universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Astronomie und Erdmagnetismus

Lamont, Johann von

Stuttgart, 1851

urn:nbn:at:at-ubi:2-3789

Anhang.

Magnetismus der Erde.

I. Vorbegriffe.

226. Begriff von Magnetismus. Obwohl natürliche Magnete und Compaßnadeln zu denjenigen Dingen gehören, die Jeder aus früherem Schulunterrichte kennt und gesehen hat, so gibt es doch sehr Wenige, die von den Eigenschaften und dem Wesen der Magnete eine richtige Vorstellung sich machen. Die natürlichen Magnete hat man dadurch Anfangs kennen gelernt, daß Eisen-Feilspäne daran festgehalten wurden, und Plinius, der älteste Schriftsteller, bei dem wir von Magneten eine umständlichere Erwähnung finden, beschreibt sie als Steine, die, Eisen anzuziehen, das Vermögen haben. Noch bis zum heutigen Tage hat sich diese Auffassungsweise der Erscheinung erhalten, und man sieht allgemein das Anziehen des Eisens als diejenige Eigenschaft an, wodurch ein Magnet vorzugsweise charakterisirt wird. In der Wirklichkeit ist aber die magnetische Kraft durch das Anziehen des Eisens durchaus nicht charakterisirt; es ist sogar völlig unbegründet, daß ein Magnet Eisen an und für sich anziehe, und diese Ausdrucksweise setzt eine gänzliche Mißkennung des eigentlichen Wesens der Magnete voraus. Ehe ich dieß nachweise, will ich die Haupteigenschaften der magnetischen Kraft, auf welche wir im Verlaufe unserer Untersuchungen uns beziehen werden, hier erwähnen.

1. Der Magnetismus ist eine Kraft, die mit gar keinem Körper nothwendig verbunden ist: in einigen Körpern kommt sie gar nie vor, in einigen kommt sie bisweilen vor, kann aber auch darin fehlen: dadurch unterscheidet sie sich von der Gravitation, die allen Körpern eigenthümlich ist.

2. Der Magnetismus ist nicht — wie die allgemeine Gravitation — eine einfache, sondern eine doppelte Kraft; es gibt nämlich positiven Magnetismus, und negativen Magnetismus, die gerade entgegengesetzte Wirkungen haben. In so ferne hat der Magnetismus mit der Electricität vollkommene Analogie; er unterscheidet sich aber wiederum von dieser wesentlich dadurch, daß der positive Magnetismus für sich allein gar nicht bestehen kann, und eben so wenig der negative, vielmehr ist es Gesetz, daß jeder magnetische Körper von beiden gleich viel habe. In dem Körper selbst trennen sich die beiden Kräfte, so daß der

positive Magnetismus einen bestimmten Theil, und der negative einen bestimmten Theil einnimmt: in der Regel entfernen sie sich von einander so weit, als möglich, und nehmen die entgegengesetzten Enden, oder vielmehr Hälften des Körpers ein. So z. B. enthält eine Magnetnadel N S (Fig. 68) in dem Ende N den nördlichen, in dem Ende S den südlichen Magnetismus, und zwar sind die Kräfte in N und S am größten, und nehmen ab (wie durch die Schattirung der Figur angezeigt ist) bis zur Mitte c, wo gar kein Magnetismus wahrgenommen wird. Das Ende N nennt man den Nordpol (positiven Pol), das Ende S den Südpol (negativen Pol).

3. Die magnetischen Wirkungen richten sich nach folgenden zwei Gesetzen:
   a) ein Nordpol und ein Südpol ziehen sich an: zwei Nordpole stoßen sich ab, und ebenso zwei Südpole;
   b) die Größe der Anziehung oder Abstoßung ist in geradem Verhältnisse zu der Stärke (oder Intensität) des Magnetismus, und nimmt — ganz der Gravitation analog — bei zunehmender Entfernung ab, dem Quadrate der Entfernung proportional.

227. Erläuterung der magnetischen Gesetze. Um diese Gesetze durch eine Anwendung zu erläutern, wollen wir die Wirkung eines senkrecht stehenden Magnets N S (Fig. 69) betrachten, der sich in der Nähe einer Compaßnadel n s befindet, und dabei die Nordpole mit N, n, die Südpole mit S, s bezeichnen. Da n und S sich anziehen, dagegen s und S sich abstoßen, so wird der Pol n so nahe als möglich an S hinzukommen, und der Pol s so weit als möglich sich davon zu entfernen suchen: der Erfolg wird sein, daß die Compaßnadel sich in die Linie cS stellt, d. h. in die Linie, welche vom Pol S zu dem Drehungspunkte der Nadel geht. Der Pol N sucht zwar gerade die entgegengesetzte Wirkung hervorzubringen, indem er s anzieht, und n abstößt: indessen ist seine Kraft wegen der größern Entfernung beträchtlich kleiner, und er vermindert deßhalb blos die Wirkung des Poles S, ohne an der Richtung etwas zu ändern.

Befestigt man an dem Nordpole n (Fig. 70) einen feinen Faden, und läßt ihn über die Rolle a gehen, so gehört ein bestimmtes Gewicht p dazu, die Nadel um einen bestimmten Winkel, z. B. um 10^0, aus ihrer Richtung zu ziehen. Wird der Magnet NS bis N′S′ entfernt, so bleibt zwar die Richtung der Compaßnadel dieselbe, es reicht aber ein geringeres Gewicht aus, dieselbe Ablenkung hervorzubringen. Dieses einzige Beispiel wird genügen, um den Satz begreiflich zu machen, daß, wenn man einen Magnet in die Nähe einer Compaßnadel bringt, die Nadel eine bestimmte Richtung annehmen, und in dieser Richtung mit einer bestimmten Kraft sich zu erhalten suchen wird.

Um diese zwei Begriffe Richtung und Kraft dreht sich im Grunde die ganze Untersuchung des Erdmagnetismus. Richtung und Kraft sind die Maaßbestimmungen, wornach der Magnetismus angegeben wird.

Anstatt den Magnet NS, wie oben angenommen wurde, senkrecht zu stellen, könnte man ihm eine horizontale oder schiefe, oder sonst eine beliebige Lage geben; immer würde die Compaßnadel eine gewisse Richtung annehmen, und sich in dieser Richtung, je nach Umständen mit mehr oder weniger Kraft, zu erhalten suchen. Anstatt die Compaßnadel gleichsam als gegebenen Mittelpunkt zu betrachten, kann man eben so gut dem Magnet eine feste Lage geben, und die Nadel in verschiedene Stellungen hinbringen. Man könnte z. B., wie Fig. 71, die Nadel ns in einem Kreise um den Magnet herumführen: wäre im Magnet die Kraft regelmäßig vertheilt, d. h. mit gleichmäßiger Zunahme vom Mittelpunkte gegen die beiden Enden hin, so würde die Nadel ungefähr die in der

Figur angezeigten Richtungen annehmen. Die Kraft, womit sich die Nadel in ihrer Richtung zu erhalten suchen würde, wäre in jeder Stellung verschieden, am größten in (1) und (5), am kleinsten in (3) und (7).

228. Messung des Magnetismus. Ehe wir weiter gehen, scheint es nothwendig, den Leser darüber aufzuklären, warum man, wenn von der magnetischen Kraft die Rede ist, gerade mit einzelnen, anscheinend bedeutungslosen Wirkungen zunächst sich beschäftigt.

Die Sache ist einfach diese. Eine Kraft kann man nicht sehen, und überhaupt durch keinen unserer Sinne unmittelbar wahrnehmen. Die magnetische Kraft eines Stahlstabes erkennen wir nicht an seiner Größe und seinem Gewichte, nicht an seiner Farbe und Härte: wir würden gar nicht wissen, ob ein Stab magnetisch sei, oder nicht, wenn wir dieß nicht an den Wirkungen, die er als Magnet hervorzubringen im Stande ist, erkennen würden. Diese Wirkungen sind nun sehr mannigfaltig: der Physiker aber, der Untersuchungen vorzunehmen hat, hebt gerade eine bestimmte Wirkung hervor, die leicht zu beobachten ist, und betrachtet sie dann als Prüfungs-Mittel: auf diese wird alles Uebrige zurückgeführt. So machen wir es bei allen Naturkräften. Die Wärme z. B. hat gar viele Wirkungen, unter andern auch diese, daß sie die Körper ausdehnt: wenn man deßhalb eine kleine Glaskugel, die einen langen dünnen Hals hat, mit irgend einer Flüssigkeit, etwa mit Quecksilber füllt, so steigt die Flüssigkeit in dem Halse, wenn es wärmer wird, und sinkt, wenn es kälter wird. Die Wirkung ist ganz bequem zu beobachten, und der Physiker wählt deßhalb diese Vorrichtung zum Messen der Wärme; es ist das Thermometer. So hält die Schwere der Luft das Quecksilber in der toricellianischen Röhre in einer bestimmten Höhe, die mit der Schwere sich ändert: diese Wirkung benützt der Physiker, um die Schwere der Luft zu messen, und nennt das Instrument Barometer.

Ganz dieselbe Bewandtniß hat es mit dem Magnetismus. Das magnetische Fluidum, das in einem Körper sich befindet, bringt eine frei schwebende Nadel in eine bestimmte Richtung; und hält sie da mit einer bestimmten Kraft, deßhalb ist eine solche Nadel das Mittel zum Messen des Magnetismus; sie ist ein Magnetometer. Dieses Verhältniß muß man sorgfältig vor Augen behalten, wenn man magnetische Untersuchungen gehörig auffassen will: eine frei schwebende Magnetnadel — ein Magnetometer — ist für den Magnetismus, was das Thermometer für die Wärmelehre ist.

229. Messung der Richtung und Messung der Kraft. Wenn wir im vorhergehenden § das Thermometer und das Magnetometer als Messungsmittel mit Recht in dieselbe Kategorie gestellt haben, so müssen wir doch noch den bemerkenswerthen Unterschied hervorheben, daß, während das Thermometer nur eine Wirkung — die Ausdehnung — darstellt, die Magnetnadel zwei Wirkungen zeigt, nämlich die Richtung und Kraft. Wie die Richtung sich äußert und beobachtet wird, bedarf wohl keiner Erklärung, da die Einrichtung der Compaßnadeln im Wesentlichen als allgemein bekannt anzunehmen ist; dagegen ist es nothwendig, hinsichtlich der Kraftbestimmung, die näheren Verhältnisse zu entwickeln.

Wenn man in der Art, wie ich oben bemerkt habe, auf die Nadel ein Gewicht wirken läßt, so wird sie dadurch auf die Seite gezogen, und zwar um so weniger, je größer die Kraft ist, womit sie in ihrer natürlichen Richtung gehalten wird. Es wäre dieß das directeste Mittel zur Kraftmessung, practisch ist es aber nicht, theils weil man nicht im Stande ist, ein Gewicht auf die angedeutete Weise gehörig — und insbesondere ohne Reibung — wirken zu lassen,

theils weil die Kraft sehr klein ist, und die Gewichte kleiner sein müßten, als man sie in der Wirklichkeit machen kann. Ehe wir indessen die practischen Mittel erklären, scheint es zweckmäßig, folgende Bemerkung voranzusetzen.

Eine Kraft wirkt eigentlich nur in einer Richtung, und wenn sie auf einen freien Körper wirkt, so wird er in der Richtung der Kraft sich bewegen. Ist der Körper dagegen nicht frei, d. h. kann er nur in einer bestimmten Richtung sich bewegen, so bringt die Kraft noch immer eine Wirkung hervor, aber modificirt nach den Umständen. Ein Körper, welchen man der Schwerkraft überläßt, fällt in gerader Linie gegen den Mittelpunkt der Erde: wird eine schiefe Ebene untergestellt, so bewegt er sich an dieser herab, aber mit geringerer Geschwindigkeit, weil nach jeder schiefen Richtung der Zug der Kraft geringer ist. Zwischen dem directen Zug einer Kraft und dem Zug nach jeder schiefen Richtung werden bestimmte mathematische Verhältnisse in der Mechanik angegeben, so daß man aus der einen Größe die andere berechnen kann. So ist es denn auch vollkommen gleichgültig, wenn es um Messung sich handelt, ob ich den directen oder schiefen Zug messe; und so erhalte ich z. B. eine Bestimmung der Schwerkraft, wenn ich den Fall eines Körpers auf einer schiefen Ebene beobachte, eben so gut, als wenn ich das senkrechte Herabfallen beobachtet hätte. Ganz analog verhält es sich auch mit dem Erdmagnetismus.

Der Erdmagnetismus zieht bei uns nordwestlich, ungefähr 65° unter den Horizont, etwa in der Richtung c d (Fig. 72): stellt man also eine um ihren Schwerpunkt bewegliche Nadel nordwestlich, so schwingt sie im Bogen a b und nimmt zuletzt die durch Fig. 72 angezeigte Lage (in der Linie c d) an: in dieser Richtung wird sie am stärksten angezogen. Dieselbe Nadel an einen Coconfaden aufgehängt, und so balancirt, daß das Nordende sich nicht senken kann, sondern horizontal bleiben muß, schwingt im Bogen a′ b′ und nimmt zuletzt die nordwestliche Richtung c d′ an; der Zug des Erdmagnetismus ist aber in dieser Richtung viel schwächer. Stelle ich endlich dieselbe Nadel so auf, daß sie nur senkrecht auf dem magnetischen Meridian c d′ sich bewegen kann, so schwingt sie in Bogen a″ b″ und kommt in Ruhe in der verticalen Richtung c d″: der Zug des Erdmagnetismus ist wiederum schwächer, als im ersten Falle. Im ersten Falle sagt man, daß die Nadel durch die Totalkraft, im zweiten Falle durch die Horizontalkraft (Horizontal-Intensität), im letzten Falle aber durch die Verticalkraft (Vertical-Intensität) gezogen wird. Wenn also von Horizontalkraft und Verticalkraft die Rede ist, so hat man darunter nicht eigene Kräfte, sondern den horizontalen und verticalen Zug des Erdmagnetismus zu verstehen.

Der oben angeführte Satz, daß man die Größe der Kraft aus dem schiefen Zuge sowohl, als aus dem directen ableiten könne, findet auch hier seine Anwendung, und ist von großer Wichtigkeit für die Messung des Erdmagnetismus, weil wir keine Mittel besitzen, den directen Zug hinreichend genau zu bestimmen. In der Regel wird immer nur die Horizontalkraft gemessen.

230. Kraftmessung durch Torsion, durch Schwingungen und durch Ablenkungen. Das einfachste practische Mittel zur Messung der magnetischen Kraft ist die Torsion eines feinen Drahtes. Hängt man eine Nadel N S (Fig. 73) an einen feinen Draht b c auf, und ist die Torsion des Drahtes gänzlich aufgehoben, so stellt sich die Nadel in ihre natürliche Richtung M M. Drehe ich nun das obere Ende des Drahtes um einen bestimmten Winkel (etwa einen rechten Winkel, indem ich den Zeiger a nach a′ bewege), so wird die Nadel aus ihrer Richtung gebracht, oder abgelenkt, und kommt z. B. in die Lage N′ S′. Diese Lage ist von der ursprünglichen um so weiter entfernt, je schwächer die darauf wirkende Kraft ist: die Ablenkung dient hiernach als Maaß

der magnetischen Kraft. Die Ablenkung kann man nach Graden messen, wie es gewöhnlich geschieht, und daraus die Kraft berechnen, oder man kann eine Scaleneintheilung anbringen, woran unmittelbar die Kraft abgelesen wird. Es versteht sich wohl von selbst, daß man bei solcher Maßbestimmung die sonstigen mitbedingenden Ursachen, namentlich die Kraft der Nadel selbst in Rechnung bringen muß.

Anstatt eines Drahtes von größerer Torsionskraft kann man auch die sogenannte Bifilar-Suspension, nämlich zwei parallele Coconfäden, oder wo größere Magnetstäbe angehängt werden, zwei feine Stahldrähte b c, b′ c′ anwenden, wie Fig. 74. Gegenwärtig werden die Aenderungen der erdmagnetischen Kraft fast allenthalben mit solchen Vorrichtungen beobachtet. Man dreht den Zeiger a ungefähr bis a′, und bringt damit den Magnet in die Richtung N′ S′, nahe senkrecht auf die natürliche Richtung (den magnetischen Meridian): bewegt sich nun die Magnetspitze gegen d, so weiß man, daß der Erdmagnetismus stärker wird, bewegt sie sich gegen e, so zeigt dieß eine Verminderung der magnetischen Kraft an. Solche Vorrichtungen nennt man Bifilar-Magnetometer.

Ein vorzügliches Hülfsmittel zur Messung der magnetischen Kraft bietet die Schwingungsdauer einer Nadel dar. Wenn ich eine Nadel n s (Fig. 75) an dem Faden b c aufhänge, und aus der natürlichen Lage ein wenig entferne, etwa nach d, so wird sie, sobald ich sie loslasse, um die natürliche Richtung zwischen d und e hin- und herschwingen, wie ein Pendel, und nach denselben Gesetzen. Bei jeder Schwingung wird sie der Mittelrichtung um so schneller sich nähern, d. h. sie wird um so weniger Zeit zu einer Schwingung brauchen, je stärker sie angezogen wird, oder je stärker die einwirkende magnetische Kraft ist. In Folge dieses Zusammenhanges ist durch die Schwingungsdauer die Kraft bestimmt.

Endlich hat man noch ein Messungsmittel, die sogenannten Ablenkungen, wovon es vielerlei Arten gibt. Bringt man z. B. einen Magnet N S in die Fig. 76 angezeigte Stellung gegen die frei schwebende Nadel n s, so wird der Nordpol n von dem Nordpol N abgestoßen, der Südpol s dagegen angezogen, und die Nadel wird eine neue Richtung n′ s′ annehmen, die um so weiter von der ursprünglichen absteht, je kleiner die Kraft war, wodurch sie in ihrer Richtung gehalten wurde.

231. Relative und absolute Messung: magnetische Einheiten. Also Torsion, Schwingungsdauer und Größe der Ablenkung sind die drei Hülfsmittel, welche der Physiker anwendet, um die magnetische Kraft, oder Intensität zu bestimmen. Ich brauche kaum zu erinnern, daß diese Mittel zwar sogleich anzeigen, ob die Kraft größer oder kleiner ist, wenn man verschiedene Kräfte vergleicht, aber nicht sogleich die absolute Größe der magnetischen Kraft angeben. In dieser Hinsicht hat die Messung der magnetischen Kraft sehr viel Analogie mit der Messung der Wärme. Die Wärme messen wir nach Graden, die ursprünglich an und für sich willkürlich sind; die magnetische Kraft wird nach sogenannten magnetischen Einheiten gemessen, die ebenfalls willkürlich am Anfange gewählt werden konnten. Die Grade stellen sich am Thermometer selbst bald größer, bald kleiner dar, je nach dem Caliber, der Größe der Kugel und andern mitbedingenden Umständen; bei dem Intensitäts-Magnetometer ist derselbe Fall vorhanden, wenn man eine eigentliche Intensitäts-Scala (wie e d Fig. 74) gebraucht: gewöhnlich aber wird den Intensitäts-Instrumenten keine solche unmittelbare Theilung in magnetische Einheiten gegeben, sondern man bestimmt die Ablenkungen nach gewöhnlichem Winkelmaaße, die Zeit nach Sekunden, und berechnet daraus die magnetischen Einheiten.

Will man von der Größe einer magnetischen Einheit sich einen Begriff machen, so muß man in Betracht ziehen, daß die nächste und einfachste Wirkung einer Kraft überhaupt darin besteht, einer frei beweglichen Masse von bestimmtem Gewichte oder Gehalte eine gewisse Geschwindigkeit in einer gewissen Zeit zu geben. So kommt es denn, daß die Physiker die Geschwindigkeit als Maaß der Kraft zu betrachten gewohnt sind, und diejenige Kraft als Einheit annehmen, welche der Massen-Einheit in der Zeiteinheit eine Geschwindigkeit von einer Längen-Einheit zu geben im Stande ist. Man sieht, daß dieselbe Kraft mit einer größern oder geringern Zahl bezeichnet werden wird, je nachdem man die übrigen Einheiten wählt. In Deutschland wird durchgängig der von Gauß eingeführte Gebrauch beobachtet, und nach Zeitsecunden, Milligrammen und Millimetern gerechnet. Die magnetische Kraft 1 ist demnach so groß, daß sie einen Körper von einem Milligramm Gewicht in einer Sekunde aus der Ruhe in Bewegung bringt, so daß er in der nächsten Sekunde mit dieser Bewegung ein Millimeter zurücklegen würde. Wenn die Schwerkraft an der Erdoberfläche auf denselben Körper einwirkt, so fällt er dem Mittelpunkte der Erde zu, und erlangt in einer Secunde eine Geschwindigkeit von 30 Pariser Fuß, oder genauer 9779 Millimeter: man kann also unter den eben bezeichneten Umständen sagen, daß eine magnetische Einheit nur den 9779sten Theil der Anziehungskraft der Erde betrage.

232. Vorkommen der magnetischen Kraft in der Natur. Nachdem wir nun einige allgemeine Begriffe hinsichtlich der Mittel, womit die magnetische Kraft zu untersuchen ist, festgestellt haben, wollen wir unter den Stoffen, die in der Natur vorkommen, etwas genauer uns umsehen, in welcher Weise die magnetische Kraft darin angetroffen wird. Wir theilen zu diesem Zwecke die sämmtlichen Stoffe in organische und unorganische ein.

Was zuerst die organischen Gebilde, Pflanzen und Thiere betrifft, so wird man finden, daß sie keine wahrnehmbare Wirkung auf das Magnetometer hervorbringen, sei es in lebendem oder todtem Zustande.

Unter den unorganischen Körpern nehmen wir aber nicht selten magnetische Wirkungen wahr. So z. B. findet man manche Steinmassen, welche Magnetismus verrathen. Gehen wir indessen in die nähere Untersuchung ein, so kommen wir zuletzt auf das Resultat, daß es nur wenige Körper gibt, die Magnetismus enthalten können, und daß diese sämmtlich einer einzigen Klasse von unorganischen Substanzen, nämlich der Klasse der Metalle, angehören. Was sonstige Substanzen betrifft, so bringen sie nur durch Beimischung metallischer Theile eine Wirkung hervor.

233. Permanenter und inducirter Magnetismus. Eigentlich, von Natur aus, ist kein Metall magnetisch: der Magnetismus muß erst mitgetheilt oder erregt werden. In dieser Hinsicht treffen wir nun einen sehr merkwürdigen Unterschied an. Einige Metalle, wie der gehärtete Stahl, dann Nickel, Palladium u. s. w. brauchen nur mit einem Magnet berührt, oder in dessen Nähe gebracht zu werden, so setzt sich in ihnen Magnetismus fest, und zwar in der einen Hälfte nördlicher, in der andern südlicher, wie wir oben bereits angegeben haben. Einen so magnetisirten Körper nennt man permanent magnetisch. Den Gegensatz bilden diejenigen Metalle, welche magnetisch sind, nur so lange die Erregung dauert, d. h. so lange ein Magnet sie berührt, oder ihnen nahe steht, dann aber ihren Magnetismus verlieren, sobald der Magnet entfernt wird. Von solchen Körpern sagt man, daß sie durch Induction magnetisch seien. Hieher gehört vorzüglich das weiche Eisen. Bringt man (Fig. 77 a) den Eisenstab a b und den Magnet N S einander nahe, so wird

augenblicklich der Stab magnetisch, und es entsteht in a ein Südpol, in b ein Nordpol. Kehrt man den Magnet NS um (Fig. 77 b), so daß der Südpol dahin kommt, wo früher der Nordpol war, so ist auch in demselben Augenblicke der Magnetismus des Eisenstabs umgekehrt. Dieses einzige Beispiel bezeichnet das Verhalten des Inductions-Magnetismus vollständig. Ich habe oben schon bemerkt, daß es unrichtig sei, zu sagen, das Eisen werde vom Magnet angezogen: das eigentliche Sachverhältniß stellt sich durch das Vorhergehende klar heraus. Das Eisen als Substanz ist gänzlich gegen den Magnet gleichgültig; nur der Magnetismus, der im Eisen erregt wird, kann Anziehung oder Abstoßung veranlassen. Der Magnetismus ist demnach ein Agens, der Wärme analog, er ist als eine Kraft zu betrachten, die in den Körpern in verschiedenem Maaße entsteht, und vergeht, ohne in der Substanz eine Aenderung hervorzubringen.

234 Magnetismus durch den galvanischen Strom und durch die Wärme; Diamagnetismus. So weit wäre es nicht schwer, die Verhältnisse der magnetischen Kraft zu verfolgen, und die einzelnen Erscheinungen an eine einzige präcise Vorstellung zu knüpfen. Der Forschung neuerer Zeit ist es indessen gelungen, auch andere Umstände von sehr verschiedener Art darzustellen, unter welchen das Magnetometer eine magnetische Einwirkung verräth. Am Auffallendsten ist die Wirkung des galvanischen Stroms. Läßt man einen galvanischen Strom durch einen Draht a b (Fig. 78), unter welchem eine Nadel n s sich befindet, gehen, so wird die Nadel abgelenkt, als wenn ein Magnet sich darüber befände: der Draht übt magnetische Kraft aus, die augenblicklich aufhört, wenn man den Strom unterbricht. Ob wirklich der Zustand, der im Drahte erregt wird, gleichbedeutend ist mit dem Magnetismus des Stahls, oder ob das galvanische Fluidum nur einige Eigenschaften mit der magnetischen Kraft gemein hat, wollen wir hier nicht weiter erörtern: ebenso halte ich es für unnöthig, die Gesetze, nach welchen die Wirkung des galvanischen Stromes sich richtet, auseinander zu setzen, weil es noch sehr problematisch ist, ob der Magnetismus der Erde von einer Wirkung galvanischer Ströme in irgend einer Weise abhängen könne: wenigstens hat sich durch sonstige Hülfsmittel das Vorhandensein eines galvanischen Stromes in der Erde nirgends nachweisen lassen, ingleichen fehlen sowohl in der Erde als in der Luft die Bedingungen, welche bei dem Experiment als wesentlich erscheinen.

