



H. 7#1.







Das
Newton'sche Gesetz

von

E. Heine.

Halle,

Verlag der Buchhandlung des Waisenhauses.

1864.

40 —

3/



Das

Newton'sche Gesetz

von

E. Heine.

Halle,

Verlag der Buchhandlung des Waisenhauses.

1864.



Pd 2732



Auf den Wunsch einiger Freunde veröffentliche ich den nachstehenden Vortrag, den ich vor einigen Wochen bei Uebernahme des Rectorates in der Aula des Universitätsgebäudes hielt.

Halle, den 6. August 1864.

H.





Hochansehnliche Versammlung!

Unsere Mitwelt ist eine dankbare Nachwelt, und tilgt eifrig die Schulden der Vorwelt; sie feiert gewissenhaft die großen Todten, seit deren Geburt eine runde Anzahl von Jahren verflossen ist. Dies Jahr ist solch' ein Jubeljahr periodischer Erinnerung für die physikalischen Wissenschaften; vor 300 Jahren ward der Mann geboren, der die Mitternacht der Naturforschung erleuchtete — der Schöpfer des Experiments, der uns lehrte, die Natur zu befragen, und nicht nur eine Chronik der Naturereignisse zu schreiben. In der Geschichte der Wissenschaften steht der Name Galilei schon lange als einer der glänzendsten da; und dennoch kann man sagen, daß er für das größere Publikum erst in diesem Jahre aus dem Staube der Vergessenheit gezogen werden mußte. Noch mehr! Vergewärtige ich mir die Art der Jubel-

feier, so weit ich von ihr Kenntniß erhalten, so scheint es mir fast, als wenn nicht Galilei's große Verdienste um die Wissenschaft gebührend in den Vordergrund traten, sondern als ob zu sehr gehuldigt wurde der Richtung unserer Zeit, welche unläugbar bei den Heroen der Kunst und Wissenschaft mit Vorliebe verweilt, an die sich ein dramatisches Interesse knüpft, die mit Widerwärtigkeiten kämpften — nicht, meine ich, mit unabwendbaren Schickungen, sondern die ankämpften gegen äußere Gewalt. Am heutigen Tage, an welchem ich, alter Sitte folgend, Sie bitte, mich auf das Gebiet der Wissenschaft zu begleiten, in welcher ich mit Vorliebe gearbeitet habe, würde daher noch Raum bleiben, es würde nahe liegen der Gedanke einer Feier jenes Mannes von diesem Platze aus, von dem verkündet werden soll, was in der geräuschlosen Werkstatt der Wissenschaft geschaffen wurde — ohne Leidenschaft, ohne Rücksicht auf eine vorübergehende Strömung der Zeit: ich entsage aber dieser Aufgabe, schon deswegen, weil nicht sowohl die experimentelle Physik in den Kreis

meiner Beschäftigungen fällt, sondern derjenige Theil der Naturwissenschaften, welcher sich, mit Hülfe der Mathematik, aus dem Experimente aufbaut. Und dennoch feiere ich heute Galilei, von dem die physikalischen Wissenschaften das Ende des Mittelalters, die neue Zeit datiren, wenn auch nur indem ich Ihre Aufmerksamkeit auf eine spätere Epoche lenke, wenn ich erinnere an seinen größten Nachfolger, den Archimedes der Neuzeit, wie man ihn wohl nannte, dem Pöpe das stolze Denkmal setzen durfte:

Nature and nature's laws lay hid in night;

God said: Let Newton be, — and all was Light.

Erwarten Sie nicht, daß ich Ihnen ein Bild von Newton's Leben und Streben aufrolle: ich knüpfe an den Namen dieses Forschers an, um Ihnen seine unsterblichen Thaten vorzuführen; und auch diese sind so mannigfaltig, daß schon die mir zugemessene Zeit nicht erlaubt, über all' die tiefsinnigen Entdeckungen zu reden, die wir ihm verdanken. Ich greife aber auch nicht willkürlich in den rei-

chen Stoff hinein, sondern denke Newton in seiner größten That zu zeigen, darin nämlich, daß er die heutige Astronomie und die mathematische Physik durch ein Prinzip begründete, wobei ich freilich seine Leistungen in der reinen Mathematik mit Stillschweigen übergehe. Liegt grade mir der letzte Theil näher als der erste, so fühle ich mich doch außer Stande, an diesem Orte, vor Männern, an deren Namen sich die verschiedenartigsten Zweige gelehrter Forschung knüpfen, Newton's Verdienste um die Mathematik mit der erforderlichen Klarheit zu entwickeln. Ich müßte dazu eine Reihe von Begriffen vorausschicken, von denen einige auf den andern basiren, so daß ich bei Dem, welcher nicht gewohnt ist, sich in mathematischen Betrachtungen zu ergehen, leicht unklare Vorstellungen erwecken könnte; — und das will ich grade heute vermeiden, wo ich von den Entdeckungen des Mannes rede, der ein Muster der Klarheit auch in der Darstellung gewesen.

Möchte ich glücklicher sein, wenn ich von dem Gesetze handle, welches das Fundament der Astrono-

mie ist, dem Newton'schen Anziehungsgesetze, einem Gesetze, so einfach, daß es ein wahres Naturgesetz sein könnte, so weitreichend, daß fast jede neue Entdeckung, die sich auf Anziehung bezieht, eine neue Seite für seine Anwendungen eröffnet! Weitreichend ist es in doppelter Beziehung: es beherrscht alle Arten der Anziehung, selbst die elektrische und magnetische; es beherrscht die Anziehungen im ganzen Weltenraume, von den kleinsten meßbaren Entfernungen der Körper an bis zu den größten.

