

I.

Größe, Gestalt und Dichtigkeit der Erde. — Innere Wärme und Vertheilung derselben. — Magnetische Thätigkeit, sich offenbarend in Veränderungen der Inclination, Declination und Intensität der Kraft unter dem Einfluß des lusterwärmenden und luftverdünnenden Sonnenstandes. Magnetische Gewitter; Polarlicht.

Was alle Sprachen, wenn gleich etymologisch unter verschiedenartig symbolisirenden Formen, mit dem Ausdruck Natur und, da zuerst der Mensch alles auf seinen heimatlichen Wohnsitz bezieht, mit dem Ausdruck irdische Natur bezeichnen, ist das Resultat von dem stillen Zusammenwirken eines Systems treibender Kräfte, deren Dasein wir nur durch das erkennen, was sie bewegen, mischen und entmischen: ja theilweise zu organischen, sich gleichartig wiedererzeugenden, Geweben (lebendigen Organismen) ausbilden. Naturgefühl ist für ein empfängliches Gemüth der dunkle, anregende, erhebende Eindruck dieses Waltens der Kräfte. Zuerst fesseln unsere Neugier die räumlichen Größen-Verhältnisse unseres Planeten, eines Häufchens geballter Materie im unermesslichen Weltall. Ein System zusammenwirkender, einigender oder (polarisch) trennender Thätigkeiten setzt die Abhängigkeit jedes Theils des Naturganzen von dem anderen, in den elementaren Processen (der anorganischen Formbildung) wie in dem Hervorrufen und

der Unterhaltung des Lebens, voraus. Die Größe und Gestalt des Erdkörpers, seine Masse (Quantität materieller Theile), welche, mit dem Volum verglichen, die Dichtigkeit und durch diese, unter gewissen Bedingungen, die Constitution des Inneren wie das Maaß der Anziehung bestimmt; stehen unter sich in mehr erkennbarer und mehr mathematisch zu behandelnder Abhängigkeit, als es diejenige ist, welche wir bisher in den eben genannten Lebensprocessen, in den Wärme=Strömungen, den tellurischen Zuständen des Electro=Magnetismus oder den chemischen Stoffwechseln wahrnehmen. Beziehungen, die man in complicirten Erscheinungen noch nicht quantitativ zu messen vermag, können deshalb doch vorhanden sein und durch Inductionsgründe wahrscheinlich gemacht werden.

Wenn auch die beiden Arten der Anziehung: die, welche in bemerkbaren Entfernungen wirkt (wie Schwerkraft, Gravitation der Weltkörper gegen einander); und die, welche in unmeßbaren kleinsten Entfernungen statt findet (Molecular= oder Contact=Attraction); in dem gegenwärtigen Zustande unseres Wissens nicht auf ein und dasselbe Gesetz zu reduciren sind: so ist es darum doch nicht minder glaublich, daß Capillar=Anziehung und die, für das Aufsteigen der Säfte und für Thier= und Pflanzen=Physiologie so wichtige Endosmose von dem Maaße der Schwere und ihrer localen Vertheilung eben so afficirt werden als die electromagnetischen Prozesse und der chemische Stoffwechsel. Man darf annehmen, um an extreme Zustände zu erinnern, daß auf unserem Planeten, wenn derselbe nur die Masse des Mondes und also eine fast 6mal geringere Intensität der Schwere hätte, die meteorologischen Prozesse, das Klima, die hypsometrischen

Verhältnisse der gehobenen Gebirgsketten, die Physiognomie (facies) der Vegetation ganz verschieden sein würden. Die absolute Größe unseres Erdkörpers, mit der wir uns hier beschäftigen werden, erhält ihre Wichtigkeit für den gesamten Haushalt der Natur bloß durch das Verhältniß, in dem sie zur Masse und zur Rotation steht; denn auch im Weltall würden, wenn die Dimensionen der Planeten, ihre Stoffmengen, Geschwindigkeiten und Distanzen von einander in einer und derselben Proportion zu- oder abnähmen, in diesem idealen Makro- oder Mikrokosmos alle von den Gravitations-Verhältnissen abhängige Erscheinungen unverändert² bleiben.

a. Größe, Figur (Abplattung) und Dichtigkeit der Erde.

(Erweiterung des Naturgemäldes: Kosmos Bd. I. S. 171—178 und 420—425 Anm. 97—105.)

Der Erdkörper ist gemessen und gewogen worden: zur Ermittlung seiner Gestalt, seiner Dichtigkeit und Masse. Die Genauigkeit, nach welcher man unausgesetzt in diesen terrestrischen Bestimmungen gestrebt, hat nicht weniger als die Auflösung der Probleme der Astronomie gleichzeitig zu der Vervollkommnung der Meßinstrumente und der analytischen Methoden beigetragen. Ein entscheidender Theil der Gradmessung ist übrigens selbst astronomisch; Sternhöhen bedingen die Krümmung des Bogens, dessen Länge durch Auflösung eines trigonometrischen Netzes gefunden ist. Der höheren Mathematik ist es geglückt Wege zu eröffnen, um aus gegebenen numerischen Elementen die schwierigen Aufgaben der Gestalt der Erde, der Figur des Gleichgewichts einer flüssigen homogenen oder dichten, schalenähnlich ungleichartigen Masse

zu lösen, welche sich um eine feste Achse gleichförmig dreht. Seit Newton und Huygens sind die berühmtesten Geometer des achtzehnten Jahrhunderts mit dieser Lösung beschäftigt gewesen. Es ist ersprießlich, stets daran zu erinnern, daß alles, was Großes durch Intensität geistiger Kraft und durch mathematische Ideencombination erlangt wird, seinen Werth nicht bloß von dem hat, was aufgefunden und der Wissenschaft angeeignet worden ist; sondern vorzugsweise von dem, was dieses Auffinden zur Ausbildung und Verstärkung des analytischen Werkzeugs beigetragen hat.