Auch die Wärme bringt unter bestimmten Bedingungen eine ähnliche Wirkung hervor, wie der galvanische Strom. Diese Wirkung bezeichnet man mit dem Namen Thermomagnetismus. Wenn eine geschlossene Leitung a b c d (Fig. 79) bestehend aus einem Wismuthstabe d c und einem Kupferstreifen d a b c, der in d und c angelöthet ist, um eine Magnetnadel n s sich herumzieht, so zeigt die Nadel das Vorhandensein einer magnetischen Kraft an, so oft die eine oder andere Löthstelle d oder c erwärmt wird, oder überhaupt, so oft die Löthstellen ungleiche Temperatur haben. Daß eine analoge Wirkung zum Theile oder ganz den Erscheinungen des Erdmagnetismus zu Grunde liege, kann, so weit bisher die Untersuchung gediehen ist, kaum vermuthet werden; ungleiche Wärme ist allerdings vorhanden, was aber in oder auf der Erde die metallische Leitung und die Löthstellen ersetzen sollte, ist nicht wohl denkbar.

Endlich hätten wir noch der eigenthümlichen Wirkungen zu gedenken, welche die neuesten Experimente Faraday's ans Tageslicht gebracht haben. Sie bestehen einfach darin, daß jeder Körper, wenn er zwischen die zwei Pole N und S eines starken Electromagnets gebracht wird, entweder nach der Richtung dieser Pole in die Linie NS (axial) oder senkrecht darauf in die Linie ab (äquatorial) sich stellt. Die Körper, welche die erstere Richtung annehmen, nennt Faraday

dem frühern Sprachgebrauche zufolge, magnetische; für die Körper der zweiten Klasse hat er eine neue Bezeichnung eingeführt, er nennt sie diamagnetische. Es ist allerdings von hoher Wichtigkeit für uns, zu wissen, daß alle Stoffe, woraus die Erde besteht, unter gewissen Bedingungen eine Beziehung zu dem Magnetismus haben: in wie ferne indessen eine Anwendung der Faraday-schen Lehrsätze auf die Erde gemacht werden könnte, bleibt noch gänzlich unentschieden. Sicher aber ist es, daß, wenn vielleicht die Variationen des Erdmagnetismus als eine diamagnetische Wirkung zum Theile sich erweisen sollten,*) jedenfalls der ganze Erdmagnetismus nicht auf solche Weise seinen Bestand haben könne, denn Gauß hat gezeigt, daß das magnetische Moment der Erde dem 8464 trillionfachen eines einpfündigen Magnetstabes entspricht, also jedes Cubikmeter der Wirkung von 8 solchen Stäben im Durchschnitte gleichkomme, ein Erfolg, der durch die schwache Wirkung des Diamagnetismus nicht erklärt werden kann.

II. Geschichte des Erdmagnetismus.

Bei dem Magnetismus der Erde bildet die Geschichte den Haupttheil; man kann sogar sagen, daß die Lehre des Erdmagnetismus in eigentlichem Sinne bisher nur eine Geschichte gewesen ist. Seit der ersten Entdeckung des magnetischen Verhaltens unseres Erdkörpers sind vielerlei Thatsachen nach und nach zufällig zum Vorscheine gekommen, Vieles hat die Beharrlichkeit der Beobachter in neuerer Zeit ermittelt: dieses Alles können wir geschichtlich darstellen: den Zusammenhang zu enträthseln, müssen wir der Zukunft überlassen.

235. Aelteste Geschichte. Die Geschichte des Erdmagnetismus reicht zwar wahrscheinlich weit in die Vorzeit hinein, ist aber, wie bei allen physikalischen Fächern, im Verhältnisse als man weiter zurückgeht, dunkel und wenig belehrend. Wir wollen deßhalb die zufälligen Erwähnungen des Magnetsteines, die wir im Alterthume antreffen, deßgleichen die unerwiesenen Vermuthungen über die hierauf bezüglichen Kenntnisse Phönizischer Seefahrer gänzlich übergehen, und im Mittelalter anfangen. Schon im 12ten Jahrhunderte soll in Europa und noch früher in China die Compaßnadel zu den Zwecken der Schifffahrt gebraucht worden sein. Man glaubte, daß das eine Ende — der Nordpol — immer genau nach Norden sich richte. Es war zwar damit eigentlich eine wichtige Thatsache gewonnen, denn da die Magnetnadel nur von einer auf sie wirkenden magnetischen Kraft eine Richtung erhalten kann, so folgt nothwendig der Schluß, daß die Erdkugel magnetische Kraft habe; daß sie ein Magnet sei. Ob man in der damaligen Zeit zu diesem Schlusse wirklich gelangt ist,

---

*) Es ist nicht unwahrscheinlich, daß im Weltraume eine starke poläre Spannung (von der Sonne ausgehend) besteht (§§. 80. 82); ist dieß der Fall, so muß die Atmosphäre, das Meer, alle Theile der Erde, theils als magnetische, theils als diamagnetische Substanzen in einen Zustand versetzt werden, daß sie auf die Richtung und Kraft des Erdmagnetismus einen Einfluß haben, und zwar mit 24stündiger Periode. Es ließe sich daraus eine vollständige Erklärung der täglichen Variationen, für die es sonst so schwer ist, eine entsprechende Hypothese zu finden, ableiten.

oder welcher Ursache man die Richtung der Magnetnadel zugeschrieben hat, und welche Vorstellung man überhaupt von der magnetischen Kraft sich machte, ist kaum mehr mit Sicherheit zu ermitteln: erst gegen die Mitte des 16. Jahrhunderts finden sich bestimmtere Nachweisungen vor.

236. Abweichung (Declination) und Neigung (Inclination) der Nadel im 15. bis 16. Jahrhunderte erkannt. Daß die Nadel nicht direct nach Norden zeige, wie der ursprüngliche Glaube war, daß sie ferner nicht überall gleichweit vom Nordpunkte abweiche, ist jedenfalls bei Gelegenheit der Entdeckung Amerika's, wenn nicht vielleicht schon früher erkannt worden; um 1530—40 war man schon bemüht, an verschiedenen Orten die Größe der Abweichung zu bestimmen Um eben diese Epoche entdeckte G. Hartmann, Vicar an der St. Sebalduskirche in Nürnberg, daß eine an ihrem Schwerpunkte aufgehängte Nadel nicht wagrecht sich stelle, sondern wie er sich ausdrückt „unter sich zeige." Auch die Gesetze magnetischer Anziehung und Abstoßung, so wie die Gesetze, nach welchen der Magnetismus im Stahle erregt wird, wurden von Hartmann erkannt. Seine Versuche lehrten, daß beim Bestreichen des Stahls mit einem Magnetstein ein Nordpol nicht wieder einen Nordpol, sondern einen Südpol hervorruft, daß überhaupt gleichnamige Pole sich abstoßen, während ungleichnamige sich anziehen. Er folgerte ganz richtig daraus, daß, da bei uns das Nordende der Nadel nach Mitternacht sich wendet, dort südlicher Magnetismus sich befinde, dagegen in der Richtung des Mittags nördlicher Magnetismus seinen Sitz haben müsse. *)

237. Säcular-Aenderung im 16. Jahrhunderte wahrgenommen, im 17. Jahrhunderte erkannt. Von der Mitte des 16. Jahrhunderts an beschäftigte der Erdmagnetismus verschiedene Gelehrte, deren Arbeiten übrigens sich größtentheils auf die Bestimmung der Declination beschränken, doch sind auch verschiedene Versuche gemacht worden, eine richtige Bestimmung der Inclination zu erhalten, wozu Norman (1576) geeignete Hülfsmittel zuerst hergestellt hat.**) Der erste Umstand, der zu einer genauern Untersuchung der magnetischen Verhältnisse Veranlassung gab, war der auffallende Mangel an Uebereinstimmung, den man zwischen den Resultaten verschiedener Jahre, und zwar nicht in einzelnen, sondern in allen Fällen bemerkte, auch wenn möglichste Sorgfalt auf die Messungen verwendet worden war. Eine genauere Vergleichung würde zwar gezeigt haben, daß die Richtung, die dortmals im mittlern Europa etwa 5 Grade östlich betrug, von Jahr zu Jahr dem Nordpunkte näher komme, also die Nadel eine westliche Bewegung habe: diesen Umstand erkannte man aber nicht, sondern schrieb die zwischen neuern und ältern Beobachtungen vorhandenen Unterschiede fehlerhaften Instrumenten und Messungen zu. Erst Hellibrand gab im Jahre 1634 die bestimmte Nachweisung, daß eine Säcular-Bewegung nach Westen stattfinde. Als diese Bewegung außer Zweifel gesetzt war, lag die Vermuthung nahe, daß auch die Inclination eine ähnliche Säcular-Aenderung haben müsse, was durch die spätern Beobachtungen sich auch bestätigt hat. Bond legte mit Recht auf diese Thatsache großes Gewicht und gab 1668 eine Tafel der magnetischen Inclination in London her-

*) Gilbert, dessen Werk de Magnete im Jahre 1600 in London erschienen ist, nennt den Magnetismus der nördlichen Erdhälfte nördlichen Magnetismus, und das Ende der Nadel, welches sich nach Norden richtet, den Südpol der Nadel. Es ist zu bedauern, daß dieser Sprachgebrauch nicht allgemeine Aufnahme fand.

**) Er gab der Nadel eine sehr feine Axe, die auf zwei Lagern aufgelegt wurde, Fig. 81, und brachte noch einen Kreis daneben an, um den Winkel abzulesen. Diese Vorrichtung — Inclinatorium — wird heutzutage noch zur Messung der Inclination gebraucht.

aus, wo er die Inclination der folgenden 50 Jahre, vorausberechnet, zusammenstellte.

238. Halley. Die Bestrebungen der Gelehrten wandten sich nun vorzugsweise dahin, zu ermitteln, nach welchen Gesetzen die Declination an verschiedenen Punkten der Erde sich richte. Als besonders hervortretend sind in dieser Hinsicht die Bemühungen Halley's zu erwähnen. Er widmete sich zuerst der theoretischen Untersuchung des Erdmagnetismus. Den Grundsätzen, die vor ihm schon Gilbert (1600) und Bond (1668) festgestellt hatten, folgend, betrachtete er die Erde als eine große magnetische Kugel, und nahm an, daß, so wie bei einem gewöhnlichen Magnet es zwei Punkte nahe an den beiden Enden gebe, in welchen die Kraft am stärksten ist, und in welchen man die ganze Kraft concentrirt denken kann, bei der Erde ebenfalls ein ähnliches Verhältniß stattfinden müsse. Indessen lehrte ihn bald die nähere Untersuchung der vorhandenen Beobachtungen, daß die einfache Hypothese zweier magnetischen Punkte oder Pole, eines nördlichen und südlichen (wie schon Bond angenommen hatte) den Erscheinungen nicht genügen könne, und er führte also die Hypothese ein, daß die Erde vier magnetische Pole habe, zwei gleichnamige in Norden, und zwei gleichnamige in Süden. Er nimmt ferner an, daß diese Pole um die Erdpole herumgehen, wodurch die Säcular-Aenderungen entstehen; die Periode setzte er auf ungefähr 700 Jahre fest. Die auf solcher Voraussetzung gegründete Rechnung zeigt indessen nur einige Aehnlichkeit, — nicht eine Uebereinstimmung — mit den Ergebnissen der Beobachtung: gleichwohl bleibt Halley's Theorie geschichtlich merkwürdig, weil er die Grundlage festgesetzt hat, auf welche alle spätern Bemühungen sich stützen.

Auch in anderer Weise hat Halley um die Förderung des Erdmagnetismus sich große Verdienste erworben. Er bewirkte bei der brittischen Regierung, daß ihm ein Schiff zu Gebote gestellt wurde, um an den Küsten der brittischen Kolonien in Amerika und auf dem Wege dahin die Richtung der Magnetnadel zu untersuchen. Zwar wurde Halley's erste Expedition (1698) theils durch den Gesundheitszustand der Schiffsmannschaft, theils durch die Widersetzlichkeit des ihm beigegebenen Marine-Offiziers vereitelt, und das Schiff wandte sich, als es die Linie bereits passirt hatte, direct wieder nach Europa. Nach kurzem Aufenthalte, und nach amtlicher Entfernung des widersetzlichen Offiziers segelte Halley wieder ab: dießmal erreichte er seinen Zweck vollständig, und kehrte im Herbste des Jahres 1700 mit einer reichen Ausbeute magnetischer Beobachtungen, die er theils auf der amerikanischen Küste, theils im atlantischen Ocean gesammelt hatte, zurück.

239. Tägliche Bewegung der Nadel, Messungen bis Ende des 18. Jahrhunderts. Die einzige magnetische Bewegung, die man bisher erkannt hatte, war die Säcular-Aenderung, welche dadurch, daß sie von Jahr zu Jahr sich anhäufte, einen hinreichend großen Betrag bald erlangte, um auch mit Instrumenten von geringer Empfindlichkeit wahrgenommen zu werden. Es bedurfte nur der Beobachtung mit genauern Hülfsmitteln, um zu finden, daß in ganz kurzen Zwischenzeiten wahrnehmbare Aenderungen sich zeigen, daß sogar im strengen Sinne eine unaufhörliche Bewegung vor sich geht. Jener Zeit war indessen ein schnelles Fortschreiten überhaupt nicht eigen, und so verging nahe ein Jahrhundert von der Entdeckung der Säcular-Aenderung an, bis Graham (1722) erkannte, daß die Richtung der Nadel von Stunde zu Stunde eine andere ist. Die Entdeckung, obwohl gewissermaßen durch P. Tachard (1683) der in Siam die Declination an verschiedenen Tagen merklich verschieden gefunden hatte, vorbereitet und durch zahlreiche Beobachtungen als unzweifelhaft

erwiesen, blieb dennoch lange Zeit unbeachtet, bis Celsius und Hiorter in Upsala (1749) die Aenderungen von kurzer Periode genauer zu untersuchen unternahmen. Außer einer täglichen ziemlich regelmäßigen Bewegung ergab sich aus ihren Beobachtungen, daß die Nadel unregelmäßige Bewegungen, bisweilen von großem Betrage habe, ferner stellte sich die merkwürdige Thatsache heraus, daß zwischen diesen Bewegungen und den Nordlichtern ein Zusammenhang bestehe.

Hiemit sind die magnetischen Entdeckungen des 18. Jahrhunderts abgeschlossen, denn obwohl die Zahl der Beobachter immer zunahm, und namentlich Wargentin in Stockholm (1749), Canton in London (1756), Wilke in Stockholm (1765), Lous in Copenhagen (1765), Asclepi in Rom (1772), Cotte in Montmorency (1774), Van Swinden in Franeker (1771), Cassini in Paris (1783), Gilpin in London (1786), Ginge in Godthaab in Grönland (1786), Williams und Sewall in Cambridge (1781), Macdonald in Sumatra und St. Helena (1794—96) mehr oder weniger ausgedehnte Beobachtungs-Reihen lieferten, so wurden damit nur die bereits bekannten Thatsachen bestätigt oder näher bestimmt.

240. Magnetische Thätigkeit des 19. Jahrhunderts; A. v. Humboldt. Dem Gesagten zufolge ging auf das 19. Jahrhundert eine Kenntniß der magnetischen Declination, der Säcular-Aenderung, der täglichen regelmäßigen und unregelmäßigen Bewegungen, denen die Declination unterworfen ist, dann eine sehr beträchtliche Anzahl Inclinationsbestimmungen über. Auf diese Grundlage ist nun nach und nach mit dem eigenthümlichen rastlosen Eifer gegenwärtiger Zeit eine solche Masse von Thatsachen gehäuft worden, daß es jetzt noch — wo eine Theorie, an welche sie angeschlossen werden könnten, fehlt — einige Schwierigkeit hat, sie übersichtlich zu ordnen.

Unter den Männern, welche am meisten die Kenntniß des Erdmagnetismus gefördert haben, ist A. v. Humboldt voranzustellen. Seine wissenschaftliche Thätigkeit begann er damit, daß er einen neuen und für die Theorie wichtigen Zweig magnetischer Untersuchung zu bearbeiten unternahm. In der vorausgegangenen Zeit hatte man nur die Richtung der magnetischen Kraft berücksichtigt, und unbeachtet gelassen, daß die Stärke oder Intensität ebenfalls ungleich sein könne; daß ferner aus der Intensität auf den Sitz des Erdmagnetismus ein Schluß sich ziehen lasse, weil er denjenigen Punkten der Erde näher sein muß, wo die Intensität größer ist. A. v. Humboldt bereiste von 1799—1804 die Aequinoctial-Gegenden Amerikas, bestimmte da die Stärke und Richtung der magnetischen Kraft, und zeigte, daß erstere an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche in der That bedeutend verschieden ist. Unter den spätern Unternehmungen Humboldt's heben wir als besonders für die Entwickelung des Faches glücklich berechnet, die stündlichen Beobachtungen heraus, die er von 1828 bis 1830 an mehreren Punkten in Europa, namentlich in Berlin, Freiberg, Nicolajew, Kasan veranlaßt hat: sie lieferten das wichtige Resultat, daß die Bewegungen der Magnetnadel, sowohl die regelmäßigen, als die unregelmäßigen, an verschiedenen Orten, wenn nicht einen vollkommenen Parallelismus, doch eine auffallende Aehnlichkeit zeigen, mit dem merkwürdigen Unterschiede, daß jene von der Tageszeit abhängen, also an östlichen Orten früher als an westlichen eintreffen; diese dagegen überall, fast absolut gleichzeitig sich zeigen, und nach Humboldt's Vorstellung als Signale angesehen werden können, die aus den Tiefen der Erde aufsteigend gleichzeitig an den entferntesten Punkten der Erdoberfläche anlangen.

241. Tägliche Bewegung der Intensität und Inclination.

Wir haben oben die Mittel angedeutet, welche zur Untersuchung der magnetischen Kraft der Erde erforderlich sind: so einfach indessen diese auch scheinen, so darf man nicht voraussetzen, daß diejenigen, die mit Erdmagnetismus sich befaßten, gleich Anfangs darauf verfallen sind; man darf ferner nicht voraussetzen, daß, wenn die Idee gegeben ist, gleich Anfangs eine zweckmäßige Construction der Instrumente und eine hinreichend genaue Ausführung gelingt; denn auch in der Mechanik begegnet man einer Menge hinderlicher Umstände, die nur stufenweise überwunden werden. Die Mittel zur Untersuchung der Declination boten am wenigsten Schwierigkeit dar, und so waren frühzeitig die verschiedenen Eigenthümlichkeiten dieses Elements erkannt. Anders verhält es sich mit den zwei andern Elementen, der Inclination und Intensität, welche letztere, wie oben (§. 229) erklärt worden ist, nach verschiedenen Richtungen sich messen läßt, vornämlich aber in zwei Richtungen, in der horizontalen Richtung (Horizontal-Intensität) und in der eigentlichen magnetischen Richtung (Total-Intensität) betrachtet und gemessen zu werden pflegt.

Was die Horizontal-Intensität betrifft, so hatte zwar Hansteen durch das ganz einfache Mittel der Schwingungen in den Jahren 1819 und 1820 gefunden, daß sie im Laufe des Tages einer regelmäßigen Aenderung unterliege, und von der Frühe bis um 10 Uhr Morgens abnehme, von da bis 4 Uhr oder 5 Uhr Abends wieder im Zunehmen begriffen sei. Den Grund genauerer Untersuchung legte indessen erst Christie im Jahre 1825, indem er ein geeignetes Variations-Instrument herstellte: seine Resultate, rücksichtlich des täglichen Ganges trafen mit jenen von Hansteen nahe überein.

Merkwürdig und wichtig, hinsichtlich der Bestimmung der Intensität ist eine im Jahre 1828 veröffentlichte Untersuchung von Poisson, worin er einen höchst scharfsinnigen Weg angegeben hat, die Intensität absolut, d. h. in solcher Weise zu messen, daß das Resultat nicht von der Stärke oder Beschaffenheit der dabei gebrauchten Nadeln abhängt.

Unter allen magnetischen Elementen ist die Inclination am spätesten genau untersucht worden. Erst im Jahre 1830 gelang es dem Akademiker Kupffer in Petersburg, eine Nadel so fein aufzustellen, daß sie die ganz geringe Bewegung, die nicht über ein paar Minuten des Tages hinausgeht, richtig anzeigen konnte. Er hat aus den lange fortgesetzten Beobachtungen dieses Instruments nachgewiesen, daß die Inclination um 10 Uhr Morgens ihren größten Werth erlangt, und ungefähr um 10 Uhr Abends am kleinsten wird, übrigens wie die Declination und Intensität im Sommer eine größere Bewegung als im Winter hat, auch plötzlichen Störungen wie die übrigen Elemente unterworfen ist. An derselben Nadel beobachtete Kupffer Morgens und Abends die Schwingungsdauer, und fand, daß auch die Totalkraft ihre tägliche Periode habe, und Abends größer als Morgens sei.

242. Großartige magnetische Unternehmungen der neuesten Zeit: Gauß. Aus der bisher gegebenen Uebersicht wird man entnehmen können, wie nach und nach die Zahl der Bestimmungen sich stets vermehrt hat; dabei kann Niemanden der auffallende Umstand entgehen, daß jede neue Entdeckung, anstatt uns in die eigentliche Natur der erdmagnetischen Kraft Einsicht zu gestatten, nur ein neues Problem aufgestellt hat. So hatte man, wenn der eigentliche Anfang magnetischer Untersuchung auf 1530 angenommen wird, von da an bis zu der eben erwähnten Arbeit von Kupffer, womit die verschiedenen zu untersuchenden Beziehungen als erschöpft zu betrachten sind, drei volle Jahrhunderte mit dem Fache des Erdmagnetismus sich beschäftigt, ohne einen Schritt der eigentlichen Erkenntniß dessen, was den Erscheinungen zu Grunde liegt, sich genähert zu haben. Wo ist der Sitz der magnetischen Kraft, in oder außer der

Erde? — Was bewirkt diese langsame Aenderung, die im Laufe der Jahrhunderte stetig sich in den verschiedenen Erscheinungen zeigt? — Wo hat die Periode, die sich größer im Sommer, und geringer im Winter alle Tage wiederholt, ihren Grund? —

In einer so regsamen Zeit wie die unsrige, war es allerdings zu erwarten, daß Fragen von so hohem wissenschaftlichem Interesse nicht lange unbeachtet bleiben würden. Sie haben auch in der neuesten Zeit Beachtung gefunden, und eine Bewegung in der wissenschaftlichen Welt hervorgerufen, die immerhin geschichtlich denkwürdig bleiben wird.

Den Ursprung dieser Bewegung kann man auf 1833 festsetzen, wo Gauß mit Instrumenten von eigenthümlicher Construction in Göttingen die Erscheinungen des Erdmagnetismus zu untersuchen anfing. Der bewunderungswürdigen Gewandtheit, womit dieser berühmte Mathematiker manche andere Untersuchung auf eine neue und practische Bahn geführt hatte, gelang es, den magnetischen Beobachtungen eine von der bisherigen verschiedene Gestaltung zu geben, seine Methoden und neu erfundenen Hülfsmittel machten es nicht blos möglich, die Declination und ihre Aenderungen mit einer früher unbekannten Genauigkeit zu messen, sondern auch dieselbe Genauigkeit auf die absolute Bestimmung der Intensität (auf dem von Poisson angedeuteten Wege) und die Beobachtung ihrer Aenderungen auszudehnen. Die Beobachtung einmal auf diese Stufe erhoben, zeigte sogleich, daß die magnetische Kraft nicht etwa eine allmälige Zu- und Abnahme von Stunde zu Stunde habe — wie es ungefähr bei der Temperatur der Luft der Fall ist —, sondern in jedem Augenblicke sich anders gestalte. Ein unaufhörliches Steigen und Fallen, bald von größerm bald von kleinerm Betrage charakterisirt die magnetischen Bewegungen. Gauß wählte diese Eigenthümlichkeit zum Gegenstande umständlicher Untersuchung. Seiner Einladung zufolge wurden von 1834 anfangend zuerst an wenigen Orten Instrumente, — den in Göttingen aufgestellten gleich — eingerichtet, um correspondirende Beobachtungen (sogenannte Termin-Beobachtungen) zu machen, und als man aus den ersten Versuchen erkannt hatte, daß jede, auch die kleinste Bewegung, die an einem Orte wahrgenommen wird, anderwärts sich äußert, und hiedurch eine Aussicht auf die Enträthselung der magnetischen Erscheinungen sich eröffnete, mehrte sich schnell die Zahl der Theilnehmer, und es wuchs der Eifer bis zu einem außerordentlichen Grade. Auf solche Weise entstand der magnetische Verein, der, von Gauß geleitet, sich bald weit über die Gränzen Deutschlands ausdehnte, wie man aus folgender Uebersicht der am Ende des Jahres 1838 mitwirkenden Beobachtungs-Stationen ersehen kann.

Altona.	Heidelberg.
Augsburg.	Freiberg.
Berlin.	Kremsmünster.
Breda.	Kuopio.
Breslau.	Leipzig.
Brüssel.	London.
Christiania.	Mailand.
Copenhagen.	Marburg.
Cracau.	München.
Dublin.	Petersburg.
Genf.	Prag.
Greenwich.	Seeberg.
Haag.	Stockholm.
Hannover.	Upsala.