Ich nannte das Prinzip ein einfaches; denn überall, wo anziehende Massen sind — so sagt das Newton'sche Gesetz ziehen sie sich an mit einer Kraft, die proportional ist den Massen, und umgekehrt proportional den Quadraten der Entfernungen dieser Massen, so daß also dieselben Körper bei doppelter oder dreifacher Entfernung sich nur mit dem vierten oder neunten Theile der ursprünglichen Kraft anziehen; daß ferner der erste Körper den zweiten mit der doppelten oder dreifachen Kraft anziehen würde, wenn man ihn vergrößert, nämlich verdoppelt oder verdreifacht.



Meine Absicht ist es, Ihnen heute anzudeuten wie sich mit Hülfe der Mathematik aus diesem einen, einfachen Prinzip die Astronomie aufbaut; bei dieser Gelegenheit werden wir auch die Beobachtungen und Schlüsse in's Auge fassen, welche die Wahrheit dieses Gesetzes darthun, und schließlich wollen wir uns vergegenwärtigen, wie das Gesetz eine Grundlage der mathematischen Physik geworden ist, indem wir von den magnetischen Erscheinungen handeln. Ehe ich aber hierzu schreite, wird es erforderlich und unser erstes Geschäft sein, das Newton'sche Prinzip mit größerer Präzision auszusprechen, als es bisher geschehen ist.

Das Aufblühen der Naturwissenschaften in unsern Tagen hat nicht einen überall glücklichen Einfluß ausgeübt; dadurch, daß sie sich erweiterten, daß jede eine eigene Technik, vielfache Detail-Kenntnisse erfordert, ist es nicht mehr möglich, daß ein einziger Mann sie sämmtlich mit gleicher Gründlichkeit umfaßt. Noch in diesem Jahrhundert war Ein Lehrstuhl an den Universitäten für die gesammten Naturwissen-

schaften bestimmt; diese goldene Zeit ist aber vorüber, und jetzt bedarf jede ihres eignen Vertreters. Populäre Schriften haben die Resultate der Forschung in das größere Publikum getragen, während die Methoden der Untersuchung und die Schlüsse, welche zu den Resultaten führen, diesem verborgen bleiben. Gewisse Worte, wie z. B. Kraft, haben für den Fachmann eine gut definirte aber nicht immer mit wenigen Worten angebbare Bedeutung, oft eine andre als im gemeinen Leben, während in den Resultaten, wie wir sie aussprechen, nicht jedesmal an den Sinn dieser Ausdrücke von neuem erinnert werden kann. Es ist daher nicht wunderbar, daß die Lehren der Wissenschaft von Solchen mißverstanden wurden, die nur die Früchte kosten, und sie nicht selbst zu ziehen verstehen, und daß geistreiche Männer, die in andern Fächern sich einen Ruf erworben haben, die nicht bestimmt angegebene Bedeutung eines Wortes zum Spielball ihres Geistes machten, daß sie die Resultate in größerer Allgemeinheit aussprachen, als sie gelten.

Verständ'ge Leute kannst du irren sehn, —
In Sachen nämlich, die sie nicht verstehn.

Dadurch sind jene viel gelesenen und viel verbreiteten Werke entstanden, welche den groben Materialismus predigen, die andrerseits eine natürliche Reaction hervorgerufen haben, welche wiederum weit über die richtigen Grenzen ging. Besonders gefährlich ist solch' ein halbes Wissen und ein unbestimmtes Bild der gewonnenen Resultate bei den exacten Wissenschaften, deren Forschungen man gewohnt ist am meisten zu vertrauen, und es kann nicht dringend genug auf die Gefahr hingewiesen werden, die darin liegt, wenn Viele in den Vorträgen über Physik hauptsächlich auf die Experimente achten, und nicht auf das Wesentliche, die Erklärung der vorggeführten Erscheinungen. Wer durch gewisse äußere Aehnlichkeiten in den Erscheinungen sich verführen läßt, auf den inneren Zusammenhang zu schließen, der ist leichte Beute jedes nur einigermaßen geschickten Sophisten; solche Halbwisser sind in unsern Tagen die besten Träger des Aberglaubens.

Als ich das Newton'sche Gesetz aussprach, bediente ich mich des vielfach mißverstandenen Wortes „Kraft“, dessen Bedeutung wir zunächst feststellen müssen. Glauben Sie nicht, daß ich hier Geheimnisse zu enthüllen habe, es sei denn das offene Geheimniß, daß der Physiker eben das Geheimnißvolle abstreift, welches in dem Worte liegt, daß wir die Trennung der Philosophie von der Mathematik, die sich äußerlich seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts vollzieht, constatiren, oder vielmehr, daß wir die Grenze beachten, welche beide Gebiete trennt. Ich ziehe den letzten Ausdruck vor; denn, wenn Sie mir auch zugeben werden, daß Euler kein Philosoph war, obgleich er in seinen *Opuscula varii argumenti* eine Arbeit geliefert hat: *Enodatio quaestionis, utrum materiae facultas cogitandi tribui possit nec ne?*, und daß Voltaire kein Mathematiker, obgleich sich in den Preisschriften der Pariser Akademie eine mathematisch = physikalische Arbeit von ihm vorfindet: *Essai sur la nature du feu et sur sa propagation*, so würde doch Herbart und seine Schule darauf hindeuten, daß diese Trennung



noch nicht vollständig vollzogen ist, daß es noch in der neuern Zeit Philosophen von Bedeutung gab, die, obwohl nicht wesentlich productiv in der Mathematik, doch mit tüchtigen mathematischen Kenntnissen ausgerüstet waren.