„Die geometrische Figur der Erde, der physischen entgegengesetzt³, bestimmt diejenige Oberfläche, welche die Oberfläche des Wassers in einem mit dem Ocean zusammenhängenden, die Erde überall bedeckenden und durchkreuzenden Netze von Canälen annehmen würde. Die geometrische Oberfläche durchschneidet die Richtungen der Kräfte senkrecht, welche aus allen von den einzelnen Theilchen der Erde ausgehenden Anziehungen, verbunden mit der, ihrer Umdrehungs-Geschwindigkeit entsprechenden Centrifugalkraft, zusammengesetzt sind.⁴ Sie kann im ganzen nur als eine dem elliptischen Rotations-Sphäroid sehr nahe zugehörige betrachtet werden; denn Unregelmäßigkeiten der Massenvertheilung im Inneren der Erde erzeugen bei local veränderter Dichtigkeit ebenfalls Unregelmäßigkeit in der geometrischen Oberfläche, welche das Product der Gesamtwirkung ungleich vertheilter Elemente ist. Die physische Oberfläche ist unmittelbar durch die wirklich vorhandene des Festen und Flüssigen auf der äußeren Erdrinde gegeben.“ Wenn es schon aus geologischen Gründen nicht unwahrscheinlich ist, daß zufällige Veränderungen, welche in

den geschmolzenen, trotz des Druckes, den sie erleiden, leicht bewegten Theilen des Inneren durch Ortswechsel in den Massen vorgehen, selbst die geometrische Oberfläche in Krümmung der Meridiane und Parallele in kleinen Räumen nach sehr langen Zeitabschnitten modificiren; so ist die physische Oberfläche in ihrer oceanischen Region durch Ebbe und Fluth (locale Depression und Anschwellung des Flüssigen) sogar periodisch einem Ortswechsel der Massen ausgesetzt. Die Kleinheit des Gravitations-Effectes in den continentalen Regionen kann einen sehr allmäligen Wechsel der wirklichen Beobachtung entziehen; und nach Bessel's Berechnung muß, um die Polhöhe eines Orts nur um 1" zu vergrößern, in dem Inneren der Erde eine Ortsveränderung von einer Masse vorausgesetzt werden, deren Gewicht, ihre Dichtigkeit der mittleren Dichtigkeit der Erde gleich gesetzt, das von 114 geographischen Cubikmeilen⁵ ist. So auffallend groß auch dieses Volum der ortsverändernden, bewegten Masse uns erscheint, wenn wir es mit dem Volum des Montblanc oder Chimborazo, oder Kintschindjinga vergleichen; so sinkt doch bald das Erstaunen über die Größe des Phänomens, wenn man sich erinnert, daß das Erdsphäroid über 2650 Millionen solcher Cubikmeilen umfaßt.

Das Problem der Figur der Erde, dessen Zusammenhang mit der geologischen Frage über früheren liquiden Zustand der planetarischen Rotations-Körper schon in der großen Zeit⁶ von Newton, Huygens und Hooke erkannt wurde, ist mit ungleichem Erfolge auf drei Wegen zu lösen versucht worden: durch geodätisch-astronomische Gradmessung, durch Pendel-Versuche, und durch Ungleichheiten in der Länge und Breite des Mondes. Die erste

Methode zerfällt wieder in zwei Unterarten der Anwendung: Breitengrad-Messungen auf einem Meridian-Bogen, und Längengrad-Messungen auf verschiedenen Parallelfreisen.

Ohnerachtet bereits sieben Jahre verflossen sind, seitdem ich die Resultate von Bessel's großer Arbeit über die Dimensionen des Erdkörpers in das allgemeine Naturgemälde aufgenommen habe; so kann doch diese Arbeit bis jetzt noch nicht durch eine mehr umfassende, auf neuere Gradmessungen gegründete, ersetzt werden. Einen wichtigen Zuwachs und eine Vervollkommnung aber hat sie zu erwarten, wenn die bald vollendete russische Gradmessung, welche sich fast vom Nordcap bis zum schwarzen Meere erstreckt, wird veröffentlicht werden; und die indische, durch sorgfältige Vergleichung des dabei gebrauchten Maasses, in ihren Ergebnissen mehr gesichert ist. Laut Bessel's, im Jahr 1841 bekannt gemachten Bestimmungen ist der mittlere Werth der Dimensionen unseres Planeten nach der genauen Untersuchung⁷ von zehn Gradmessungen folgender: die halbe große Ase des elliptischen Rotations-Sphäroids, welchem sich die unregelmäßige Figur der Erde am meisten nähert, $3272077',14$; die halbe kleine Ase $3261139',33$; die Länge des Erd-Quadranten $5131179',81$; die Länge eines mittleren Meridiangrades $57013',109$; die Länge eines Parallelgrades bei 0° Breite, also eines Aequatorgrades, $57108',520$; die Länge eines Parallelgrades bei 45° Breite $40449',371$; Abplattung $\frac{1}{299,152}$; die Länge einer geographischen Meile, deren 15 auf einen Grad des Aequators, $3807',23$. Die folgende Tafel zeigt die Zunahme der Länge der Meridiangrade vom Aequator gegen die Pole hin, wie sie aus den Beobachtungen gefunden ist, also modificirt durch locale Störungen der Anziehung:

Säher	Beogr. Breite bei Mitte bei gemessenen Bogens	Länge bei gemessenen Bogens	Die aus den Beobachtungen folgende Länge eines Grades für die Breite bei gemessenen Bogens, in Toisen	Beobachter
Schweden	66° 20' 10",6 66 19 37	1° 37' 19",6 0 57 30,4	57195,8 57201,8	Swanberg, Maupertuis
Rußland	56 3 55,5	8 2 28,9	57137,0	Leroux, Lennet
Preußen	54 58 26,0	1 30 29,0	57145,2	Bessel, Baeuer
Dänemark	54 8 13,7	1 31 53,3	57093,1	Schnapper
Hannover	52 32 16,6	2 0 57,4	57126,4	Gauß
England	52 35 45,0 52 2 19,4	3 57 13,1 2 50 23,5	57075,0 57071,8	Neuv, Mudge, Scuter
Frankreich	44 51 2,5	12 22 12,7	57012,5	Delambre, Méchain, Biot, Brago
Nordamerika	39 12 0	1 28 45,0	56889,6	Mason, Dixon
Ostindien	16 8 21,5 12 32 20,8	15 57 40,7 1 34 56,4	56773,6 56759,0	Kambron, Everest Kambron
Quito (südl. Br.)	1 31 0,4	3 7 3,5	56864,6	La Condamine, Bouguer
Bergeb. der guten Hoff- nung (südl. Br.)	33 18 30 35 43 20	1 13 17,5 3 34 34,7	57035,6 56932,5	Laaille Maclaur

Die Bestimmung der Figur der Erde durch Messung von Längengraden auf verschiedenen Parallelkreisen erfordert eine große Genauigkeit in den Unterschieden der Ortslängen. Schon Cassini de Thury und Lacaille bedienten sich 1740 der Pulver-Signale, um einen Perpendikel auf dem Meridian von Paris zu messen. In neuerer Zeit sind bei der großen trigonometrischen Aufnahme von England mit weit besseren Hülfsmitteln und größerer Sicherheit Längen der Bogen auf Parallelkreisen und Unterschiede der Meridiane bestimmt worden zwischen Beachy Head und Dunnope, wie zwischen Dover und Falmouth⁸: freilich nur in Längen-Unterschieden von $1^{\circ} 26'$ und $6^{\circ} 22'$. Die glänzendste dieser Operationen ist aber wohl die zwischen den Meridianen von Marennes, an der Westküste von Frankreich, und Fiume gewesen. Sie erstreckt sich über die westlichste Alpenkette und die lombardischen Ebenen von Mailand und Padua, in einer directen Entfernung von $15^{\circ} 32' 27''$; und wurde ausgeführt von Brousscaud und Largeteau, Plana und Carlini, fast ganz unter dem sogenannten mittleren Parallel von 45° . Die vielen Pendel-Versuche, welche in der Nähe der Gebirgsketten gemacht worden sind, haben hier den schon früher erkannten Einfluß von localen Anziehungen, die sich aus der Vergleichung der astronomischen Breiten mit den Resultaten der geodätischen Messungen ergeben⁹, auf eine merkwürdige Weise bestätigt.

Nach den zwei Unterarten der unmittelbaren Gradmessung: a) auf Meridian- und b) auf Parallelbogen, ist noch eine rein astronomische Bestimmung der Figur der Erde zu nennen. Es gründet sich dieselbe auf die Einwirkung, welche die Erde auf die Mondbewegung (auf die Ungleichheiten

in der Länge und Breite des Mondes) ausübt. Laplace, der zuerst die Ursach dieser Ungleichheiten aufgefunden, hat auch deren Anwendung gelehrt; und scharfsinnig gezeigt, wie dieselbe den großen Vorzug gewährt, welchen vereinzelte Gradmessungen und Pendel-Versuche nicht darzubieten vermögen: den Vorzug, die mittlere Figur (die Gestalt, welche dem ganzen Planeten zugehört) in einem einzigen, einfachen Resultate zu offenbaren. Man erinnert hier gern wieder¹⁰ an den glücklichen Ausdruck des Erfinders der Methode: „daß ein Astronom, ohne seine Sternwarte zu verlassen, in der Bewegung eines Himmelskörpers die individuelle Gestalt der Erde, seines Wohnsitzes, lesen könne.“ Nach einer letzten Revision der beiden Ungleichheiten in der Länge und Breite unseres Satelliten, und durch die Benutzung von mehreren tausend Beobachtungen von Bürg, Bouvard und Burchardt¹¹ fand Laplace vermittelst dieser seiner Lunar-Methode eine Abplattung, welche der der Breitengrad-Messungen ($\frac{1}{299}$) nahe genug kommt: nämlich $\frac{1}{306}$.

Ein drittes Mittel, die Gestalt der Erde (d. i. das Verhältniß der großen zur kleinen Ase, unter der Voraussetzung einer elliptisch sphäroidischen Gestalt) durch Ergründung des Gesetzes zu finden, nach welchem vom Aequator gegen die Rotations-Pole hin die Schwere zunimmt; bieten die Schwingungen der Pendel dar. Zur Zeitbestimmung hatten sich dieser Schwingungen zuerst die arabischen Astronomen und namentlich Ebn-Zunis, am Ende des 10ten Jahrhunderts, in der Glanzperiode der Abbassidischen Chalifen¹², bedient; auch, nach sechshundertjähriger Vernachlässigung, Galilei und der Pater Riccioli zu Bologna.¹³ Durch Verbindung mit Räderwerk zur Regulirung des Ganges der Uhren (angewandt zuerst in den unvollkommenen Versuchen von