243. Brittische und russische Observatorien: magnetische Expeditionen. Alles, was man bisher von der magnetischen Kraft zu erfahren vermocht hatte, zeigte, daß sie durchaus nicht auf einfachen Gesetzen beruhe; um sie zu ergründen, reicht es nicht hin, ihre Wirkungsweise in einem einzigen Lande zu verfolgen, auch die Beobachtungen eines einzigen Welttheiles genügen noch nicht, sondern es müssen die Beobachtungs-Punkte um die ganze Erdkugel nach allen Richtungen sich herumziehen. A. v. Humboldt, der selbst früher mit dieser Idee die heiße Zone Amerikas durchwandert hatte, und jetzt mit reger Theilnahme seine Aufmerksamkeit den Bestrebungen des magnetischen Vereins zuwandte, richtete besonders sein Augenmerk auf die möglichste Ausdehnung der Beobachtungs-Stationen sowohl als des Beobachtungs-Systems: seiner gewichtvollen Anregung und der kräftigen Mitwirkung von Sabine, Lloyd und Herschel in England, dann Kupffer in Rußland gelang es, die Regierungen dieser beiden ausgedehnten Reiche zu dem Entschlusse zu bringen, in ihren europäischen und außereuropäischen Besitzungen eine Anzahl gleich eingerichteter magnetischer Warten, wo ununterbrochen Tag und Nacht in kurzen Zeitintervallen beobachtet werden sollte, erbauen zu lassen, um so gleichsam ein magnetisches Netz über einen beträchtlichen Theil der Erde zu ziehen. Der großartige Plan fand auch von einigen andern Regierungen erwünschte Förderung. Frankreich, welches schon im Jahre 1838 eine wissenschaftliche Expedition in die Nordpolar-Gegenden gesendet hatte, beschloß, eine magnetische Station in Algier zu gründen, und von andern Staaten, namentlich von Oesterreich, Bayern, Belgien, Spanien und Nordamerika wurden mehr oder weniger vollständige magnetische Anstalten errichtet. Folgendes Verzeichniß gibt eine Uebersicht davon. Wo nicht die stündlichen oder wenigstens die zweistündlichen Beobachtungen gemacht sind, findet man solches bemerkt: diejenigen Stationen, die bereits ihre vollständigen Beobachtungen bekannt gemacht haben, sind mit Sternchen (*) bezeichnet:

* Algier (nur kurze Zeit in Wirksamkeit).
* Barnaul (Siberien).
* Bombay.
Breslau (nur Termin-Beobachtungen).
* Brüssel.
Cadix (Näheres nicht bekannt).
Cairo (Näheres nicht bekannt).
* Cambridge (Nordamerikanische Freistaaten).
Cap d. g. H.
* Catherinenburg.
* Christiania (nur ein Jahr lang vollständig unterhalten).
Dublin.
* Greenwich.
Helsingsfors (Finland).
* Kasan.
Lucknow (Ostindien).
* Madras.
* Mailand (nur kurze Zeit thätig).
* Makerstoun (unweit Edinburg).
* München.
* Nertschinsk (Siberien).
Nicolajeff (Krimm).
Pekin (China).
* Petersburg.
Philadelphia (Nordamerikanische Freistaaten).
* Prag (die Nachtbeob. fehlen zum Theil).
Simla.
Singapore.

---

*) Die magnetischen Beobachtungen dieser Expedition von Bravais und Martius, dann den schwedischen Officieren Liliehöck und Siljeström ausgeführt, theils auf der Reise, theils während des Winteraufenthalts in Boßkop angestellt, sind von großem wissenschaftlichem Werthe, und bilden jetzt noch die einzige Grundlage zur Untersuchung der täglichen magnetischen Bewegung in den Polar-Gegenden.

Sitka (russisch Nordamerika).
* St. Helena.
Tiflis (Georgien).
* Toronto.
Trevandrum (Ostindien).
* Vandiemensland (Hobarton).
* Washington (Nordamerika).

In Verbindung mit den permanenten Observatorien wurden magnetische Expeditionen zu Wasser und zu Land veranstaltet, um die Verhältnisse der magnetischen Kraft an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche zu ermitteln: die größten und erfolgreichsten dieser Untersuchungen sind die Südsee-Expeditionen unter Capitain Roß, der in den Jahren 1840—42 einen großen Theil der Gegend des Südpols bis zum 70sten Grade südlicher Breite untersuchte, dann die Land-Expeditionen in Nordamerika und am Cap d. g. H., sämmtlich auf Kosten der brittischen Regierung veranstaltet, ferner die magnetischen Reisen von Kupffer in Rußland und Kreil in Oesterreich. Von einer im Jahre 1846 abgegangenen brittischen Nordpol-Expedition unter Capitain Franklin sind bisher keine Nachrichten zurückgekommen.

Der Plan der magnetischen Arbeiten wurde durch Besprechung zwischen den Gelehrten der hauptsächlich dabei betheiligten Nationen zu Ende des Jahres 1838 festgesetzt, die Zurüstungen im folgenden Jahre betrieben, und bis Mitte des Jahres 1840 waren schon die meisten Anstalten in Thätigkeit. Die Arbeiten sind seither fortgesetzt worden.

244. Bemerkungen über den bisherigen Erfolg der magnetischen Observatorien. Uebersieht man den Entwickelungsgang der magnetischen Untersuchung während des letzten Decenniums, so wird man zugeben müssen, daß in der ganzen Geschichte der mathematischen Wissenschaften keine Parallele zu finden ist, sei es, daß man die Größe und Ausdehnung des Planes und den Betrag der angewendeten Geldmittel, sei es, daß man die Schnelligkeit der Ausführung berücksichtigt*).

Während übrigens in dieser Hinsicht das Unternehmen unstreitig Bewunderung verdient, müssen wir zugleich zugeben, daß ein minder vollkommener Erfolg in so ferne erlangt wurde, als die Kürze der Zeit nicht gestattet hatte, die Instrumente und Methoden einer hinreichend scharfen Prüfung zu unterwerfen. So wurden mehrere Unvollkommenheiten erst wahrgenommen, als schon eine längere Reihe von Beobachtungen hergestellt war. Hätte man die Beobachtungs-Periode, wie Anfangs beabsichtigt wurde, auf drei Jahre beschränkt, so würde das Mißlingen der ersten Beobachtungen als ein empfindlicher Verlust für die Wissenschaft zu betrachten sein: glücklicher Weise haben sich indessen die Regierungen bereitwillig dazu verstanden, die einmal eingerichteten Anstalten längere Zeit (jetzt bereits 10 Jahre) in Thätigkeit zu erhalten, so daß der anfängliche Erfolg als gleichgültig zu betrachten ist.

---

*) Zu einem magnetischen Observatorium gehört ein Personalstand von mindestens drei Gehülfen und einem Vorstande: an den meisten Anstalten sind aber vier, bisweilen fünf Gehülfen angestellt gewesen. Die Kosten sind begreiflicher Weise nach den Umständen sehr verschieden. Zu den kostspieligsten gehört das Observatorium in Greenwich, welches, obwohl mit der Sternwarte verbunden, und demselben Vorstande untergeordnet, 1200 Pfund Sterlinge (14400 Gulden) jährlich erfordert: aber auch unter den vortheilhaftesten Verhältnissen kann ein Observatorium, wenn es für sich allein (nicht in Verbindung mit einer Sternwarte) unterhalten wird, nicht mit weniger als 3000 Gulden jährlich bestehen. Im Mittel darf man, mit Einschluß der Instrumente und ihrer Unterhaltung, ein Observatorium auf 5000 Gulden jährlich anschlagen. Rechnet man zu den Unterhaltungs-Kosten der permanenten Observatorien noch die Kosten der magnetischen Expeditionen, so wird man darin die Bestätigung der oben ausgedrückten Ansicht finden.

Einige hatten bei Herstellung der permanenten Observatorien die Erwartung ausgesprochen, daß wenige Jahre ausreichen würden, die nöthige Grundlage für eine Theorie des Erdmagnetismus zu erlangen. Man muß gestehen, daß diese Erwartung nicht in Erfüllung gegangen ist. Wir kennen zwar jetzt ziemlich genau, wenigstens für einen großen Theil der Erdoberfläche, wie sich die magnetische Kraft äußert; wir sehen nun vor uns die Aenderungen, welche während einer mehrjährigen Periode vorgekommen sind, nehmen aber darin nirgends ein einfaches Gesetz wahr, obwohl übrigens Andeutungen von regelmäßig wirkenden Ursachen in großer Menge vorhanden sind. Hiernach ist die magnetische Untersuchung noch in jeder Beziehung unvollendet, und wenn wir in den folgenden Blättern eine „Theorie des Erdmagnetismus" geben, so ist darunter nur eine Zusammenstellung der Erfahrungs-Sätze und der vorzüglichsten Thatsachen, die man bisher ermittelt hat, und wodurch die magnetische Kraft characterisirt wird, zu verstehen.

III. Theorie des Erdmagnetismus.

245. Gegensatz astronomischer und meteorologischer Fächer. Die Natur-Erscheinungen, welche in das Gebiet mathematischer Untersuchung gehören, zerfallen in zwei Klassen, die wesentlich von einander sich unterscheiden, verschiedene Beobachtungs- und verschiedene Untersuchungs-Methoden erfordern. Bei einigen Erscheinungen liegt ein einziges Gesetz oder eine beschränkte Anzahl scharf begränzter Bedingungen zu Grunde und der Erfolg ist durch diese in jedem einzelnen Falle genau bestimmt: bei andern Erscheinungen dagegen wirken außer einigen bestimmten Ursachen eine unendliche Anzahl zufälliger Einflüsse bald mehr bald weniger kräftig mit, und lassen nur im Allgemeinen das Gesetzliche im Verlaufe der Erscheinung wahrnehmen. Zu der ersten Klasse rechnen wir vorzugsweise die Astronomie, die, von bestimmten Gesetzen ausgehend, die Bewegungen der Himmelskörper bis in's kleinste Detail verfolgt, und den Zusammenhang mit den Gesetzen genau nachweist. Als Typus der zweiten Klasse kann die Meteorologie betrachtet werden: sie befaßt sich nicht mit einzelnen Ereignissen, sondern sucht im Allgemeinen den Gang der atmosphärischen Zustände zu erklären: sie weist in den Mittelwerthen die Gesetze nach. Fragt es sich nun, zu welcher Klasse die erdmagnetischen Erscheinungen gehören, so kann die Antwort nicht zweifelhaft sein: sie haben mit den meteorologischen eine durchgängige Analogie, und müssen einer ähnlichen Behandlung unterworfen und nach gleichen Grundsätzen aufgefaßt werden. Demnach haben wir die Erde als einen magnetischen Körper zu betrachten, bei welchem die regelmäßige Vertheilung durch irgend zufällige Ursachen einigermaßen gestört ist: wir haben die tägliche Bewegung als eine Einwirkung der Sonne zu betrachten, die durch zufällige Verhältnisse bald etwas vermehrt, bald etwas vermindert wird, wir haben endlich die im Laufe der Jahrhunderte vorgehende Aenderung in dem magnetischen Zustande der Erde einer, sei es im Innern der Erde selbst, sei es im Weltgebäude, außerhalb der Erde begründeten Ursache zuzuschreiben, deren Erfolg wieder von zufälligen Ursachen mehr oder weniger abhängt.

246. Speculationen über die Natur und Vertheilung des

Erdmagnetismus. Wenn wir sagen, daß die Erde ein Magnet ist, so bieten sich zunächst zwei Fragen zur Beantwortung dar: Wo hat die magnetische Kraft der Erde ihren Sitz? Welche Beschaffenheit hat sie? — Nehmen wir für's Erste an, die magnetische Kraft der Erde sei von derselben Beschaffenheit wie die des Magneteisensteins, oder des magnetisirten Stahles, so sind wir genöthigt, ihren Sitz tief unter der Erdoberfläche zu suchen, denn weder die Atmosphäre, noch die Stoffe, welche die Erdrinde bilden — Wasser, Gesteine, Thon u. s. w. — sind fähig, Stahlmagnetismus anzunehmen oder zu behalten. Die Annahme einer magnetischen Kraft in den Tiefen der Erde enthält auch durchaus nichts mit bekannten Verhältnissen Unvereinbares; denn wir haben §. 60 gesehen, daß der Erdkern großes specifisches Gewicht haben und nicht unwahrscheinlich aus reguliniſchen Metallen bestehen müsse. Ferner würde diese Annahme mit der Erfahrung übereinstimmen, daß in den tiefsten Bergwerken, wie an den höchsten Punkten der Erde die magnetische Kraft ungefähr in gleicher Weise sich äußert.*)

Nur die tägliche Bewegung scheint hier ein unübersteigliches Hinderniß darzubieten. Da nämlich die Sonnenwärme im Laufe des Tages kaum einen Fuß unter die Erdoberfläche vordringt, so wäre es ganz und gar unbegreiflich, wie sie den Magnetismus modificiren könnte, wenn dieser erst in großer Tiefe anzutreffen ist. Um dieser Schwierigkeit auszuweichen, haben Einige angenommen, daß, während der constante Theil des Erdmagnetismus in den Tiefen der Erde unveränderlich sich befinde, unabhängig hievon an der Oberfläche galvanische oder thermomagnetische Ströme sich bilden, welche die tägliche Bewegung hervorbringen; Andere dagegen haben den ganzen Erdmagnetismus solchen Strömen beigemessen, die dann einer Modification durch die Sonnenwärme unterliegen. Unterdessen ist Alles, was man hierüber gesagt hat, so unbestimmt, so sehr von aller Begründung und Nachweisung entblößt, daß ich für das Zweckmäßigste halte, weiter darüber nichts zu erwähnen, um so mehr als die Untersuchung des Erdmagnetismus zunächst von der Beantwortung dieser Frage gänzlich Umgang nehmen kann. Denn da die verschiedenen Arten magnetischer Erregung immer Wirkungen hervorbringen, die denselben Gesetzen unterliegen, so ist es gleichgültig, ob wir die eine oder andere Erregungsart zu Grunde legen. Es kann immer ein galvanischer Strom angegeben werden, der dieselbe Wirkung hervorbringt, wie ein Magnet, und eben so kann man einen Magnet angeben, der dieselbe Wirkung hervorbringt, wie ein galvanischer Strom. Diesem gemäß wollen wir fernerhin den Magnetismus der Erde magnetisch wirkenden Theilchen, die, allgemein betrachtet, eben so gut in der Atmosphäre oder noch weiter im Weltraume hinaus, als im Innern der Erde angenommen werden können, zuschreiben, ohne uns weiter darum zu bekümmern, wie die Kraft der Theilchen entstanden ist.

247. Vertheilung des Erdmagnetismus: Theorie von Gauß. Nach solcher Voraussetzung wollen wir nun die wichtige Frage erörtern, wo der

---

*) Reich hat in Freiberg Versuche unter der Erde angestellt. Was die Richtung und Stärke der magnetischen Kraft an Bergspitzen betrifft, so habe ich selbst in den Jahren 1849 und 1850 im Auftrage der bayerischen Regierung umfassende Messungen vorgenommen, namentlich auf dem Sailing (6217 Pariser Fuß über dem Meere), dem Wendelstein (5663 P. F.), der Benedictenwand (5497 P. F.), dem Gaisberg (3908 P. F.), dem Rachel (4460 P. F.): es ergab sich dabei, daß weder eine merkliche Vermehrung, noch Verminderung des Erdmagnetismus in der Höhe wahrgenommen wird. Bei dieser Gelegenheit bemerke ich noch, daß ich den von Kreil zuerst beobachteten höchst merkwürdigen Einfluß der Tyroler Alpen auf die Richtung der Magnetnadel durch eigene Messungen bestätiget gefunden habe.

Magnetismus sich befinde. Wenn man von verschiedenen Punkten aus die Richtung und Stärke einer Kraft bestimmt, so kann man mit Hülfe des Calculs die Stelle ermitteln, wo sich die Kraft befindet. Hievon haben wir bereits ein Beispiel gesehen an der Aufgabe, die Leverrier gelöst hat (§. 199). Die Kraft, welche auf Uranus in verschiedenen Theilen seiner Bahn einwirkte, war aus der Beobachtung bekannt, und Leverrier unternahm, die Stelle zu bestimmen, von wo aus diese Kraft ausgeübt wurde. In diesem Falle bot die Aufgabe wegen der besondern Verhältnisse viele Schwierigkeit dar; im Allgemeinen ist sie aber nicht als besonders schwierig zu betrachten, so lange die Kraft in einem einzigen oder in wenigen — etwa zwei oder vier — Punkten concentrirt ist. Unter der vereinfachenden Voraussetzung, daß der Erdmagnetismus in wenigen Punkten (Polen) concentrirt sei, hat schon Halley Rechnungen angestellt, und die Lage und Kraft der angenommenen magnetischen Pole zu bestimmen gesucht: später sind ausführliche Arbeiten von Euler, Hansteen und Andern unternommen worden. Das Ergebniß ist aber in keinem Falle befriedigend gewesen, und man mußte zuletzt zu der Ueberzeugung gelangen, daß die Kraft, welche die magnetischen Phänomene an der Erdoberfläche hervorbringt, nicht in zwei Punkten im Innern der Erde (einem Südpole und einem Nordpole), und eben so wenig in vier Punkten (zwei Südpolen und zwei Nordpolen) concentrirt sein könne.

Die frühesten Versuche, die Wirkung, welche ein Magnetstab in verschiedenen Stellungen auf eine freie Nadel ausübt, zu berechnen, waren auf der analogen Voraussetzung, daß der Magnetismus in zwei Punkten, nahe an den Enden des Stabes, concentrirt sei, gegründet, und hatten einen eben so ungenügenden Erfolg. Man erkannte, daß es nothwendig sei, den Magnetismus als im ganzen Stabe, nach einem zu ermittelnden Gesetze, vertheilt anzunehmen, und erst als diese Hypothese eingeführt war, kam zwischen Rechnung und Beobachtung die erforderliche Uebereinstimmung zu Stande. Die Theorie des Erdmagnetismus konnte keine namhaften Fortschritte machen, bis eine analoge Hypothese, d. h. eine allgemeine Vertheilung der magnetischen Kraft im Erdkörper der Rechnung zu Grunde gelegt wurde, was von Gauß im Jahre 1837 mit der ihm eigenthümlichen Tiefe und Gewandtheit geschehen ist. Er gelangte zu einem mathematischen Ausdrucke, welcher die Richtung und Stärke der magnetischen Kraft an allen Punkten der Erdoberfläche, nahe übereinstimmend mit der Beobachtung, vorstellt.

Man muß indessen nicht etwa das Gesagte so verstehen, als hätte Gauß, indem er die Ergebnisse der bisherigen Beobachtungen durch Formeln darstellte, uns von dem Sitze der magnetischen Kraft oder ihrem Wesen entschiedene Kunde verschafft. In der That gehörte dieß zunächst gar nicht zu der Aufgabe, wie sie Gauß aufgefaßt hat. Um die hierauf bezüglichen Verhältnisse zu erläutern, komme ich wieder auf die gerade vorhin erwähnte Wirkung eines Magnetstabes zurück. Man bringe einen Magnetstab in die Nähe einer frei hängenden Nadel und lege denselben in verschiedenen Lagen hin, so wird für jede Lage des Magnetstabes die Richtung der Nadel eine andere sein: will man nun einen Ausdruck finden, der die Richtung der Nadel für jede gegebene Lage des Magnetstabes darstellt, so muß man einestheils die erforderliche mathematische Entwickelung vornehmen, anderntheils aber durch Beobachtung die Richtung der Nadel für gewisse Lagen des Magnetstabes bestimmen. Die Theorie gibt die Form, die Beobachtung die im Ausdrucke vorkommenden Zahlenwerthe*). Nun

*) Wenn ein Ausdruck die Wirkung eines Magnets in mehreren beobachteten Entfernungen richtig darstellt, so darf man allerdings annehmen, daß er für jede beliebige Entfernung, die nur wenig größer oder kleiner als die beobachteten ist, gelten werde. Für Entfernungen,

findet sich aber, daß die Form immer dieselbe ist, es mag die Kraft im Innern des Stabes, oder an der Oberfläche, oder außen um den Stab herum vertheilt sein. Während wir demnach gewöhnlich annehmen, daß die Kraft in den Magneten ist, könnte sie gerade so gut auf den Flächen sich befinden, oder als eine fest anhängende Atmosphäre den Magnet umgeben: alle unsere Rechnungs-Resultate vertragen sich ebenso gut mit der einen als mit der andern Hypothese. Gerade so verhält es sich auch mit der magnetischen Kraft der Erde: die Gauß'schen Ausdrücke für die drei Componenten gelten also, wenn die Kraft in der Erde sich befindet, gelten aber auch ebenso gut, wenn sie an der Oberfläche, oder in der Atmosphäre oder sonst irgendwo im Raume vertheilt ist. Im Allgemeinen kann man sogar sagen, daß es unmöglich ist, aus den Aeußerungen der magnetischen Kraft, die wir wahrnehmen, auf die eigentliche Vertheilung dieser Kraft zu schließen, weil verschiedene Vertheilungen angegeben werden können, die alle für uns dieselben Erscheinungen hervorbringen würden. Indessen hat Gauß (und dieß ist ungezweifelt der merkwürdigste Theil seiner Theorie) einen Umstand hervorgehoben, der für die künftige Forschung von großer Wichtigkeit werden muß, insoferne daraus unter gewissen Bedingungen *) gefolgert werden kann, ob der Sitz der magnetischen Kraft über uns in der Atmosphäre, oder unter uns im Innern der Erde, oder auf der Oberfläche selbst zu suchen ist. Folgende Betrachtung möchte vielleicht zur Verdeutlichung dienlich sein.

Auf eine Magnetnadel ns (Fig. 82) hat ein südliches Element im Innern der Erde in S denselben Einfluß, wie ein nördliches Element in der Atmosphäre N: geht man aber weiter nach Süden und stellt die Nadel in n' s' auf, so wird durch das südliche Element S die Neigung der Nadel vermindert, durch das nördliche Element N dagegen die Neigung vermehrt werden: wenn man also auf der Erde in einer bestimmten Richtung fortwandert, so werden sich die magnetischen Verhältnisse anders gestalten, falls die Kraft oberhalb, und anders, falls sie unterhalb der Erdoberfläche sich befindet. Ich führe übrigens diesen Satz hier an, nicht als wenn er, wie er ist, auf den Erdmagnetismus (wobei es nicht um die Wirkung eines einzigen, sondern unendlich vieler Elemente sich handelt) angewendet werden könnte, oder als wenn er von der Grundlage der Gauß'schen Untersuchung (womit er blos verwandt ist) eine richtige Vorstellung gäbe, sondern weil dadurch, wie ich glaube, begreiflich gemacht wird, wie die Frage über den Sitz oder die Quelle des Erdmagnetismus mit den angedeuteten Verhältnissen der magnetischen Constanten, namentlich der Inclination, in Zusammenhang kommt, und wie es gewisse Kennzeichen gibt, wornach entschieden werden kann, wo wir

---

die weit außerhalb der Gränzen der Beobachtungen liegen, darf man im Allgemeinen einen solchen Ausdruck nicht als gültig betrachten. Bei dem Erdmagnetismus treffen wir ähnliche Verhältnisse an: wo Gauß gute Beobachtungen zu Grunde legen konnte, stimmen seine Ausdrücke mit dem wirklichen Stande ziemlich genau überein: die Südpolar-Gegenden lagen aber außerhalb der Gränze der damaligen Beobachtung und deßhalb zeigen sich zwischen dem theoretischen und dem wirklichen Stande, wie er in neuester Zeit von Capitain Roß ermittelt worden ist, sehr bedeutende Abweichungen.

*) Bei der Vertheilung der magnetischen Kraft bildet die Entfernung, aus welcher die magnetischen Elemente wirken, ein wesentliches Moment. Man kann sich vorstellen, daß dieselben magnetischen Elemente an vielen und weit von einander gelegenen Punkten der Erdoberfläche wirksam sind, man kann sich aber auch vorstellen, daß an jedem Punkte nur die zunächst gelegenen magnetischen Elemente Einfluß ausüben und daß in größerer Entfernung der Einfluß gänzlich verschwindet. Unter der letztern Voraussetzung wäre der Erdmagnetismus durchaus lokal und ein nothwendiger Zusammenhang zwischen den Aeußerungen an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche nicht vorhanden.

das magnetische Fluidum zu suchen haben. Die hieraus folgenden Regeln, auf die Gauß'schen Formeln angewendet, deuten an, daß der Erdmagnetismus, wenn nicht ganz, doch dem Haupttheile nach unter der Erdoberfläche sich befinde.

248. Normaler Stand und Abweichungen. Wir wollen nun von der Gauß'schen Theorie zu der Betrachtungsweise wieder zurückkehren, welche in der obigen Einleitung (§. 245) entwickelt ist. Um die magnetische Kraft, wie sie an der Erdoberfläche sich zeigt, zu bestimmen, sollte zuerst dargelegt werden, wie die magnetischen Verhältnisse sich gestalten würden, wenn keine Unregelmäßigkeiten vorkämen; alsdann sollte für jeden Punkt an der Erdoberfläche der Einfluß der Unregelmäßigkeiten bezeichnet werden: der normale Stand, und die als zufällig zu betrachtenden Abweichungen drücken den Erdmagnetismus aus.

Was nun den normalen Stand betrifft, so läßt sich darüber wenig sagen, weil wir den Erdmagnetismus, seinem Wesen und seinem Entstehen nach, gar nicht kennen; indessen glaube ich, daß es sehr wohl zulässig sei, die Erde mit einer magnetisirten Stahlkugel, die sich um ihre magnetischen Pole dreht, zu vergleichen. Wäre Fig. 83 eine magnetisirte Stahl-Kugel, P und P′ der Nord- und Südpol, so würde eine frei schwebende Nadel in verschiedenen Punkten die Richtung annehmen, welche durch die Pfeile angezeigt ist; an den Polen würde sie senkrecht sich stellen, am Aequator parallel mit der Axe, und zwischen dem Aequator und den Polen würde die Neigung stetig zunehmen. Die Kraft, womit die Nadel in ihrer jedesmaligen Richtung erhalten würde, wäre am kleinsten am Aequator, am größten an den Polen. Eine Abweichung vom Meridian gegen Westen oder Osten fände nicht statt, sondern die Horizontal-Richtung würde überall mit der Mittagslinie zusammenfallen.