Wenn der Mathematiker von Kraft spricht, so geht er nicht von dem Wesen der Kraft aus, sondern von der Art, wie sie in die Erscheinung tritt, und macht hierüber Hypothesen, die dem Experimente entnommen sind. In ähnlicher Art verfährt die reine Mathematik überall, wo sie auf ein bestimmtes Feld angewandt werden soll; schon die Geometrie ist angewandte Mathematik, und die geometrischen Sätze gelten nur unter der Voraussetzung, daß den Raumgebilden die Eigenschaften zukommen, welche Euklid ihnen in seinen Grundsätzen und Fortsetzungen beigelegt hat.

Um Kraft zu definiren gehn wir davon aus, daß wir zwar keinen absolut ruhenden Körper kennen, daß wir aber die Bewegung dennoch nicht als eine

nothwendige Eigenschaft der Körper bezeichnen; wir können uns in der That ruhende Körper denken. Bewegt der Körper sich, so nehmen wir an, daß eine Ursache existirte, die ihn in Bewegung setzte, und diese Ursache heißt Kraft. Ist der Körper einmal in Bewegung gesetzt, so bewegt er sich, nach dem Gesetze der Trägheit, gleichförmig gradlinig fort, bis eine andre Ursache, die im Stande sein würde, ihn, wenn er ruhend wäre, in Bewegung zu versetzen, also eine andre Kraft auf ihn wirkt und seine Bewegung modificirt. Die Ursache, also die Kraft, welche seine Bewegung so modificiren würde, daß sie ihn in Ruhe versetzt, nennen wir eine der ursprünglichen gleiche aber entgegengesetzte Kraft. Wenn wir sagen, ein Körper übe auf einen andern eine anziehende Kraft aus, gleichgültig, ob die Körper nahe bei einander oder fern sind, so haben wir also nichts mit dem Begriffe einer actio in distans zu thun, sondern drücken damit nur aus, der zweite Körper würde sich, wenn der erste vorhanden ist, in Bewegung setzen wenn er früher ruhte; seine Bewegung

würde sich ändern, wenn er schon in Bewegung gewesen ist.

Setzte ich schon oben fest, was wir unter gleichen Kräften verstehen, so füge ich noch hinzu, daß zwei gleiche Kräfte, die auch in gleicher Richtung wirken, von denen also jede genau dieselbe Bewegung hervorrufen würde, in ihrer Gesamtwirkung durch eine einzige entgegen wirkende aufgehoben werden, welche die doppelte heißt. In ähnlicher Weise wird dreifache, vielfache Kraft definiert.

Ich erinnere hier sogleich an den Begriff der Masse. Dieselbe bewegende Ursache, — man kann beispielsweise die Erde als solche betrachten, wie sich später noch klarer zeigen wird, — zieht ein gewisses Volumen, z. B. einen Kubitzoll Eisen fast mit dem Achtfachen der Kraft an, mit welcher sie einen Kubitzoll Eis anziehen würde. Nennen wir einen Kubitzoll Eis die Einheit der Masse, so legen wir einem Kubitzoll Eisen die Masse 8 oder vielmehr nahezu 8 bei, und 2 oder 3 Kubitzollen Eis die Masse 2 oder 3. Bei dem Begriffe der Masse, der keine Schwierig-

feit darbietet, verweilen wir nicht länger, und gehn noch einmal zur Kraft zurück.

Bisher haben wir von der Intensität der Kraft gehandelt, ohne ihre Richtung gehörig zu berücksichtigen. Setzt aber eine Kraft den Körper in Bewegung, so bewegt sich jeder mathematische Punkt desselben auf einer bestimmten Bahn, also nach einer bestimmten Richtung, und zwei verschiedene Punkte des Körpers können verschiedene Richtungen einschlagen. Darum kann man, streng genommen, nicht von einer Kraft reden, die auf einen Körper von meßbaren Dimensionen wirkt. Die Schwierigkeit verschwindet, wenn man von der Wirkung auf ein in einem mathematischen Punkte concentrirtes Molekül spricht. Wir können aber auch alle Hypothesen darüber, ob die Materie aus Molekülen besteht, vermeiden, wenn wir unser Prinzip so fassen: Zwei kleine Kügelchen von beliebig kleinen aber meßbaren, nicht so genannten unendlich kleinen Dimensionen, wirken so auf einander, daß ihre Mitten — wenigstens bei den Stoffen, die hier auftreten — sich gradlinig

zu nähern streben, mit einer Kraft, die proportional ist ihren Massen umgekehrt proportional den Quadraten der Entfernungen ihrer Mittelpunkte. Ich habe hier sogar der Deutlichkeit schon eine Concession gemacht, und mehr als erforderlich ist als Hypothese aufgestellt; es genügt schon die Annahme, daß zwei kleine Körper mit der erwähnten Kraft so auf einander wirken, daß ein gewisser Punkt des einen zu einem gewissen Punkte des andern sich gradlinig bewegen will. Die Ungewißheit darüber, welche Punkte eigentlich gemeint seien, die ich hob, als ich von kleinen Kugeln sprach, deren Mitten jene Punkte sind, wird uns dennoch nicht hindern, genaue Resultate für beliebig gestaltete Körper zu gewinnen.

