ein richtiges, leitendes und bisher nie im Stiche lassendes Bild von der einen in Paramagneten, Diamagneten und elektrischen Strömen enthaltenen Kraftform, und bei gleichzeitiger Bemühung das Princip dieses Bildes zum Schlüssel neuer Phänomene zu machen und das Princip selbst einer strengen Gegen-Untersuchung zu unterwerfen, — habe ich oft Gelegenheit gehabt, die Wirkung gewisser magnetischer Körper in verschiedenen Medien und bei verschiedenen Temperaturen zu untersuchen; da die Resultate richtig sind und deshalb bei jeglicher Ansicht von der Ursache der magnetischen Action werthvoll seyn müssen, so habe ich sie für würdig gehalten, der K. Gesellschaft vorzulegen.

3364. Wenn ein unmagnetisirter, aber magnetisirbarer Körper in ein Magnetfeld gebracht wird, wird er von den auf ihn gerichteten Kräften ergriffen, und unter deren Wirkung richtet er sich oder nimmt eine bestimmte Lage an, welche abhängen kann von seiner besonderen Molecular-Beschaffenheit oder von seiner Beziehung zu dem umgebenden Medio oder von beiden gemeinschaftlich oder von der Combination eines oder beider Umstände mit der Tem-

1) Die 291 Reihe dieser Untersuchungen (welche auszugsweise im Ergänzungsband III, S. 542 bis 545 mitgetheilt wurde) schließt nicht mit 3362, sondern mit 3243. Die dazwischen liegenden §§. bilden zwei Aufsätze, die nicht zu diesen Reihen gerechnet sind, nämlich 3243 his 3299 den Aufsatz: *On the Physical Character of the Lines of Magnetic Force* (*Phil. Magaz. 1852 Vol. III, p. 401 bis 427*) und die §§. 3300 bis 3362 den: *On some Points of Magnetic Philosophy* (*Ib. 1855 Vol. IX, p. 81 bis 113*). (P)

peratur. Einige dieser Umstände sind Gegenstand meiner Untersuchung gewesen.

§. 38. Beständigkeit der Differential-Magnekrystallkraft in verschiedenen Medien.

3365. Wenn aus einem Kalkspath- oder Wismuthkrystall eine Kugel (oder Cylinder) gebildet und in einer besonderen Richtung im Magnetfelde aufgehängt wird, so stellt sie sich mit beträchtlicher Kraft ein, wogegen sie, wenn sie aus amorphem, oder körnigem kohlensaurem Kalk oder Wismuth besteht, dazu keine Neigung hat. Im letzteren Fall wird sie (vermöge ihrer Relation zu dem umgebenden Medio) von stärkeren zu schwächeren Kraft-Orten getrieben; im ersteren Fall hat sie auch diese Tendenz, allein die hinzugekommene Richtkraft hat keine Relation zu dem umgebenden Medio, sondern nur zu dem Stärke-Unterschiede der Magnetkraft, wie sie in verschiedenen Richtungen innerhalb der Kugel selbst entwickelt wird. Diese Erscheinungen machen den unter dem Namen *magnekrystallische Wirkung* bekannten Zweig der Wissenschaft aus. Frühere Versuche (2499 bis 2501) haben gezeigt, daß sich beim Wismuth die Beziehung zwischen der Magnetkraft in der axialen und der aequatorialen Richtung nicht verändert, wenn man als umgebendes Mittel vom Wasser zur Eisenvitriol-Lösung übergeht. Diese Gleichheit ist vielleicht von andern Physikern bestätigt worden, möglicherweise auch bei anderen Substanzen; da mir aber keine genauere Untersuchung bekannt ist, so hielt ich es nützlich für meine eigenen Ansichten, welche gerade jetzt sicherere Beweise als die bisherigen erforderten, die experimentellen Resultate zu erweitern und auszudehnen.

3366. Die von mir angewandte Methode, die möglichen, durch verschiedene Umstände erzeugten Kraftveränderungen zu vergleichen, bestand darin, daß ich den Gegenstand, einen Magnekrystall z. B., an einen Torsionsfaden oder Draht aufhängte, ihn in das Magnetfeld brachte, den Torsionszeiger so stellte, daß er, wenn der Krystall die sta-

bile Gleichgewichtslage angenommen hatte, auf Null stand, und nun eine rechtsgewendete Torsion machte, bis der Krystall den Punkt des instabilen Gleichgewichts- oder den Umschlagspunkt (*upsetting point*) an dieser Seite erreicht hatte; nach Aufzeichnung der erforderlichen Torsion wurde die Bewegung umgekehrt und eine linksgewendete Kraft angewandt, bis der Umschlagspunkt an der andern Seite erreicht war. Jede dieser Kräfte, Minus die Ablenkung, ist das Maafs der Umschlagskraft (*upsetting force*), und deshalb kann die Summe dieser beiden Beobachtungen, Minus die Zahl der Grade, durch welche der Krystall sich bewegt hat, um von dem einen Umschlagspunkt zum andern zu gelangen, betrachtet werden als der Ausdruck für die Kraft, welche den Krystall in seiner stabilen Ruhelage erhält. Dadurch, dafs die Beobachtungen zu beiden Seiten des Nullpunkts angestellt wurden, konnte der Effect der Einstellung des Torsionsfadens in regelmässiger und compensirender Weise beobachtet werden; man hatte zwei bestimmte Ausgangspunkte (die Umschlagspunkte) und auch einen weiten d. h. empfindlichen Ausdruck für die zu messende Kraft erhalten.

3367. Wenn ein Magnekry stall im Magnetfelde aufgehängt ist, und es wird allmählich eine Torsionskraft angewandt, um ihn aus seiner Ruhelage abzulenken, so wird offenbar diese Kraft wachsen und den Krystall herumdrehen, bis dieser eine Lage erreicht hat, bei der die Richtkräfte (*setting forces*) des Krystalls der Torsionskraft gleich sind, jenseits welcher aber, bei fernerer Drehung des Krystalls, die ersteren rascher abnehmen als die letztere, so dafs der geringste Zusatz an Torsionskraft den Krystall über diese Lage hinausführt und ihn viele Grade durchlaufen macht. Dafs diese Lage (der Umschlagspunkt) eine instabile Gleichgewichtslage ist, läfst sich leicht experimentell darthun, und sie ist auch bei sorgfältiger Handhabung des Torsionszeigers leicht zu erreichen. Wenn die beiden Umschlagspunkte beobachtet sind, ist die Gesamtzahl der erforderlichen Torsionsgrade, um von dem einen zum an-

dern zu kommen, ein vortreffliches Maafs der Richtkraft des Gegenstandes. Ist der Krystall würfel- oder kugelförmig und zwischen eben-flächigen Polen aufgehängt, so bilden die Umschlagspunkte fast einen Winkel von 45° mit der Axiallinie, also gegeneinander fast einen Winkel von 90° . Ich habe diesen Winkel bei verschiedenen Gegenständen verschieden gefunden; allein, wenn die Lage der Pole u. s. w. dieselbe blieb, nicht bei einem selben Gegenstand, wie sehr auch die Kraft variiren mochte. Er war daher bei jedem Gegenstand in jeder Beobachtungsreihe, wo nur die Kraft variierte, experimentell zu ermitteln; denn da er in die Bewegung des Torsionszeigers eingeschlossen war, so hatte man ihn, als eine constante Gröfse, von dem beobachteten Resultat abzuziehen, wo denn der wahre Ausdruck für die zwischen beiden Umschlagspunkten ausgeübte Torsionskraft übrigblieb.

3368. Der angewandte Magnet war der grofse, den Hr. Logeman verfertigt und zur Ausstellung von 1851 eingesandt hatte. Er vermochte ein Gewicht von 430 Pfund zu tragen, und ist, glaube ich, von sehr constanter Kraft. Er ist, nebst der jetzt gebrauchten Torsionswaage, in den *Proceedings of the Royal Institution* beschrieben ¹⁾. Die verschiebbaren Anker von quadratischem Querschnitt kehrten entweder ihre zugespitzten Enden oder ihre flache Seiten von 1,7 Quadratzoll gegen einander und zwischen dieselben stellte man die Gefäse oder Tröge, welche die zu den Versuchen erforderlichen Flüssigkeiten oder Medien enthielten. Diese Gefäse waren von verschiedener Gröfse und Art; allein die äufseren waren gewöhnlich von Kupfer mit flachen Seiten, damit die Anker dicht daran liegen konnten, und solchergestalt ihre Lage während eines Versuchs oder einer Reihe vergleichbarer Resultate bewahrten.

3369. Der Torsionsfaden, etwa 24,5 Zoll lang, war, entweder ein dünner Platindraht, von dem 28,5 Zoll einen Gran wogen, oder ein dünner Silberdraht oder ein Bündel von Coconfasern. Die letzteren waren bei feinen Versu-

1) 1853 Jan. 21. *Vol. I, p. 230.*

chen nützlich, konnten aber nur in beschränkten Fällen angewandt werden; denn ihre Torsionskraft ist unter der Einwirkung von Wasser-, Camphin- u. s. w. Dämpfen starken Veränderungen ausgesetzt. Alle diese Aufhänger sind mehr oder weniger Veränderungen im Nullpunkt unterworfen. (*All these suspenders are liable to more or less of set*), und zwar mit den Schwingungen, welchen man den Apparat aussetzt; allein durch Gleichmachung der Zeit, durch Achtsamkeit und besonders durch Abwechseln mit rechts- und linksgewendeten Beobachtungen (3366) läßt sich der Effect davon in großem Maasse beseitigen. Der Torsionsdraht endete unten in einem Haken aus einem flachen Stücke Kupferfolie, um einen anderen Haken aufzunehmen, der an dem zu untersuchenden Gegenstand befestigt ist.

3370. Der Krystall oder andere Gegenstand ward gehalten durch einen dünnen einmal umgeschlungenen Kupferdraht, der sich 5,7 Zoll aufwärts fortsetzte und in einem flachen Haken wie der eben beschriebene endigte. In dieser Weise konnten die Gegenstände an dem Torsionsfaden befestigt werden, ohne dafs eine lose oder ungewisse Bewegung am Befestigungspunkt möglich war. Jede Schlinge hatte einen horizontalen Arm, der nicht allein durch seine Lage die Lage des Krystalles oder Gegenstandes anzeigte, sondern auch, indem er durch zwei bewegliche Hemmstücke, vor einer horizontalen Scale, zurückgehalten ward, angab, wann der Krystall sich seinen Umschlagspunkten näherte, und den Krystall zu lenken erlaubte.