Vergleicht man mit diesem Typus die Richtung und Kraft, so wie wir darüber aus der Beobachtung Kenntniß erhalten haben, so läßt sich überall eine allgemeine Uebereinstimmung nachweisen, obwohl die Abweichungen sehr zahlreich und sehr bedeutend sind. Die magnetischen Pole (wo die Nadel senkrecht sich stellt) treffen nicht auf den Nord- und Südpol der Erde, sondern finden sich nahe 16 Grade davon entfernt, und zwar der eine in P (Fig. 84) im Norden von Amerika (Breite + 74°, östliche Länge 282° von Ferro), der andere südlich von Vandiemensland in P′ (Breite — 76°, östliche Länge 178° von Ferro). Durch diese Verstellung der magnetischen Pole werden die sämmtlichen Verhältnisse mehr oder weniger geändert. So erleidet der magnetische Aequator (wo die Nadel horizontal bleibt) eine Verrückung in demselben Sinne wie die Pole, und findet sich, wie aus Fig. 84 zu ersehen, auf der einen Seite südlich vom Erd-Aequator, auf der andern Seite nördlich und zwar in keinem regelmäßigen Kreise. Außerdem gibt es noch zwei Abweichungen, die auf sämmtliche Verhältnisse einen Einfluß äußern:

1) Ist in der südlichen Halbkugel der Erdmagnetismus stärker (entweder mehr zusammengedrängt oder näher an der Oberfläche) als in der nördlichen, und zwar beträgt die größte südliche Intensität um $\frac{1}{3}$ mehr als die größte nördliche;

2) ist die magnetische Intensität nicht in allen Meridianen gleich und es finden sich in der Aequatorial-Zone zwei Punkte F und F′ — die Pole kleinster Intensität — wo die Intensität am geringsten ist, und gegen welche hin eine Abnahme von allen Seiten wahrgenommen wird. Der eine dieser Pole (F) trifft in die Nähe von St. Helena (350°. 12′ östlich — 18°. 27′), der andere (F′) befindet sich fast gerade gegenüber auf der entgegengesetzten Erdhälfte im stillen Ocean (178°. 27′ östlich + 5°. 9′).

Die zwei oben erwähnten Pole kleinster Intensität stehen auch mit der

Declination in Zusammenhang: es ist nämlich auf der Erdhälfte, wo der erste Pol sich befindet (auf der europäisch-afrikanischen Hälfte), die Declination überall mehr oder weniger westlich; auf der Hälfte, welcher der zweite Pol angehört (der asiatisch-amerikanischen Hälfte) die Declination überall östlich, mit Ausnahme eines Landstriches im östlichen Asien, wo eine geringe westliche Abweichung angetroffen wird. Die beiden Hälften werden von einander getrennt durch die um die ganze Erde und durch die Pole sich herumziehende und in der Zeichnung auch dargestellte Linie ohne Abweichung. An allen Punkten dieser Linie ist die Nadel gerade nach Norden gerichtet.

Bemerkenswerth ist noch, daß die Intensität mit der Inclination nicht in der Weise übereinstimmt, wie es bei regelmäßiger Vertheilung des Magnetismus zu erwarten wäre. Die größte Intensität, die mit dem magnetischen Pole zusammenfallen sollte, trifft man in E (Fig. 84) nahe 20 Grad südlicher und ungefähr in derselben Mittagslinie an (Breite + 54°, Länge 279° von Ferro). Ein secundärer Punkt größter Intensität E′ findet sich in Sibirien vor (Breite + 71° Länge 138° von Ferro). In Süden wird nach den Beobachtungen von Capt. Roß die größte Intensität ganz in der Nähe des magnetischen Poles liegen. Einen secundären Punkt größter Intensität gibt es in Süden nicht.

Ich habe hier die hauptsächlichsten Eigenthümlichkeiten des Erdmagnetismus, wie er an der Oberfläche der Erde sich darstellt, zu entwickeln gesucht, brauche übrigens kaum zu bemerken, daß, da die Kraft durchaus nicht mit einfacher Regelmäßigkeit vertheilt ist, durch das Gesagte nur ein allgemeiner Begriff gegeben werden soll.

Wer genauer die Richtung und Kraft der Nadel an einzelnen Punkten kennen lernen will, muß die Messungen der verschiedenen Reisenden, die mit dem Fache des Erdmagnetismus sich beschäftigten, oder die Charten von Hansteen, Sabine, Erman, Gauß und Andern, wo die Ergebnisse der Beobachtung graphisch und zwar durch Linien gleicher Declination (isogonische), Linien gleicher Inclination (isoclinische), Linien gleicher Intensität (isodynamische) dargestellt sind, zu Rathe ziehen.

Ein Verzeichniß der Constanten für die am genausten magnetisch bestimmten Punkte der Erde lasse ich hier folgen.

Magnetische Constanten.

Westliche Declinationen sind mit +, östliche mit — bezeichnet. Wenn das Nordende der Nadel unter den Horizont zeigt, so wird die Inclination als positiv (+) betrachtet: zeigt aber das Südende der Nadel unter den Horizont, so wird die Inclination als negativ (—) angenommen. Die Horizontal-Intensität ist in absolutem Maaße ausgedrückt: für die Totalintensität sind dagegen nur relative Werthe angegeben. Will man die Totalintensität in absolutem Maaße ausdrücken, so muß man die Zahlen der Tabelle mit dem Faktor 3,4941 multipliciren.

Name des Orts.	Jahr.	Declination.	Inclination.	Horizontal-Intensität.	Total-Intensität.
I. Deutschland und dazu gehörige Länder.					
Altona . . .	1845	—	—	1,7096	—
Aschaffenburg .	1845	17° 58′	66° 51′	1,8380	—
Augsburg . .	1845	16 49	65 24	1,9539	—
Bamberg . .	1845	16 55	66 32	1,8579	—
Berlin . . .	1845	16 32	67 35	—	1,367
Bonn	1845	—	—	1,7941	—
Botzen . . .	1845	15 43	63 53	2,0057	—
Bregenz . . .	1845	17 20	64 56	1,9500	—
Carlsruhe . .	1845	18 14	66 20	1,8740	—
Constanz . . .	1845	17 50	65 10	1,9380	—
Darmstadt . .	1845	18 15	66 54	1,8350	—
Florenz . . .	1848	—	62 8	2,0029	—
Frankfurt . . .	1845	18 13	66 53	1,8268	—
Genf	1845	18 49	—	1,9715	—
Göttingen . .	1845	17 43	67 32	1,7848	—
Gratz	1845	14 22	63 34	2,0291	—
Hannover . .	1845	—	—	1,7490	—
Hermannstadt .	1845	10 6	61 21	2,1708	—
Innsbruck . .	1845	16 31	64 20	1,9699	—
Karlsburg . .	1845	10 16	61 40	2,1560	—
Kempten . . .	1845	16 57	65 1	1,9469	—
Kiel	1845	—	—	1,6819	—
Klagenfurt . .	1845	14 53	63 29	2,0339	—
Königsberg . .	1845	13 22	69 26	—	1,365
Krakau . . .	1845	12 15	65 27	1,9312	—
Kremsmünster .	1845	15 14	64 14	1,9559	—
Laibach . . .	1845	14 32	62 58	2,0623	—
Leipzig . . .	1845	16 14	67 19	1,8150	—
Lindau . . .	1845	17 22	64 55	1,9460	—
Linz	1845	14 47	64 44	1,9579	—
Mailand . . .	1845	17 0	63 13	2,0375	—
Mannheim . .	1845	18 15	66 40	1,8568	—
Meran . . .	1845	15 55	64 0	1,9949	—
München . . .	1845	16 30	65 10	1,9379	—
Nürnberg . .	1845	16 49	66 2	1,8859	—
Ofen	1845	12 52	63 20	2,0359	—
Passau . . .	1845	15 40	65 17	1,9307	—
Prag . . .	1845	15 14	66 2	1,8805	—
Preßburg . .	1845	13 56	64 3	1,9953	—
Salzburg . .	1845	15 51	64 50	1,9564	—
Schäsburg . .	1845	10 43	61 47	2,1513	—
Stuttgart . .	1845	17 51	66 3	1,8870	—
Triest	1845	14 55	62 45	2,0752	—
Tübingen . . .	1845	17 52	65 53	1,9034	—
Ulm	1845	17 18	65 37	1,9560	—
Venedig . . .	1845	15 37	62 56	2,0627	—
Wien	1845	14 4	64 22	1,9797	—
Würzburg . .	1845	17 32	66 36	1,8580	—
II. Großbritannien, Frankreich, Belgien, Holland.					
Berwick . . .	1837	—	71° 46′	—	1,0254
Besançon . . .	1845	—	—	1,9232	—

Name des Orts.	Jahr.	Declination.	Inclination.	Horizontal-Intensität.	Total-Intensität.
Birmingham . .	1837	—	70° 5′	—	—
Brüssel . . .	1845	21° 17′	68 6	1:7662	1,363
Bushey . . .	1837	24 0	69 26	—	—
Cambridge . .	1837	—	69 41	—	—
Dijon	1845	—	—	1,9143	—
Dover	1837	—	68 54	—	—
Dublin . . .	1845	27 0	71 1*	—	1,0195
Edinburgh . .	1837	—	71 50	—	1,0231
Glasgow . . .	1837	—	72 4	—	1,0232
Leiden	1845	20 52	—	1,7234	—
Lerwick . . .	1837	27 9	73 49	1,4029	1,0358
Liverpool . . .	1837	—	70 43	—	—
London . . .	1845	—	69 21	1,7193	1,0000
Lyon	1845	—	—	1,9757	—
Makerstoun . .	1845	25 11	71 22	1,5600	—
Paris	1835	22 4	67 24	1,8366**	1,3 48
Toulon . . .	1843	—	68 28	2,0955	—
Utrecht . . .	1845	20 21	—	1,7278	—
Valencia . . .	1837	28 42	70 59	—	1,0283
York	1837	—	70 49	—	—
III. Rußland und die Scandinavischen Länder.					
Astrachan . . .	—	+ 1° 12′	59° 58′	—	1,334
Barnaul . . .	1842	— 8 25	70 7	2,0512	1,605
Catharinenburg .	1842	— 6 39	69 53	1,8379	1,523
Christiania . .	—	+ 19 50	72 7	1,5475	1,419
Jakutsk . . .	—	+ 5 50	74 18	—	1,697
Irkutzk . . .	—	— 1 38	68 14	—	1,647
Kasan	1842	— 3 24	68 22	1,8769	1,433
Moskwa . . .	—	+ 3 2	68 57	—	1,404
Nertschinsk . .	1842	+ 3 44	67 8	2,2063	1,635
Ochotsk . . .	—	+ 2 18	70 41	—	1,615
Orenburg . .	—	— 3 22	64 44	—	1,432
Petersburg . .	1842	+ 6 21	71 0	1,6582	1,410
Pogromnoi . .	—	+ 0 18	68 8	—	1,640
Reikiavik . . .	—	+ 43 14	77 0	—	—
Spitzbergen . .	—	+ 25 12	81 11	—	1,562
Stockholm . .	1842	—	71 22	1,5553	—
Tiflis	1845	+ 1 52	—	2,5541	—
Tobolsk . . .	—	— 10 29	71 1	—	1,557
Tomsk . . .	—	— 8 34	70 55	—	1,619
IV. Süd-Europa (Italien, Griechenland, Spanien).					
Athen (Piräus) .	1843	—	53° 53′	2,5384	—
Catania . . .	1836	—	—	2,4907	—
Gibraltar . . .	1840	+ 21° 40′	59 40	—	1,297
Malaga . . .	1843	—	59 20	2,2921	—
Messina . . .	1836	—	—	2,4282	—
Milo	1843	—	52 13	2,6074	—
Neapel . . .	1843	—	58 42	2,3014	—
Palermo . . .	1835	+ 16 3	57 16	—	1,274
Rom	1839	—	60 9	2,2788	—

*) für 1837.
**) für 1845.

Name des Orts.	Jahr.	Declination.	Inclination.	Horizontal-Intensität.	Total-Intensität.
V. Afrika.					
Algier	1842	+ 18° 35′	+ 57° 21′	2,3730	—
Ascension . .	1842	19 16	(+ 1 39)	—	0,853
Cap d. g. H. .	1842	29 13	— 53 20	—	1,014
St. Helena . .	1845	23 32	— 21 52	2,7339	—
Port Louis (Mauritius) . . .	1845	+ 9 44	— 53 56	—	1,156
VI. Südasiatische Länder.					
Bombay . . .	1845	—	+ 18° 12′	3,6310	—
Hong Kong . .	1841	— 0° 37′	30 3	—	1,156
Macao . . .	1841	— 0 35	30 1	—	1,159
Madras . . .	1837	—	+ 6 52	—	1,031
Malacca . . .	1841	— 1 36	— 11 2	—	1,069
Manilla . . .	1840	— 0 18	+ 16 27	—	1,084
Pekin	—	+ 1 48	+ 54 49	—	1,453
Singapore . .	1841	— 1 39	— 12 1	—	1,074
VII. Nordamerika.					
Acapulco . . .	1838	— 8° 23′	+ 37° 57′	—	1,316
Albany . . .	1840	+ 6 58	74 48	—	1,810
Baltimore . .	1842	—	71 41	—	1,782
Belfast . . .	1838	+ 13 0	—	—	—
Buffalo See .	1837	+ 1 25	74 38	—	1,854
Cambridge . .	1840	+ 9 12	74 19	—	1,776
Chicago . . .	1842	—	72 44	—	1,823
Cincinnati . .	1840	— 4 46	70 27	—	1,795
Columbus . .	1839	— 5 30	71 4	—	—
Fort Alexander .	1844	—	79 3	—	1,857
Fort Edmonton .	1844	—	77 54	—	1,809
Fort Vancouver	1839	— 19 22	69 22	—	1,657
Fort William .	1844	—	78 5	—	1,866
Galena . . .	1840	— 9 25	73 3	—	—
Hudson . . .	1840	— 1 52	72 48	—	1,807
Kodiak . . .	1839	— 26 43	72 43	—	1,603
Magdalena Bay	1839	— 9 15	46 34	—	1,362
Mahoqueta . .	1840	— 8 45	72 44	—	1,766
Mazatlan . . .	1839	— 9 24	46 38	—	1,370
Monterey . .	1839	— 14 13	61 4	—	1,531
Montreal . . .	1835	+ 9 50	77 9	—	1,788
New-York . .	1840	+ 5 34	72 39	—	1,775
Philadelphia . .	1840	+ 4 3	71 59	—	1,788
Port Etches . .	1837	— 31 38	76 3	—	1,728
Princeton . .	1842	—	72 43	—	1,785
Quebec . . .	1842	—	77 15	—	1,801
Santa Barbara	1839	— 13 28	58 54	—	1,501
San Bartholomeo	1839	— 10 46	51 41	—	1,432
San Francisco .	1838	— 15 20	62 0	—	1,540
Sitka	1845	— 28 53	75 51	1,4663	1,731
St. Louis . .	1835	— 8 49	69 28	—	1,790
Toronto . . .	1842	+ 1 19	75 16	1,6321	—
Washington . .	1842	+ 1 24	71 14	—	1,786

Name des Orts.	Jahr.	Declination.	Inclination.	Horizontal-Intensität.	Total-Intensität.
VIII. Südamerika.					
Bahia . . .	—	+ 4° 18′	+ 5° 24′	—	0,871
Bow Insel . .	1840	—	— 30 16	—	1,123
Callao . . .	1838	— 10 44	— 6 14	—	0,980
Chiloe . . .	—	— 18 0	— 49 26	—	1,313
Cocos Insel . .	1839	— 8 24	+ 23 44	—	1,125
Concepcion . .	—	— 16 48	— 44 13	—	1,218
Gallopagos Insel	—	— 9 30	+ 9 29	—	1,069
Magnetische Insel	1837	— 7 37	+ 31 12	—	—
Martins Insel .	1840	— 6 16	— 14 6	—	1,024
Monte Video .	—	— 12 0	— 35 40	—	1,060
Panama . . .	1837	— 7 2	+ 31 52	—	1,205
Pernambuco . .	—	+ 5 54	+ 13 13	—	0,914
Puna Insel . .	1838	— 8 56	+ 9 8	—	1,024
Realejo . . .	1838	— 7 53	+ 34 37	—	—
Rio de Janeiro	—	— 2 8	— 13 30	—	0,878
Valparaiso . .	—	— 15 18	— 39 7	—	1,176
IX. Australien.					
Aukland Insel .	1841	— 15° 29′	— 73° 10′	—	1,851
Bay of Islands (Neu Seeland)	1842	— 13 36	— 59 32	—	1,607
Hobarton . .	1846	— 9 55	— 70 36	2,0700	—
King Georges Sound	1845	— 5 33	— 65 4	—	1,688
Poperte (Otaheite)	1840	(— 7 34)	— 27 9	—	1,098
Point Venus (Otaheite) .	1840	— 6 30	— 30 18	—	1,133
Port Louis (Falkland Inseln) .	1842	— 17 36	— 52 26	—	1,335
Sydney . . .	1842	— 9 51	— 62 49	—	1,699

249. Säcular-Aenderungen. Wenn es mancherlei Schwierigkeiten hat, die einzelnen Eigenthümlichkeiten, die wir bisher, mit Beziehung auf die Begründung einer Theorie des Erdmagnetismus, angeführt haben, zu vereinbaren, und eine annehmbare Vorstellung daraus zu bilden, so zeigt sich dieß als völlig unmöglich, sobald man noch die fernere aus der Beobachtung hervorgegangene Thatsache hinzufügt, daß die Vertheilung des Erdmagnetismus von Jahr zu Jahr sehr merklich sich ändert und zwar nicht etwa sprungweise, sondern in stetiger Bewegung. So ist die Declination in Europa in den letzten zwei Jahrhunderten immer westlicher geworden, etwa in je 8 Jahren um einen Grad: in diesem Jahrhunderte wurde die Bewegung allmälig langsamer bis um das Jahr 1820 die Nadel nach kurzem Stillstande wieder umkehrte. Jetzt nimmt die Declination ab mit derselben Geschwindigkeit, als sie früher zugenommen hatte. Auf andern Welttheilen fand Aehnliches statt. So besitzen wir Beobachtungen vom Cap d. g. H. seit 1605 und von St. Helena seit 1600 und finden überall denselben Verlauf, mit dem Unterschiede jedoch, daß der Zeitpunkt des Umkehrens nicht derselbe für die verschiedenen Orte ist: so hat am Cap d. g. H. die Nadel ungefähr im Jahre 1843 den Umkehrungspunkt erreicht,

während in St. Helena eine immer fortschreitende westliche Bewegung von acht Minuten des Jahres, jetzt noch stattfindet.

Bei der Inclination treffen wir ebenfalls eine stetige Aenderung an, aber in sehr verschiedenem Betrage: in Europa erhebt sich allmälig das Nordende der Nadel und die Inclination wird um 3 Minuten alle Jahre geringer,*) in St. Helena, wo das Südende der Nadel nahe 22 Grade unter den Horizont zeigt, nimmt dieser Winkel alle Jahre um 8 Minuten zu. Es ist wahrscheinlich, daß auch bei der Intensität eine analoge Aenderung vorkomme: die Beobachtungen umfassen jedoch bisher einen zu kurzen Zeitraum, als daß man Bestimmtes darüber aussprechen könnte.

Um diese Säcular-Aenderungen zu erklären, haben Einige von einem allmäligen Starrwerden einzelner Theile des Erdkerns, wodurch der Magnetismus sich verschieden gestalte, Andere von einem unsichtbaren magnetischen Planeten gesprochen, der um die Erde in 700 Jahren herumgehe. Man begreift leicht, daß mit Hypothesen, die weder in der Analogie noch in sonstigen Phänomenen ihre Stütze haben, Nichts gewonnen ist, und es wird für jetzt jedenfalls am Besten sein, gleich einzugestehen, daß wir über den Grund dieser räthselhaften Erscheinung auch gar keine annehmbare Vermuthung aufstellen können.**)

250. Tägliche Periode. Die Richtung sowohl als die Kraft des Erdmagnetismus unterliegt einer alle 24 Stunden wiederkehrenden Aenderung, die im Wesentlichen in unsern Gegenden durch folgende Merkmale sich äußert:

1) Die Declination hat ihren östlichsten Stand ungefähr um 8 Uhr Morgens, sie bewegt sich ziemlich rasch gegen Westen bis 1½ oder 2 Uhr Mittags und kehrt dann Nachmittags und während der Nacht langsam, und zwar mit etwas ungleichmäßiger Bewegung, auf ihren ursprünglichen Stand wieder zurück;

2) die Inclination ist um 10 Uhr Morgens am größten und nimmt von da an bis 10 Uhr Abends ab, alsdann wird sie wieder, jedoch nicht ganz regelmäßig fortschreitend größer, bis sie ihren ursprünglichen Stand des andern Tages um 10 Uhr erreicht;

3) die Intensität (ganze Kraft) hat dieselben Wendepunkte wie die Inclination, jedoch einen umgekehrten Gang, in so ferne als sie am kleinsten ist um 10 Uhr Morgens und das Maximum um 10 Uhr Abends erlangt;

4) bei allen drei Elementen ist die Bewegung größer in der Sommerhälfte und kleiner in der Winterhälfte des Jahres, auch die Wendepunkte treten etwas früher oder später ein, ohne daß übrigens der Charakter der Bewegung im Allgemeinen sich ändert.

---

*) Hansteen berechnet nach den bisherigen Beobachtungen, daß noch vor Ende dieses Jahrhunderts die jährliche Abnahme der Inclination aufhören und die Nadel eine entgegengesetzte Bewegung annehmen wird.

**) Man hat nach der oben §. 251 erwähnten Weise alle Verhältnisse des Erdmagnetismus graphisch durch Linien-Systeme dargestellt und dann die Säcular-Aenderungen der magnetischen Elemente durch ein allmähliges Fortrücken dieser Linien-Systeme zu erklären gesucht. Was in dieser Hinsicht geschehen ist, führe ich nicht an, weil nirgends eine einfache und gleichmäßige Bewegung den Erfolg darstellt, sondern angenommen werden muß, daß ein Theil nach dieser, ein anderer Theil nach einer andern Richtung und zwar bald schneller, bald langsamer sich bewege; so z. B. wird gesagt, daß bei uns das Declinations-System im Allgemeinen sich östlich, in der Südhälfte der Erde dagegen westlich bewegt habe: geht man dagegen in das Specielle, so müssen in jeder Parallele andere Constanten und sogar zum Theile andere Bedingungen der Bewegung angenommen werden.

Diese Bestimmungen können als für die ganze nördliche Halbkugel gültig betrachtet werden. In der südlichen Halbkugel ist die Folge der magnetischen Aenderungen während der 24stündigen Periode ganz dieselbe, aber die Bewegung durchgängig in entgegengesetztem Sinne, wo nämlich eine westliche Bewegung oder eine Zunahme in Norden stattfindet, trifft man in Süden eine östliche Bewegung oder eine Abnahme. Auch ist die Bewegung am kleinsten auf der Südseite des Aequators, wenn sie auf der Nordseite am größten ist, weil der Winter der Südseite unserem Sommer entspricht.

Eine charakteristische Eigenthümlichkeit der täglichen Bewegung ist, daß sie nicht einen Tag wie den andern sich wiederholt, sondern einmal etwas größer, ein anderesmal etwas kleiner ist, auch sonst manche kleine Abweichungen enthält, ungefähr in gleicher Weise, wie die Temperatur der Luft, die ebenfalls einen regelmäßigen Gang im Mittel, aber vielerlei Ungleichheiten in einzelnen Tagen zeigt.

Um eine Uebersicht zu gewinnen, ist es zweckmäßig, die Aenderungen der verschiedenen Elemente zu vereinigen und graphisch zu verzeichnen. Man stelle sich zu diesem Zwecke eine Nadel vor, die an ihrem Schwerpunkte frei aufgehängt ist und nach allen Seiten sich bewegen kann, so wird das Nordende derselben nach den Münchener Beobachtungen während der 24 Stunden im Sommer die Curve Fig. 85 und im Winter die Curve Fig. 86 beschreiben: die Intensität, womit sie in jedem Puncte angezogen wird, ist durch die Stärke der Schattirung angedeutet.

251. Ursache der täglichen Periode. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß durch die Sonne die tägliche Bewegung der Magnetnadel hervorgerufen wird; in welcher Weise der Erfolg*) zu Stande kommt, ist uns ein völliges Räthsel, und wir werden auch nicht zu einer Erklärung gelangen, so lange wir den weiter unten angegebenen Einfluß der Störungen nicht ausscheiden können. Es ist von Einigen angenommen worden, daß an der Erdoberfläche durch Einwirkung der Sonne ein galvanischer oder thermoelectrischer Strom entstehe; indessen habe ich aus den Münchener Beobachtungen nach den oben angedeuteten Kriterien (§. 247) gefolgert, daß die Kraft, wodurch die tägliche Bewegung hervorgebracht wird, gar nicht an der Erdoberfläche und auch nicht einmal nahe an der Erdoberfläche sich befindet.

Ich halte es für höchst wahrscheinlich, daß die magnetische Bewegung mit den atmosphärischen Perioden zusammenhängt: nicht blos treffen die Wendepunkte (jene der Declination mit der Temperatur, und jene der Inclination und Intensität mit dem Luftdrucke) ziemlich nahe überein, sondern es findet auch sogar, wie Kreil nachgewiesen hat, ein Mondeinfluß beim Magnetismus, wie beim Luftdrucke statt.