Dies führt mich auf den folgenden Theil meiner Aufgabe; ich habe die Bedeutung des Prinzips erklärt, und benutze es nun zur Ableitung der Erscheinungen, welche der Astronomie angehören. Zunächst will ich versuchen, zu zeigen, daß die Schwerkraft nichts ist, als ein Ausfluß der allgemeinen Anziehung aller Körper nach dem Newton'schen Gesetze, nur

noch modificirt durch die Kraft, mit welcher die Erde wegen ihrer Umdrehung die Körper von sich zu schleudern strebt, — der Centrifugalkraft.

Ich suche deshalb die Anziehung nicht mehr zweier kleinen Körper auf einander, sondern diejenige zu ermitteln, welche ein beliebig gestalteter Körper, z. B. ein Stab, von einer beliebig großen Kugel erleidet, die nachher die Erde vorstellen soll. Die Masse dieser Kugel mag in allen Punkten, welche gleiche Entfernung vom Mittelpunkte besitzen, dieselbe kann aber in verschiedenen Entfernungen vom Mittelpunkte eine verschiedene sein. Solche Annahme macht man gewöhnlich über die Erde, einmal, weil sie der Annahme über ihre Bildung aus einer rotirenden glühflüssigen Masse entspricht, dann aber auch, weil nun unsere Resultate mit der Wirklichkeit genau übereinstimmen.

Wir zerlegen unsere Aufgabe, theilen dazu den Stab in kleine Theilchen, und berechnen die Anziehung der Kugel, der Erde, zunächst auf ein solches Theilchen, z. B. ein Kugelfchen.



Damit dies geschehen könne, theilen wir wiederum die Erde in kleine Theile. Jedes dieser Theilchen zieht das Kugeln zu sich, d. h. zu einem seiner Punkte mit einer durch das Newton'sche Gesetz gegebenen Kraft; zwar wissen wir nicht, zu welchem Punkte im Theilchen, können aber den Fehler, den wir begehen, indem wir einen Punkt des Theilchens willkürlich herausgreifen, und ihn als centrum actionis annehmen, beliebig klein machen, wenn wir nämlich das Theilchen selbst kleiner und kleiner nehmen. Die Gesamtanziehung, welche das Kugeln von allen Theilchen der Erde erleidet, findet man, indem man alle jene partiellen Anziehungen des Kugelchens nach den einzelnen Theilchen der Erde (die nicht sämmtlich in gleicher Richtung erfolgen), nach dem Satze vom Parallelogramm der Kräfte zusammensetzt. So erhält man die Gesamtanziehung der Erde auf das Kugeln, ausgedrückt durch eine Formel, die aber nur dann der richtige Ausdruck der Anziehung wäre, wenn man genau die richtigen centra actionis in den einzelnen Theilchen gekannt hätte.



In der Integralrechnung besitzen wir ein Werkzeug, welches unsre noch unrichtige Formel zu einer völlig genauem umgestaltet. Die Integralrechnung sagt uns nämlich, welcher Grenze die Formel stätig zustrebt, wenn die Theilchen immer kleiner werden, wobei sich natürlich ihre Anzahl so häuft, daß sie noch immer die ganze Erde erfüllen. Andererseits strebt auch die Anziehung der Theilchen mit ungenau genommenen Actionscentren der wahren Anziehung stetig zu: die Grenzformel ist also die wirkliche Anziehung der Erde auf das Kugeln.

Als Resultat der Rechnung ergibt sich, daß die Erde das Kugeln so anzieht, als ob nur der Mittelpunkt der Erde allein anzöge, aber nicht mit der Kraft, welche seiner wirklichen Masse entspricht, sondern mit einer solchen, als ob die ganze Masse der Erde in ihm concentrirt wäre.

In ähnlicher Art berechnet man die Wirkung der Erde nicht mehr auf das Kugeln des Stabes, sondern auf den ganzen Stab, und findet, daß die Wirkung so ist, als ob nur ein Punkt, —

der Schwerpunkt des Stabes heißt er — von dem Mittelpunkte der Erde sollicitirt wird, und die ganze Masse des Stabes in diesem einen Punkte vereinigt wäre, so daß die andern Punkte, obgleich massenhast und schwer, dennoch gewichtlos erscheinen. Unterstützt man den Schwerpunkt mit einer Kraft, welche gleich der ganzen Anziehung ist, d. h. gleich dem Gewichte des Stabes, so hindert man ihn der Anziehung der Erde zu folgen, zu fallen, und er ist in Ruhe.

Modificirt man diese Resultate, indem man noch die oben erwähnte Centrifugalkraft, welche der Schwere entgegenwirkt beachtet, berücksichtigt auch, daß die Erde ein Ellipsoid und nur angenähert eine Kugel ist, — freilich so nahe, daß ein Auge die Abweichung von der Kugelgestalt bei einem Modell von einigen Fuß nicht unterscheiden würde — macht man die Rechnung also nicht, wie ich es wegen der Einfachheit des Resultates that, an der Kugel sondern am Ellipsoid, so erhält man die Erscheinungen der Schwere so genau, daß unsere feinsten Beobachtungen keine

merklichen Abweichungen vom Resultate der Rechnung ergeben.