3371. Die Waage wurde in Glas eingeschlossen, um so viel als möglich Luftströme abzuhalten und am Entstehen zu hindern.

3372. Versuche über die Differential-Magnekrystallkraft von Körpern, die von verschiedenen Medien umgeben sind, erfordern die Untertauchung der Körper in diese Medien, und da letztere im specifischen Gewichte verschieden sind, so üben sie auf einem selben Krystall verschiedene Grade von Schwimmkraft aus, so wie auch dadurch ver-

schiedene Grade von Spannung auf den Torsionsdraht. Ein Turmalinkrystall z. B., welcher in Luft mit einem Gewicht von 40,4 Gran an dem Drahte hängt, würde in Wasser nur mit dem Gewicht von 27,3 Gran daran hängen, und in Phosphor sogar nur mit dem von 15,5 Gran. Da diese Veränderungen die Werthe der Torsionsgrade etwas abändern würden, so hängte ich an das untere Ende des Torsionsfadens (3369), d. h. 5,7 Zoll über dem Ort des Krystalls und der Magnetpole, compensirende Gewichte von reinem Kupfer.

3373. *Wismuthkrystall.* — Ein Stück gleichförmig krystallisirten Wismuths wurde zu einem achteckigen Prisma geformt, dessen Höhe 0,45 und dessen Durchmesser durchschnittlich etwa 0,28 Zoll betrug. Es wog 77 Gran. Bei lothrechter Aufhängung war seine Magnekristallaxe horizontal und deshalb in dem Magnetfeld, welches sich zwischen den 1 Zoll von einander stehenden flachen Seiten der Anker befand. Der Torsionsfaden war in diesem Fall ein nur 5 Zoll langes Bündel von Coconfasern. Die Temperatur war 68° F. Vier Medien von verschiedener magnetischer Relation ergaben die Torsion zwischen den Umschlagspunkten folgendermaassen:

Luft	2250°
Absoluter Alkohol	2269
Wasser	2230
Gesättigte Lösung von Eisenvitriol	2234

In einer andern Reihe von Versuchen wurde Kohlen-säuregas mit Alkohol und Wasser verglichen und das Resultat war dasselbe.

3374. Wünschend auch ein stark diamagnetisches Mittel in diese Liste aufzunehmen, wandte ich Phosphor an; allein da die zum Schmelzen desselben erforderliche Temperatur die Magnetkraft des Wismuthkrystalls (3399) verändern konnte, so war es nöthig ihn mit Wasser bei gleicher Temperatur zu vergleichen. Diefs geschah bei der Temperatur 160° F. Die Resultate waren folgende: Tor-

sionskraft in Wasser 1945° , in geschmolzenem Phosphor 1950° , was demnach als gleich betrachtet werden kann.

3375. Die als umgebende Medien angewandten Flüssigkeiten befanden sich in dünnen Glasröhren innerhalb des Kupfertroges, gegen welchen die Magnete (3368) ruhten. Beim Gebrauche des Phosphors war viele Sorgfalt erforderlich. Derselbe war mit Wasser bedeckt, und wenn das Wismuth durch das Wasser hin in den Phosphor gebracht wurde, erlitt es vom Phosphor, obwohl von diesem nicht benäht, eine schwache Einwirkung, in Folge welcher es sich mit einigen wenigen Bläschen bekleidete. Bei späteren Gelegenheiten zeigte derselbe Krystall dieses nicht. Auch mußte der Phosphor vollkommen gut und rein seyn. Es bilden sich in ihm, besonders an der Berührungsfläche mit dem Wasser, Fasern, welche sich an den Aufhänge draht setzen, die Schwingungen des eingetauchten Krystalls hemmen und unsicher machen. Die kleinste Portion von verbranntem Phosphor macht diese Fasern reichlich. Wenn sie erschienen, wurde frischer sauberer Phosphor angewandt.

3376. Aus diesen und aus anderen nicht beschriebenen Resultaten folgt, daß die Differential-Magnekrystallkraft d. h. die Relation der Magnetkraft in verschiedenen Richtungen, bei einem Wismuthkrystall nicht verändert wird durch große Veränderungen im magnetischen Charakter des umgebenden Mediums, da sie in Phosphor, Alkohol, Wasser, Kohlensäuregas, Luft und Eisenvitriol, also in diamagnetischen und paramagnetischen Substanzen, gleich bleibt.

3377. *Turmalin.* — Als Paramagnekrystall und deshalb im Gegensatz zum Wismuth wurde ein schwarzer Turmalin von regelmäßiger Form und nahe 0,37 Zoll Durchmesser gewählt. Es wurde ein 0,36 Zoll langes Stück mit flachen Enden abgeschnitten. Dasselbe wog 40,4 Gran und hatte ein specifisches Gewicht von 3,076. Aufgehängt zwischen den flachseitigen Polen, mit der Axe des Prismas horizontal, stellte sich diese Axe, vermöge der Differential-Magnekrystallkraft, stark in aequatoriale Richtung. Bei Anwen-

dung einer seidenen Suspension (3369) war die zum Umschlag erforderliche Torsionskraft folgende:

	Temperatur.	Torsionskraft.
In Luft	57°	2534
In Alkohol	56	2546
In Wasser	56	2541
In gesättigter Eisenvitriollösung	57	2632.

3378. Diese Resultate zeigen hinlänglich, daß die Torsionskraft und deshalb die Differential-Magnekrystallkraft für gleiche Temperatur gleich war, wie auch der Charakter des umgebenden Mittels seyn mochte. Indefs, um größere Sicherheit zu erhalten, wurde der feine silberne Torsionsdraht (3369) angewandt: er gab folgende Resultate:

	Temperatur.	Torsionskraft.
Wasser	65°	1082
Olivenöl	65	1085
Alkohol	65	1081
Luft	65	1070
Gesättigte Eisenvitriollösung	65	1081

Was hinreichend beweist, daß ungeachtet der großen Verschiedenheit des Charakters der umgebenden Medien, die Magnekrystallkraft stets dieselbe blieb. Der Winkel zwischen den Umschlagspunkten betrug 90°, wurde indefs nicht von den beobachteten Resultaten abgezogen, da diese Berichtigung den Charakter derselben nicht verändert haben würde.

3379. Das natürliche *kohlensaure Eisenoxydul* ist sehr magnekrystallisch und als Ganzes stark paramagnetisch. Ein Rhomboëder desselben, mit der größeren Axe vertical, und mit der kleineren horizontal gestellt, wurde durch Abschleifen der Seiten zu einem rohen achteckigen Prisma geformt, dessen Höhe 0,6 Zoll und dessen Breite durchschnittlich 0,37 Zoll betrug; und es wog 47,5 Gran und hatte seine Magnekrystallaxe horizontal. Die Magnetkraft dieses Krystalls war so groß, daß, obwohl der feine silberne Torsionsdraht (3369) angewandt wurde, die Anker

in ihren vollen Abstand d. h. 4,7 Zoll von einander gebracht werden mußten, ehe die Torsionskraft im Stande war, die *Einstellung (set)* des Krystalls zu bewältigen. Die Kraft des Magnets durch einen eisernen Querstab an den Seiten zu schwächen, schien mir nicht räthlich, da der Stab während der Versuche mehr oder weniger magnetisirt werden, und somit die Magnetkraft des Feldes einigermaassen ungleich machen konnte. Als der Krystall successive bei 66° F. in verschiedenen Medien gebracht wurde, waren die Resultate folgende;

In Wasser	542 Torsion
In Luft	543 „
In gesätt. Eisenvitriollösung	542 „

Resultate, welche mit den früher erhaltenen vollkommen übereinstimmen.

3380. Das *rothe Eisencyankalium* ist ein prismatisches Salz, welches sich im Magnetfeld sehr stark einstellt, wenn die Axe des Prismas horizontal liegt und die durch die stumpfen ebenen Winkel gelegte Ebene vertical ist. Ein Krystall, dessen Länge beinahe der Breite gleich gemacht worden, und der deshalb wenig oder gar keine paramagnetische oder diamagnetische Einstellung zeigte (denn das Salz ist sehr schwach paramagnetisch in Luft) wurde in das Magnetfeld gebracht, umgeben erst von Luft, dann von Camphin. Die Torsionskraft betrug in Luft 314, in Camphin 316, Resultate, die mit den zuvor erhaltenen aufs innigste übereinstimmen.

3381. So sind also die früheren Schlüsse (2499 bis 2501) bestätigt. Es giebt, wie scheint, keinen experimentellen Unterschied in dem Verhältniß der Kraft, die durch Wirkung der magnetischen Induction in verschiedenen Richtungen in einem Magnekry stall entwickelt wird, von welcher Natur das umgebende Medium auch seyn mag oder welche Unterschiede im paramagnetischen und diamagnetischen Charakter die angewandten Krystalle oder Medien auch darbieten mögen, da Krystalle von solcher Verschiedenheit wie Wismuth und Spatheisenstein oder Mittel von

solcher Verschiedenheit wie Phosphor und Eisenvitriollösung angewandt wurden.

3382. Theoretisch müssen jedoch kleine Unterschiede auftreten und, zufolge meiner Ansicht von den Kraftlinien, als wahren Repräsentanten der Magnetkraft, müssen sie von folgender Art seyn. Wenn ein Magnekrystall der Wirkung eines constanten Magnets ausgesetzt ist, während das Magnetfeld und der ganze Raum ringsum den Magnet von einem gemeinschaftlichen Medium wie Luft erfüllt sind und, wie in den beschriebenen Versuchen, ein kleiner Theil des Feldes ringsum den Krystall, von einem anderen Medium eingenommen wird, so muß dieß Medium, sobald es ein besserer Kraftleiter d. h. paramagnetischer als das erstere Medium ist, mehr Kraft durch diesen Ort hin bedingen; dieser Kraftzuwachs würde derselbe seyn wie wenn ein stärkerer Magnet angewandt worden wäre, und so würde der Magnekrystall eine Veränderung zeigen, würde wirken wie wenn er stärker als zuvor afficirt wäre, und in zwei Richtungen eine grössere Differentialkraft äußern. Wäre dagegen der Theil des Mediums ringsum den Krystall durch ein diamagnetischeres Medium, d. h. einen schlechten Leiter ersetzt, so würde in dieser Richtung weniger Kraft durchgehen und der Magnekrystall würde schwächer als zuvor erscheinen, sich mit geringerer Kraft einstellen. Selbst die Gestalt dieser partiellen Substitutionen würde von Einfluß seyn, je nachdem sie sich in axialer oder aequatorialer Richtung ausdehnten.