Sanctorius zu Padua 1612, dann in der vollendeten Arbeit von Huygens 1656) hat das Pendel in Richer's Vergleichung des Ganges derselben astronomischen Uhr zu Paris und Cayenne (1672) den ersten materiellen Beweis von der verschiedenen Intensität der Schwere unter verschiedenen Breiten gegeben. Picard war zwar mit der Ausrüstung zu dieser wichtigen Reise beschäftigt, aber er schreibt sich deshalb nicht das Verdienst des ersten Vorschlages zu. Richer verließ Paris im October 1671; und Picard, in der Beschreibung seiner Breitengrad-Messung, die ebenfalls im Jahr 1671 erschien, erwähnt bloß ¹⁴ „einer Vermuthung, welche in einer der Sitzungen der Akademie von einem Mitgliede geäußert worden sei, und nach welcher wegen der Rotation der Erde die Gewichte eine geringere Schwere unter dem Aequator als unter dem Pole haben möchten.“ Er fügt zweifelnd hinzu: „daß allerdings nach einigen Beobachtungen, die in London, Lyon und Bologna angestellt seien, es scheine, als müsse das Secunden-Pendel verkürzt werden, je näher man dem Aequator komme; aber andererseits sei er auch nicht genug von der Genauigkeit der angegebenen Messungen überzeugt, weil im Haag die Pendellänge trotz der nördlicheren Lage ganz wie in Paris gefunden werde.“ Wann Newton zuerst die ihm so wichtige Kenntniß von den durch Richer 1672 erlangten, aber erst 1679 durch den Druck veröffentlichten Pendel-Resultaten, oder von Cassini's, schon vor 1666 gemachter Entdeckung der Abplattung des Jupiter erhalten hat; wissen wir leider nicht mit derselben Genauigkeit, als uns seine sehr verspätete Kenntniß von Picard's Gradmessung erwiesen ist. In einem Zeitpunkte, wo in einem so glücklichen Wettkampfe theoretische Ansichten zu Anstellung

von Beobachtungen anregten und wiederum Ergebnisse der Beobachtung auf die Theorie reagirten, ist für die Geschichte der mathematischen Begründung einer physischen Astronomie die genaue Aufzählung der einzelnen Epochen von großem Interesse.

Wenn die unmittelbaren Messungen von Meridian- und Parallelgraden (die ersteren vorzugsweise in der französischen Gradmessung ¹⁵ zwischen Br. $44^{\circ} 42'$ und $47^{\circ} 30'$; die zweiten bei Vergleichung von Punkten, die östlich und westlich liegen von den grajischen, cottischen und Meer-Alpen ¹⁶) schon große Abweichungen von der mittleren ellipsoidischen Gestalt der Erde verrathen; so sind die Schwankungen in dem Maasse der Abplattung, welche geographisch verschieden vertheilte Pendellängen und ihre Gruppierungen geben, noch um vieles auffallender. Die Bestimmung der Figur der Erde durch die zu- oder abnehmende Schwere (Intensität der örtlichen Attraction) setzt voraus, daß die Schwere an der Oberfläche des rotirenden Sphäroids dieselbe blieb, die sie zu der Zeit der Erstarrung aus dem flüssigen Zustande war; und daß nicht spätere Veränderungen der Dichtigkeit daselbst vorgingen. ¹⁷ Trotz der großen Vervollkommnung der Instrumente und Methoden durch Borda, Later und Bessel sind gegenwärtig in beiden Erdhälften: von den Malouinen, wo Freycinet, Duperrey und Sir James Ross nach einander beobachtet haben, bis Spitzbergen, also von $51^{\circ} 35'$ S. bis $79^{\circ} 50'$ N. B.; doch nur 65 bis 70 unregelmäßig zerstreute Punkte ¹⁸ anzugeben, in denen die Länge des einfachen Pendels mit derselben Genauigkeit bestimmt worden ist als die Orts-Position in Breite, Länge und Höhe über dem Meere.

Sowohl durch die Pendel-Versuche auf dem von den französischen Astronomen gemessenen Theile eines Meridianbogens wie durch die Beobachtungen, welche Cap. Kater bei der trigonometrischen Aufnahme in Großbritannien gemacht, wurde anerkannt, daß die Resultate sich keinesweges einzeln durch eine Variation der Schwere im Verhältniß des Quadrats des Sinus der Breite darstellen ließen. Es entschloß sich daher die englische Regierung (auf Anregung des Vice-Präsidenten der Royal Society, Davies Gilbert) zur Ausrüstung einer wissenschaftlichen Expedition, welche meinem Freunde Eduard Sabine, der als Astronom den Capitän Parry auf seiner ersten Nordpol-Unternehmung begleitet hatte, anvertraut wurde. Es führte ihn dieselbe in den Jahren 1822 und 1823 längs der westlichen afrikanischen Küste, von Sierra Leone bis zu der Insel S. Thomas, nahe am Aequator; dann über Ascension nach der Küste von Südamerika (von Bahia bis zum Ausfluß des Orinoco), nach Westindien und Neu-England; wie im hohen arctischen Norden bis Spitzbergen, und zu einem von gefahrdrohenden Eiswällen verdeckten, noch unbefuchten Theile des östlichen Grönlands ($74^{\circ} 32'$). Dieses glänzende und so glücklich ausgeführte Unternehmen hatte den Vorzug, daß es seinem Hauptzwecke nach nur auf Einen Gegenstand gerichtet war, und Punkte umfaßte, die 93 Breitengrade von einander entfernt sind.