Bisher ließen wir den Stab ruhen; unterstützen wir ihn nicht, so bewegt er sich, er fällt, und zwar mit veränderlicher Geschwindigkeit, weil fortwährend die Erde anziehend auf ihn wirkt und seine Bewegung modificirt. Die Veränderung seiner Geschwindigkeit wird also durch diese wirkende Kraft bedingt und gemessen. Wiederum tritt hier die Integralrechnung ein, und giebt uns die Bahn des Stabes. Diese Rechnung lehrt uns nämlich eine Größe kennen, wenn wir wissen, welche Veränderungen sie selbst erleidet, sobald man eine andere Größe, von der sie abhängt, verändert. Die fortwährend wirkende Kraft war uns ein Maaß für die fortwährende Aenderung der Geschwindigkeit; die Integralrechnung giebt also die Geschwindigkeit selbst. Diese wiederum ist ein Maaß für die Platzänderung des Stabes in jedem Augenblicke; eine nochmalige Integration liefert demnach die Bahn selbst. So findet man die Gesetze für den Fall und die

Wirfbbewegung, welche genau den Beobachtungen entsprechen.

Erheben wir uns in den Weltenraum, und setzen die Sonne statt der Erde, einen Planeten oder Kometen statt des Stabes, so lehren uns dieselben Schlüsse die Bewegung der Himmelskörper kennen; wir finden, daß sie sich so bewegen, wie es Kepler in seinen Gesetzen angegeben hat. Aber diese Gesetze erweisen sich bei unsern heutigen Beobachtungsmitteln nicht mehr als genau zutreffend, und die Rechnungen stimmen erst dann mit den scharfen neuern Beobachtungen überein, wenn man die subtilen Untersuchungen hinzufügt, wie Planeten und Kometen sich stören müssen, da sie sich unter einander wieder nach dem Newton'schen Gesetze anziehen. Und als die Bahnen der entferntesten Planeten auch da noch nicht vollkommen mit den Rechnungen übereinstimmen wollten, da fingirte man einen neuen störenden Planeten, den endlich, wie Sie sich vielleicht noch erinnern werden, Galle im Neptunus wirklich auffand. Sie wissen, wie genau man jetzt nach diesen Gesetzen die Bahnen der Him-

melskörper berechnet hat, wie unmerklich die Fehler sind, welche man bei der Vorausberechnung der himmlischen Erscheinungen begeht; und je mehr wir den gestirnten Himmel durchforschen, um so mehr erfahren wir, daß diese kleinsten Fehler nicht aus den zu Grunde liegenden Prinzipien, sondern aus einer ungenügenden Kenntniß des gestirnten Himmels entstammen. Füge ich noch hinzu, daß aus den Keplerschen Gesetzen, wenn man also annimmt, daß ein Planet sich um die Sonne in einer Ellipse mit der von Kepler angegebenen Geschwindigkeit und Umlaufszeit bewegt, auch rückwärts sich das Newton'sche Gesetz ableiten läßt, so glaube ich, wird ein Jeder zugeben, daß das Gesetz, höchstens mit ganz geringen Abweichungen, deren Folgen sich unseren feinsten Messungen entziehen, im Weltenraume gilt; man wird es für ebenso gewiß erklären, wie das Meiste was wir gewiß nennen.

Es kommt noch hinzu, daß directe Beobachtungen mit der Coulomb'schen Drehwage das Gesetz bestätigen, wenn die anziehenden Massen in größerer Nähe auf einander wirken; in unmeßbar kleinen

Entfernungen läßt es sich durch keine direkten Beobachtungen nachweisen oder widerlegen. Ich glaube kaum, daß Newton die Wichtigkeit des Gesetzes für solche unmeßbar kleinen Entfernungen je behauptet hat; schon früh wurden die hier in Frage kommenden Kräfte, die sogenannten Molekularkräfte, von den in meßbaren Entfernungen wirkenden geschieden; man ahnte, daß die Molekularkräfte, welche die Adhäsion, die Cohäsion und die Aggregatzustände bedingen, viel stärker sein müssen als die andern. Neben zwei Punkte in der Entfernung von einem Fuß eine gewisse Anziehungskraft auf einander aus, so verstärkt sich diese zwar bei der Entfernung von $\frac{1}{1000}$ Linie schon, wenn das Newton'sche Gesetz wirkt, auf das 20,736 Millionfache; sie ist aber, wie Gauß nachwies, noch immer bei weitem zu klein, um jene Erscheinungen zu erklären. Wir sprechen also vom Newton'schen Gesetze bei noch so kleinen, den menschlichen Sinnen wahrnehmbaren Entfernungen bis zu den größten hin, und haben dann seine Existenz mit größter Wahrscheinlichkeit dargethan, sowohl durch direkte Beobach-

tungen als auch durch Schlüsse, bei denen uns die Mathematik zu Hülfe kam. Der Letzteren wurde hierbei allerdings Großes zugemuthet; sie mußte aus Veränderungen, die wir kannten, auf den Zustand zurückschließen, und das ist zwar Aufgabe der Integralrechnung, aber eine noch nicht überall gelöste, während bei den Fragen, die hier behandelt wurden, die Kräfte der Analysis noch ausreichten. Ist auch dem Mathematiker die Ausbildung der Analysis selbst Zweck, so fördert doch fast jeder wesentliche Fortschritt der Mathematik auch die Naturforschung.