3383. Wenn aber das *ganze* Medium im Bereich der Magnetkräfte auf einmal verändert wird und nicht bloß der Theil ringsum den Magnekrystall im Magnetfeld, so wird die Anwendung eines paramagnetischeren oder besser leitenden Mittels den entgegengesetzten Effect ausüben und den Magnekrystall weniger afficirt erscheinen lassen. Denn die Durchlassung der Kraft würde überall mehr als durchhins denselben (verhältnißmäßig) vergrößert seyn. Dagegen würde die Anwendung eines diamagnetischeren Mediums den umgekehrten Effect haben, und die überall mehr als

durchbin den Krystall verringerte Durchlassung der Kraft, würde bewirken, daß der letztere in seiner besonderen Kraftäufserung verstärkt erschiene. Ich nehme an, daß der Magnet in seiner Kraft unveränderlich sey, und daß er deshalb in jedem Falle eine gleiche äußere Kraft ausüben müßte, und aus Allem schliesse ich, diese Effecte würden so klein seyn, daß sie nicht anders zu beobachten wären als durch den Gebrauch von Medien, die weit mehr von einander abwichen als die, welche wir gegenwärtig besitzen. Meinerseits fühle ich, selbst jetzt, daß die Hypothese von magnetischen Flüssigkeiten nicht bestehen kann in Gegenwart vereinter paramagnetischer und diamagnetischer Phänomene, allein Betrachtungen wie die obigen mögen gute Dienste leisten, um Hypothesen an ihren rechten Ort zu setzen und auf ihren wahren Werth zurückzuführen.

3384. Die Fähigkeit eines Magnekryсталles im Magnetfelde ein Maximum vom Leitungszustand in gegebener Richtung anzunehmen, macht ihn in der Wirkung ähnlich einer permanent-magnetisirten Kugel, und deshalb wird er sich, wie diamagnetisch er auch sey und eine wie schwache magnekryсталliche Beschaffenheit er auch habe, doch in einer bestimmten Richtung einstellen d. h. mit seiner Haupt-Magnekryсталlaxe¹⁾ parallel der Magnetaxe des Feldes, selbst wenn er umgeben wäre von einem Medium, dessen Paramagnetismus dem des Eisens gleich wäre. Und hier wünsche ich einen Ausdruck zu berichtigen, welchen ich mir in einer früheren Reihe dieser Untersuchungen (3158) erlaubt habe, wo gesagt ist, daß »eine gewöhnliche Magnetnadel keine Polarität zeigen könne in einem Felde von gleichmäßiger Kraft«. Sie kann natürlich nicht neben einem Felde von gleicher Kraft existiren, denn sie selbst würde die Gleichheit der Kraft zerstören, wenn nicht das Medium um sie her Eisen wäre von so hoher paramagnetischer Kraft wie sie selbst; allein selbst in diesem Falle würde sie Polarität bei der Ablenkung zeigen, denn ihre Magnetaxe würde in

1) *Thomson on Magnekryсталlic Axis, Philosoph Magaz. 1851. Vol. 1, p. 177.*

Qualität entsprechen einer Haupt-Magnekrystallaxe und sie würde stets eine demgemäße Richtung annehmen, d. h. sich axial im Magnetfelde stellen.

3385. Magnekrystalle können zur Messung der Magnetkraft gerade so angewandt werden wie Magnetnadeln, und von gewissen Gesichtspunkten aus sind sie gar genauer. Ein Magnekrystall ist in allen seinen Theilen von gleicher Beschaffenheit; er scheint unter derselben Inductionskraft genau denselben Zustand anzunehmen, wogegen die Kraft einer Magnetnadel sich unter der inductiven Wirkung leicht verändert, und die Rückkehr zu ihrem früheren Zustand bei Aufhörung dieser Wirkung unsicher ist. Er ist auch unabhängig vom umgebenden Mittel. Folglich kann er in gewissen Fällen durch den Betrag der zu seiner Ablenkung erforderlichen Torsion ein wahreres und sichereres Kraftmaafs liefern.

3386. Dafs Magnekrystalle in verschiedenen Richtungen mit verschiedenen Kraftgraden angezogen und abgestossen werden, ist längst von mir (2841) und Anderen nachgewiesen worden. Da der Kraft-Unterschied bei Veränderung des umgebenden Mittels constant bleibt (3381), so folgt daraus die Möglichkeit, einen Magnekrystall und ein so bezügliches Medium zu finden, dafs die Anziehung und Abstossung des Krystalls als Ganzes wechselseitige Gröfsen (*convertible terms*) werden, die von der Lage des Krystalls in den Kraftlinien abhängen. Ich war begierig, dies experimentell zu prüfen, besonders für den Fall eines blofsen Raums oder eines Vacuums ringsum den Krystall; ich wählte deshalb gewisse Magnekrystalle, welche günstige Resultate versprochen.

3387. Der schon (3377) angewandte *Turmalinkrystall* erwies sich paramagnetisch, nicht blofs in Wasser und Luft, sondern auch in gesättigter Eisenvitriollösung; obwohl er, je nach seiner Lage, sehr auffallende Unterschiede im Grade der Anziehung in allen Medien zeigte, wurde er für jetzt bei Seite gelegt.

3388. *Roths Cyaneisenkalium* wurde in Wasser und Camphin angezogen, im Eisenvitriol abgestoßen; es versprach demnach die gewünschten Resultate, wenn es vor der Wirkung der wässrigen Lösungen geschützt werden konnte¹⁾. Einige gute Krystalle wurden ausgewählt und so weit abgeschliffen, daß ihre Länge wenig größer als ihre Dicke war; dann wurden die Ecken abgenommen bis jeder Krystall eine runde Masse geworden war, und hierauf hängte man sie an 6 Zoll lange Kupferdrähte (3370) so auf, daß die Axe des Krystallprismas horizontal lag, und, im Magnetfelde, entweder axial oder aequatorial, nach Belieben. Nachdem Wachs geschmolzen und die Temperatur über seinen Schmelzpunkt gebracht worden, wurden die Krystalle darin untergetaucht und darin erhalten, bis sie über den Schmelzpunkt gekommen waren, dann herausgezogen und sorgfältig aufgehängt. Späterhin wurde ein Bad von theils flüssigem, theils festem Wachs gemacht, die kalten Krystalle schnell eingetaucht und herausgezogen; sie waren dann mit einer Kruste geronnenen Wachses überzogen, das nach wenigen Minuten eine compacte Hülle bildete. Nach einigen Stunden konnten sie in Wasser oder Eisenvitriollösung getaucht und zwei oder drei Tage darin gelassen werden, ohne daß irgend eine Wirkung des Mediums auf sie stattgefunden hatte. Kein Firnis konnte sie so gut schützen.

3389. Es wurde eine kleine Torsionswaage mit einem einzigen Coconfaden construiert. Das Ende des Arms, der den Krystall tragen sollte, war rechtwinklich umgebogen, so daß der Krystall an ihm successiv in zwei untereinander winkelrechten Lagen aufgehängt werden konnte. Am anderen Arm wurde ein Gegengewicht angebracht, und

1) Gefirnisste Krystalle sind nicht geschützt; in Wasser gebracht löst sich das Salz durch jeden Theil des Ueberzugs; denn, da sie in Alkohol löslich sind, ist die bekleidende Substanz eine Mischung von Harz und dem Salz. In einer Eisenlösung löst sich diese Substanz in einer sehr interessanten Weise, sie mag ungeschützt oder unvollkommen bekleidet seyn.

die Waage mit einer Glasglocke bedeckt, um sie vor Luftströmen zu schützen. Der Krystall hing tiefer als der Rand der Glocke, innerhalb eines Gefäßes, welches an dem einen Pol eines großen Elektromagnets (2247) stand, und so konnte er umgeben werden mit jedem Medium, in welchen seine Wirkungen beobachtet werden sollten. Der Anker endete entweder in einem Kegel oder einer aufrechten Kante oder einer Fläche von 1,5 Quadratzoll. Der Kegel erwies sich am Besten, da der Krystall alsdann dem Pol bis auf die Glasdicke des Gefäßes genähert werden konnte.

3390. Es wurde bei 65° F. eine gesättigte Eisenvitriol-Lösung bereitet und, um eine Trübung auf Zusatz von Wasser zu verhüten, etwas Schwefelsäure hinzugesetzt. Die mehr oder weniger verdünnte Lösung wurde in das Glasgefäß gegossen, und, wenn sie zur Ruhe gekommen, der Krystall an die Waage gebracht und dem Pole nahe ajustirt; dann wurde der Magnet durch eine Volta'sche Batterie erregt und der Effect beobachtet. Lag die Axe des Prismas in der magnetischen Axe, so wurde der Krystall abgestoßen in allen Lösungen, die concentrirter waren als eine, welche etwa 11 Volume von der gesättigten Lösung und 6 Volume Wasser enthielt. In schwächeren Lösungen wurde er angezogen. Die Kraft der Anziehung und Abstossung veränderte sich natürlich mit den Veränderungen des Mediums. Lag die Krystallaxe aequatorial d. h. coïncidirte die Haupt-Magnekrystallaxe mit der Magnetaxe des Feldes, so wurde der Krystall abgestoßen in allen Lösungen stärker als eine, welche aus 18 Volume der gesättigten Lösung und 6 Volumen Wasser bestand. Folglich gab es eine Reihe von Medien, von dem aus zwei bis zu dem aus drei Volumen der gesättigten Lösung zu einem Volum Wasser, innerhalb welcher der Krystall in der einen Richtung angezogen und in der anderen abgestoßen ward, und, wie vorauszusehen, ein Gemisch von 14 oder 15 Volume der Lösung und 6 Volume Wasser, bildete ein Medium, in welchem Anziehung

und Abstofsung beinahe einander gleich waren. Es war sehr leicht in jedem dieser Media eine Lage für den Krystall zu finden (durch Drehung desselben um seine lothrechte Axe) in welcher er weder angezogen noch abgestossen ward. Ein zweiter und ein dritter Krystall, ebenso auf die Waage gebracht, gaben genau dieselben Resultate.

3391. Das *rothe Cyaneisenkalium* ist ein so paramagnetischer Krystall, dafs er in allen Lagen im Raum angezogen wird. Ich wandte mich daher zum *Kalkspath*, welcher, obwohl diamagnetisch in Luft, es nicht nothwendig im Raume ist, weil die Luft, wegen ihres Sauerstoffs, ein diamagnetischer Körper ist (2791). Da ich eine Kalkspathkugel besitze, die mir Prof. W. Thomson gegeben hat, so versuchte ich sie erst in Wasser und fand, dafs, die optische Axe mochte aequatorial oder axial in Bezug auf das Magnetfeld gestellt seyn, die Kugel angezogen wurde, obwohl im ersteren Falle mehr als in dem letzteren. Folglich ist der Körper weniger diamagnetisch als Wasser und nähert sich so einem Vacuum. Um ihn mit einem Vacuum zu vergleichen, wandte ich Kohlensäure als Medium an ¹⁾, fand aber, dafs er in beiden Lagen abgestossen wurde. Folglich kann seine Differential-Weite (*differential-range*) als Magnekry stall nicht die im blofsen Raum ausgeübte Magnetkraft einschliessen.