Will man eine Kraft sich vorstellen, die während eines 24stündigen Kreislaufes jene Aenderungen, die wir in der Richtung und Stärke des Erdmagnetismus wahrnehmen, hervorbringen sollte, so stößt man gleich Anfangs auf ein

---

*) Wir haben §. 87 gesehen, daß im Weltraume nothwendig eine Polarkraft — eine electrische oder magnetische — angenommen werden muß, die ebenso wie die Gravitation ihren Centralsitz in der Sonne hat. Wäre diese Kraft eine magnetische, und nähme man die Erde als inductionsfähig, etwa als eine Eisenkugel an, so würde man sich von vielen magnetischen Phänomenen, namentlich auch von der täglichen Bewegung des Erdmagnetismus Rechenschaft geben können. In wie ferne eine electrische Spannung denselben Erfolg, wie Magnetismus haben könnte, läßt sich für jetzt nicht wohl sagen.

eigenthümliches Hinderniß. Eine solche Kraft müßte, während sie ihre Periode vollendet, bald eine schnellere, bald eine langsamere Aenderung in der Richtung und Intensität hervorbringen: die Aenderung der Richtung und die gleichzeitige Aenderung der Intensität wären aber von einander nicht unabhängig; vielmehr liegt es in der Natur der magnetischen Verhältnisse, daß, wenn die Intensität ihren größten oder kleinsten Werth erreicht, die Richtung am langsamsten sich ändern muß. Geradezu widerstreitend mit dieser Bedingung bemerken wir, daß um 10 Uhr Morgens — wo die Intensität am geringsten ist — die Declination am schnellsten sich bewegt. Wir müssen daraus schließen, daß die hier wirkenden Einflüsse besondern Bedingungen, für die uns keine Analogie bekannt ist, unterworfen sein müssen. *)

252. Tägliche Bewegung an verschiedenen Puncten der Erde. Die Größe und Form der täglichen Bewegung ist nicht blos nach den Jahreszeiten verschieden, sondern hängt auch von der geographischen Position ab: einigen Begriff von der vorkommenden Verschiedenheit gibt folgende Tabelle:

Beobachtungs-Ort.	Declination (Minuten)		H. Intensität (Zehntausendstel)	
	Sommer	Winter	Sommer	Winter
München	9',34	6',37	16,08	5,76
Petersburg	10,07	5,88	14,21	10,32
Greenwich	8,16	7,02	25,63	6,90
Catherinenburg	8,43	3,89	7,68	4,10
Barnaul	7,34	2,96	—	—
Nertschinsk	7,51	2,53	—	—
Toronto	10,70	6,64	22,30	13,76
St. Helena	4,06	3,03	15,62	16,82
Vandiemens-Insel	11,28	5,71	18,95	10,60

Wie die Größe der täglichen Bewegung von der Länge und Breite des Ortes oder von den magnetischen Constanten abhängt, wissen wir jetzt noch nicht: um ein Gesetz in dieser Beziehung zu ermitteln, sind die vorhandenen Bestimmungen weder zahlreich noch vollständig genug.

253. Tägliche Periode, 5 Jahre zu- und 5 Jahre abnehmend. Eine der merkwürdigsten Eigenthümlichkeiten der täglichen Bewegung ist das periodische Zu- und Abnehmen, wovon folgende Bestimmungen der Declinations-Bewegung in München **) als Beispiel dienen können:

---

*) Es ist bemerkenswerth, daß auch bei den unregelmäßigen magnetischen Bewegungen ein ähnliches Verhältniß sich zeigt: die Declinations-Aenderungen und die Aenderungen der Kraft haben keinen Zusammenhang. Was die Inclination betrifft, so hängt sie sowohl bei der täglichen Bewegung, als bei den Störungen sehr eng mit der Kraft zusammen.

**) Die ersten Jahre in der hier gegebenen Tabelle sind aus den Göttinger Beobachtungen berechnet, unter der Voraussetzung, daß die Bewegung in München um $^1/_{10}$ kleiner sei, als in Göttingen.

Jahr.	Größe der Declinations-Bewegung.	Jahr.	Größe der Declinations-Bewegung.
1835	8,62	1843	7,15
1836	11,11	1844	6,61
1837	11,04	1845	8,13
1838	11,47	1846	8,81
1839	9,93	1847	9,55
1840	8,92	1848	11,15
1841	7,82	1849	10,64
1842	7,08	1850	10,44

Ich habe die früheren magnetischen Beobachtungen von Beaufoy in Bushy Heath (1813—1820) und Cassini in Paris (1783—1788) mit den Münchener Bestimmungen zusammengestellt, und daraus erkannt, daß man ein stetiges Zu- und Abnehmen der Declinationsbewegung in einem regelmäßigen Cyclus von $10^1/_3$ Jahren annehmen muß. Die obigen Zahlen schließen sich diesem Cyclus in sehr befriedigender Weise an, zeigen jedoch zugleich, daß auch zufällige Ursachen mitwirken, wie es bei allen magnetischen Erscheinungen wahrscheinlich der Fall ist.

Ich habe ferner Kreil's Beobachtungen in Mailand in den Jahren 1836 und 1837 mit den neueren verglichen, und glaube annehmen zu dürfen, daß auch in der Intensität des Erdmagnetismus ein ähnlicher Cyclus vorhanden sein wird. Zur genaueren Feststellung dieser Thatsache bedürfen wir aber vorerst einer länger fortgesetzten Beobachtungsreihe um so mehr, als wir aus älterer Zeit gar keine Intensitätsbeobachtungen besitzen.

254. Hansteen's 19jährige Periode der Intensität. Seit 1820 hat Hansteen von Zeit zu Zeit in Christiania die horizontale Intensität des Erdmagnetismus mittelst der Schwingungen eines kleinen cylindrischen Magnets, dessen Kraft als constant vorausgesetzt werden kann, bestimmt. Als er nun nach 20jähriger Beobachtung die Zahlen zusammenstellte, bemerkte er darin eine Periode, die mit der Bewegung der Mondknoten etwas Uebereinstimmendes zu haben schien. Die genaue Rechnung bestätigte die Uebereinstimmung in auffallender Weise, und Hansteen hat eine Erklärung in dem Umstande gesucht, daß der Mond ein Schwanken der Erdaxe hervorbringt, was eine veränderte Vertheilung der Wärme an der Erdoberfläche, und insbesondere eine veränderte Lage der heißen Zone zur Folge hat.

255. Magnetische Störungen. Obwohl die magnetischen Störungen in neuester Zeit die Aufmerksamkeit der Physiker in hohem Grade beschäftiget haben, so kann man doch nicht sagen, daß es bisher gelungen wäre, über die Entstehung oder den Verlauf derselben etwas, den Bedingungen einer Theorie Entsprechendes, zu ermitteln. Die vorzüglichsten Eigenthümlichkeiten, die man bisher erkannt hat, können unter folgende Punkte eingereiht werden:

1) Die magnetische Kraft erleidet unaufhörlich Aenderungen von verschiedenem Betrage, die alle von ähnlichen Ursachen hervorgerufen zu sein scheinen. Nur die größern dieser Aenderungen werden gewöhnlich als magnetische Störungen oder Stürme zum Gegenstande genauer Untersuchung gemacht;

2) die Störungen haben ihre tägliche Periode, und man kann sagen, daß die störenden Kräfte eben so wie der regelmäßige Einfluß der Sonne, eine alle 24 Stunden wiederkehrende Bewegung im Erdmagnetismus hervorbringt, mit dem Unterschiede jedoch, daß der Erfolg einen Tag mehr, einen andern Tag weniger kräftig hervortritt. Jede Tageszeit hat demnach ihre vorherrschende Störungsweise, und zwar stellen sich in der Regel die Störungen nur als eine Verstärkung der täglichen Bewegung dar. So finden wir, daß, wenn die Declination in ihrer westlichen Bewegung begriffen ist, sie durch die störende Kraft einen Impuls nach Westen, und wenn sie in östlicher Bewegung ist, einen Impuls nach Osten erhält;

3) es zeigt sich noch eine Analogie mit den täglichen Bewegungen darin, daß die Declination und Horizontal-Intensität sich gewöhnlich nicht gleichzeitig stark bewegen, sondern das eine Element sich am schnellsten ändert, wenn das andere seinen größten oder kleinsten Betrag erreicht hat. Einen Zusammenhang hat übrigens die Declination mit den übrigen Elementen nicht; wohl aber zeigt sich zwischen der Inclination und Intensität ein ganz strenges Abhängigkeitsverhältniß, worüber Näheres noch nicht ermittelt ist;

4) die magnetischen Störungen pflanzen sich in unmeßbarer Zeit über die ganze Erdoberfläche aus, und werden überall gleichzeitig wahrgenommen, äußern sich aber nicht auf gleiche Weise und haben nicht gleichen Verlauf;

5) die Größe der Bewegungen nimmt allmälig zu vom Aequator gegen den Nord- und Südpol hin: in der Aequatorial-Zone selbst trifft man nur geringe Bewegungen an;

6) wir haben unter 2) angegeben, daß die Größe sowohl als die Richtung der Bewegung mit der Tageszeit zusammenhängt; theils aus diesem Grunde, theils wegen eigenthümlicher Abhängigkeit von der geographischen Länge gestalten sich die Störungen in östlich und westlich gelegenen Orten verschieden, jedoch ist der Uebergang nur allmälig.

7) wenn eine große Störung eintritt, so wird bei der Declination eigentlich nur ein Schwingen um die Mittelrichtung hervorgebracht, und die mittlere Declination der Störungstage weicht von dem sonstigen Mittelstande nicht ab. Anders verhält es sich mit den übrigen magnetischen Elementen: jede große Störung hat eine Verminderung der Horizontal-Intensität und eine Vergrößerung der Inclination zur Folge, und gewöhnlich dauert es mehrere Tage, bis der mittlere Stand wieder zurückkehrt. Damit steht auch der oft schon wahrgenommene Umstand in Zusammenhang, daß eine Störung von großem Betrage noch an den folgenden Tagen, aber immer früher eintretend, und immer an Kraft abnehmend, sich wiederholt.

256. Bemerkungen über Entstehung und Form magnetischer Störungen. Zur Erläuterung der obigen Sätze will ich noch einige specielle Angaben beifügen.

So wichtig auch die magnetischen Störungen für die Theorie sind, so würden sie schwerlich so sehr die Aufmerksamkeit gefesselt haben, hätten sie nicht etwas Eigenthümliches, ich möchte sagen, etwas Magisches, insoferne als sie durch unsichtbare Kräfte hervorgerufen werden, wovon keine Spur in den sonstigen Natur-Erscheinungen sich vorfindet. Gewöhnlich ist die Bewegung der Nadel sehr ruhig und langsam, so zwar daß in der Regel die Richtung niemals über 2 Minuten, und die Kraft kaum über den fünftausendstel Theil in Zeit einer Stunde sich ändert: plötzlich tritt eine Unruhe im Stande der Instrumente ein, und nun fangen die Nadeln ihre anscheinend ganz regellosen Be-

wegungen an, die sie oft mit solcher Schnelligkeit durchmachen, daß es unmöglich wird, sie zu verfolgen.*)

Um von der eigenthümlichen Gestaltung der magnetischen Bewegungen einigen Begriff zu geben, habe ich in Fig. 87 den Raum verzeichnet, in welchem sich das Nordende der Nadel in München, während der Störung vom 24. Sept. 1847 bewegt hat. Um 3 Uhr 9 Minuten Abends trat die Nadelspitze in diesen Raum bei a ein, war 14 Minuten später bei d', gelangte von da um 4 Uhr 28 Minuten über z nach b, traf um 4 Uhr 56 Minuten bei b', um 5 Uhr 2 Minuten bei c und 2 Minuten darauf bei c' ein, eilte dann schnell in verschiedenen Krümmungen nach d, bewegte sich über e nach f, wo sie um 6 Uhr 29 Minuten sich befand, von da kam sie in 2 Minuten nach g, war um 7 Uhr bei h, und trat etwas vor 9 Uhr bei z aus der Figur heraus. Es gibt dieß allerdings von den Bewegungen der Nadel nur ein sehr unvollständiges Bild; um den Weg selbst, den die Nadelspitze beschrieben hat, darzustellen, wäre eine Zeichnung in großem Maßstabe nothwendig, wie Kreil im III. Bande seines Prager Jahrbuches von der Störung vom 29. und 30. Mai 1840 gegeben hat; und selbst in solchem Falle können nur die Hauptbewegungen dargestellt werden; es ist schon bei der Beobachtung unmöglich, alle kleinen Ausbeugungen, insbesondere das Wellenartige**), was in allen magnetischen Aenderungen wahrgenommen wird, zu verfolgen und aufzuzeichnen.

Man hat sich bemüht, in den magnetischen Störungen gewisse Perioden zu erkennen; ich halte es nicht für unwahrscheinlich, daß es solche gibt, jedoch nicht mit streng bestimmten Zeitintervallen, sondern es sind die Perioden etwa von der Art, wie bei der Wiederkehr der Aequinoctial- und Solstitial-Stürme, mit denen vielleicht ein Zusammenhang stattfinden möchte; wenigstens habe ich die größten Störungen bisher im April und Juli und dann im September oder Oktober beobachtet. Der Winter ist überhaupt die Zeit der magnetischen Ruhe und hat zwar eben so viele kleine, aber entschieden weniger große Störungen, als der Sommer.

257. Magnetische Störungen überall gleichzeitig; Bewegungen nicht parallel. Während die magnetischen Beobachtungen nur auf einen mäßigen Theil des mittleren Europa sich ausdehnten, hatte sich ziemlich allgemein die Ansicht geltend gemacht, daß wenn eine Störung eintritt, sie überall in demselben Augenblicke durch eine übereinstimmende Bewegung sich offenbare. Als später eine genauere Untersuchung vorgenommen wurde,

---

*) Ich habe selbst Aenderungen der Declination von 10 Bogen-Minuten, in einer Minute Zeit gesehen. In unsern Gegenden kommt jedoch eine so rasche Bewegung außerordentlich selten vor. In den Polar-Regionen dagegen ist es oft der Fall, daß die Bewegung der Instrumente nicht mehr genau beobachtet werden kann. Bravais und seine Gefährten bei der französischen Nord-Expedition 1838—39 haben wiederholt hievon sich zu überzeugen, Gelegenheit gehabt. Schon in Petersburg und Sitka sind sehr rasche Bewegungen nicht selten.

**) Ein gleichförmiges Zu- oder Abnehmen tritt bei den magnetischen Elementen niemals ein, sondern die Aenderung kommt schubweise zu Stande, so daß nach jedem Schub eine kleine rückgängige Bewegung erfolgt. Man wird dabei lebhaft an die Ebbe und Fluth des Meeres erinnert, wo jede folgende Welle etwas weiter kommt, als die vorhergehende, und zwischen je zwei Wellen ein Zurückweichen des Wassers stattfindet. Die magnetischen Wellen sind übrigens ebenso wenig wie die Meereswellen einander gleich; wahrscheinlich werden sie auch nach der geographischen Position verschieden sein. Bei uns dauert der Vorübergang einer magnetischen Welle zwischen 3 und 15 Sekunden. Diese merkwürdige Eigenthümlichkeit der magnetischen Kraft habe ich im Jahre 1841 erkannt, als ich magnetische Instrumente von neuer Construction, und mit sehr leichten luftdicht eingeschlossenen Nadeln versehen, aufgestellt hatte; mit den früher gebrauchten schweren Stäben konnten Bewegungen von so kurzer Dauer nicht beobachtet werden.

und Beobachtungen von entfernteren Punkten verglichen werden konnten, mußte jene Ansicht dahin berichtiget werden, daß selbst in nahen Orten zu derselben Zeit nicht genau dieselben Bewegungen wahrgenommen werden, an sehr entfernten Punkten dagegen die Aehnlichkeit gänzlich verschwindet. Auch die Ansicht, wornach jede Störung von einer bestimmten Quelle ausgehen und über die Erdoberfläche sich verbreiten soll, scheint mir nicht begründet, vielmehr halte ich dafür, daß die Aenderungen des Erdmagnetismus zu Stande kommen, wie die eines Magnetstabes. Wird an irgend einer Stelle einem Magnetstabe ein Theil der Kraft entzogen, so gleicht sich die übrig bleibende Kraft augenblicklich im ganzen Stabe wieder aus. Man kann nicht das eine Ende eines Magnets schwächen und dabei dem andern Ende seine ursprüngliche Kraft erhalten; es wird bei jeder vorkommenden Aenderung eine Art magnetisches Gleichgewicht im Augenblicke wieder hergestellt. Es ist dieß ganz etwas Anderes, als eine Strömung, und läßt sich weit leichter als eine Strömung mit den Verhältnissen der Erdkugel vereinbaren; zugleich wird dadurch begreiflich gemacht, wie jede Aenderung, die am Nordpol vorgeht, gleichzeitig am Südpol sich offenbaret *). Hiemit wäre eine strenge Gleichzeitigkeit vorausgesetzt, da aber dennoch die Beobachtung gezeigt hat, daß die gleichzeitigen Bewegungen verschiedener Orte von einander immer mehr oder weniger abweichen, oft sogar eine gänzliche Verschiedenheit sich zeigt, so sind wir genöthigt, anzunehmen, daß in den magnetischen Bewegungen Modificationen stattfinden, die theils in der Natur und Entstehungsweise der Störungen selbst, theils in der geographischen Position und andern Oertlichkeits-Verhältnissen ihren Grund haben können.

258. Modificationen von Süd nach Nord. — Wir wollen nun sehen, was aus den bisherigen Beobachtungen hinsichtlich dieser Modificationen zu entnehmen ist, und zwar betrachten wir zuerst die Modificationen von Nord nach Süd, dann jene von Ost nach West, und beschränken uns für's Erste blos auf die Declination.

In Fig. 88 sieht man die am 28. Aug. 1841 um 1 Uhr Morgens eingetretene Störung graphisch dargestellt, woraus die in demselben Meridian vorkommenden Modificationen sich deutlich nachweisen lassen. Geht man vom Aequator aus gegen Norden oder Süden, so nehmen die Bewegungen stetig an Größe zu; die Form bleibt dabei im Wesentlichen ungeändert. Die südlichen und nördlichen Stationen scheinen auf den ersten Anblick nicht übereinzustimmen, es stellt sich indessen eine vollkommene Harmonie her, sobald man wahrgenommen hat, daß in Süden die Bewegungen eine entgegengesetzte Richtung nehmen. Es ist dieß ein ähnliches Verhältniß, wie wir bereits bei der täglichen Bewegung (§. 250) nachgewiesen haben. Man wird bemerken, daß, je weiter man vom Aequator sich entfernt, desto mehr Abweichungen in der Form sich zeigen. Es haben keine sehr weit gegen Norden oder Süden gelegenen Stationen bei dieser Terminbeobachtung mitgewirkt, und wir wissen nicht, welche Form die Störung gegen die Pole hin angenommen hat; indessen ist aus sonstigen Beobachtungen bekannt, daß in den Polar-Gegenden die Störungen eine außerordentliche Größe erlangen, und ihre Form gänzlich ändern.

---

*) Bei einem Magnet werden beide Pole zugleich stärker oder beide schwächer: bei der Erde nehmen wir gerade das Gegentheil wahr, denn wenn im Norden die Intensität zunimmt (bei der täglichen Bewegung, wie bei den Störungen), nimmt sie in Süden ab. Dieser Widerspruch ist ohne Zweifel nur scheinbar und dahin zu erklären, daß entweder der Indifferenzpunkt des Erdmagnetismus, oder die Lage der magnetischen Axe, oder beide zugleich sich ändern.

Hinsichtlich der Größe der Störungen habe ich ein merkwürdiges Gesetz aus den Beobachtungen abgeleitet. Es gibt nämlich für Europa eine bestimmte „Störungsscala", wornach, wenn in Mailand eine Bewegung von 10′ statt findet, die correspondirenden Bewegungen in München 11′, in Krakau 12′, in Breda 16′, in Göttingen 18′, in Copenhagen 22′ u. s. w. betragen werden. Nach Bravais würde in Boßkop die Scalenzahl 55′ sein, jedoch wird die Form hier schon meistens bis zur Unkenntlichkeit verändert.

259. Modificationen von Ost nach West. Bei Untersuchung der Modificationen, die von Ost nach West eintreten, muß man zuerst den oben angeführten Erfahrungssatz berücksichtigen, wornach an jedem einzelnen Orte die Richtung und Häufigkeit der Störungen von der Tageszeit abhängt, und die Bewegung in der Regel nach demselben Sinne wie die tägliche Bewegung geht. Gesetzt, es wären die Störungen blos eine Verstärkung der täglichen Bewegung, und es trete bei uns eine Störung gegen Abend ein, so wird sich die Nadel östlich bewegen: den Nachmittagsstunden bei uns entsprechen die Vormittagsstunden in Amerika, dort also müßte die Nadel eine westliche Bewegung machen. In der That zeigen die Beobachtungen von Toronto, verglichen mit den Europäischen, daß dieß sehr häufig der Fall ist, und hätten wir Stationen zwischen Toronto und Europa, so müßten solche darunter sich befinden, wo weder eine westliche noch östliche Bewegung vorkäme. Man begreift leicht darnach, daß die Störungen von Ost nach West weit stärker als von Nord nach Süd modificirt werden. Die Tageszeit erklärt übrigens nur zum Theil die verschiedene Gestaltung der Störungen unter verschiedenen Meridianen, und es scheint gleichzeitig noch eine andere und mächtigere Ursache mitzuwirken, welche von Ost nach West die Störungen in ähnlicher Weise modificirt, wie sie dem Obigen gemäß von Nord nach Süd modificirt werden. Stellt man die gleichzeitigen Beobachtungen von Petersburg, Katherinenburg, Barnaul, Nertschinsk, Sitka, Makerstoun, die sämmtlich in der Nähe der Parallele von 55° sich befinden, neben einander, so findet man, daß, wenn in Petersburg eine große Störung eintritt, wie es häufig der Fall ist, in Katherinenburg die Nadel nach derselben Richtung sich bewegt, aber einen weit kleinern Weg zurücklegt: in Barnaul und Nertschinsk geht zwar die Bewegung noch immer in gleichem Sinne, nähert sich aber schon dem Verschwinden: weiter östlich verschwindet sie wahrscheinlich gänzlich, um in Sitka wieder aufzutauchen, aber in entgegengesetztem Sinne: endlich zeigt sich in Makerstoun die Störung wieder in der ursprünglichen Gestalt, nur weniger intensiv als in Petersburg. Fast alle größern Störungen offenbaren sich ganz in der hier beschriebenen Weise, und ich halte es für höchst wahrscheinlich, daß es nicht verschiedene Störungsquellen gebe, sondern alle Störungen dieselbe Entstehungsweise und denselben Verlauf haben, wobei sie jedoch, wie oben bereits angegeben ist, durch die Tageszeit modificirt werden.

Es scheint mir zweckmäßig, hier eine Bemerkung noch beizufügen, die mit dem Vorhergehenden in engem Zusammenhange steht. Man hat mehrere Arten von Störungen unterschieden: als Störungen, die durch große Bewegung, Störungen, die durch einen hohen oder tiefen Stand ohne beträchtliche Bewegung; Störungen, die durch plötzliche Stöße; Störungen, die durch ein beständiges Zittern, aber ohne eine bedeutende Abweichung vom gewöhnlichen Stande sich äußern. Ich halte indessen dafür, daß dieß nicht verschiedenartige Störungen, sondern Modifikationen derselben Störung sind, die in der Tageszeit und in der geographischen Ortsposition ihren Grund haben, also in den vorhergehenden Kategorien eingeschlossen sind. Uebereinstimmend mit

dieser Ansicht finde ich auch, daß in Aequatorialgegenden, z. B. in St. Helena und Trevandrum die Störungen überhaupt durch einen hohen oder tiefen Stand sich kund geben, während in Norden und Süden große Bewegungen sich zeigen: ebenso kann man nachweisen, daß eine große Bewegung in einem Orte, sich an einem andern Orte, wo die Verhältnisse eine große Bewegung nicht zulassen, durch beständige Unruhe ausdrückt, was namentlich bei Petersburg und Nertschinsk der Fall ist.

Aus diesen Gründen habe ich nicht geglaubt, die Störungen nach der Art, wie sie sich darstellen, classificiren zu müssen.

Das Vorhergehende gilt nur von der Declination; von den Störungsgesetzen der übrigen Elemente ist wenig oder gar nichts bekannt. Zwar ist uns zur Untersuchung der Horizontalintensität eine ziemlich ausgedehnte Grundlage durch die Terminbeobachtungen gegeben, und wir entnehmen daraus, daß die Bewegungen der Horizontalintensität in demselben Meridian eben so viele Aehnlichkeit haben, wie jene der Declination, und erst in den Polargegenden die Aehnlichkeit nach und nach verschwindet; wir entnehmen ferner daraus, daß die Störungen der Intensität in so ferne eine Analogie mit denen der Declination haben, als sie in beiden Hemisphären in entgegengesetztem Sinne sich äußern.

Eine weitere Untersuchung verspricht indessen wenig Erfolg, weil die Horizontalintensität kein unabhängiges Element ist, sondern mit der Inclination in enger Verbindung steht. Zum Theile diesem Umstande, zum Theile den eigenthümlichen Verhältnissen der Kraft selbst mag es zuzuschreiben sein, daß die Modificationen, welche die Störungen der Horizontalintensität im Sinne der Parallelkreise von Ost nach West erleidet, noch weit weniger Zusammenhang zeigen, als jene der Declination, und jetzt noch kein Gesetz in dieser Hinsicht sich nachweisen läßt. Es ist überhaupt kaum möglich, in der Untersuchung der Störungen weiter fortzuschreiten, bis wir nicht vollständigere Beobachtungen, d. h. solche, die alle drei Elemente, Declination, Intensität und Inclination zugleich umfassen, von den verschiedenen Stationen erhalten.*)

260. Tägliche Periode der Störungen. — Betrachtet man jeden einzelnen Ort für sich, und hebt die größern Abweichungen heraus, so läßt sich entscheiden, in wie weit sie mit der Tageszeit einen Zusammenhang haben. Meines Wissens ist diese Untersuchung bisher nur für München vollständig, und für Toronto zum Theile ausgeführt. Folgende Tabelle gibt die Resultate, so weit sie vergleichbar sind:

---

*) Zur Messung der Inclinationsänderungen gibt es bisher nur ein geeignetes Hülfsmittel, das Inclinationsinstrument von Lloyd: es ist erst nach der ursprünglichen Einrichtung der magnetischen Observatorien construirt worden, und die nachträgliche Aufstellung hat, besonders in den entlegenen Russischen Observatorien vielen Aufenthalt gefunden. Dieß ist um so mehr zu bedauern, als die Inclination gerade das wichtigste Element ist, und keine Bestimmung hinsichtlich des Sitzes der magnetischen Störungen ohne Kenntniß der Inclinationsänderungen erlangt werden kann. Aus den Münchener Beobachtungen habe ich bereits ein merkwürdiges Gesetz abgeleitet, das sich am einfachsten so ausdrücken läßt: die Aenderungen der Horizontalkraft sind genau zweimal so groß, wie die Aenderungen der Totalkraft. Aus dieser Bestimmung läßt sich schließen, in welcher Richtung die störende Kraft selbst liegt, und als Resultat finden wir, daß sie $43^1/_2$ Grad unter dem nördlichen Horizont, in der Ebene des magnetischen Meridians zu suchen ist. Diese Richtung ist so nahe senkrecht auf die Erdaxe oder parallel mit dem Aequator, daß man jedenfalls berechtiget ist, einen Zusammenhang hier zu vermuthen, über welchen die Beobachtungen nördlicher Stationen, sobald wir solche besitzen, sogleich eine Entscheidung möglich machen werden.