Frei von allem Dünkel der Materialisten können wir dennoch nicht ohne innere Befriedigung auf Das zurückblicken, was bisher auf der Basis des Newton'schen Gesetzes aufgebaut wurde; durch dasselbe ist nämlich eine Aufgabe der Naturforschung der Lösung nahe gebracht. Nennen wir die Schöpfung vollendet in dem Augenblicke, von dem an die Veränderungen in der Welt nach gewissen, von dem Menschen erkanteten oder ihm erkennbaren Gesetzen erfolgen, nach Gesetzen wie das Newton'sche, die also nicht zeigen



sollen, wie Gott wirklich die Welt erhält, sondern wie sie sich selbst erhalten würde, wenn die erschaffenen Stoffe nach den erkannten oder erkennbaren Gesetzen wirkten, die das wahre Verhalten in der Wirkung ersetzen, so ist es die Aufgabe der Naturforschung, solche Gesetze aufzufinden, und zu zeigen, daß die Erhaltung der Welt durch sie geschehen könnte. Ein solches Gesetz ist das Newton'sche für die Erhaltung der Bewegungen im Weltenraume. Vor der Aufgabe aber, die Erhaltung der Welt selbst zu besorgen, treten die Naturwissenschaften zurück: diese überschreitet ihre Grenzen und Kräfte. Das Wunder, das Unbegreifliche, daß die Stoffe so wirken, als ob unsere Gesetze gelten — dieses zu erklären sind wir nicht im Stande, stellen uns auch solche Fragen nicht. Wir werden also dem Dichter nicht zustimmen, wenn er sagt, daß der Weise

beschleicht forschend den schaffenden Geist,
und nur darin beistimmen, daß er

Sucht das vertraute Gesetz in des Zufalls grausenden
Wundern,

Sucht den ruhenden Pol in der Erscheinungen Flucht.

Auf das Newton'sche Gesetz bauen wir aber noch mehr auf, als ich bis jetzt angab; es genügt uns nicht, dem Lauf der Gestirne zu folgen, und zu erfahren, was künftig geschehen wird; eine Aufgabe der Naturforschung ist es, den Schluß der Schöpfung möglichst weit zurück zu datiren, die Erhaltung der Welt möglichst früh beginnen zu lassen. Wir begnügen uns nicht damit, die Himmelskörper erst von der Zeit an zu betrachten, zu welcher sie fertig gebildet, in ihrem jetzigen Zustande waren, sondern wir suchen ihre Bildung mit Zugrundelegung des Newton'schen Gesetzes zu erklären, natürlich ohne ihren Stoff aus dem Nichts erschaffen zu wollen, sondern aus der Veränderung vorhandener Materien, wie aus den nebelhaften Massen der Kometen, oder aus solchen, die sich im feuerflüssigen Zustande befanden — und daß die Erde einst feuerflüssig war, und jetzt erkaltet, dafür sprechen sowohl die vulkanischen Eruptionen der Gegenwart, als die Reste aus früheren Tagen, als auch die Gestalt der Erde. Die mathematische Theorie der Wärme bestätigt gewisser =



maßen diese Annahme, indem sich nur Uebereinstimmung und kein Widerspruch zwischen Theorie und Erscheinung auffinden läßt. Dieses Feld der Naturforschung, ist es auch noch wenig bebaut und zum Tummelplatz der kühnsten Hypothesen recht geeignet, hat doch unter der Hand von Männern wie Laplace, Fourier, Poisson bereits schöne Früchte getragen, und ist gewiß als ein vollberechtigtes für die Naturforschung zu erklären.

Verweilen wir nicht länger bei demselben, und wenden uns dem Schlusse zu! Newton hat durch sein Prinzip nicht nur die rechnende Astronomie geschaffen, er hat durch dasselbe auch den Boden geebnet für die mathematische Physik, zunächst zur Erklärung der elektrischen und magnetischen Erscheinungen. Lassen Sie mich heute nur von den letzteren, den magnetischen reden; auch hierbei will ich mir nur enge Grenzen ziehen, viel engere, als aus wissenschaftlichen Gründen erforderlich wäre, und nur von den augenfälligsten Erscheinungen des Magnetismus sprechen. Streng genommen läßt sich eine völlige Scheidung der Elek-

tricität und des Magnetismus in der Theorie gar nicht durchführen, da die eine in Bewegung die andre erzeugt: rotirende Magneten erzeugen Elektrizität; durch Drähte hindurchgehende Elektrizität Magnetismus in einem Eisenkern, den diese Drähte umkreisen.

Zwei Magneten wirken zwar auch anziehend oder abstoßend auf einander; die Kräfte, welche sie ausüben, folgen aber nicht einem so einfachen Gesetze wie das frühere, richten sich sicher nicht nach den Quadraten der Entfernung, eher noch nach den dritten Potenzen. Und dennoch können wir ihre Wirkung auf einander durch das Newton'sche Gesetz erklären und genau berechnen, wenn wir nur zwei Flüssigkeiten fingiren, eine sogenannte positive und eine negative, welche jeden Körper erfüllen, der wie z. B. Eisen magnetisch werden kann. Diese Flüssigkeiten sind im Eisen unter einander gemischt, und trennen sich erst, wenn es magnetisch wird; es lagert sich dann aber nicht in der einen Hälfte positives Fluidum, in der andern negatives ab, sondern in jedem meßbaren, wenn auch noch so kleinen

Theile befinden sich beide Fluida, durch einen sehr kleinen Zwischenraum getrennt. Setzen wir noch außerdem voraus, daß zwei Theilchen gleichartiger Fluida auf einander abstoßend wirken, ungleichartige Fluida aber anziehend, und daß Anziehung und Abstoßung nach dem Newton'schen Gesetze erfolgen, so haben wir die Lehre vom Magnetismus auf eine rein mathematische Untersuchung zurückgeführt, deren Resultate mit den Erscheinungen in wahrhaft überraschender Weise übereinstimmen.