3392. In Alkohol wird die Kugel in allen Lagen abgestossen; daher würde es leicht seyn, durch Zusatz von Alkohol oder etwas Eisenvitriol-Lösung eine Flüssigkeit zu erhalten, die an Kraft zwischen den Kräften der Kugel in ihren beiden Lagen stände.

3393. Allein wiewohl reiner Kalkspath keinen Raum einschliessen (*will not include space*), so ist es doch wahrscheinlich, dafs man durch Versuche einige Krystalle finden werde, die es thun. Ich besitze verschiedene Exemplare von Kalkspath, welche kleine Antheile von Eisen enthalten; sie sind magnekry stallinisch und stellen sich im

1) *Royal Institution proceedings* 21. Jan. 1853 p. 233 oder *Experimental researches* 8°. Vol. III. p. 502.

Magnetfelde mit der optischen Axe axial, wie schon Tyn-
dall und Knoblauch beschrieben ¹⁾. Als Ganzes werden
sie, sie mögen von Luft oder Kohlensäure umgeben seyn,
in jeder Lage angezogen (doch stärker in letzterer als in
ersterer), und, wenn sie sich frei drehen können, stellen
sie sich axial mit der optischen Axe, selbst in Eisenlösungen.
Es scheint indess kein Grund vorhanden zu seyn, weshalb
es nicht zwischen diesen und der Kugel intermediäre Kalk-
späthe geben sollte, so wenig zu bezweifeln steht, dafs
sie, wären sie krystallisirt, magnekrySTALLISCH seyn würden.
Die ferneren Eingebungen der Hypothese (*suggestions of
hypothesis*) sind indess nicht sehr klar, insofern wir ohne
anderweitige Versuche nicht ganz sicher sind, ob wir solche
Körper magnetisch für einfache Körper nehmen dürfen oder
ob die optische Axe sich immer axial oder aequatorial stel-
len werde, je nachdem der Körper in Bezug auf den Raum
paramagnetisch oder diamagnetisch ist, oder ob der Kör-
per ganz aus der Liste der MagnekrySTALLE verschwinden
werde. Denn gesetzt ein solcher Körper coïncidirte in
seinen allgemeinen magnetischen Zustand (im gepülverten
oder amorphen) mit Kohlensäure oder dem Raum, wäre
im krystallisirten Zustand magnekrySTALLISCH, und stellte
sich, zu einer Kugel geformt, gemäß den oben (3381)
gegebenen Resultaten, in dieselbe Richtung und mit dem-
selben Kraftgrade, er möchte von Wasser, von Kohlen-
säure, oder von Eisenlösung umgeben seyn, — welche
Richtung würde die optische Axe einer solchen Kugel an-
nehmen? Sie kann die des reinen Kalkspaths und auch
die der kleinen eisenhaltigen Kalkrhomboëder nicht anneh-
men, denn diese sind im Magnetfelde rechtwinklich auf
einander, und eben so wenig sieht man einen Grund, wes-
halb sie die eine mehr als die andere annehmen sollte.
Gern würde ich glauben, dafs aus der Erforschung dieses
Gegenstandes werthvolle Betrachtungen rücksichtlich des
wahren Nullpunkts der Magnetkraft hervorgehen; allein die
vorstehenden Resultate mit verschiedenen Medien lassen

1) *Phil. Magazine* 1850, *Vol. XXXVI*, p. 178. (*Ann.* Bd. 79, S. 233
und Bd. 81, S. 481. P.)

mich fürchten, daß sich der Gegenstand bei genauer experimenteller Untersuchung, in Etwas von geringerer Wichtigkeit auflösen werde. Etwas weiter wird dieser Gegenstand in Bezug auf Temperatur geführt (3416); denn wenn wir einen wahren Nullpunkt als unabhängig von der Temperatur betrachten, so kann eine Temperatur so gut als eine andere für denselben genommen werden; und man wird sehen, daß wir in der gemischten Substanz, welcher der eisenhaltige Kalkspath darbietet, einen Körper haben, der bei gegebener Temperatur in Kohlensäure als nicht-magnekrystallisch erscheint, während er in höheren Temperaturen magnekrystallisch ist wie kohlenaurer Kalk, und in niederen wie kohlenaurer Eisenoxydul.

(Schluß im nächsten Heft.)

VII. *Ueber die Wärme-Entwicklung bei Molecular-Veränderungen des Schwefels und des Quecksilberjodids; von Rud. Weber.*

Regnault bemerkte bei seinen Untersuchungen über die specifische Wärme einfacher Körper ein eigenthümliches Verhalten des Schwefels¹⁾. Er beabsichtigte die specifische Wärme des weichen γ Schwefels zu bestimmen und brachte denselben zum Zwecke der Erwärmung in ein Luftbad, dessen Temperatur 100° nahe lag. Als sich der Schwefel bis etwa 93° erwärmt hatte, stieg das ihn berührende Thermometer in kurzer Zeit auf 110° , sank dann allmählich wieder bis zur Temperatur des Luftbades; während dieses Vorganges hatte sich der weiche γ Schwefel in gewöhnlichen harten gelben Schwefel verwandelt. Bei 93° verändert sich demnach der weiche Schwefel in kurzer Zeit unter Wärme-Entwicklung in gewöhnlichen Schwefel; bei ge-

1) *Ann. Chim. Phys. III. serie, T. I. p. 206.*

mit zweifach-schwefelsaurem Kali ausgesetzt gewesen ist, und geht in diese oder eine andere Modification durchs Glühen über. — Ich werde weiter unten auf die Erscheinungen aufmerksam machen, durch welche es wahrscheinlich wird, daß in gewissen Verbindungen die Tantalssäure von dieser Modification enthalten ist.

Das Tantalssäurehydrat ist ein guter Leiter der Electricität, auch wenn es unmittelbar, nachdem es bei 100° getrocknet worden, zum Versuch angewandt wird.

V. *Dreißigste Reihe von Experimental-Untersuchungen über Electricität;*
von Michael Faraday.
 (Schluß von S. 127.)

§. 39. Wirkung der Wärme auf Magnekristalle.

3394. **W**ärme afficirt die in Magnekristalle inducirten Kräfte (2569 bis 2573) dem Grade und vielleicht der Anordnung nach. Es giebt indess hierüber wenig oder gar keine experimentellen Angaben und daher mag der folgende Beitrag für Temperaturen zwischen 0° und 300° F. nicht unwillkommen seyn. Es waren dazu einige neue Einrichtungen des Apparats erforderlich, deren kurze Beschreibung wohl genügend seyn wird.

3395. Zur Anbringung der Wärme und Kälte waren Bäder erforderlich. Häufig diente dazu ein Kupfergefäß von 1,15 Zoll Breite in Richtung der magnetischen Axe, von 3,5 Zoll Länge und 7 Zoll Tiefe. Wenn es zwischen den Magnetpolen stand, lagen diese entweder gegen seine Seiten oder gegen Holzklötze, welche die Seiten berührten, so daß der Abstand zwischen den Polen für die Zeit unverändert blieb. Der obere Theil war mit Flanell bekleidet und befand sich innerhalb des Waage-Kastens (3368);

der untere Theil ging durch ein Loch in den Magnettisch und konnte von unten durch eine Weingeistlampe erhitzt werden. Für höhere Temperaturen wurde zu diesen Bädern meistens Oel angewandt, bisweilen auch Wasser, und dann wurde dasselbe mit Oel übergossen, um Verdampfung zu verhüten und die Erzeugung von Strömen zu verringern. An dem einen Ende wurde in dies Bad ein Thermometer eingetaucht, damit es dessen Temperatur angebe.

3396. Ein Kupfercylinder, 1,1 Zoll im Durchmesser und 3 Zoll in Tiefe, verschlossen am Boden und erweitert am oberen Rande, so dafs er auf den Rändern der Badewanne (*bath*) ruhen konnte, diente zur Aufnahme des Mediums, entweder Camphine, Wasser oder Oel, welches den Krystall oder sonstigen magnetischen Gegenstand umgab. Nothwendig bildeten sich Ströme in der Flüssigkeit, wenn sie erwärmt oder erkältet wurde; es kam darauf an dieselben um den zu beobachtenden Gegenstand möglichst zu verringern und die beschriebene Vorrichtung erwies sich zu diesem Zweck sehr nützlich. Es war auch nöthig die im Cylinder angewandte Flüssigkeit sehr rein und frei von allen Fasern und fremdartigen Stoffen zu halten, damit die Bewegung des eingetauchten Gegenstandes nicht gehindert würde.

3397. Wegen der relativen Lage des Thermometers und des zu beobachtenden Gegenstandes ist einleuchtend, dafs gleichzeitig das ersteres bei steigender Temperatur wärmer, und bei sinkender Temperatur kälter als letzterer seyn wird. Der Einflufs dieses Umstandes wurde bei vielen der Versuche beobachtet (3408); allein da der der Abkühlung viel langsamer und bei weitem regelmässiger als der der Erwärmung war, so wurden die hauptsächlichsten Beobachtungen bei sinkender Temperatur gemacht. Die grösste Fehlerquelle lag in den Strömen, und diese konnte nur, und nur theilweise durch viele und langsame Beobachtungen entfernt werden. Oft zeigten sich bei den Strömen vorwaltende Richtungen, allein diesem wurde zu grossem Maafse abgeholfen durch Beobachtungen in zwei Lagen, d. b. bei den Umschlagspunkten. Für niedrigere Temperaturen gebrauchte

ich einen kleineren Trog, wohl eingebüllt in Flanell und gefüllt mit einer vortrefflichen Kältemischung.

3398. *Wismuthkrystall.* — Der zuvor (3373) beschriebene Krystall wurde an die Torsionswaage gebracht und sein Umschlagswinkel ermittelt; er betrug 105° , und erwies sich, von Zeit zu Zeit beobachtet, bei hohen und niedrigen Temperaturen gleich. Dann wurde die Torsion gemessen, zuerst bei gewöhnlichen Temperaturen, darauf wann die Temperatur stieg und wann sie sank; sie erwies sich bei derselben oberen Temperatur größer beim Steigen als beim Sinken, was bei genauerer Untersuchung davon herührte, daß die Torsionskraft desto größer war, je niedriger die Temperatur des Wismuths, und daß, wie zuvor gesagt, das Wismuth seine Temperatur später erlangte als das Oel und das Thermometer in dem Bade, wodurch es bei derselben Angabe des Thermometers im ersten Fall kälter als im letzteren war. So wie die Abkühlung eigends verlangsamt wurde, damit das Wismuth nahe die vom Thermometer angezeigte Temperatur haben möchte und die Ströme in der Flüssigkeit schwächer wären, so wurden die Beobachtungen auch stets für die besten gehalten, wenn sie bei einer stehenden oder einer sinkenden Temperatur gemacht waren.