Stunde.	Declination.				Horizontal-Intensität.			
	Ueberschuß östl. oder westl. Störungen nach Procenten.		Mittlerer Einfluß (Minuten)		Ueberschuß vermehrender oder vermindernder Störungen nach Procenten		Mittlerer Einfluß (Zehntausendstel)	
	Toronto	München.	Toronto	München.	Toronto	München	Toronto	München
			1	1				
2h Morg.	westl. 2	östl. 29	— 0,03	— 0,22	vermind. 44	vermind. 6	— 1,6	— 0,27
4	„ 7	westl. 11	+ 0,02	+ 0,01	„ 39	„ 7	— 1,7	— 0,23
6	„ 70	„ 28	+ 0,18	+ 0,18	„ 41	„ 8	— 1,3	— 0,35
8	„ 64	„ 40	+ 0,40	+ 0,19	„ 12	„ 2	— 1,1	— 0,23
10	„ 68	„ 31	+ 0,20	+ 0,16	„ 13	„ 3	— 1,0	— 0,26
12 Mittg	„ 40	„ 16	+ 0,05	+ 0,10	„ 12	„ 1	— 0,3	— 0,43
2	„ 43	„ 16	+ 0,04	+ 0,16	„ 28	„ 1	— 0,2	— 0,58
4	östl. 14	„ 2	— 0,01	0,00	„ 47	„ 14	— 0,1	— 0,68
6	„ 36	— 0	— 0,17	— 0,14	„ 64	„ 15	— 0,4	— 0,82
8	„ 65	östl. 50	— 0,41	— 0,33	„ 65	„ 5	— 0,7	— 0,49
10	„ 83	„ 60	— 0,49	— 0,41	„ 64	„ 3	— 0,9	— 0,18
12 Nacht	„ 63	„ 14	— 0,22	— 0,30	„ 71	„ 10	— 0,8	— 0,21

Es zeigt sich bei der Declination eine höchst merkwürdige Uebereinstimmung, und wir gelangen zu dem Resultate, daß die Störungen in ganz gleicher Weise zu denselben Tageszeiten in Amerika wie in Europa eintreten, und in beiden Welttheilen ungefähr denselben Einfluß ausüben.*)

Wenn man den Umstand berücksichtiget, daß die Störungen ebenso wie die tägliche Bewegung überall in gleicher Weise nach der Tageszeit sich richten, so scheint es sehr natürlich, auf die Idee zu kommen, daß die störende Ursache eben so wie die Ursache, welche die tägliche Periode zur Folge hat, um die Erde herumgehe, so daß dieselbe Bewegung, die bei uns zu Mittag eintritt, an dem gegenüberliegenden Punkte der Erde erst 12 Stunden später ankommt. Diese Idee ist denn auch mehrfach schon ausgesprochen worden, gewöhnlich in der Weise, daß man zwei Klassen von Störungen unterschied, solche nämlich, die nach der Tageszeit hervortreten, und solche, die überall sich gleichzeitig zeigen: unterdessen bin ich durch eine Vergleichung der Münchener Beobachtungen mit denen von Toronto zu dem unzweifelhaften Resultate gelangt, daß die sämmtlichen Störun-

*) Wie die Verhältnisse in den Polar-Regionen sich gestalten, zeigt folgende Tabelle, welche für das Winterhalbjahr die Resultate der französischen Nordpol-Expedition neben den Münchener Beobachtungen darstellt:

Mittlerer Einfluß der Störungen auf die Declination im Winterhalbjahr.

	München	Boßkop
Morg. 2 u	+ 0',24	+ 26',90
4	— 0,02	+ 35,50
6	— 0,15	+ 5,50
8	— 0,18	— 0,60
10	— 0,18	— 0,80
Mittgs. 12	— 0,16	— 2,30
2	— 0,17	— 2,60
4	+ 0,13	— 9,90
6	+ 0,25	— 14,34
8	+ 0,43	— 9,10
10	+ 0,50	— 19,80
Mittern. 12	+ 0,35	— 21,25

Es folgt hieraus, übereinstimmend mit §. 258, daß die Störungen in Norden weit größer sind, als gegen den Aequator; ob in der Periode wirklich einiger Unterschied bestehe, wie die obigen Zahlen andeuten, möchte ich nicht als entschieden betrachten, bis wir nicht durch fernere Beobachtungen eine Bestätigung erhalten.

gen an beiden Stationen zu derselben Zeit, aber mit bestimmten Modificationen eintreten, daß es also Störungen, deren Entstehung von der Tageszeit abhängt, nicht gibt. Im Ganzen scheint mir, daß man den bisher beschriebenen Eigenthümlichkeiten am leichtesten entsprechen würde durch die Hypothese, daß die magnetischen Störungen durch electrische Entladungen veranlaßt sind, die von Zeit zu Zeit und zwar in kurzen Intervallen und immer in gleicher Weise sich ereignen, und an allen Punkten der Erdoberfläche gleichzeitig — nach der Tageszeit und Oertlichkeit modificirt — sich zeigen.

Wenden wir uns von der Declination zu der Untersuchung der Horizontal-Intensität, so zeigt die obige Tabelle sogleich, daß die beiden Elemente ganz verschiedenen Bedingungen unterliegen. Zwar geht in Amerika wie in Europa der Einfluß der Störungen durchgängig dahin, die Horizontal-Intensität (und nach §. 259 Note, die ganze Intensität um den halben Betrag) zu vermindern, auch zeigt sich in beiden Welttheilen eine regelmäßige 24stündige Periode, aber weder der Betrag überhaupt, noch der Gang der Periode, noch die Wendepunkte sind dieselben. Daß ein allmäliger Uebergang von einem Meridian zum andern, wie von einer Parallele zur andern, stattfindet, kann kaum bezweifelt werden: die Gesetze, wornach sich dieser Uebergang richtet, lassen sich aus den bis jetzt vorhandenen Materialien nicht nachweisen.

261. Zusammenhang magnetischer Störungen mit andern Erscheinungen. — Bei der völligen Unkenntniß, in welcher wir uns hinsichtlich des Ursprunges der magnetischen Störungen befinden, ist es natürlich, daß manche — größtentheils fruchtlose — Versuche gemacht worden sind, einen Zusammenhang mit andern Erscheinungen zu entdecken oder nachzuweisen. Leitet man die magnetischen Bewegungen überhaupt von atmosphärischen Einflüssen her, so wäre zu erwarten, daß außergewöhnliche atmosphärische Zustände — große Hitze und Kälte, große Trockenheit, und anhaltender Regen, Stürme und Gewitter — auch in den magnetischen Bewegungen eine Wirkung zeigen müßten. Obwohl es nun entschieden ist, daß jeder einzelnen atmosphärischen Störung im Allgemeinen ein Einfluß auf den Erdmagnetismus nicht zugeschrieben werden kann, so möchte ich doch allen Zusammenhang nicht geradezu läugnen, insbesondere habe ich schon sehr häufig gefunden, daß großen Witterungs-Aenderungen eine magnetische Störung vorangegangen ist.

Was insbesondere große Stürme und Gewitter betrifft, so hat man vermuthet, daß sie wegen der dabei vorgehenden electrischen Ausgleichung Einfluß auf die Magnete haben könnten. Alle neuern Beobachter stimmen indessen darin überein, daß ein solcher Einfluß nicht vorhanden sei. Auch bei den stärksten Gewittern zeigen die Magnetometer keine außergewöhnliche Bewegung: insbesondere kann ich die Thatsache hier anführen, daß ich im Jahre 1842 gerade in dem Augenblicke beobachtete, als der Blitz in der Nähe des Observatoriums auf freiem Felde einschlug, und keine besondere Bewegung wahrnehmen konnte.

Kreil hat viele Fälle zusammengestellt, wo magnetische Störungen mit Erdbeben zusammentrafen; darnach hält er einen Zusammenhang beider Erscheinungen für wahrscheinlich. Ein höchst merkwürdiger Fall ist mir selbst in dieser Hinsicht vorgekommen. Am 18. April 1842 um 10 Minuten nach 9 Uhr Morgens sah ich zufälliger Weise bei dem Declinations-Instrumente nach, als die Nadel plötzlich einen Stoß erhielt, daß die Scala aus dem Gesichtsfelde des Fernrohrs hinausfuhr; die Schwingungen dauerten einige Zeit fort, und endlich stellte sich die gewöhnliche Ruhe wieder her. Einige Tage später erhielt ich Nachricht von Colla in Parma, daß er heftige Oscillationen der Nadel beobachtet habe, und die Vergleichung zeigte, daß die Bewegung in Parma in demselben

Augenblicke, wie in München, eintrat. Kurze Zeit darnach wurde der Bericht eines französischen Ingenieurs über ein heftiges Erdbeben, welches er in Griechenland beobachtet hatte, bekannt gemacht, und nun ergab sich, daß das Erdbeben in derselben Minute stattgefunden hatte, wo die heftige Bewegung der Nadel in Parma und München bemerkt worden war. Hält man diesen Fall mit den vielen von Kreil und Colla gesammelten Thatsachen zusammen, so läßt sich kaum an dem Vorhandensein einer engern Verbindung zweifeln, wobei jedoch unentschieden bleibt, ob die eine Erscheinung die andere zur Folge hat, oder beide von einer gemeinschaftlichen Quelle ausgehen.

Am meisten haben sich die Physiker bemüht, den oben schon erwähnten Zusammenhang der magnetischen Störungen mit den Polar-Lichtern festzustellen, und näher zu bestimmen. Bisher ist es jedoch nicht gelungen, bestimmte Merkmale an den Polar-Lichtern zu erkennen, von welchen die Bewegungen der Magnetnadel (Zu- oder Abnahme des Richtungswinkels und der Kraft) abhängen sollten. Die Polarlichter erscheinen in verschiedener Gestalt, an verschiedenen Stellen des Himmels, mit verschiedener Ausdehnung: welche Wirkung diese Umstände haben, oder ob sie einen constanten Erfolg hervorbringen, ist jetzt noch gänzlich unbekannt. Auch muß man nicht unbeachtet lassen, daß Polar-Lichter vielleicht zum Theile als locale Erscheinungen zu betrachten sein möchten, denn sie werden an einem Punkte der Erdoberfläche beobachtet, während an andern Punkten, und zwar in nicht gar zu großer Entfernung keine Spur wahrzunehmen ist; damit ist ein wesentlicher Unterschied zwischen ihnen und den magnetischen Störungen, die entschieden allgemeine Erscheinungen sind, ausgesprochen. Man wird es hiernach sehr begreiflich finden, wenn die Physiker, während sie zwischen den Polarlichtern und den magnetischen Störungen einen Zusammenhang anerkennen, doch verschiedene Ansichten über die Art des Zusammenhanges hegen. Viele glauben sogar, daß die beiden Phänomene blos Aeußerungen derselben wirkenden Ursache seien, ohne sich gegenseitig näher zu bedingen.

Schluß.

Die magnetische Kraft der Erde bildete sonst ein Kapitel der Physik, dem man eben besondere Wichtigkeit zuzuschreiben nicht gewohnt war. In neuester Zeit hat dieses Verhältniß aufgehört, und man muß den Erdmagnetismus jetzt, gleich der Meteorologie, als eigenes Fach betrachten. In so ferne erscheint die Lehre vom Erdmagnetismus als eine neue physikalische Disciplin, sie trägt auch alle Merkmale der Neuheit an sich. Eine einfache und präcise Grundlage vermissen wir darin gänzlich, und die an sich gewiß höchst merkwürdigen Erfahrungs-Resultate bilden isolirte Facta, die theils wegen der Kürze der Zeit, theils wegen sonstiger Unbestimmtheit nicht aneinander angeknüpft werden können. Unterdessen haben wir gesehen, daß durch die großartige Einrichtung der magnetischen Observatorien für zweckmäßige Ansammlung der nöthigen Beobachtungs-Data gesorgt ist; andererseits treffen wir, wo es um theoretische Entwicklung sich handelt, nirgends Schranken an, die unübersteiglich schienen; vielmehr eröffnet sich überall Aussicht auf eine nahe Enträthselung der jetzt noch unaufgelösten Probleme, gerade in dem Maße, als es nöthig scheint, um den Eifer der Forscher aufs kräftigste zu spornen. Unter so günstigen Umständen kann es kaum fehlen, daß in der Lehre vom Magnetismus der Erde schon nach wenigen Jahren die meisten der jetzt vorhandenen Lücken verschwinden werden.

Tabellarische Zusammenstellungen.

Tabelle I. Namen und Zeichen der Planeten.

☿	Merur.		Egeria.
♀	Venus.	⚵	Asträa.
♁	Erde.	⚳	Juno.
♂	Mars.	⚴	Ceres.
⚸	Flora.	⚶	Pallas.
	Victoria.		Hygiea.
⚢	Iris.	♃	Jupiter.
⚶	Vesta.	♄	Saturn.
⚵	Metis.	♅	Uranus.
⚷	Hebe.	♆	Neptun.
	Parthenope.		

Tabelle II. Größe, Anziehung, Beleuchtung, Rotation der Körper unsers Sonnensystems,

so weit sie bisher haben bestimmt werden können.

Planeten	Scheinbarer Durchmesser	Wahrer Durchmesser	Volumen	Masse in Millionstel der Sonnenmasse	Dichtigkeit	Schwere an der Oberfläche.	Licht und Wärme	Rotations-Zeit.
								Tage h ′
Mercur	6″,7	0,391	0,060	0,493	2,94	1,15	6,67	1 0 5
Venus	16,9	0,983	0,957	2,488	0,923	0,91	1,91	0 23 21
Erde	—	1,000	1,000	2,817	1,000	1,00	1,00	0 23 56,1
Mars	5,8	0,519	0,140	0,373	0,948	0,50	0,43	1 0 37,3
Jupiter	38,4	11,225	1414,200	948,835	0,238	2,45	0,037	0 9 55,5
Saturn	17,1	9,022	734,800	285,730	0,138	1,09	0,011	0 10 29,3
Uranus	3,9	4,344	82,000	55,797	0,242	1,05	0,003	—
Neptun	(2,5)	—	—	71,430	—	—	0,001	—
Sonne	32′ 1,8	112,060	1407124,000	. . .	0,252	28,36	—	25 12 —
Mond	317,0	0,264	0,018	0,032	0,619	0,163	1,00	27 7 43,2

Tabelle III. Bahn-

für 1. Januar

Planeten.	Mittlere Entfernung von der Sonne.	Siderische Umlaufszeit in Tagen.	Mittlere Länge für 1800.	Mittlere tägliche Bewegung.	Excentricität für 1800.	Jährliche Aenderung.	Länge des Perihels für 1800.
Mercur	0,38709	87,969	112° 5′ 4″,8	4° 5′ 32″,6	0,205616	+ 0″,0063	74° 20′ 5″,8
Venus	0,72333	224,701	146 44 55,8	1 36 7,8	0,006862	— 0,1236	128 43 6,0
Erde	1,00000	365,256	100 53 29,9	59 8,3	0,016792	— 0,0903	99 30 28,6
Mars	1,52369	686,980	233 5 33,9	31 26,7	0,093217	+ 0,1885	332 22 51,2
Jupiter	5,20277	4332,585	81 54 48,6	4 59,3	0,048162	+ 0,2651	11 7 38,0
Saturn	9,53885	10759,220	123 6 29,3	2 0,6	0,056150	— 0,6403	89 8 20,0
Uranus	19,18239	30686,820	173 30 37,2	42,4	0,046611	— 0,0520	167 30 24,0
Neptun*)	30,145	60452,40	326 2 1,3	21,4	0,00505		0 12 25,5

*) Elemente nach Walker für 1. Januar 1847, 0^{u} mittl. Zeit Greenwich.

Tabelle IV. Bahn-

Planeten.	Mittlere Entfernung von der Sonne.	Siderische Umlaufszeit.	Mittlere Länge.	Mittlere tägl. Bewegung.	Excentricität.	Länge des Perihels	Neigung.
Flora	2,20272	1194,05	50° 32′ 50″,9	18′ 5″,3	0,15552	33° 19′ 26″,4	5° 53′ 59″,7
Victoria	2,3345	1302,88	65 47 23,0	16 34,7	0,21808	66 25 22,2	8 23 1,9
Iris	2,3411	1308,33	337 10 52,7	16 30,6	0,20665	45 10 9,4	5 33 32,9
Vesta	2,36148	1325,485	84 47 3,2	16 17,9	0,088560	249 11 37,0	7 7 57,3
Metis	2,38494	1344,45	144 48 3,9	16 4,0	0,11593	70 12 24,4	5 31 32,2
Hebe	2,4202	1372,09	274 54 2,6	15 42,4	0,19971	15 3 38,2	14 44 25,3
Parthenope	2,4437	1395,3	289 43 26,8	15 28,8	0,10187	312 25 50,8	4 33 36,5
Egeria	2,5719	1506,6	282 14 30,7	14 20,2	0,7704	120 13 58	16 39 25,7
Asträa	2,5768	1510,83	318 44 29,5	14 17,8	0,18796	135 20 56,5	5 19 17,1
Juno	2,66946	1593,067	74 39 43,6	13 33,7	0,255560	54 17 12,7	13 2 10,0
Ceres	2,77091	1684,735	307 3 25,6	12 49,4	0,076738	147 41 23,5	10 36 55,7
Pallas	2,77263	1686,305	290 38 11,8	12 48,7	0,241998	121 5 0,5	34 35 49,1
Hygiea	3,1218	2014,7	198 7 35,0	10 43,3	0,09393	226 39 53,9	3 46 59,1

Elemente der großen Planeten.

1800, 0ᵘ mittlere Pariser Zeit.

Jährliche Aenderung.	Größte Mittelpunkts-Gleichung.	Neigung für 1800.	Jährliche Aenderung	Länge des aufsteigenden Knotens für 1800.	Jährliche Aenderung.	Neigung gegen den Aequator.	Gerade Aufsteigung des aufsteigenden Knotens.
+ 4",815	23° 40' 43",0	7° 0' 5",9	+ 0",174	45° 57' 9",0	— 6",687	28° 45' 8"	10° 29' 40"
— 1,956	47 10,8	3 23 28,5	+ 0,047	74 51 41,0	— 17,527	24 33 21	7 53 56
+ 11,175	1 55 27,6	0 0 0	—	0 0 0,0	—	23 27 55	0 0 0
+ 15,584	10 41 33,3	1 51 6,2	— 0,020	47 59 38,0	— 22,291	24 44 24	3 17 20
+ 6,352	5 31 13,6	1 18 51,6	— 0,211	98 25 45,0	— 13,641	23 18 28	3 17 12
+ 16,018	6 26 12,1	2 29 35,9	— 0,142	111 56 7,0	— 18,901	22 38 44	6 0 59
+ 2,415	5 20 32,8	0 46 28,0	+ 0,031	72 59 21,0	— 33,197	23 41 24	1 51 12
		1 45 32,9		129 51 13,5			

Elemente der Asteroiden.

Länge des aufsteigenden Knotens.	
110° 13' 38",2	für 1. Novbr. 1847 0ᵘ mittl. Zeit, Berlin, nach Quirling
235 29 49,8	für 0 Januar 1851 mittl. Zeit, Berlin, nach Gould
260 29 44,3	für 1. Septbr. 1847 0ᵘ mittl. Zeit, Greenwich, nach Quirling und Niebour.
103 20 28,0	für 23. Juli 1831 0ᵘ mittl. Zeit, Berlin, nach Encke
68 43 7,2	für 26. April 1848 12ᵘ mittl. Zeit, " " d'Arrest.
138 40 20,2	für 10. Juli 1847 0ᵘ mittl. Zeit, " " "
125 39 21,2	für 11. Mai 1850 12ᵘ mittl. Zeit, " " "
43 13 50,1	für 0 Novbr. 1850 mittl. Zeit, " " Santini
141 28 21,3	für 0 Januar 1846 0ᵘ mittl. Zeit, " " d'Arrest
170 52 34,5	für 23. Juli 1831 0ᵘ mittl. Zeit, " " Encke
80 53 49,7	" " " " " " " " " "
172 38 29,8	" " " " " " " " " "
287 55 39,1	für 15. April 1849 0ᵘ mittl. Zeit, Berlin, nach d'Arrest.

Tabelle V. Die Nebenplaneten oder Satelliten.

A. Der Mond, Satellit der Erde

am 1. Januar 1801, Mitternacht, Pariser Zeit.

	Tage
Siderische Umlaufszeit	27,321661
Tropische Umlaufszeit	27,321582
Synodische Umlaufszeit	29,530589
Synodische Umlaufszeit der Knoten	346,61985
Mittlere Länge	118° 17′ 8″,3
Länge der Erdnähe	266 10 7,5
Länge des aufsteigenden Knotens	13 53 17,7
Tägliche Bewegung	13 10 35,0
Größte Mittelpunkts-Gleichung	6 17 12,7
Neigung der Bahn gegen die Ecliptik	5 8 47,9
Neigung der Bahn gegen den Aequator	1 28 25,0
Scheinbarer Durchmesser (für die mittl. Entfernung)	0 31 7,0
Wahrer Durchmesser (Erddurchmesser = 1 gesetzt)	0,264
Excentricität	0,0548442
Masse (Erdmasse = 1 gesetzt)	1/88
Volumen (Erde = 1 gesetzt)	0,018
Dichtigkeit (Erde = 1 gesetzt)	0,619
Schwere an der Oberfläche	0,163

B. Satelliten des Jupiter.

Satelliten	Umlaufszeit	Mittlere Entfernung	Masse	Scheinbarer Durchmesser gesehen		Wahrer Durchmesser
				von der Erde	vom Jupiter	
	T. h ′					Meilen
1. Satellit	1 18 28	6,049	0,0000173281	1″,015	31′ 11″	529
2. „	3 13 14	9,623	0,0000232355	0,911	17 35	475
3. „	7 13 43	15,350	0,0000884972	1,488	18 0	776
4. „	16 16 32	26,998	0,0000426591	1,273	8 46	664

C. Satelliten des Saturn.

Satelliten	Umlaufszeit	Mittlere Entfernung
	T. h ′ ″	
1. Satellit	0 22 36 18	2,4682
2. „	1 8 53 3	3,2079
3. „	1 21 18	5,2840
4. „	2 17 45	6,8190
5. „	4 12 25	9,5240
6. „	15 22 41 25	20,7060
7. „	79 7 55	64,3590

D. Satelliten des Uranus.

Satelliten	Umlaufszeit	Mittlere Entfernung
	T. h ′	
1. Satellit	5 21 25	13,120
2. „	8 16 56	17,022
3. „	10 23 4	19,845
4. „	13 11 9	22,752
5. „	38 1 48	45,507
6. „	107 16 40	91,008

Die Entfernungen der Satelliten sind in Aequatorial-Halbmessern der Hauptplaneten ausgedrückt.

Bei der Massenangabe der Jupiters-Satelliten ist die Jupitersmasse als Einheit angenommen.

E. Satellit des Neptun nach O. Struve:

T. h ′

Umlaufszeit 5 21 18; mittlere Entfernung 17″,89.

Tabelle VI. Elliptische Kometen-Bahnen

(aus dem Olbers'schen Verzeichnisse).

Specielle Nachweisungen und historische Notizen findet man im allgemeinen Verzeichnisse §. 43.

D bedeutet direct oder rechtläufig, R retrograd oder rückläufig.