Die Fragen, welche die Theorie des Magnetismus darbietet, suchen wir durch ähnliche Mittel zu beantworten, wie bei den Erscheinungen wirklicher Massen. Wollen wir die Wirkung zweier Magneten aufeinander untersuchen, bei der sich am leichtesten die Uebereinstimmung der Theorie mit dem Versuche zeigen läßt, so dürfen wir nicht übersehen, daß wir uns auf der Erde befinden, die selbst ein Magnet ist, daß die Erscheinungen also nicht rein diejenigen sind, welche zwei Magnete, sondern welche drei Magnete hervorbringen, von denen einer die Erde

ist. Wir müssen deshalb jedenfalls mit einer Sondierung der Einflüsse beginnen, und fragen, wie die magnetische Erde auf einen Magneten wirkt, den wir uns als eine magnetische Nadel denken. Der Kürze halber lassen wir die eben angeregte Frage nach der Wirkung zweier Magnete und der Erde hier ganz unberücksichtigt.

Jedes positive magnetische Theilchen der Erde übt auf ein magnetisches negatives Element der Nadel eine anziehende Kraft aus, auf das unmittelbar daneben liegende positive der Nadel eine gleiche, nahezu parallel gerichtete aber entgegengesetzte, weil abstoßende Kraft; nach den ersten Prinzipien der Mechanik ist der Effect zweier solchen Kräfte ein Bestreben, die Nadel zu drehen. Es versucht also jedes positive Theilchen der Erde ein solches Stückchen der Nadel, in welchem positives und negatives Fluidum sich vorfindet, zu drehen. Das Gleiche thut jedes negative Theilchen der Erde. Alle diese Drehkräfte setzt man mit Hülfe der Integralrechnung in eine Drehkraft zusammen, die also die

Wirkung der magnetischen Erde auf ein Stückchen der Nadel darstellt; die Drehkräfte, die sich auf alle Stückchen der Nadel beziehen, kann man wieder in eine Drehkraft zusammenziehen, welche also die Wirkung der Erde auf die ganze Nadel ist, und sie in eine bestimmte Richtung einstellt.

Lassen Sie uns bei der Frage verweilen, ob jene magnetische Kraft, die wir schlechtweg Erdmagnetismus nennen, und welche die Nadel zwingt, in unsern Gegenden gegen Norden zu weisen, wirklich der Erde allein zuzuschreiben sei. Eine definitive Entscheidung hierüber kann erst eine spätere Zeit abgeben, welche über eine hinreichende Menge gleichzeitiger Beobachtungen der magnetischen Richtkraft auf vielen Punkten der Erde verfügt. Die Resultate dieser Beobachtungen, eingesetzt in Formeln, die wir schon vorräthig haben, geben dann, freilich nach einer sehr langwierigen numerischen Rechnung, die Entscheidung ab, und zwar nicht nur die negative, ob die Erscheinungen sich erklären lassen, wenn man sie dem Einflusse der Erde allein zuschreibt, sondern die

positive, daß noch äußere Kräfte wirken oder daß sie nicht wirken; man wird dann zugleich über die Wahrheit der Hypothese belehrt werden, daß die Erde gleich viel positiven und negativen Magnetismus enthalte.

Aus zahlreichen Beobachtungen kann man nämlich einen Rückschluß machen auf die Vertheilung der magnetischen Massen in der Erde, wenn die Erde der Sitz der magnetischen Kraft ist, oder auf die Vertheilung im äußern Raume, wenn dieser der Sitz der Kraft ist, oder endlich auf die Vertheilung im innern und äußern Raume, wenn beide Räume magnetische Kräfte ausüben. Hat man unter jeder dieser drei Annahmen eine Vertheilung bestimmt, so berechnet man aus dieser Vertheilung die magnetische Wirkung an möglichst vielen Punkten der Erde, an welchen man Beobachtungen besitzt, die zur ersten Rechnung, d. h. zur Ermittlung der Vertheilung, noch nicht benutzt waren. Unter jeder der drei Annahmen erhält man durch diese Rechnung ein verschiedenes Resultat für die Wirkung; diese Resultate,

mit den Beobachtungen verglichen, zeigen schließlich, welche von den drei Annahmen die richtige war.

Eine verhältnißmäßig rohe Rechnung von Gauß — nämlich roh deshalb, weil Gauß nur wenige und kaum gleichzeitige Beobachtungen zu Gebote standen — eine erste Annäherung also, wie man sich ausdrücken pflegt, giebt das negative Resultat, daß die Erscheinungen sich vorläufig recht gut durch die Annahme erklären lassen, die Erde sei wirklich der Sitz der magnetischen Kraft, wenn man von lokalen und temporären Störungen, wie bei dem Nordlichte, welches man deshalb auch ein magnetisches Ungewitter nennt, absieht. Ueber die Stärke der magnetischen Kraft, die wir der Erde dann zuschreiben müssen, giebt aber die Rechnung das gewiß unerwartete Resultat, die Erde müsse so stark magnetisirt sein, als ob durchschnittlich in jedem Cubikmeter derselben beinahe acht einpfündige, mit Magnetismus gesättigte Magnetstäbe mit parallelen Axen sich befänden.