3399. Folgendes sind die Beobachtungen einer Reihe, die mit einem silbernen Torsionsdraht bei sinkender Temperatur angestellt wurde. Der Krystall war von Oel umgeben. Der Umschlagswinkel ist, wie zuvor (3367) erwähnt, abgezogen:

Temperatur.	Torsionskraft.	Temperatur.	Torsionskraft.	Temperatur.	Torsionskraft.	Temperatur.	Torsionskraft.
279° F.	82	226° F.	105	190° F.	118	152° F.	133
272	82	219	117	186	121	149	138
265	80	215	117	183	120	141	137
258	81	212	105	180	119	133	142
251	89	209	107	177	119	131	145
245	93	204	108	173	128	119	151
240	97	199	116	165	136	114	160
235	97	197	119	156	134	92	175
230	100	193	119				

Jede Zahl in der Columne Torsionskraft, hat man zu bemerken, ist um 105 zu vergrößern, um die experimentell beobachtete Anzahl von Torsionsgraden zu erhalten. Die Beobachtungen bei 219° und 215° sind ohne Zweifel durch Strömungen influencirt, allein ich gebe sie, wie sie beobachtet wurden. Wenn diese Zahlen construiert werden (Temperatur in einer Richtung, Torsionskraft rechtwinklich darauf), und man zieht durch die so bestimmten Punkte eine mittlere Linie, so scheint dieselbe eine gerade zu seyn¹⁾, wenigstens liegt Nichts in den Resultaten, was die Behauptung rechtfertigte, das innerhalb der Beobachtungsgränzen eine Kraftveränderung bei *einer* Temperatur verschieden wäre in Größe von einer Veränderung bei einer andern. Die durch eine solche Linie ausgedrückte Kraft war 162 bei 100° , und 77 bei 280° ; der gesammte Verlust innerhalb dieser Gränzen ist 85 oder die Hälfte der Kraft bei der niederen Temperatur; in anderen Worten: die mittlere Veränderung beträgt 4,7 für jede 10° F.

3400. Eine andere Reihe von Beobachtungen wurde mit demselben Krystall umgeben von Wasser gemacht. 71 Beobachtungen wurden zwischen 90° und 207° ausgeführt, und darauf bei Anwendung eines kalten Bades, noch andere für Temperaturen zwischen 5° und 70° hinzugefügt, die mit den ersteren vollkommen übereinstimmten. Construiert, gaben auch diese eine gerade Mittellinie, die sich den einzelnen Beobachtungen sogar enger anschloß als die frühere. Die Kraft war 168 bei 5° , 90 bei 270° , 131 bei 100° . Die ganze Kraftveränderung zwischen 5° und 207° war 78 oder nahe die Hälfte der Kraft bei 5° ; für jede zehne Grad beträgt sie 3,86, was dem früheren Resultat sehr nahe kommt, denn diese Zahl wird 4,8, wenn

1) Die graphischen Darstellungen dieser und der folgenden Beobachtungen, die im Originale eine Quarttafel großen Formates füllen, sind hier, als gerade nicht unentbehrlich zum Verständniß der Abhandlung fortgelassen, wodurch denn auch für die Stellen des Textes, welche sich auf diese Construction beziehen, kleine Aenderungen und Auslassungen nöthig wurden. P.

man die Kraft in die bei dem Krystall in §. 3399 verwandelt.

3401. Ohne äußerste Sorgfalt darf man nicht erwarten, daß die Zahlen der verschiedenen Beobachtungsreihen bei demselben Gegenstand übereinstimmen. Der Wechsel des Mediums, welches in dem einen Fall Oel und in dem anderen Wasser war, sollte aus angegebenen Gründen (3381) keinen Effect hervorbringen, und aus denselben Gründen sollte dies auch bei einer möglichen Veränderung derselben durch Temperaturveränderung der Fall seyn; allein jede Veränderung in dem Abstand der Magnetpole würde eine Veränderung bewirken, und ich zweifle nicht, daß in dem ersten Falle die Pole einander näher waren und deshalb bei derselben Temperatur eine etwas größere Kraft stattfand. Sehr befriedigend war es auch zu sehen, daß mit steigender Temperatur die beiden Mittel-Linien gegen einander convergirten; bei 100° betrug der Unterschied der Torsionskraft 31, bei 200° dagegen nahe 21, wie wenn sie in der That nur die Tangenten von Curven wären und bei höheren Temperaturen coïncidiren oder parallel werden würden.

3402. Diese ersten Beobachtungen sind hinreichend zu zeigen, daß die Differential-Magnekrystallkraft des Wismuths mit Erhöhung der Temperatur abnimmt und zwar in bedeutendem Maasse, daß dies in einer regelmässigen Progression geschieht, welche innerhalb der angewandten Temperaturgränzen keine Anzeige von einem Zeichenwechsel darbietet; daß diese Progression innerhalb dieser Gränzen durch eine gerade Linie vorgestellt werden kann oder vielmehr — was durch die Annäherung der Linien bei höheren Temperaturen wahrscheinlich wird, — durch ein Stück einer grossen Curve, und daß die Rückkehr des Wismuths zu seiner ursprünglichen Kraft bei Wiederherstellung der anfänglichen Temperatur eine vollkommene ist.

3403. Es ist wichtig, nicht allein den Effect der Temperatur auf einen Wismuthkrystall als einen der verschiedenen Magnekrystalle zu untersuchen, sondern auch die

Aeufernung der Magnetkraft des Wismuths in diesem Zustand zu vergleichen mit der entsprechenden Aeufernung, wenn das Metall sich in einem andern Zustand befindet, z. B. im comprimirten Zustand oder in einem amorphen oder körnigen, in welchem es nur als diamagnetischer Körper afficirt wird. Ich comprimirte daher ein Stück körniges Wismuth in einer Richtung, und schnitt daraus ein kurzes quadratisches Prisma, welches, wenn es hing, 0,5 Zoll hoch und 0,36 Zoll dick war; die Compressionslinie war horizontal und parallel den beiden Seiten. Im Magnetfelde stellte sich diese Linie natürlich aequatorial und daher konnte das Stück, welches 128,5 Gran wog, in derselben Weise wie vorhin (3398) der Krystall dem Versuch unterworfen werden.

3404. Dießs comprimirte Wismuth wirkte sehr gut; der Unterschied in der Torsionskraft war groß genug für die Beobachtung. Der Umschlagswinkel (*upsetting angle*) war 109° und nicht sehr bestimmt, so daß Ströme in dem umgebenden heißen Medium (Oel) die genaue Beobachtung hier mehr störten als es bei dem Krystall der Fall war. Dießs liefs sich vielleicht erwarten, denn es kann nicht angenommen werden, daß ein in der hydraulischen Presse zusammengedrücktes Stück Wismuth in allen seinen Theilen eine Compressionskraft-Linie von gleicher Intensität und gleicher Richtung habe und deshalb in dieser Hinsicht einem Krystall zu vergleichen sey. Die wegen des Umschlagwinkels berichtigten Resultate waren:

bei 70° F.	Torsionskraft	:	157
» 121	» »	:	140
» 157	» »	:	119
» 194	» »	:	116
» 211	» »	:	106

3405. Sonach stehen diese Beobachtungen, wegen der Größe des Wismuths und der Kraft des Magnets, zwischen den zuvor am Krystall erhaltenen, und die Resultate zeigen, wie parallel die drei in ihrer Richtung und Natur gehen. Die Kraft ist 159 bei 70° F. und nur 105 bei 210° ,

was für die 140° des Unterschiedes zwischen den beiden Temperaturen einen Verlust von 54 ergibt. Nehmen wir den Kraftverlust für gleiche Unterschiede bei derselben Temperatur, so sind die Resultate sehr übereinstimmend.

	Torsionskraft		Kraftverlust.	
	bei 90°	bei 207°		
Wismuthkrystall in Oel	135	90	45 oder $\frac{1}{3}$	} der Kraft bei 90° .
» » in Wasser	167	112	55 » $\frac{1}{3}$	
Comprimirtes Wismuth	149	107	42 » $\frac{1}{3,5}$	

3406. Die Data beim comprimirten Wismuth sind geringer an Zahl und liefern keine so gute Anzeige als die bei dem Krystall; allein die Resultate unterstützen doch den von Tyndall ausgesprochenen Satz, daß die Magnetkraft im comprimirten Wismuth, was Anordnung u. s. w. betrifft, genau von derselben Natur ist, wie die in krystallirtem Wismuth. Ich habe mich bemüht einen nachträglichen physikalischen Beweis anderer Art, obwohl in derselben Richtung zu erhalten, indem ich krystallisirtes und comprimirtes Wismuth der langsamen lösenden Wirkung verdünnter Salpetersäure aussetzte; in beiden Fällen kamen Anzeichen von krystallinischer Structur zum Vorschein, aber nicht deutlich oder genügend.

3407. *Turmalin.* — Nun wurde Turmalin, ein paramagnetischer Krystall, der Wirkung der Wärme unterworfen. Der angewandte Krystall war der schon (3377) beschriebene, sein Umschlagswinkel betrug 90° . Eine Beobachtungsreihe mit dem Krystall in Wasser gemacht, erstreckte sich von 39° bis 206° , eine zweite Reihe, in Oel angestellt, ging von 79° bis 289° , und eine dritte, in Salzwasser, von 7° bis 69° .

3408. Die Progression der Zahlen ist im Allgemeinen gut, sowohl bei steigender als bei sinkender Temperatur. Die Magnetkraft im Krystall nimmt mit Zunahme der Temperatur beständig ab; es findet kein Zeichenwechsel statt. Der Kraftverlust zwischen 7° und 289° ist nahe die Hälfte der Kraft, welche der Krystall bei niedrigerer Temperatur besitzt, und deshalb fast eben so viel als er bei höherer Temperatur behält. Bei Wiederherstellung der niederen

Temperatur kehrt die Kraft vollständig zurück. Eine bleibende Störung der specifischen magnetischen Capacität oder irgend etwas einer magnetischen Ladung Aehnliches findet nicht statt. Der Verlust steht nicht in arithmetischer Progression, sondern ist für eine gleiche Zahl von Graden gröfser bei niedrigen als bei höheren Temperaturen, und läfst sich am besten durch eine regelmäfsige Curve als Mittellinie vorstellen. Die beiden ersten Reihen stimmen sehr gut zusammen und die dritte ist bei niederen Temperaturen auch in naher Uebereinstimmung. Der Kraftverlust bei einer niederen Temperatur z. B. 0° , ist für eine selbe Zahl von Graden der Erhöhung drei Mal so grofs bei Temperaturen um 270° oder 280° herum.