Der Aequinoctial- und arctischen Zone weniger genähert lag das Feld der französischen Gradmessungen; aber es gewährte dasselbe den großen Vortheil einer linearen Gruppierung der Beobachtungsorte, und der unmittelbaren Vergleichung mit der partiellen Bogenkrümmung, wie sie sich aus den geodätisch-astronomischen Operationen ergeben hatte. Biot

hat die Reihe der Pendel-Messungen von Formentera aus ($38^{\circ} 39' 56''$), wo er früher mit Arago und Chair beobachtete, im Jahr 1824 bis nach Unst, der nördlichsten der Shetlands-Inseln ($60^{\circ} 45' 25''$), fortgesetzt, und sie mit Mathieu auf den Parallelen von Bordeaux, Figeac und Padua bis Fiume erweitert.¹⁹ Diese Pendel-Resultate, mit denen von Sabine verglichen, geben für den ganzen nördlichen Quadranten allerdings die Abplattung von $\frac{1}{290}$; aber, in zwei Hälften getrennt, um so abweichendere Resultate²⁰: vom Aequator bis 45° gar $\frac{1}{276}$, und von 45° bis zum Pol $\frac{1}{308}$. Der Einfluß der umgebenden dichteren Gebirgsmassen (Basalt, Grünstein, Diorit, Melaphyr; im Gegensatz von specifisch leichteren Flöz- und Tertiär-Formationen) hat sich für beide Hemisphären (wie der, die Intensität der Schwere vermehrende Einfluß der vulkanischen Eilande²¹) in den meisten Fällen erkennbar gemacht; aber viele Anomalien, die sich darbieten, lassen sich nicht aus der uns sichtbaren geologischen Bodenbeschaffenheit erklären.

Für die südliche Erdhälfte besitzen wir eine kleine Reihe vortrefflicher, aber freilich auf großen Flächen weit zerstreuter Beobachtungen von Freycinet, Duperrey, Fallows, Lütke, Brisbane und Rümker. Es bestätigen dieselben, was schon in der nördlichen Erdhälfte so auffallend ist: daß die Intensität der Schwere nicht an Dertern, welche gleiche Breite haben, dieselbe ist; ja daß die Zunahme der Schwere vom Aequator gegen die Pole unter verschiednen Meridianen ungleichen Gesetzen unterworfen zu sein scheint. Wenn Lacaille's Pendel-Messungen am Vorgebirge der guten Hoffnung und die auf der spanischen Weltumseglung von

Malaspina den Glauben hatten verbreiten können, daß die südliche Hemisphäre im allgemeinen beträchtlich mehr abgeplattet sei als die nördliche; so haben, wie ich schon an einem andern Orte²² angeführt, die Malouinen-Inseln und Neu-Holland, verglichen mit Neu-York, Dünkirchen und Barcelona, in genaueren Resultaten das Gegentheil erwiesen.

Aus dem bisher Entwickelten ergibt sich: daß das Pendel (ein nicht unwichtiges geognostisches Untersuchungsmittel; eine Art Senkblei, in tiefe, ungesehene Erdschichten geworfen) uns doch mit geringerer Sicherheit über die Gestalt unseres Planeten aufklärt als Gradmessungen und Mondbewegung. Die concentrischen, elliptischen, einzeln homogenen, aber von der Oberfläche gegen das Erd-Centrum an Dichtigkeit (nach gewissen Functionen des Abstandes) zunehmenden Schichten können, in einzelnen Theilen des Erdkörpers nach ihrer Beschaffenheit, Lage und Dichtigkeits-Folge verschieden, an der Oberfläche locale Abweichungen in der Intensität der Schwere erzeugen. Sind die Zustände, welche jene Abweichungen hervorbringen, um vieles neuer als die Erhärtung der äußeren Rinde, so kann man sich die Figur der Oberfläche als örtlich nicht modificirt durch die innere Bewegung der geschmolzenen Massen denken. Die Verschiedenheit der Resultate der Pendel-Messung ist übrigens viel zu groß, als daß man sie gegenwärtig noch Fehlern der Beobachtung zuschreiben könnte. Wo auch durch mannigfach versuchte Gruppierung und Combination der Stationen Uebereinstimmung in den Resultaten oder erkennbare Gesetzmäßigkeit gefunden wird, ergeben immer die Pendel eine größere Abplattung (ohngefähr schwankend zwischen den Grenzen $\frac{1}{275}$ und $\frac{1}{290}$) als die, welche aus den Gradmessungen hat geschlossen werden können.

Beharren wir bei dieser, wie sie nach Bessel's letzter Bestimmung gegenwärtig am allgemeinsten angenommen wird, also bei einer Abplattung von $\frac{1}{299,152}$; so beträgt die Anschwellung²³ unter dem Aequator eine Höhe von $3272077' - 3261139' = 10938$ Toisen oder 65628 Pariser Fuß: ohngefähr $2\frac{4}{5}$ (genauer 2,873) geographische Meilen. Da man seit frühester Zeit gewohnt ist eine solche Anschwellung oder convexe Erhebung der Erdoberfläche mit wohlgemessenen Gebirgsmassen zu vergleichen: so wähle ich als Gegenstände der Vergleichung den höchsten unter den jetzt bekannten Gipfeln des Himalaya, den vom Oberst Waugh gemessenen Kintschindjinga von 4406 Toisen (26436 Fuß); und den Theil der Hochebene Tibets, welcher den Heiligen Seen Rakas-Tal und Manassarovar am nächsten ist, und nach Lieut. Henry Strachey die mittlere Höhe von 2400 Toisen erreicht. Unser Planet ist demnach nicht ganz dreimal so viel in der Aequatorial-Zone angeschwollen, als die Erhebung des höchsten Erdberges über der Meeresfläche beträgt; fast fünfmal so viel als das östliche Plateau von Tibet.