Wie der Magnetismus sich in der Erde wirklich vertheilt, darüber erhalten wir keinen Aufschluß;



die Theorie giebt aber Aufschluß darüber, warum sie keinen Aufschluß geben kann. Die Erforschung der magnetischen Erscheinungen hat nämlich Anlaß zu den feinsten mathematischen Untersuchungen über alle Kräfte gegeben, die nach dem Newton'schen Gesetze wirken, und einen Satz geliefert, der für die Grenzen der Erkenntniß, welche wir durch Beobachtungen im äußern Raume eines Körpers, d. h. in dem die Körper umgebenden leeren Raume, gewinnen können über die Vertheilung der anziehenden Massen im Innern dieses Körpers, von fundamentaler Wichtigkeit ist. Dieser Satz, geschmückt durch die Namen von Green und Gauß, lautet, so weit er hier in Frage kommt: Dieselbe Wirkung, welche ein Körper im äußern Raume hervorbringt, wenn dieser Körper anziehende oder abstoßende Materie enthält, läßt sich auch durch unendlich viele verschiedene Vertheilungen seiner Masse im Körperraume hervorbringen, läßt sich sogar dadurch erzeugen, daß man die Masse comprimirt, und auf ganz bestimmt zu berechnende Art über die Oberfläche allein ver-

theilt. Also nicht etwa deshalb, weil die Kräfte der Analyse unzureichend wären, die wirkliche Massenvertheilung zu bestimmen, welche die beobachtete Wirkung im äußern Raume hervorbringt, können wir die wirkliche Vertheilung nicht bestimmen; es liegt in der Natur der Sache, daß die Vertheilung durch die Wirkung im äußern Raume nicht völlig bestimmt ist. Wenn wir also die Wirkung der Erdanziehung beobachten, sehen, wie die Körper unter diesem Einflusse fallen, wie der Mond sich unter demselben bewegt, — es wäre vergeblich, hieraus die wahre Vertheilung der Erdmasse im Körper der Erde ableiten zu wollen; sie bleibt unbestimmt, wenn auch nicht völlig unbestimmt, sondern immer noch gewissen Bedingungen unterworfen. Aehnlich verhält es sich mit den magnetischen Kräften, da sie gleichfalls dem Newton'schen Gesetze folgen: welche Versuche wir auch an der Erde oder an einem Magnetstab anstellen, ohne in diese Körper einzudringen, wir erfahren durch dieselben nie, wie der Magnetismus sich wirklich vertheilt; ja, es wäre sogar möglich, daß

derselbe nicht in das Innere geht, sondern sich auf der Oberfläche, dann aber in ganz bestimmter Art ablagert, und dennoch die beobachtete Wirkung hervorbringt.

Dieser schöne Satz, eines der großen Ziele, welche die neuere Mathematik erreicht hat, mag auch den Schluß meiner Mittheilungen über das Newton'sche Prinzip bilden.

Und somit habe ich Ihnen angedeutet, wie Newton ein Naturgesetz aufgestellt hat, welches die Grundlage nicht nur der Astronomie, sondern auch der mathematischen Physik geworden ist, weimgleich die Ableitung der magnetischen Erscheinungen aus demselben nicht Newton's Werk war, sondern der spätern Zeit, L. Mayer, Green, Gauß und Weber angehört. Ging ich auf Newton's Verdienste um andre Theile der Physik, speciell auf seine Entdeckungen in der Optik nicht ein, so unterließ ich es nicht etwa, weil diese Entdeckungen wenig glänzend wären, sondern weil sie nicht in den Kreis der Erscheinungen fallen, welche ich hier abhandeln wollte, und die sich um das

Newton'sche Gesetz versammeln. Die Lehren der Optik gehören einem Gebiete an, welches ich schon einmal flüchtig berührte, und das unter der Herrschaft der Molekularkräfte steht, für deren Wirkung man nicht ein so einfaches, von allen Physikern anerkanntes Gesetz besitzt, sondern noch verschiedene Annahmen, die dem Newton'schen Gesetze nachgebildet sind. Ich will Sie heute nicht auffordern, mir auch auf dieses Gebiet zu folgen, um nicht die Einheit unsrer Betrachtungen durch Einmischung fremdartiger Elemente zu vernichten, und verzichte deshalb darauf, heute noch über Newton's großartige Entdeckung in der Optik, die Zusammensetzung des scheinbar einfachen Sonnenlichtes aus farbigem Lichte zu handeln.

Halle, Druck der Waisenhaus-Buchdruckerei.





In dem Verlage der Buchhandlung des Waisenhauses in Halle sind erschienen:

Neumann, Carl, Die Magnetische Drehung
der Polarisations-Ebene des Lichtes.
Versuch einer mathematischen Theorie.
gr. 8. 1863. geh. Preis: 20 Sgr.

— — Die Umkehrung der Abel'schen
Integrale. gr. 8. 1863. broch. Preis:
3 Sgr.

— — Theorie der Elektricitäts- und
Wärme-Vertheilung in einem Ringe.
gr. 8. 1864. geh. Preis: 15 Sgr.

— • • • —

Halle, Druck der Waisenhaus-Buchdruckerei.

ULB
001 007



Pd 2732

ULB Halle
001 507 974

3



etc







Inches 1 2 3 4 5 6 7 8
 Centimetres 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

B.I.G.

Farbkarte #13

Blue Cyan Green Yellow Red Magenta White 3/Color Black



3/