3409. Die Rückkehr dieser und anderer Krystalle zu ihrem anfänglichen Zustand bei Wiederherstellung der ursprünglichen Temperatur, combinirt mit den beim Eisen, Nickel u. s. w. (3424) gemachten Beobachtungen, zeigt dafs der Magnet, als eine Kraftquelle, unverändert blieb bei einer Temperatur-Veränderung von 0° bis 300° im Magnetfeld.

3410. Dieser Turmalinkrystall (3377), zwischen den Polen eines grofsen Elektromagnets aufgehängt und durch eine Weingeistlampe bis zur vollen Rothgluth erhitzt, stellte sich mit seiner Axe gut aequatorial, doch mit verminderter Kraft; die hohe Temperatur raubte ihm also nicht seinen magnekrySTALLischen Charakter. Beim Erkalten kehrte er zu seinen anfänglichen hohen Zustand zurück. Bei einer früheren Gelegenheit fand ich, dafs ein gleicher, kurzer, dicker, schwarzer Krystall einen Theil seiner Kraft bei Erhitzung mit einer Weingeistlampe verlor; allein beim Erkalten wurde der Turmalin sehr magnetisch, stellte sich axial und wurde stark angezogen. Diese Anziehung liefs sich herleiten von einer kleinen Portion Eisenoxyd an einer Stelle des Krystalls, welche durch den Dampf und die Hitze der Weingeistlampe zu Oxydul oder selbst einer niederen Stufe reducirt worden war. Digestion mit Chlorwasserstoffsäure entfernte dieses Eisen und stellte den frü-

heren Zustand des Krystalls wieder her. Diefse Thatsache zeigt, dafs eine Temperatur, welche dem Eisen oder seinem Oxydule den hohen Paramagnetismus raubt, nicht im Stande ist, den besonderen Zustand des Turmalins als Magnekry-stall zu zerstören.

3411. *Kohlensaures Eisenoxydul.* — Der zuvor (3379) beschriebene Krystall dieser Substanz wurde in einem Oel-bade aufgehängt, und in Temperaturen von 4° bis 293° versetzt. Der Umschlagswinkel war 96° . Eine andere Reihe wurde zwischen 0° und 60° angestellt und ersterer hinzu-gefügt. Das Ganze bildete eine sehr zusammenstimmende Beobachtungsreihe, welche einen fortschreitenden Kraftver-lust nachwies; die Verringerung war bei niederen Graden viel gröfser als bei höheren, und im Ganzen zwischen den angewandten Temperaturgränzen sehr grofs. Der Kraft-verlust ist, für eine gleiche Zahl von Graden, bei etwa 0° und 32° vier Mal so grofs als bei 280° . Die ganze Kraft ist 135 bei 300° , und bei 0° fast das dreifache, näm-lich 380.

3412. Wenn krystallisirtes kohlensaures Eisenoxy-dul in Luft oder Oel bis zu einer gewissen Temperatur erhitzt wird, so kann man fast gewifs seyn, dafs es wie eine Glathräne (*Rupert's drop*) in Stücke springt. Mit einiger Geduld vermochte ich indess unter den Bruchstücken, in die es unter Oel zersprungen war, drei auszulesen, welche sich durch eine Weingeistflamme bis zur Rothgluth erhitzen liefsen. Unterhalb einer sehr dunklen Rothgluth waren diese Krystalle *immer* magnekrySTALLINISCH, stärker bei nie-drigeren, schwächer bei höheren Temperaturen; so wie die Temperatur sank oder stieg erlangten sie wiederum ihre Kraft oder verloren dieselbe, und das zu wiederholten Malen. Wenn die Temperatur weiter gesteigert und eine Minute oder länger unterhalten wurde, so hörte der Kry-stall auf magnekrySTALLINISCH zu seyn und verlor fast alle Magnetkraft; wurde er aber bis unter eine gewisse Tem-peratur abgekühlt, so war er intensiv magnetisch, und es

zeigte sich, daß er seine Kohlensäure verloren hatte und in magnetisches Eisenoxyd verwandelt worden war.

3413. *Kohlensaurer Kalk.* — Die Kalkspathkugel war von so verhältnißmäßig schwacher Magnetkraft, daß sie bei Anwendung eines metallischen Torsionsdrahts und des Logeman'schen Magnets keine genügende Anzeige lieferte, und ein seidener Torsionsfaden würde unsicher gewesen seyn. Eine sehr hohe, bis zum vollen Glühen reichende Temperatur (die höchste, welche die Flamme einer Weingeistlampe einem kleinen Rhomboëder mittheilen konnte), nahm dem Kalkspath nicht den magnekrySTALLISCHEN Zustand oder das Vermögen seine optische Axe aequatorial zu stellen. Denn wiewohl die Hitze hinreichend war das Aeufere des Krystalls (zu welchem der Wasserdampf der Flamme Zutritt hatte) in Aetzkalk zu verwandeln, blieben doch die inneren Theile magnekrySTALLISCH und schlepten die veränderten Theile mit sich. Diese Beharrlichkeit, verbunden mit dem schwachen magnekrySTALLISCHEN Zustand des Krystalls bei gewöhnlichen Temperaturen, zeigt, daß die Kraft sehr langsam und sehr wenig abnimmt, wenn die Temperatur von 0° bis 300° steigt.

3414. Wenn ein Krystall von *rothem Eisencyankalium* in Luft oder in Oel bis zu einer gewissen Temperatur erhitzt wird, so zerspringt er in Stücke; unterhalb dieses Punktes behält er seinen magnekrySTALLISCHEN Zustand unverändert, ausgenommen, daß er sich bei höheren Temperaturen mit geringerer Kraft einstellt als bei niedrigen.

3415. Der früher (3393) beschriebene *eisenhaltige Kalkspath* führte mich auf sehr sonderbare Punkte der Untersuchung. Es schien wahrscheinlich, daß das Eisen in dem Krystall seinen chemischen Verbindungszustand während der Einwirkung der Hitze behalten würde, wenn dabei der Krystall seine Integrität bewahrte; und, wenn dem so wäre, schien es, weil der kohlen-saure Kalk viel langsamer als das kohlen-saure Eisen durch die Wärme in seiner Magnetkraft verändert wird, ferner wahrscheinlich, daß ein solcher MagnekrySTALL bei hinreichender Erhitzung seinen

Charakter ändern würde, daß die magnetische Axe, welche bei niederen Temperaturen die Maximum-Axe ist, bei höheren zur Minimum-Axe oder Linie von Minimum-Kraft würde, was sich in der That bei der Untersuchung bestätigte.

3416. Es hielt sehr schwer, diese Krystalle bis über eine gewisse Temperatur zu erhitzen; bei einem gewissen Punkt, etwa 300° F., zerspringen sie plötzlich wie Ruprecht's Tropfen oder zerbröckeln. Keine vorherige langsame Erhitzung schien dem vorzubeugen. Dessenungeachtet wurden einige Stücke erhalten, sowohl in Luft als in Oel, welche, ungeachtet vieler Risse, noch so zusammenhingen, daß sie den Krystall repräsentirten. Als diese im Magnetfeld gehörig aufgehängt wurden, stellte sich die kurze (oder optische) Axe des Rhomboëders bei gewöhnlicher Temperatur axial, bei einem dicht unter Rothgluth liegenden Punkt aber aequatorial. Liefs man den Krystall erkalten, stellte sie sich wieder axial, und, abermals erhitzt, wiederum aequatorial. Diese Veränderung konnte viele Male wiederholt werden, ohne daß der Krystall zersetzt zu seyn schien durch Bildung von Aetzkalk oder freiem Eisenoxyd, da er seinen Zustand und seine Eigenschaften behalten hatte. Er war in hohen und niedrigen Temperaturen magnekrystallisch, allein in den hohen verhielt er sich wie reiner Kalkspath und in den niederen wie kohlensaures Eisen. Bei niederer Temperatur war er, als Ganzes, paramagnetisch in Luft und deshalb auch in Kohlensäure. Ob er in einer gewissen intermediären Temperatur ganz aufhören würde magnekrystallisch zu seyn, ob er, als Ganzes, in Kohlensäure weder paramagnetisch noch diamagnetisch seyn, und deshalb zum Theil und für eine gewisse Temperatur der zuvor (3393) gemachten Untersuchung entsprechen würde, kann ich nicht sagen.

3417. Im kohlensauren Kalk und kohlensauren Eisen ist die kurze Axe des Rhomboëders emphatisch eine Richtungslinie und sie stellt sich, je nach der Natur des Krystalls, entweder aequatorial oder axial. Eine gegen sie

rechtwinkliche Ebene zeigt keine merklichen Verschiedenheiten in ihren einzelnen Theilen; die Kraft scheint in allen Richtungen gleich zu seyn. Sonach scheint die ganze Veränderung in dem Eisenkalkspath davon abzuhängen, daß die Empfänglichkeit für magnetische Induction in Richtung der kurzen Axe bei Erbitzung rascher abnimmt als in der darauf rechtwinklichen Ebene, so daß sie letztere nicht nur einholt, sondern über sie hinausgeht, während sie beim Abkühlen wieder zu derselben zurückkehrt und überholt. Die Kraft in der aequatorialen Ebene oder Richtung ist wahrscheinlich veränderlich, allein ihre ganze Schwankung scheint doch innerhalb derjenigen zu liegen, welche die axiale Richtung erleidet.

3418. Es scheint, daß solche Krystalle wie diese sich nicht in hoher Temperatur und unter gewöhnlichem Druck gebildet haben können, insofern sie jetzt eine solche Temperatur nicht zu ertragen vermögen. Sie lassen sich sogar bei hohen und bei niedrigen Temperaturen als physisch verschiedene Substanzen betrachten. Denn bei einem Körper, welcher seine Integrität nicht behaupten kann, müssen die Molecularkräfte, wenn sie eben die Masse in Theilchen zersprengen, ganz anders angeordnet seyn, als wenn sie seinem Zustand Permanenz verleihen. Die Veränderungen der magnetischen Relationen sind in beiden Fällen sehr auffallend, und vielleicht mögen die optischen Eigenschaften sich ebenfalls verändert erweisen. Die Krystalle sind, glaube ich, härter als die des Kalkspaths und immer risiger. Derjenige Kalkspath, welcher Adern von kleinen Schwefelkieskrystallen enthält, erweist sich fast sicher von dieser eigenthümlichen Natur.