Nr. d. Olbers'schen Verz.	Durchgang durch das Perihel mittl. Pariser Zeit	Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung und Lauf	Kleinste Entfernung	Mittlere Entfernung	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren
	i. J.							
13	1556 Apr. 21. 19h 23,'1	267° 37',7	176° 33',8	36° 11',4 D	0,56554	—	—	292
19	1835 Nov. 15. 22 41,4	304 31,5	55 10,0	17 45,1 R	.	.	0,96739	.
46	1680 Dec. 17. 23 55,5	262 49,1	272 9,5	60 40,3 D	0,00622	426,685	0,99998	8814
76	1763 Nov. 1. 21 4,3	84 57,4	356 17,6	72 34,2 D	.	.	0,99543	.
79	1766 Apr. 26. 23 53,3	251 13,0	74 11,0	8 1,8 D	0,39898	2,934	0,86400	5,025
80	1769 Oct. 7. 15 2,7	144 11,5	175 4,0	40 45,8 D	0,12275	159,737	0,99925	2019
81	1770 Aug. 13. 12 37,6	356 15,2	131 54,9	1 34,5 D	0,67436	3,143	0,78547	5,57
84	1846 Feb. 11. 8 59,7	109 4,4	245 57,3	12 35,4 D	1,15218	4,7364	0,75674	.
92	1783 Nov. 19. 12 0,2	50 3,1	55 45,3	44 53,4 D	1,45440	3,158	0,53953	5,61
96	1845 Aug. 9. 15 11,2	157 44,3	334 19,5	13 7,6 D	.	.	0.84744	.
107	1793 „ 28. 14 33,1	85 59,0	359 4,8	47 35,1 D	1,40003	5,278	0,73476	12,13
118	1807 Sep. 18. 17 53,3	270 54,7	266 47,2	63 10,5 D	0,64612	143,195	0,99549	17,13
122	1811 „ 12. 6 19,9	75 0,6	140 24,7	73 2,4 R	1,03542	211,022	0,99509	3065
123	1811 Nov. 10. 23 55,6	47 27,4	99 1,9	31 17,2 D	1,58211	83,534	0,98271	763,5
124	1812 Sep. 15. 7 40,9	92 18,7	253 1,0	73 57,0 D	0,77714	17,095	0,95454	70,68
127	1815 Apr. 25. 23 58,1	149 1,9	83 28,6	44 29,9 D	1,21287	17,634	0,93122	74,05
131	1819 Juli 18. 21 45,6	274 40,8	113 10,8	10 42,8 D	0,77364	3,160	0,75519	5,62
132	1819 Nov. 20. 6 2,9	67 18,8	77 13,9	9 1,3 D	0,89256	2,263	0,68674	3,40
136	1822 Oct. 23. 23 4,1	271 29,9	92 47,5	52 39,1 R	1,14340	134,152	0,99148	1554
142	1825 Dec. 10. 18 50,5	318 28,9	215 45,0	33 31,0 R	1,24584	28,474	0,95625	148,15
143	1826 Apr. 22. 5 2,6	115 7,6	198 23,3	40 40,2 D	2,06854	22,390	0,94987	265
149	1827 Sep. 11. 16 36,6	250 57,2	149 39,2	54 4,7 R	0,13784	189,619	0,99927	2611
159	1840 Nov. 13. 16 21,5	22 31,7	248 56,4	57 57,4 D	1,48096	49,120	0,96985	344,3
161	1843 Feb. 27. 4 28,1	277 38,2	350 9,0	38 30,5 R	0,00708	3,433	0,99793	6,36
163	1843 Oct. 17. 3 42,3	49 34,3	209 29,3	11 22,5 D	1,69248	3,812	0,55596	7,44
164	1844 Sep. 2. 11 31,9	342 30,8	63 49,0	2 54,8 D	1,18641	3,103	0,61765	5,47
171	1846 Feb. 25. 8 6,1	116 28,3	102 45,3	30 49,1 D	0,65028	3,123	0,79177	5,52
172	1846 Mrz. 5. 14 1,3	90 34,8	77 35,6	84 57,2 D	0,66310	14,538	0,95439	55,43
174	1846 Juni 1. 2 40,2	239 49,8	260 12,4	31 2,2 D	1,53766	6,321	0,75672	15,89
175	1846 „ 5. 11 39,4	162 5,7	261 52,8	29 18,8 R	0,65371	62,993	0,98994	499,96

Nro. 19. Der Halley'sche Komet. — Nro. 84. Der Biela'sche Komet. — Nro. 92. Eine zweite Bahn von Burckhardt gibt eine Umlaufszeit von 10,0 Jahren. — Nro. 96. Der Encke'sche Komet. — Nro. 122 Die Störungen mitgerechnet, währt der nächste Umlauf 2888 Jahre. — Nro. 127. Störungen bis zur nächsten Rückkehr — 824,5 Tage: Rückkehr zum Perihel 1887 Febr. 9,4. — Nro. 132. Eine andere Berechnung von Encke führt auf eine Umlaufszeit von 5,6 Jahren.

Tabelle VII. Parabolische Kometen-Bahnen

(aus dem Olbers'schen Verzeichnisse).

Specielle Nachweisungen und historische Notizen finden sich im allgemeinen Verzeichnisse §. 43.

D bedeutet direct oder rechtläufig, R retrograd oder rückläufig.

Nro. des Olbers'schen Verzeichn.	Durchgang durch das Perihel mittlere Pariser Zeit	Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung und Lauf	Kleinste Entfernung
	J. v. Chr. alter Styl				
1	371 im Winter	150° bis 210°	270° bis 330°	über 30° R	sehr klein
1a	137 April 29.	230°	220°	20 R	1,0
1b	69 im Juli	315	165	70 D	0,8
1c	12 Sept. 15.	0	35	67 R	0,9
	J. n. Chr.				
1d	240 Nov. 10 0h	271 0′	189 0′,0	44 D	0,371
2	539 Oct. 20. 15	313 30	58° oder 238°	10 0′ D	0,341
3	565 Juli 9. 9	88 0	158 0	62 0 R	0,719
4	568 Aug. 29. 7 55′,2	318 35	294 15	4 2 D	0,907
5	574 Apr. 7. 7	143 39	128 17	46 31 D	0,9629
6	770 Juni 6. 14 15	357 7	90 59	61 49 R	0,642
7	837 Mrz. 1. 0	289 3	206 33	11 R	0,58
8	961 Dec. 30. 3 59,8	268 3	350 35	79 33 R	0,55
9	989 Sep. 12. 0	264 0	84 0	17 0 R	0,57
10	1066 Mai 30. od. 31.	120 0	330 0	70° od. 80° R	0,3
11	1097 Sep. 21. 21 36	332 30	207 30	73° 30 D	0,738
12	1231 Jan. 30. 7 22	134 48	13 30	6 5 D	0,948
14	1299 Mrz 31. 7 38	3 20	107 8	68 57 R	0,318
15	1301 Oct. 24. 0	312 0	138 0	13 0 R	0,64
16	1337 Juni 22. 19 16	350 22	99 6	42 54 R	0,9367
17	1351 Nov. 21. 12	69 0	?	? D	1,0
18	1362 Mrz. 2 8 0	227 0	237 0	32 0 R	0,470
18a	1366 Oct. 13.	66	212	6 ?	0,96
20	1385 „ 16. 6 24	101 47	268 31	52 15 R	0,7737
21	1433 Nov. 4. 10 19,2	281 2	133 49	79 1 R	0,339
22	1468 Oct. 7. 9 59	356 3	61 15	44 19 R	0,853
23	1472 Feb. 28. 22 33	45 33,5	281 46,3	5 20 R	0,5427
24	1490 Dec. 24 11 26,2	58 40	288 45	51 37 D	0,74
26	1532 Oct. 18 8 8	111 48	87 23	32 36 D	0,5192
27	1533 Juni 14. 21 20,8	217 40	299 19	28 14 D	0,327
28	1558 Aug. 10. 13	329 49	332 36	73 49 R	0,5773
29	1577 Oct. 26. 18 55	129 22	25 52	74 32,7 R	0,1834
30	1580 Nov. 28. 13 54	109 11,9	19 7,6	64 51,8 D	0,5955
31	1582 Mai 6. 16 9	245 23,2	231 7,3	61 27,8 R	0,2257
	neuer Styl				
32	1585 Oct. 7. 19 30	8 51	37 42,5	6 4 D	1,0936
33	1590 Feb. 8. 3 55	216 54,5	165 30,7	29 40,7 R	0,5766
34	1593 Juli 18. 13 48	176 19	164 15	87 58 D	0,0891
35	1596 Aug. 8. 15 43	238 30,8	315 36,8	52 9,7 R	0,5494
36	1618 Aug. 17. 3 12	318 20	293 25	21 28 D	0,5130
37	1618 Nov. 8. 8 34,2	3 5,3	75 44,2	37 11,5 D	0,3895
38	1652 Nov. 12. 15 50	28 18,7	88 10,0	79 28,0 D	0,8475
39	1661 Jan. 26. 21 18	115 16,1	81 54	33 0,9 D	0,4427
40	1664 Dec. 4. 12 2	130 41,4	81 13,9	21 18,7 R	1,0257
41	1665 Apr. 24. 5 25,2	71 54,5	228 2	76 5 R	0,1065
43	1672 Mrz. 1. 8 47	46 59,5	297 30,5	83 22,2 D	0,6774
44	1677 Mai 6. 0 47,2	137 37,1	236 49,2	79 3,2 R	0,2806
45	1678 Aug. 26. 14 13	327 46,0	161 40	3 4,3 D	1,2380
47	1683 Juli 13. 2 59	85 29,5	173 23	83 11 R	0,5602

Nr. des Olbers'schen Verzeichn.	Durchgang durch das Perihel mittlere Pariser Zeit	Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung und Lauf	Kleinste Entfernung
	J. u. Chr.				
48	1684 Juni 8. 10h 26′	238° 52′,	268° 15′	65° 48′,7 D	0,9601
49	1686 Sep. 16. 14 43	77 0,5	350 34,7	31 21,7 D	0,325
50	1689 Dec. 1. 15 5	263 44,7	323 45,3	69 17 R	0,0169
51	1695 Nov. 17.	66	216	22 D	0,8435
52	1698 Oct. 18. 17 7	270 51,2	267 44,2	11 46,3 R	0,6913
53	1699 Jan. 13. 8 32	212 31,1	321 45,6	69 20 R	0,744
54	1701 Oct. 17. 22	133 41	298 41	41 39 R	0,5926
55	1702 Mrz. 13. 14 42,7	138 46,6	188 59,2	4 24,7 D	0,6468
56	1706 Juni 30. 5 6	72 36,4	13 11,4	55 14,1 D	0,4269
57	1707 Dec. 11. 23 52,8	79 58,1	52 50,5	88 37,7 D	0,8590
58	1718 Jan. 14. 21 53,6	121 39,9	127 55,5	31 8,1 R	1,0254
59	1723 Sep. 23. 20 38,4	42 35,2	14 10,0	49 55,4 R	0,9997
60	1729 Jan. 12. 4 19,0	320 27,6	310 38,0	77 5,3 D	4,0431
61	1737 Jan. 30. 8 30	325 55	226 22	18 20,7 D	0,2228
62	1737 Juni 8. 7 48	262 36,6	123 53,7	39 14,1 D	0,8670
63	1739 Juni 17. 11 7	102 34	207 18	55 53 R	0,6716
64	1742 Feb. 8. 15 1,0	216 39,3	185 9,5	67 31,7 R	0,7700
65	1743 Jan. 10. 20 29,6	92 57,8	67 53,9	2 16,3 D	0,8382
66	1743 Sep. 20. 21 26	246 33,9	5 16,4	45 48,3 D	0,5216
67	1744 Mrz. 1. 8 3,0	197 13,1	45 47,9	47 8,5 D	0,2222
68	1747 Mrz. 3. 7 20	277 2,1	147 18,8	70 6,3 R	2,1985
69	1748 Apr. 28. 19 34,7	215 0,8	232 52,3	85 26,9 R	0,8407
70	1748 Juni 18. 21 27,3	278 47,2	33 8,5	67 3,5 D	0,6253
71	1757 Oct. 21. 8 4	122 58,0	214 12,8	12 50,3 D	0,3375
72	1758 Juni 11. 3 27	267 38,0	230 50,0	68 19 D	0,2153
73	1759 Nov. 27. 0 11,9	53 34,3	139 39,7	79 6,6 D	0,8014
74	1759 Dec. 16. 21 13	138 24,6	79 50,7	4 51,5 R	0,9659
75	1762 Mai 28. 8 11,0	104 2,0	348 33,1	85 38,2 D	1,0090
77	1764 Feb. 12. 13 39,0	15 26,0	120 7,5	52 46,6 R	0,5567
78	1766 Feb. 17. 8 50	143 15,4	244 10,8	40 50,3 R	0,5053
81	1770 Nov. 22. 5 48	208 22,7	108 42,2	31 25,9 R	0,5282
83	1771 Apr. 19. 4 25,6	103 57,9	27 56,3	11 15,5 D	0,9020
84	1772 Feb. 19. 2 19,4	110 14,9	254 0 0	18 17,6 D	1,0136
85	1773 Sep. 5. 14 43,1	75 11,0	121 5,5	61 14,3 D	1,1269
86	1774 Aug. 15. 10 55,6	317 22,1	180 49,8	83 0,4 D	1,429
87	1779 Jan. 4. 2 29	87 16	25 5	32 24 D	0,7137
88	1780 Sep. 30. 18 12,8	246 21,3	124 9.3	53 48,2 R	0,0992
89	1780 Nov. 28. 20 26	246 52	141 1	72 3,5 R	0,5153
90	1781 Juli 7. 4 41,3	239 11,4	83 0,6	81 43,4 D	0,7759
93	1784 Jan. 21. 4 56,8	80 44,4	56 49,3	51 9,2 R	0,7078
94	1785 Jan. 27. 7 58,1	109 51,9	264 12,2	70 14,0 D	1,1434
95	1785 Apr. 8. 11 29	297 34,7	64 44,7	87 7,0 R	0,4276
97	1786 Juli 7. 22 0,2	159 25,6	194 22,7	50 54,5 D	0,4101
98	1787 Mai 10. 19 58,0	7 44,1	106 51,6	48 15,8 R	0,3489
99	1788 Nov. 10. 7 34,8	99 8,1	156 56,7	12 27,7 R	1,0630
100	1788 Nov. 20. 7 25,0	22 49,9	352 24,4	64 30,4 D	0,7573
101	1790 Jan. 15. 5 15	60 14,5	176 11,8	31 54,2 R	0,7531
102	1790 Jan. 28. 7 45,5	111 44,6	267 8,6	56 58,2 D	1,0633
103	1790 Mai 20. 11 30,0	274 57,3	35 14,0	63 35,0 R	0,7910
104	1792 Jan. 13. 13 44,2	36 29,7	190 46,2	39 46,9 R	1,2930
105	1792 Dec. 27. 7 56,4	135 52,6	283 14,7	49 7,2 R	0,9668
106	1793 Nov. 4. 20 21,0	228 42	108 29	60 21 R	0 4034
108	1796 Apr. 2. 19 55 1	192 44,2	17 2,3	64 54,5 R	1,5782
109	1797 Juli 2. 53 52	49 34,7	329 16,5	50 35,8 R	0,5254
110	1798 Apr. 4. 12 7,6	105 6,9	122 12,3	43 44,7 D	0,4846
111	1798 Dec. 31. 13 26,4	34 27,4	249 30,5	42 26,1 R	0,7795
112	1799 Sep. 7. 5 6,5	3 41,2	99 30,6	50 57,1 R	0,8400
113	1799 Dec. 25. 41 40,2	190 20,2	326 49,2	77 1,6 R	0,6258

Nr. des Olbers'schen Verzeichn.	Durchgang durch das Perihel mittlere Pariser Zeit	Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung und Lauf	Kleinste Entfernung
	J. n. Chr.				
114	1801 Aug. 8. 13h 32',0	183° 49'	44° 28'	21° 20' R	0,2617
115	1802 Sep. 9. 21 32,5	232 9,1	340 15,6	57 0,8 D	1,0942
116	1804 Feb. 13. 14 16,3	148 44,8	176 48,0	56 28,7 D	1,0712
118	1806 Dec. 28. 22 2,3	94 4,5	322 18,6	35 4,1 R	1,0819
119	1808 Mai 13. 0 54	69 12,9	322 58,6	45 43,1 R	0,3899
120	1808 Juli 12. 4 10,8	252 38,8	24 11,2	39 19,0 D	0,6079
121	1810 Oct. 5. 19 54,2	63 9,2	308 53,1	62 46,3 D	0,9691
125	1813 Mrz. 4. 12 47,5	69 56,1	60 48,4	21 13,5 R	0,6993
126	1813 Mai 19. 10 27,1	197 43,8	42 40,7	81 2,5 R	1,2161
128	1818 Feb. 25. 13 10,2	182 45,4	70 26,2	89 43,8 D	1,1978
129	1818 Dec. 4. 22 35,3	358 4,8	89 59,9	63 5,5 R	0,8551
130	1819 Juni 27. 17 20,4	287 5,9	273 42,9	80 44,7 D	0,3410
133	1821 Mrz. 21. 13 2,0	239 29,4	48 40,9	73 33,1 R	0,0918
134	1822 Mai 5. 6 32,2	192 63,3	176 38,1	53 48,6 R	0,5027
135	1822 Juli 16. 0 43,9	219 53,8	97 51,4	37 43,1 R	0,8461
136	1822 Oct. 23. 18 37,8	271 40,3	92 44,0	52 39,1 R	1,1451
137	1823 Dec. 9. 10 48,8	274 34,5	303 3,0	76 11,9 R	0,2265
138	1824 Juli 11. 12 26,4	260 16,5	234 19,1	54 34,3 R	0,5913
139	1824 Sep. 29. 1 45,0	4 32,1	279 16,7	54 35,5 D	1,0498
140	1825 Mai 30. 13 16,0	273 55,0	20 6,1	56 41,1 R	0,8891
142	1825 Dec. 10. 4 5,1	318 49,1	215 39,3	33 29,3 R	1,2388
144	1826 Apr. 29. 1 5,4	35 48,2	40 29,2	5 7,3 R	0,1881
146	1826 Nov. 18. 9 56,6	315 31,6	235 7,7	89 22,2 R	0,0269
147	1827 Feb. 4. 22 16,4	33 30,3	184 27,8	77 35,6 R	0,5065
148	1827 Juni 7. 20 20,6	297 31,7	318 10,5	43 38,8 R	0,8081
150	1830 Apr. 9. 7 22,4	212 11,7	206 21,9	21 16,5 D	.
151	1830 Dec. 27. 16 0,3	310 59,3	337 53,1	44 45,1 R	0,1259
152	1832 Sep. 25. 12 52,3	227 54,6	72 26,8	43 18,7 R	1,1835
153	1833 „ 10. 4 36,9	222 51,3	323 0,8	7 21,0 D	0,4584
154	1834 Apr. 2. 19 51,3	276 26,7	226 1,2	5 59,8 D	0,5125
155	1835 Mrz. 27. 13 59,5	207 42,9	58 19,8	9 7,5 R	2,0413
156	1840 Jan. 4. 10 22,9	192 11,8	119 57,8	53 5,5 D	0,6184
157	1840 Mrz. 12. 10 46,2	80 49,3	236 42,7	59 0,9 R	1,2214
158	1840 Apr. 2. 7 40,1	323 40	185 54	79 53 D	0,7492
160	1842 Dec. 15. 23 9,2	327 17,4	207 49,9	73 34,3 R	0,5044
162	1843 Mai 6. 1 27,1	281 27,8	157 14,9	52 44,0 D	1,6158
165	1844 Oct. 17. 9 34,9	180 31,6	31 33,7	48 34,5 R	0,8580
168	1845 Apr. 21. 1 8,7	192 34,2	347 7,0	56 22,8	1,2547
169	1845 Juni 5. 16 32,9	262 0,5	337 48,8	48 55,1	0,4011
170	1846 Jan. 23. 14 38,8	90 17,7	111 14,1	47 4,2	1,4826
173	1846 Mai 25. 22 44,0	84 48,4	161 32,0	57 43,7	1,3534
176	1846 Oct. 29. 18 57,0	98 34,5	4 40,2	49 40,7	0,8308
177	1847 Mrz. 30. 6 49,9	276 4,7	21 44,2	48 39,5	0,0424
178	1847 Juni 5. 23 22,5	141 0,0	173 54,6	79 36,2	2,1159

Tabelle VIII. Säcular-Aenderungen der Planeten-Elemente.

Planeten	Aenderung des Periheliums	Aenderung der Excentricität	Aenderung der Neigung	Aenderung der Länge des aufsteigenden Knotens
Mercur	4",81515	0",00633	0",17408	— 6,68663
Venus	— 1,95617	— 0,12357	0,04711	— 17,52729
Erde	11,17481	0,09034	—	—
Mars	15,58456	0,18847	— 0,01992	—22,2914 1
Jupiter	6,35256	0,26512	— 0,21080	— 13,64148
Saturn	16,01793	— 0,64026	— 0,14217	— 18,90132
Uranus	2,41553	— 0,05198	0,03128	— 33,19737

Tabelle IX. Mittlere Oerter der Hauptsterne für 1850 nach Bessel.

Namen	Mittlere ger. Aufsteigung 1850	Jährliche Veränd. 1850	Mittlere Abweichung 1850	Jährliche Veränd. 1850
α Andromedä	0h 0′ 38″,514	+ 3″,0822	+ 28° 15′ 43″,76	+ 19″,905
γ Pegasi	0 5 31,064	+ 3,0814	+ 14 20 57,01	+ 20,024
α Cassiopeä	0 32 1,576	+ 3,3509	+ 55 42 49,04	+ 19,812
α Eridani	1 32 7,297	+ 2,2370	— 58 0 1,10	+ 18,425
α Arietis	1 58 43,596	+ 3,3616	+ 22 45 1,73	+ 17,278
α Ceti	2 54 26,523	+ 3,1256	+ 3 29 50,97	+ 14,396
α Persei	3 13 38,460	+ 4,2395	+ 49 19 20,26	+ 13,263
α Tauri	4 27 19,044	+ 3,4326	+ 16 12 10,80	+ 7,720
α Aurigä	5 5 36,929	+ 4,4185	+ 45 50 20,71	+ 4,293
β Orionis	5 7 19,807	+ 2,8796	— 8 22 46,22	+ 4,539
β Tauri	5 16 48,799	+ 3,7800	+ 28 28 29,34	+ 3,550
α Orionis	5 47 3,106	+ 3,2461	+ 7 22 26,59	+ 1,126
α Argus	6 20 37,539	+ 1,3320	— 52 36 56,70	— 1,825
α Canis maj.	6 38 32,151	+ 2,6443	— 16 30 53,34	— 4,597
α Geminorum *	7 25 0,883	+ 3,8399	+ 32 12 42,96	— 7,349
α Canis min.	7 31 26,833	+ 3,1459	+ 5 36 16,32	— 8,864
β Gemin.	7 36 7,733	+ 3,6821	+ 28 23 0,73	— 8,233
α Hydrä	9 20 12,834	+ 2,9470	— 8 0 41,10	— 15,355
α Leonis	10 0 22,644	+ 3,2025	+ 12 41 53,24	— 17,380
α Urs. maj.	10 54 25,531	+ 3,7800	+ 62 33 33,63	— 19,333
β Leonis	11 41 24,220	+ 3,0648	+ 15 24 37,38	— 20,094
β Virginis	11 42 52,851	+ 3,1242	+ 2 36 33,99	— 20,299
γ Urs. maj.	11 45 55,271	+ 3,2003	+ 54 31 42,01	— 20,036
α^1 Crucis	12 18 17,540	+ 3,2500	— 62 15 58,00	— 19,905
α Virginis	13 17 17,800	+ 3,1487	— 10 22 37,81	— 18,981
η Ursä maj.	13 41 37,565	+ 2,3758	+ 50 3 48,73	— 18,139
β Centauri	13 53 17,216	+ 4,1435	— 59 38 45,79	— 17,720
α Bootis	14 8 49,223	+ 2,7327	+ 19 57 56,12	— 18,945
α^2 Centauri	14 29 28,286	+ 4,0235	— 60 12 37,99	— 15,130
$_1\alpha$ Librä	14 42 23,918	+ 3,3040	— 15 22 14,01	— 15,312
$_2\alpha$ Librä	14 42 35,336	+ 3,3059	— 15 24 54,87	— 15,281
β Urs. min.	14 51 11,957	— 0,2710	+ 74 46 5,40	— 14,762
α Coronä	15 28 20,241	+ 2,5370	+ 27 13 21,28	— 12,394
α Serpentis	15 36 52,993	+ 2,9507	+ 6 54 2,69	— 11,685
α Scorpii	16 20 13,107	+ 3,6657	— 26 5 40,29	— 8,504
α Herculis	17 7 48,563	+ 2,7316	+ 14 33 53,79	— 4,497
α Ophiuchi	17 27 58,256	+ 2,7780	+ 12 40 23,73	— 3,005
γ Draconis	17 53 7,606	+ 1,3936	+ 51 30 28,96	— 0,657
α Lyrä	18 31 51,585	+ 2,0304	+ 38 38 47,93	+ 3,050
γ Aquilä	19 39 7,742	+ 2,8547	+ 10 15 4,25	+ 8,399

*) Bei α Geminorum gilt die gerade Aufsteigung für das Mittel beider Sterne; die Abweichung für den folgenden hellern. Nach Mädler's Bahn ist für 1850,5:

Gerade Aufsteigung des schwächern Stern = Gerade Aufsteigung des hellern — 0″,350
Decl. " " " = Decl. " " — 1″,95

Namen	Mittlere ger. Aufsteigung 1850	Jährliche Veränd. 1850	Mittlere Abweichung 1850	Jährliche Veränd. 1850
α Aquilä	19h 43′ 27″,848	+ 2″,9283	+ 8° 28′ 32″,47	+ 9″,117
β Aquilä	19 47 56,773	+ 2,9497	+ 6 2 7,15	+ 8,599
1α Capric.	20 9 19,797	+ 3,3310	— 12 58 6,30	+ 10,705
2α Capric.	20 9 43,743	+ 3,3356	— 13 0 23,37	+ 10,732
α Cygni	20 36 19,126	+ 2,0418	+ 44 44 46,37	+ 12,631
α Cephei	21 14 59,783	+ 1,4391	+ 61 57 2,44	+ 15,063
β Cephei	21 26 42,288	+ 0,8062	+ 69 54 8,30	+ 15,673
α Aquarii	21 58 4,661	+ 3,0827	— 1 2 48,59	+ 17,264
α Pisc. austr.	22 49 21,249	+ 3,3348	— 30 25 2,92	+ 18,881
α Pegasi	22 57 17,519	+ 2,9825	+ 14 23 57,33	+ 19,294
Polaris	1 5 1,302	+ 17,5545	+ 88 30 34,90	+ 19,255
δ Ursä min.	18 20 43,492	— 19,2940	+ 86 35 48,93	+ 1,826

Tabelle X. Bahnen einiger Doppelsterne.

Namen	Umlaufszeit	Zeit des Perihels	Ort d. Perihels vom Knoten gezählt	Knoten	Neigung	Excentricitäts-Winkel	Halbe große Axe
ω Leonis	117,58	1843,41	120° 27′,5	159° 50′,5	50° 38′,2	38° 43′,8	0,851
γ Virginis	145,409	1836,31	78 22,1	60 37,6	24 39,2	60 40,3	3,402
η Coronä	42,50	1807,21	215 10,9	20 6,4	59 28,1	16 48,4	0,902
ζ Herculis	31,468	1829,50	262 4,0	39 26,2	50 52,7	27 2,0	1,189
3062 Struve	146,83	1834,01	42 10,3	77 21,2	38 35,9	35 7,5	0,998
ζ Cancri	58,271	1816,69		33 34,3	24 0,4		0,892
ξ Urs. maj.	61,30	1817,10	132 28,7	96 21,9	50 55,4	23 48,7	2,295
70 Ophiuchi	92,869	1812,73	142 5,8	126 47,2	64 51,4	26 20,8	5,316
1938 Struve	146,649	1851,57	87 8,2	94 44,2	49 27	58 32	1,320
τ Ophiuchi	87,036	1840,07	145 40	55 5	51 47	2 8,8	0,818
λ Ophiuchi	89,005	1790,31	126 3,5	32 42,1	49 25,1	26 56,3	0,842
ζ Herculis	30,216	1830,42		19 25	44 5,3	25 35,7	1,208
1037 Struve	15,0	1827,72	273 27	156 58	68 17	39 10,0	0,182

Tabelle XI. Dimensionen der Erde.