Es ist hier der Ort zu bemerken, daß die durch bloße Gradmessungen oder durch Combinationen von Grad- und Pendel-Messungen sich ergebenden Resultate der Abplattung weit geringere Verschiedenheiten²⁴ in der Höhe der Aequinoctial-Anschwellung darbieten, als man auf den ersten Anblick der Bruchzahlen zu vermuthen geneigt sein könnte. Der Unterschied der Polar-Abplattungen $\frac{1}{310}$ und $\frac{1}{290}$ beträgt für die Unterschiede der größten und kleinsten Erbachse nach den beiden äußersten Grenzzahlen nur etwas über 6600 Fuß: nicht das Doppelte der kleinen Berghöhen des

Brockens und des Vesuvs; ohngefähr nur um $\frac{1}{10}$ abweichend von der Anschwellung, welche die Abplattung $\frac{1}{299}$ giebt.

Sobald genauere, unter sehr verschiedenen Breiten gemachte Gradmessungen gelehrt hatten, daß die Erde in ihrem Inneren nicht gleichförmig dicht sein könne, weil die aufgefundenen Resultate der Abplattung die letztere um vieles geringer darstellen, als Newton ($\frac{1}{230}$); um vieles größer, als Huygens ($\frac{1}{578}$), der sich alle Anziehung im Centrum der Erde vereinigt dachte, annahmen: mußte der Zusammenhang des Werthes der Abplattung mit dem Gesetze der Dichtigkeit im Inneren der Erdkugel ein wichtiger Gegenstand des analytischen Calculs werden. Die theoretischen Speculationen über die Schwere leiteten früh auf die Betrachtung der Anziehung großer Gebirgsmassen, welche frei, klippenartig sich auf dem trocknen Boden des Luftmeeres erheben. Schon Newton untersuchte in seinem *Treatise of the System of the World in a popular way* 1728, um wie viel ein Berg, der an 2500 Pariser Fuß Höhe und 5000 Fuß Durchmesser hätte, das Pendel von seiner lothrechten Richtung abziehen würde. In dieser Betrachtung liegt wahrscheinlich die Veranlassung zu den wenig befriedigenden Versuchen von Bouguer am Chimborazo²⁵; von Maskelyne und Hutton am Berg Schhallien in Perthshire nahe bei Blair Athol; zu der Vergleichung von Pendellängen auf dem Gipfel einer 6000 Fuß erhabenen Hochebene mit der Pendellänge am Meeresufer (Carlini bei dem Hospitium des Mont Genis, und Biot und Mathieu bei Bordeaux); zu den feinen und allein entscheidenden Experimenten von Reich (1837) und Baily mit dem von John Mitchell²⁶ erfundenen und durch Wollaston zu Cavendish

übergegangenen sinnreichen Apparate der Drehwage. Es ist von den drei Arten der Bestimmung der Dichtigkeit unseres Planeten (durch Bergnähe, Höhe einer Bergebene und Drehwage) in dem Naturgemälde (Kosmos Bd. I. S. 176—178 und 424 Anm. 6) so umständlich gehandelt worden, daß nur noch die in Reich's neuer Abhandlung²⁷ enthaltenen, in den Jahren 1847 und 1850 von diesem unermüdblichen Forscher angestellten Versuche hier erwähnt werden müssen. Das Ganze kann nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens folgendermaßen zusammengestellt werden:

Shehallien (nach dem Mittel des von Playfair gefundenen Max. 4,867 und Min. 4,559) . . . 4,713

Mont Cenis, Beob. von Carlini mit der Correction von Giulio 4,950

Drehwage:

Cavendish nach Baily's Berechnung 5,448

Reich 1838 5,440

Baily 1842 5,660

Reich 1847—1850 5,577

Das Mittel der beiden letzten Resultate giebt für die Dichtigkeit der Erde 5,62 (die des Wassers = 1 gesetzt): also viel mehr als die dichtesten feinkörnigen Basalte (nach Leonhard's zahlreichen Versuchen 2,95—3,67), mehr als Magneteisenerz (4,9—5,2), um wenigstens geringer als gebiegenen Arsen von Marienberg oder Joachimsthal. Wir haben bereits oben (Kosmos Bd. I. S. 177) bemerkt, daß bei der großen Verbreitung von Flöz-, Tertiär-Formationen und aufgeschwemmten Schichten, welche den uns sichtbaren, continentalen Theil der Erdoberfläche bilden (die plutonischen und vulkanischen Erhebungen erfüllen inselförmig überaus

kleine Räume), die Feste in der oberen Erdrinde kaum eine Dichtigkeit von 2,4 bis 2,6 erreicht. Wenn man nun mit Rigaud das Verhältniß der Feste zur flüssigen oceanischen Fläche wie 10 : 27 annimmt, und erwägt, daß letztere nach Versuchen mit dem Senkblei über 26000 Pariser Fuß Wasserdicke erreicht; so ist die ganze Dichtigkeit der oberen Schichten des Planeten unter der trocknen und oceanischen Oberfläche kaum 1,5. Es ist gewiß mit Unrecht, wie ein berühmter Geometer, Plana, bemerkt, daß der Verfasser der *Mécanique céleste* der oberen Erdschicht die Dichtigkeit des Granits zuschreibt und diese auch, etwas hoch, = 3 ansieht²⁸: was ihm für das Centrum der Erde die Dichtigkeit von 10,047 giebt. Letztere wird nach Plana 16,27, wenn man die oberen Erdschichten = 1,83 setzt: was wenig von 1,5 oder 1,6 als totale Erdrinden-Dichtigkeit abweicht. Das Pendel, das senkrechte wie das horizontale (die Drehwage), hat allerdings ein geognostisches Instrument genannt werden können; aber die Geologie der unzugänglichen inneren Erdräume ist, wie die Astrognose der dunklen Weltkörper, nur mit vieler Vorsicht zu behandeln. Ich muß ohnedies noch in dem vulkanischen Abschnitt dieses Werkes die, schon von Anderen angeregten Probleme der Strömungen in der allgemeinen Flüssigkeit des Inneren des Planeten, der wahrscheinlichen oder unwahrscheinlichen periodischen Ebbe- und Fluth-Bewegung in einzelnen, nicht ganz gefüllten Becken, oder der Existenz undichter Räume unter den gehobenen Gebirgsketten²⁹, berühren. Es ist im Kosmos keine Betrachtung zu übergehen, auf welche wirkliche Beobachtungen oder nicht entfernte Analogien zu leiten scheinen.