3419. Es scheint, daß Magnekrystalle (mit Ausnahme des Eisenkalkspaths), paramagnetische wie diamagnetische, sämmtlich in gleicher Weise von der Hitze afficirt werden. Die Unterschiede der Kraft in zwei gegebenen Richtungen nimmt bei steigender Temperatur ab und bei sinkender zu, und ist bei gegebener Temperatur constant. Solche Veränderungen könnten auf verschiedene Weisen vor sich

gehen. Eine Abnahme der Kraft der stärkeren Axe durch die Wärme, würde sie eben so gut erklären wie eine Zunahme der schwächeren Axe. Solche zweifelhafte Punkte würden beseitigt werden, wenn man mit Resultaten, wie ich sie gegeben habe, andere über die *gesamte* paramagnetische oder diamagnetische Kraft eines Krystalls in gegebener Lage bei verschiedenen Temperaturen combinirte. Nach der allgemeinen Wirkung der Wärme zweifle ich jedoch wenig, daß das Vermögen des Krystalls, eine Induction von gewissem Betrage in gegebener Richtung zu erfahren, in jeder Richtung bei steigender Temperatur geschwächt werde, und daß die von mir gemessenen Effecte bloß die Unterschiede zwischen den gesammten Veränderungen in den beiden Richtungen sind. Nur der Versuch kann entscheiden, ob eine Kugel von Turmalin oder Kalkspath afficirt bleiben würde durch den Magnet bei Temperaturen, welche den magnekrySTALLischen Charakter dieser Körper verschwinden machen würden; allein es scheint fast gewiß, daß die diamagnetische Kraft eines körnigen Stücks Wismuth gleich seyn muß der Summe der Kräfte der verschiedentlich angeordneten Krystalltheilchen, aus denen es zusammengesetzt ist, und daß sie verschwänden, wenn ihnen ihr magnekrySTALLischer Charakter durch Wärme genommen würde; es ist auch gewiß, daß der magnekrySTALLische Charakter solcher Krystalle, die sich zusammenhalten können, in sehr hohen Temperaturen verbleibt.

3420. Fände es sich, daß der absolute magnetische Charakter der Körper mit ihrem magnekrySTALLischen coïncidirte, würde die Untersuchung der MagnekrySTALLE durch Hitze ein erhöhtes Interesse erlangen. In vielen Fällen können wir die magnekrySTALLische Disposition der Kraft besser untersuchen als die ganze Summe der Kraft, und eine Untersuchung eines Theils des Verhältnisses der Verringerung würde uns eine bedeutende Einsicht in die Natur des Ganzen gewähren. Wenn ferner die magnekrySTALLischen und magnetischen Anzeigen übereinstimmten, so daß die einen für Repräsentanten der anderen genommen

werden, könnten, so hätten wir den Vortheil bei Magnetrystallen, daß wir den (nach der Temperatur veränderlichen) Einfluß des umgebenden Mediums (3376) ganz vernachlässigen könnten. Es ist merkwürdig, daß so wie bisher kein ungemischter Körper den Charakter seines Magnetismus in der Wärme verändert hat d. h. durch Wärme nicht von der paramagnetischen Klasse in die diamagnetische oder von dieser in jene übergegangen ist (angenommen der Raum oder sein magnetisches Aequivalent Kohlensäuregas sey der Nullpunkt), eben so auch kein einfacher Magnetrystall eine solche Umkehrung gezeigt hat; auch hat keine der drei Hauptaxen der Kraft ihren Charakter oder ihre gegenseitige Relation verändert. Diefes hat man zu bedenken, wenn man den früher (3393) erwähnten möglichen Fall eines Magnetrystalles als beim Nullpunkt betrachtet.

Aus der Richtung der Linien in der Construction geht nicht hervor, daß von der Anwendung niedriger, für uns erreichbarer Temperaturen ein sonderlicher Zuwachs der diamagnetischen Kraft des Wismuths zu erwarten sey. Da es die hauptsächlichste diamagnetische Substanz und ein Metall ist, so hätte man lieber wünschen mögen, daß es eine Curve ähnlich der des kohlen-sauren Eisens oder auch nur der des Turmalins gäbe.

§. 40. Wirkung der Wärme auf die absolute Magnetkraft von Körpern.

3421. Die Zeit ist da, zu untersuchen, welchen Effect die Wärme ausübe auf die totale Magnetkraft solcher Körper (unter Induction), welche, ob paramagnetisch oder diamagnetisch, dem Nullpunkt nahe stehen, d. h. so nahe als Wismuth oder Sauerstoff, damit wir im Stande seyen, unter anderen zu untersuchen die Beziehung der *ganzen* Kraftveränderung zu der Veränderung des Differential-Zustandes, der bei Magnetrystallen vorkommt. Bei solchen Untersuchungen stellt sich eine bis dahin nicht vorgekommene Schwierigkeit dadurch ein, daß die Bewegungen des Kör-

pers in größerem oder geringerem Maasse von dem umgebenden Medium abhängig sind; denn wenn das letztere sich durch Temperaturunterschiede veränderte, würde das erstere geschienen haben, eine Veränderung zu erleiden, die in Wirklichkeit nicht vorhanden war. Die bei einer früheren Gelegenheit (2359) gemachte Behauptung, daß paramagnetische Lösungen nicht von der Wärme afficirt werden, kann beim gegenwärtigen Zustand unserer Kenntnisse ohne weitere Prüfung schwerlich zugegeben werden. Wenn Körper beim magnetischen Nullpunkt keine Veränderung durch die Wärme erlitten, so könnte man eine Flüssigkeit von dieser Beschaffenheit als Bad anwenden und darin die Veränderungen von starren, nicht beim Nullpunkt liegenden Körpern untersuchen; und eben so könnte man einen beim Nullpunkt liegenden starren Körper gebrauchen, um die Veränderungen der ihn umgebenden Flüssigkeiten bei Erwärmung zu ermitteln¹⁾; wenn ferner paramagnetische Flüssigkeiten keine Veränderungen erlitten, könnte man sie anwenden, um die Anzeigen diamagnetischer Körper, wie Wismuth und Phosphor, zu erhöhen. Mittlerweile mögen die folgenden Resultate nützlich und annehmbar seyn.

3422. Sehr begierig zu wissen, ob ein Stück *amorphes* d. h. *körniges Wismuth* die Veränderung in derselben Progression bei derselben Temperatur zeige, wie ein Wismuthkrystall, bemühte ich mich, einige Messungen zu erhalten, die mich aber nicht befriedigten. Ich gebrauchte, zwischen zugespitzten Polen, einen Stab des Metalls von 0,55 Zoll Länge und 0,12 Zoll Dicke; allein die Kraft des Wismuths war unter dem Einfluß des Logeman'schen Magnets nicht beträchtlich genug bei einem metallenen Torsionsdraht, und wenn ich einen seidenen Aufhängefaden anwandte, wurden die Anzeigen ganz überwältigt durch Strömungen in der umgebenden Flüssigkeit. Ein *Turmalin-krystall* erwies sich unter gleichen Umständen ebenso unvortheilhaft; überdies ist zu bemerken, daß, da die Turmaline

1) *Royal Institution Proceedings, Jan. 1853, p. 232 oder Experimental Researches, Vol. III, p. 400.*

unter sich sehr verschieden sind, eigentlich nur Stücke von einem selben Krystall mit einander verglichen werden können.

3423. *Kohlensaures Eisenoxydul*. — Diese Substanz fand ich hinreichend paramagnetisch, um Angaben mit dem Logeman'schen Magnet zu liefern, wenn spitze Pole angewandt und 1,95 Zoll auseinander gestellt wurden. Der früher beschriebene Krystall wurde durch Abschleifen in eine Platte verwandelt und diese mit der optischen Axe oder dem kurzen Durchmesser vertical aufgehängt; sie hielt 0,6 Zoll in Länge, 0,17 in Breite und 0,37 in Dicke. Ein kleiner Kupferwürfel wurde unten daran gehängt, um ihr Gewicht in dem Oelbade zu geben, und zu verhindern, daß sie sich im Ganzen dem einen oder dem andern Pole näherte. Die erhaltenen Resultate wurden in Curven verzeichnet; sie stimmen nicht überein mit denen, welche ich für dieselbe Substanz als Magnekrystall gegeben habe. In dem aufsteigenden Theil der Curve ist die Kraft = 157 bei 126° und = 133 bei 288° ; die Abnahme 24 beträgt nur $\frac{1}{6,52}$ der Kraft bei 126° . In dem absteigenden Theil ist die Kraft = 182 bei 96° und = 125 bei 292° , der Unterschied 57 beträgt $\frac{1}{3,2}$ der Kraft bei 96° . Beide Unterschiede sind viel geringer als die bei dem Krystall von kohlensaurem Eisen, denn bei diesem war die Kraft = 255 bei 96° und = 137 bei 292° , der Unterschied also fast die Hälfte der Kraft bei 96° . Es ist also klar, daß die Kräfte bei dem Stabe nicht in demselben Verhältnisse abnehmen wie bei dem Krystall, oder daß sich das Medium bedeutend, obwohl in unbekannter Weise ändert, oder auch, daß der Stab als Ganzes eine besondere Aenderung erleidet, zusammenhängend vielleicht mit der Durchkreuzung der auf- und absteigenden Curven in der graphischen Darstellung. Wenn das Oel des Bades bei Erhöhung der Temperatur einen Verlust an diamagnetischer Kraft erlitten hätte (ein Gewinn ist nicht zu erwarten), so würde das kohlensaure Eisen, aus dieser Ursache allein, einen Verlust er-

litten zu haben geschienen, der sich seinem eigenen Verlust hinzufügte. Ein solcher Effect würde streben ein umgekehrtes Resultat zu geben als in Wirklichkeit stattfand.