Breite nördl. od. südl.	Länge des Meridian-Grades in Toisen	Länge eines Grades des Parallels in Toisen	Radius Vector	Verbesserte Breite
0°	56727,384	57108,520	1,000000	0° 0′ 0″,0
5	56731,698	56892,646	0,999975	4 58 0,5
10	56744,509	56246,572	0,999899	9 56 4,5
15	56765,440	55174,930	0,999778	14 54 15,7
20	56793,868	53685,416	0,999612	19 52 37,3
25	56828,948	51788,774	0,999407	24 51 12,1
30	56869,634	49498,744	0,999170	29 50 2,9
35	56914,708	46832,001	0,998907	34 49 11,7
40	56962,813	43808,110	9,998626	39 48 40,2

Breite	Länge des Meridian-Grades in Toisen	Länge eines Grades des Parallels in Toisen	Radius Vector	Verbesserte Breite
45°	57012,498	40449,372	0,998336	44° 48′ 29″,5
50	57062,257	36780,748	0,998045	49 48 39,5
55	57110,576	32829,699	0,997763	54 49 10,3
60	57155,973	28625,998	0,997499	59 50 0,9
65	57197,058	24201,533	0,997259	64 51 9,8
70	57232,562	19590,076	0,997052	69 52 34,9
75	57261,389	14827,010	0,996884	74 54 13,7
80	57282,645	9949,043	0,996759	79 56 3,0
85	57295,668	4993,901	0,996683	84 57 59,7
90	57300,056	0,000	0,996657	90 0 0,0

Tabelle XII. Zeitrechnung.

Zeit, welche die Sonne braucht, um zu demselben Fixstern zurückzukommen (siderisches Jahr) . . . . . 365 T. 6 St. 9 Min. 10,4 Sec.

Zeit, welche die Sonne braucht, um wieder zum Aequinoctialpunkte zurückzukehren (tropisches Jahr) . . . . 365 T. 5 St. 48 Min. 50,5 Sec.

Länge des Sterntages . . . . 23h 56′ 4″,091 (mittlere Sonnenzeit).

Länge des mittlern Sonnentages 24 0 0,000 " "

Länge des wahren Sonnentages

(Ende December) 24 0 30,0 " "

(Mitte September) 23 59 39,0 " "

Folgende Tabelle zeigt ungefähr die mittlere Zeit im wahren Mittag,*) und die Sternzeit im mittlern Mittag:

Dat.	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	October	Novbr.	Decbr.
	Mittlere Zeit im wahren Mittag											
1	0h 3′,8	0h 13′,9	0h 12′,7	0h 4′,1	23h 57′,0	23h 57′,4	0h 3′,3	0h 6′,0	23h 59′,9	23h 49′,8	23h 43′,7	23h 49′,2
6	6,1	14,4	11,6	2,6	56,4	58,2	4,2	5,6	58,3	48,2	43,8	51,2
11	8,2	14,6	10,3	1,1	56,1	59,1	5,0	5,0	56,6	46,9	44,2	53,4
16	10,0	14,4	8,9	23 59,8	56,1	0 0,2	5,6	4,1	54,9	45,7	44,9	55,8
21	11,6	14,0	7,4	58,7	56,2	1,2	6,0	3,0	53,1	44,8	46,0	58,2
26	12,9	13,2	5,9	57,7	56,6	2,3	6,2	1,7	51,4	44,1	47,4	0 0,7
31	13,8	11,8	4,4	57,0	57,2	3,3	6,1	0,3	49,8	43,8	49,2	3,2
	Sternzeit im mittlern Mittag											
1	18h 42′	20h 45′	22h 35′	0h 37′	2h 35′	4h 38′	6h 36′	8h 38′	10h 40′	12h 39′	14h 41′	16h 39′
6	19 2	21 4	55	57	55	57	56	58	11 0	58	15 1	59
11	22	24	23 14	1 17	3 15	5 17	7 15	9 18	20	13 18	20	17 19
16	41	44	34	36	35	37	35	37	40	38	40	38
21	20 1	22 3	54	56	54	57	55	57	59	58	16 0	58
26	21	23	0 14	2 16	4 14	6 16	8 15	10 17	12 19	14 17	19	18 18
31	41	51	33	35	34	36	34	36	39	37	39	37

*) Die mittlere Zeit im wahren Mittag ist die Zeit, welche eine Räderuhr zeigen soll, wenn eine Sonnenuhr Mittag zeigt: man kann also die obige Tabelle zur Regulirung der Uhren benützen. Die Sternzeit im mittleren Mittag kann benützt werden, um zu wissen, wann ein gegebener Stern im Mittag ist; z. B. am 26. August trifft der Mittag auf 10h 17′, und da die gerade Aufsteigung von α Aquilä (Tab. IX) 19h 43′ ist, so kommt er 9 Stunden und 26′ nach dem mittlern Mittag, also um 9h 26′ Abends, und ist sichtbar am Abend: dagegen ist die gerade Aufsteigung von α Leonis 10h 0′. Dieser Stern geht also um 17′ der Sonne voran, und ist Abends nicht zu sehen.

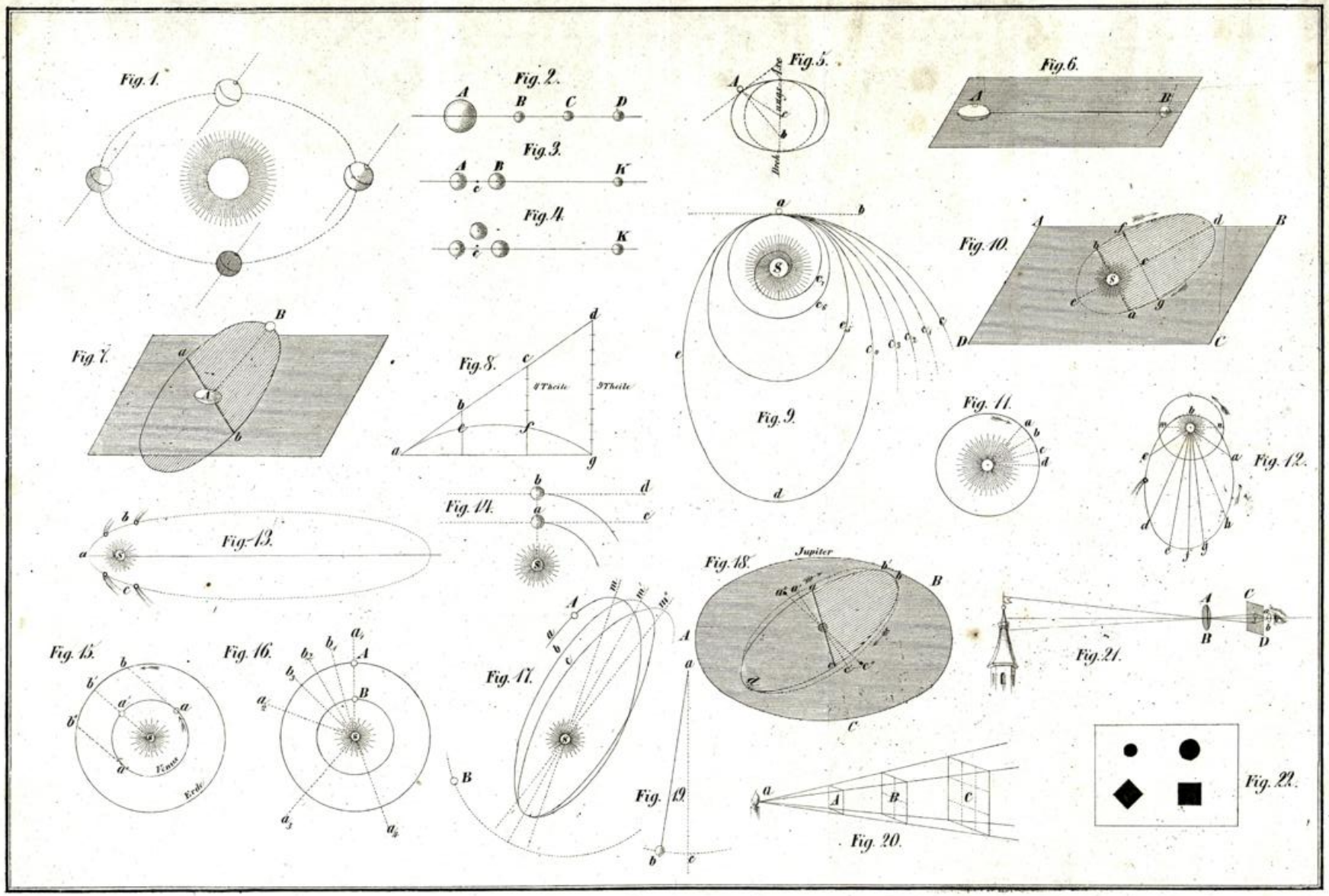


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Jupiter
Fig. 19.
Fig. 20.
Fig. 21.
Fig. 22.

Fig. 23.

Fig. 24.

Fig. 25.

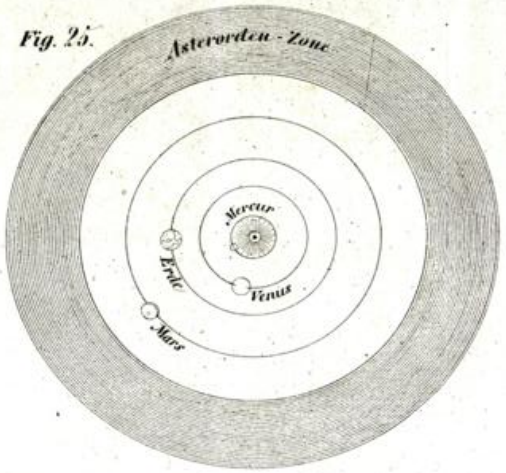


Fig. 26.

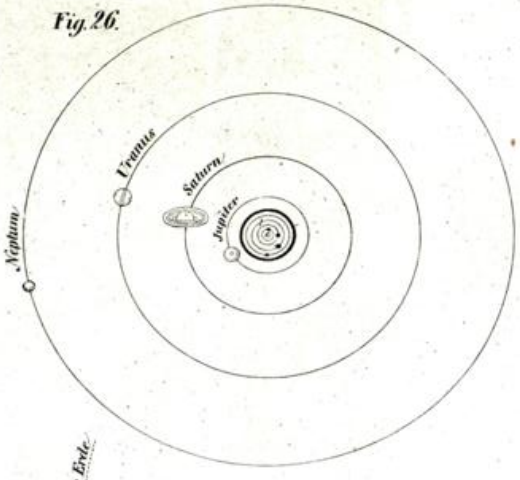
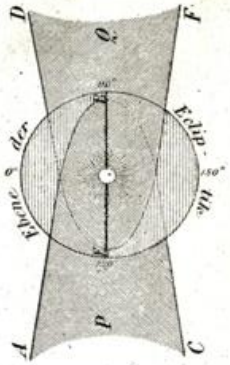
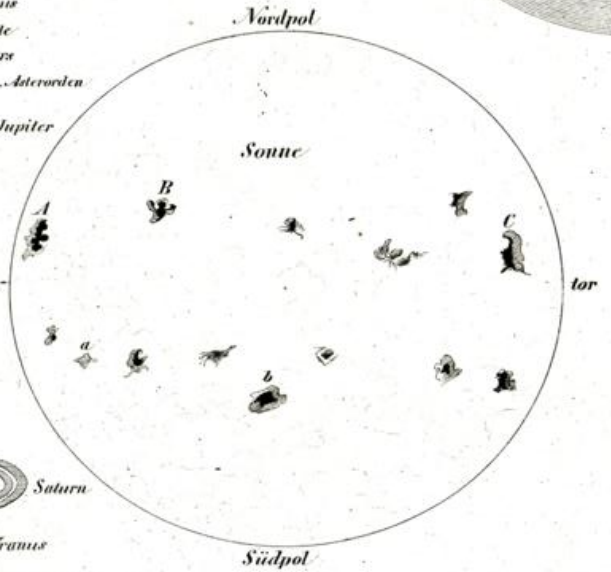


Fig. 27.



Mercur
Venus
Erde
Mars
Asteroiden
Jupiter

Fig. 28.



Saturn
Uranus
Neptun

Fig. 29.

Fig. 31.

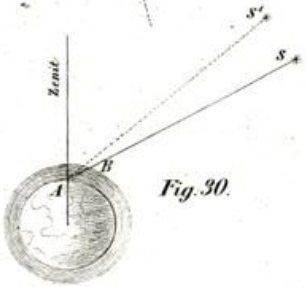


Fig. 30.

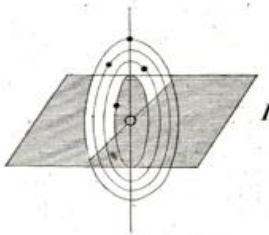


Fig. 32.

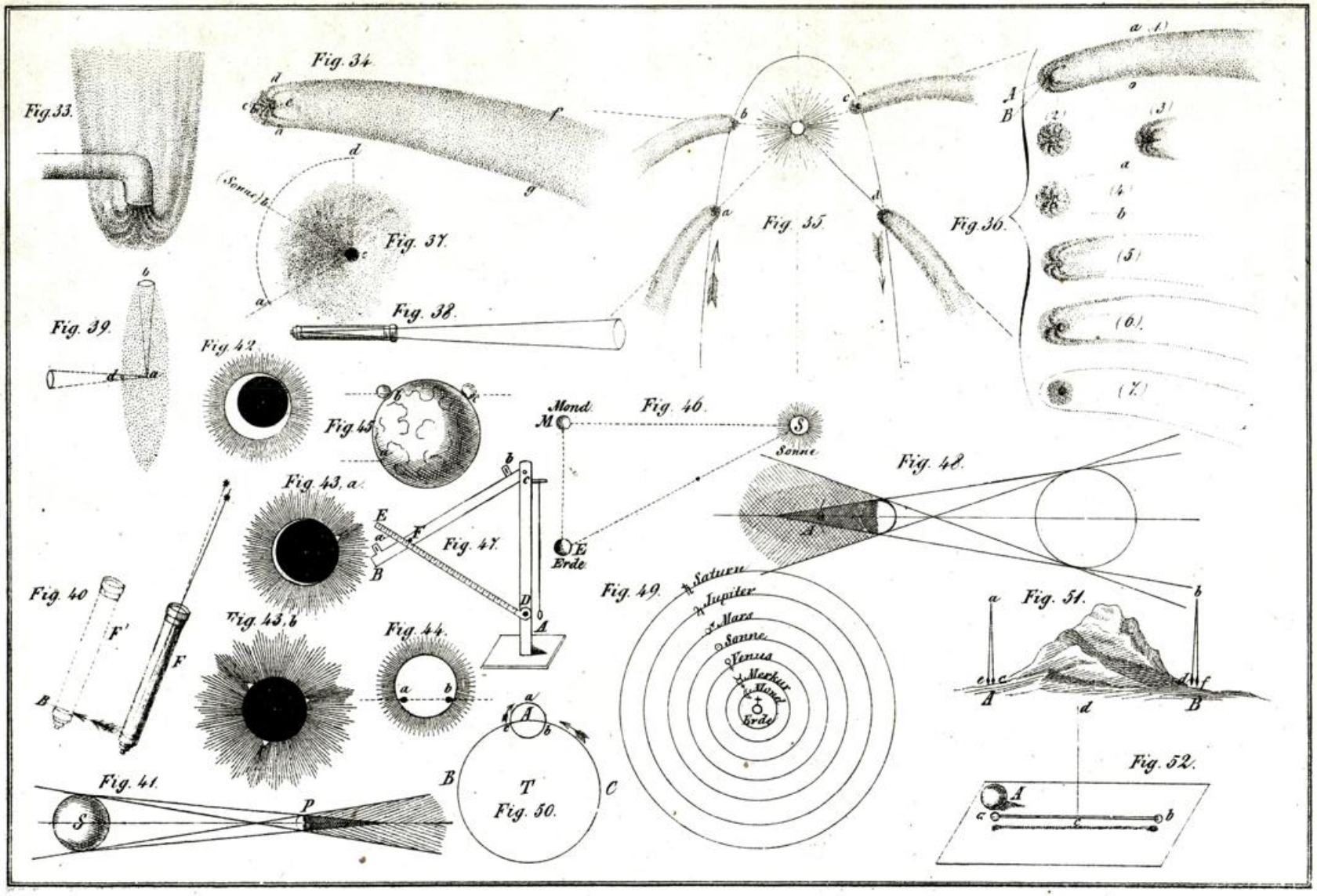


Fig. 33.
Fig. 34.
Fig. 35.
Fig. 36.
Fig. 37.
Fig. 38.
Fig. 39.
Fig. 40
Fig. 41.
Fig. 42.
Fig. 43. a.
Fig. 43. b
Fig. 44.
Fig. 45
Fig. 46.
Fig. 47.
Fig. 48.
Fig. 49.
Fig. 50.
Fig. 51.
Fig. 52.
Mond
Sonne
Erde
Saturn
Jupiter
Mars
Sonne
Venus
Merkur
Mond
Erde

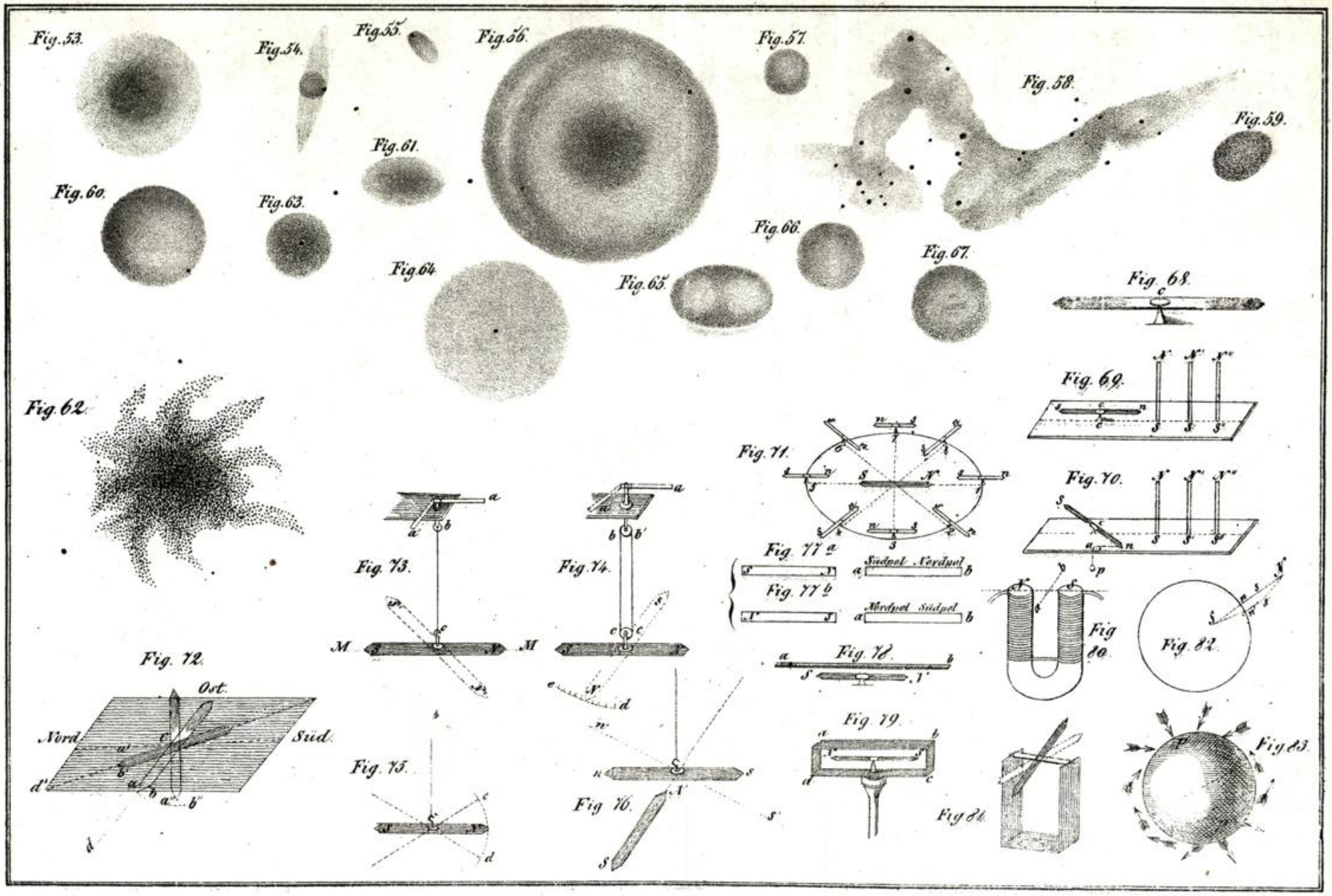


Fig. 53.
Fig. 54.
Fig. 55.
Fig. 56.
Fig. 57.
Fig. 58.
Fig. 59.
Fig. 60.
Fig. 61.
Fig. 62.
Fig. 63.
Fig. 64.
Fig. 65.
Fig. 66.
Fig. 67.
Fig. 68.
Fig. 69.
Fig. 70.
Fig. 71.
Fig. 72.
Ost.
Nord.
Süd.
Fig. 73.
Fig. 74.
Fig. 75.
Fig. 76.
Fig. 77 a
Fig. 77 b
Südpol Nordpol
Nordpol Südpol
Fig. 78.
Fig. 79.
Fig. 80.
Fig. 81.
Fig. 82.
Fig. 83.

Fig. 84.

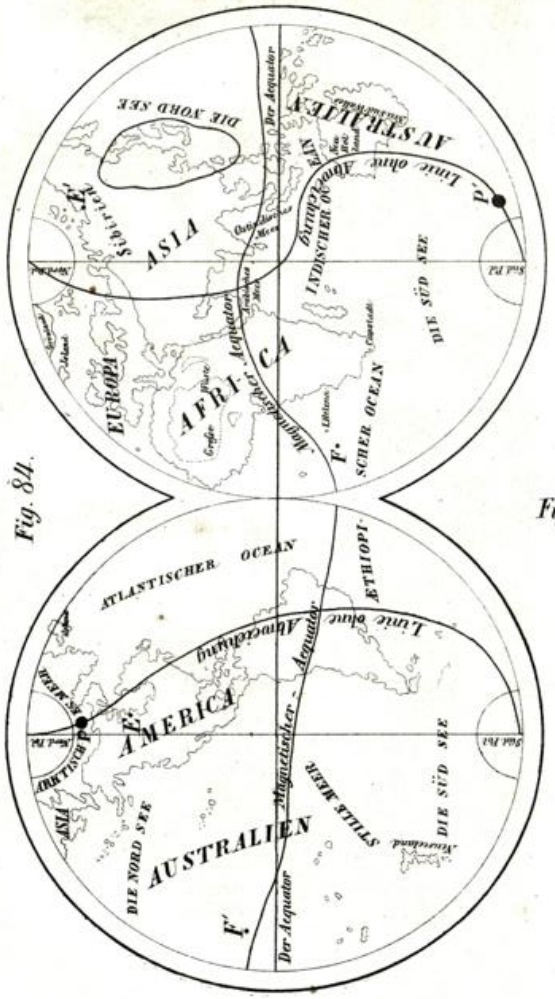


Fig. 85.

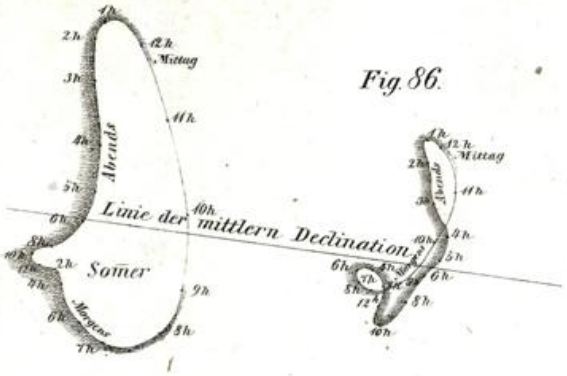


Fig. 86.

Fig. 87.

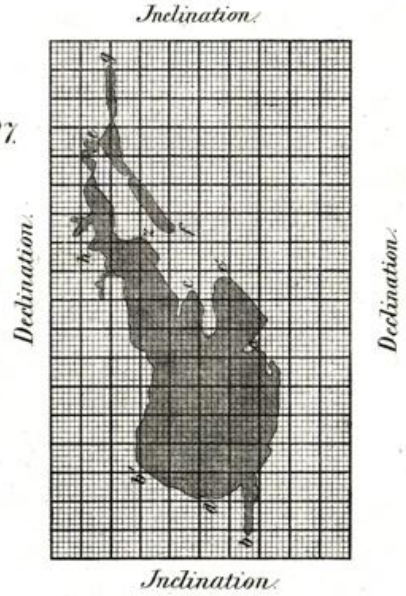
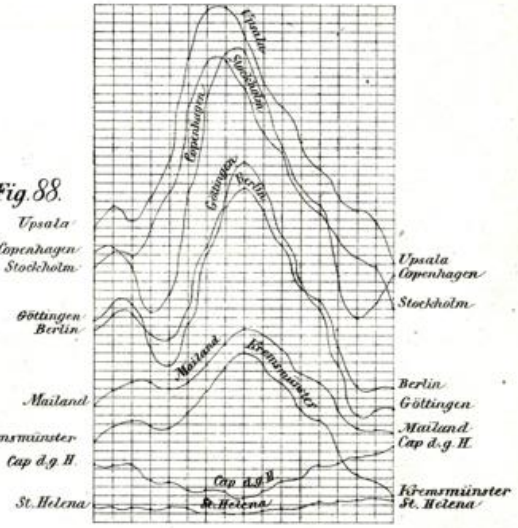



Fig. 88.