b. Innere Wärme des Erdkörpers und Vertheilung derselben.

(Erweiterung des Naturgemälbes: Kosmos Bd. I. S. 179—184 und S. 425—427 Anm. 7—10.)

Die Betrachtungen über die innere Wärme des Erdkörpers, deren Wichtigkeit durch ihren jetzt so allgemein anerkannten Zusammenhang mit vulkanischen und Hebungserrscheinungen erhöht worden ist, sind gegründet theils auf directe und daher unbestreitbare Messungen der Temperatur in Quellen, Bohrlöchern und unterirdischen Grubenbauen; theils auf analytische Combinationen über die allmälige Erkältung unseres Planeten und den Einfluß, welchen die Wärme-Abnahme auf die Rotations-Geschwindigkeit³⁰ und auf die Richtung der inneren Wärme-Strömungen in der Urzeit mag ausgeübt haben. Die Gestalt des abgeplatteten Erdsphäroids ist selbst wieder von dem Gesetze der zunehmenden Dichtigkeit abhängig in concentrischen, über einander liegenden, nicht homogenen Schalen. Der erste, experimentale und darum sichrere Theil der Untersuchung, auf den wir uns hier beschränken, verbreitet aber nur Licht über die uns allein zugängliche, ihrer Dicke nach unbedeutende Erdrinde: während der zweite, mathematische Theil, der Natur seiner Anwendungen nach, mehr negative als positive Resultate liefert. Den Reiz scharfsinniger Gedankenverbindungen³¹ darbietend, leitet dieser zu Problemen, welche bei den Muthmassungen über den Ursprung der vulkanischen Kräfte und die Reaction des geschmolzenen Inneren gegen die starre äußere Schale nicht ganz unberührt bleiben können. Platons geognostische Mythe vom Pyriphlegethon³², als Ursprung aller heißen Quellen wie der vulkanischen Feuerströme, war hervorgegangen aus dem so früh und so allgemein gefühlten

Bedürfniß, für eine große und verwickelte Reihe von Erscheinungen eine gemeinsame Ursach aufzufinden.

Bei der Mannigfaltigkeit der Verhältnisse, welche die Erdoberfläche darbietet in Hinsicht auf Insolation (Sonnen-Einwirkung) und auf Fähigkeit die Wärme auszustrahlen, bei der großen Verschiedenheit der Wärme-Leitung nach Maaßgabe der in ihrer Zusammensetzung und Dichte heterogenen Gebirgsarten: ist es nicht wenig zu bewundern, daß da, wo die Beobachtungen mit Sorgfalt und unter günstigen Umständen angestellt sind, die Zunahme der Temperatur mit der Tiefe in sehr ungleichen Localitäten meist so übereinstimmende Resultate gegeben hat. Bohrlöcher: besonders wenn sie noch mit trüben, etwas durch Thon verdickten, den inneren Strömungen milder günstigen Flüssigkeiten gefüllt sind, und wenig Zuflüsse seitwärts in verschiedenen Höhen durch Queerklüfte erhalten; bieten bei sehr großer Tiefe die meiste Sicherheit dar. Wir beginnen daher, eben dieser Tiefe wegen, mit zweien der merkwürdigsten artesischen Brunnen: dem von Grenelle zu Paris, und dem von Neu-Salzwerk im Soolbade Deynhausen bei Minden. Die genauesten Bestimmungen für beide sind die, welche hier folgen:

Nach den Messungen von Walferdin³³, dessen Scharffsinn man eine ganze Reihe seiner Apparate zur Bestimmung der Temperatur in den Tiefen des Meeres oder der Brunnen verdankt, liegt die Bodenfläche des Abattoir du Puits de Grenelle 36^m,24 über dem Meere. Der obere Ausfluß der aufsteigenden Quelle ist noch 33^m,33 höher. Diese Total-Höhe der steigenden Wasser (69^m,57) ist im Vergleich mit dem Niveau des Meeres ohngefähr 60 Meter niedriger als das Ausgehen der Grünsand-Schicht in den Hügeln bei Lusigny, südöstlich

von Paris, deren Infiltrationen man das Aufsteigen der Wasser im artesischen Brunnen von Grenelle zuschreibt. Die Wasser sind erbohrt in 547^m (1683 Pariser Fuß) Tiefe unter dem Boden des Abattoirs, oder 510^m,76 (1572 Fuß) unter dem Meerespiegel; also steigen sie im ganzen 580^m,33 (1786 Fuß). Die Temperatur der Quelle ist 27^o,75 cent. (22^o,2 R.). Die Zunahme der Wärme ist also 32^m,3 (99¹/₂ Fuß) für 1^o des hunderttheiligen Thermometers.