3424. In Zusatz zu den früheren Resultaten ¹⁾ wurden nun Versuche mit den Metallen *Eisen*, *Nickel* und *Kobalt* angestellt, und zwar auf folgende Weise mit vieler Leichtigkeit. Ein Kupferwürfel, 0,25 Zoll in Seite, hatte winkelrecht gegen zwei seiner Seiten ein feines Loch, und in die Mitte desselben wurde ein sauberer Draht weichen Eisens von 0,05 Zoll Länge und 0,0166 Zoll Durchmesser gesteckt. Der Würfel, der 46 Gran wog, wurde wie zuvor zwischen den Polen aufgehängt, als sie 4,86 Zoll auseinander waren. Die Kraft des solchergestalt dem Magnet ausgesetzten Eisens war so groß, daß ein Torsionsdraht von Platin (3369) angewandt werden konnte, wodurch jeder Einwurf gegen eine mögliche Veränderung der Torsionskraft entfernt war. Die Umschlagspunkte waren sehr bestimmt und lagen 108° von einander. Die Resultate der Beobachtungen bei Temperaturen von 30° bis 288° zeigten keine merkliche Schwankung, wie wenn die Inductionskraft in dem Eisen während dieser Temperaturvariation keine Veränderung erlitten und sich stets auf dem Maximum gehalten hätte. Aus anderen Versuchen wissen wir, daß die Kraft bei höheren Temperaturen abnimmt; daß die Abnahme, obwohl progressiv und nicht instantan (2345), doch bei einer gewissen Temperatur sehr rasch ist, und daß sie bei noch höheren Temperaturen wieder langsam und fast unmerklich wird. Wir haben Grund zu der Annahme, daß wir beim Turmalin und beim kohlensauren Eisen eine gleiche Umkehrung der Curvatur haben würden, wenn wir zu sehr niedrigen Temperaturen hinabsteigen könnten.

3425. *Nickel*. — Aus reinem Nickel wurde ein kleiner quadratischer Stab von 0,09 Zoll Länge und 0,036 Zoll Dicke angefertigt. Ein Kupferwürfel ähnlich dem früheren (3424) hatte auf seiner oberen Fläche eine Höhlung; in

1) *Experimental Researches*, 2344 — 2347.

diese wurde der Nickelstab gelegt und darin durch den Aufhängedraht unbeweglich festgehalten. Das Ganze wurde nun Temperaturveränderungen ausgesetzt. Der Umschlagswinkel war 112° . Die Resultate ergaben eine Abnahme der Kraft bei höheren Temperaturen, übereinstimmend mit der allgemeinen Wirkung der Wärme; und da wir wissen, daß die Temperatur des siedenden Oels hinreichend ist, selbst große Nickelmassen unempfindlich für die Wirkung gewöhnlicher Magnete zu machen, so ist glaublich, daß zwischen 300° und 600° eine sehr rasche und interessante Reihe von Veränderungen eintreten würde.

3426. *Kobalt.* — Ein kleiner Stab von reinem Kobalt, 0,08 Zoll lang und 0,027 im Quadrat wurde in gleicher Weise an einem Kupferwürfel befestigt und der Wirkung des Magnets und der Wärme ausgesetzt. Der Umschlagswinkel war 118° . Ein Grund zu der Verschiedenheit der Umschlagswinkel dieser Metalle lag in den verschiedenen Verhältnissen von Länge und Breite; ein anderer wird sich weiter hin (3427) ergeben. Zwei Beobachtungsreihen lieferten ein merkwürdiges Resultat. Die zweite Reihe zunächst das, daß, wenn man von 66° ausgeht und dann fast zu derselben Temperatur zurückkehrt, das Kobalt einen permanenten Zuwachs an Kraft von etwa 30° Torsionskraft erlangt hat; die ganze Kraft betrug etwa 380° . Dies entsprang, wie sich zuletzt ergab, aus einer Ladung oder Coërcitivkraft, denn wenn, nach der Beobachtung von 79° , der Würfel mit dem Kobalt um 180° gedreht, der Stab also gegen die Magnetpole umgekehrt wurde, und dann wieder in seine erste Lage gebracht und beobachtet wurde, schien die Kraft des Ganzen abgenommen zu haben, und diesen Zustand behielt das Kobalt, obgleich es einige Zeit in der letzten Lage erhalten worden. In der That fand ich, daß kleine Stücke von Eisen, Nickel und Kobalt, die zur Entfernung einer Ladung geglüht worden, hernach auf einen Moment in irgend einer Lage im Magnetfeld gehalten wurden, eine Ladung annahmen, die sie nach Fortnahme aus dem Magnetfelde behielten. Es schien, daß, wenn sie her-

nach im Magnetfelde umgekehrt wurden, diese erste Ladung oder deren Effect zum Theil verblieb; allein bei hohen Temperaturen verliert das Metall mehr oder weniger davon; daraus entsprang der Unterschied in den Resultaten zu Anfange und Ende der zweiten Beobachtungsreihe. Bei der ersten Reihe war das Metall wahrscheinlich in einem solchen Zustand, dafs es durch die Wärme keinen permanenten Verlust erlitt, oder dafs dazu die Wärme (nur 290°) nicht lange genug angehalten hatte.

3427. Ich halte es für wahrscheinlich, dafs Eisen und Nickel ähnliche Erscheinungen wie das Kobalt zeigen würden, wenn sie nachgesucht würden, und auch dafs diese Beschaffenheit der Ladung den Umschlagswinkel von Metallstücken ändert, die in den Verhältnissen von Länge und Dicke verschieden sind.

3428. Alle Effecte dieser Ladung zugegeben, bleibt noch ein anderes Resultat in beiden Kobaltreihen stehen, nämlich die *Zunahme* der Kraft mit Erhöhung der Temperatur. Ich glaube, es ist das erste Mal, dafs ein solches Resultat erkannt worden ist. Wenn man auch für einen Augenblick glauben möchte, dafs beim Aufsteigen von 60° zu 300° die höheren Temperaturen das Metall befähigt hätten, Gegen-Ladungen, wie die (3426) vermutheten, leichter aufzugeben, so würde dies doch nicht die *Abnahme* der Kraft bei sinkender Temperatur erklären, ohne anzunehmen, dafs die Wärme auch das Metall fähiger zur Annahme von Ladung mache, was in der That so viel heifst als sagen, dafs die Kraft gröfser sey bei hoher als bei niedriger Temperatur. Dieser Effect kann nicht abhängen von einer Veränderung im umgebenden Medium, denn das Mifsverhältnifs zwischen ihm und dem Kobalt bei gleichen Volumen ist so grofs, dafs wenn ihre Kräfte vernichtet oder verdoppelt würden, der Effect davon unter den Resultaten doch unmerklich wäre. Wenn dieses für Kobalt richtig ist, so ist es wahrscheinlich, dafs Aehnliches in gewissen Temperaturen beim Eisen und Nickel vorkommt, und dafs wir, wenn wir zu niedrigeren Temperaturen als die angewandten übergangen,

zu einer gelangen würden, welcher für jedes ein Maximum der Induction darböte und unterhalb welcher die Inductionskraft abnähme. Innerhalb der angewandten Gränzen d. h. zwischen 0° und 300° scheinen die drei Metalle in verschiedenen Theilen ihrer Bahn zu seyn; das Nickel hat die Periode des Maximums seiner Kraft schon überschritten, das Eisen befindet sich darin, und das Kobalt hat sie noch nicht erreicht. Diefs stimmt überein mit der Wirkung der Temperatur; denn bei gröfserer Erhebung derselben verliert das Nickel zuerst seine Kraft bei etwa 650° F. ¹⁾, dann das Eisen bei mäfsiger Rothgluth ²⁾, und endlich das Kobalt bei noch weit höherer Temperatur, nahe beim Schmelzpunkt des Kupfers. Diefs erhöht das Interesse der Beziehung zwischen Wärme und Magnetismus, besonders da sie, wenn sie wohl begründet ist, wahrscheinlich für Substanzen in allen Zuständen gilt, für Gase, wie Sauerstoff, so gut wie für Metalle, wie Kobalt, in welchem Fall es seyn kann, dafs es für alle Körper, paramagnetische wie diamagnetische, eine gewisse Temperatur giebt, welche ihren magnetischen Inductionszustand am meisten begünstigt, zu einem Maximum erhebt, während dieser Zustand ober- und unterhalb derselben abnimmt.

3429. Bei der Wirkung der Wärme auf Eisen und Stahl, und deshalb auf Magnete überhaupt, hat man künftighin zu unterscheiden die auf Eisen, als vollkommen weich betrachtet, und die auf dasselbe, als vollkommen harten Stahl, sey er magnetisch geladen oder nicht. Es kann seyn, dafs ihre Wirkung auf einen Magnet, dessen Theile alle gleich hart und gleich geladen sind, sehr verschieden ist von ihrer Wirkung auf einen Magnet, wo die Theile an der Oberfläche und den Enden härter und stärker geladen sind als die übrigen, oder, wie es gewöhnlich der Fall ist, auf einen, dessen Theile nicht wie beim Stahle genau gleich sind, sondern eine Resultante von vielen Actionen geben.

3430. Bei Betrachtung dieser merkwürdigen Wirkun-

1) *Experimental Researches, Vol. II, p, 219.*

2) *Ib. Vol. III, p. 442.*

gen der Wärme stellt sich noch die Frage ein: Kann man durch Temperaturveränderung bewirken, daß Substanzen einander magnetisch vorbeigehen? Es scheint bis jetzt nicht, daß irgend eine ungemischte Substanz durch den vom Vacuum oder vom Kohlensäuregas repräsentirten Nullpunkt gehen könne d. h. sich aus dem paramagnetischen Zustand in den diamagnetischen überführen lasse und umgekehrt; diese Zustände sind durch den Nullpunkt definirt, und insofern würde er ein wahrer und natürlicher Nullpunkt seyn. Ferner kann man sagen: Wenn gleiche Volume von verschiedenen Körpern in derselben Gestalt bei verschiedenen Temperaturen einer gleichen Magnetkraft ausgesetzt würden, so daß ihre Kräfte in ihrer vollen und wahren Beziehung sich durch eine graphische Construction ausdrücken ließen, — würden die diese Kräfte vorstellenden Linien einander schneiden? So weit ich sehe, würden sie es nicht; allein die Resultate sind bis jetzt zu gering an Zahl und zu unvollkommen in ihrer Natur, als daß eine strenge Folgerung gerechtfertigt seyn könnte.

VI. Ueber die Plateau'schen Versuche mit Flüssigkeiten, welche der Wirkung der Schwerkraft entzogen sind; von Beer in Bonn.

In dem 96. Bande dieser Annalen habe ich die Grundformel für die Theorie der von Plateau entdeckten Erscheinungen aufgestellt, welche eine der Schwerkraft entzogene Flüssigkeit darbietet; auch findet man dort die nächst gelegenen Folgerungen aus jener Formel abgeleitet. Seither habe ich diesen Gegenstand weiter verfolgt und theile hier die hauptsächlichsten Ergebnisse meiner Untersuchung mit, indem ich die Entwicklung für eine Gelegenheitsschrift aufbewahre.