Das Bohrloch zu Neu-Salzwert bei Rehme liegt in seiner Mündung 217 Fuß über der Meeresfläche (über dem Pegel bei Amsterdam). Es hat erreicht unter der Erdoberfläche: unter dem Punkte, wo die Arbeit begonnen ist, die absolute Tiefe von 2144 Fuß. Die Soolquelle, welche mit vieler Kohlensäure geschwängert ausbricht, ist also 1926 Fuß unter der Meeresfläche gelegen: eine relative Tiefe, die vielleicht die größte ist, welche die Menschen je im Inneren der Erde erreicht haben. Die Soolquelle von Neu-Salzwert (Bad Deynhausen) hat eine Temperatur von 32^o,8 (26^o,3 R.); und da die mittlere Jahres-Temperatur der Luft in Neu-Salzwert etwas über 9^o,6 (7^o,7 R.) beträgt, so darf man auf eine Zunahme der Temperatur von 1^o cent. für 92,4 Fuß oder 30 Meter schließen. Das Bohrloch von Neu-Salzwert³⁴ ist also, mit dem von Grenelle verglichen, 461 Fuß absolut tiefer; es senkt sich 354 Fuß mehr unter die Oberfläche des Meeres, und die Temperatur seiner Wasser ist 5^o,1 höher. Die Zunahme der Wärme ist in Paris für jeden hunderttheiligen Grad um 7,1 Fuß, also kaum um $\frac{1}{14}$ schneller. Ich habe schon oben³⁵ darauf aufmerksam gemacht, wie ein von Auguste de la Rive und Marcet zu Brégny bei Genf

untersuchtes Bohrloch von nur 680 Fuß Tiefe ein ganz gleiches Resultat gegeben hat, obgleich dasselbe in einer Höhe von mehr als 1500 Fuß über dem mittelländischen Meere liegt.

Wenn man den drei eben genannten Quellen, welche zwischen 680 und 2144 Fuß absolute Tiefe erreichen, noch eine: die von Mont Wearmont bei Newcastle (die Grubenwasser des Kohlenbergwerks, in welchem nach Phillips 1404 Fuß unter dem Meeresspiegel gearbeitet wird), hinzufügt; so findet man das merkwürdige Resultat, daß an vier von einander so entfernten Orten die Wärme-Zunahme für 1^o cent. nur zwischen 91 und 99 Pariser Fuß schwankt.³⁶ Diese Uebereinstimmung kann aber nach der Natur der Mittel, das man anwendet, um die innere Erdwärme in bestimmten Tiefen zu ergünden, nicht überall erwartet werden. Wenn auch angenommen wird, daß die auf Höhen sich infiltrirenden Meteorwasser durch hydrostatischen Druck, wie in communicirenden Röhren, das Aufsteigen der Quellen an tieferen Punkten bewirken, und daß die unterirdischen Wasser die Temperatur der Erdschichten annehmen, mit welchen sie in Contact gelangen; so können die erbohrten Wasser in gewissen Fällen, mit senkrecht niedergehenden Wasserklüften communicirend, doch noch einen anderen Zuwachs von Wärme aus uns unbekannter Tiefe erhalten. Ein solcher Einfluß, welchen man sehr von dem der verschiedenen Leitungsfähigkeit des Gesteins unterscheiden muß, kann an Punkten stattfinden, die dem Bohrloch sehr fern liegen. Wahrscheinlich bewegen sich die Wasser im Inneren der Erde bald in beschränkten Räumen, auf Spalten gleichsam flußartig (daher oft von nahen Bohrversuchen nur einige gelingen); bald scheinen dieselben in horizontaler Richtung weit ausgedehnte Becken zu bilden: so daß dieses Verhältniß überall

die Arbeit begünstigt, und in sehr seltenen Fällen durch Anwesenheit von Alen, Muscheln und Pflanzenresten einen Zusammenhang mit der Erdoberfläche verräth. Wie nun aus den oben bezeichneten Ursachen die aufsteigenden Quellen bisweilen wärmer sind, als nach der geringen Tiefe des Bohrlochs zu erwarten wäre; so wirken in entgegengesetztem Sinne kältere Wasser, welche aus seitwärts zuführenden Querklüften hervorbrechen.

Es ist bereits bemerkt worden, daß Punkte, welche im Inneren der Erde bei geringer Tiefe in derselben Verticallinie liegen, zu sehr verschiedenen Zeiten das Maximum und Minimum der durch Sonnenstand und Jahreszeiten veränderten Temperatur der Atmosphäre empfangen. Nach den, immer sehr genauen Beobachtungen von Duetelet³⁷ sind die täglichen Variationen schon in der Tiefe von $3\frac{4}{5}$ Fuß nicht mehr bemerkbar; und zu Brüssel trat die höchste Temperatur in 24 Fuß tief eingesenkten Thermometern erst am 10 December, die niedrigste am 15 Juni ein. Auch in den schönen Versuchen, die Forbes in der Nähe von Edinburg über das Leitungsvermögen verschiedener Gebirgsarten anstellte, traf das Maximum der Wärme im basaltartigen Trapp von Calton-Hill erst am 8 Januar in 23 Fuß Tiefe ein.³⁸ Nach der vieljährigen Reihe von Beobachtungen Arago's im Garten der Pariser Sternwarte sind im Laufe eines ganzen Jahres noch sehr kleine Temperatur-Unterschiede bis 28 Fuß unter der Oberfläche bemerkbar gewesen. Ebenso fand sie Bravais noch 1° in $26\frac{1}{2}$ Fuß Tiefe im hohen Norden zu Boffetop in Finnmark (Br. $69^{\circ} 58'$). Der Unterschied zwischen den höchsten und niedrigsten Temperaturen des Jahres ist um so kleiner, je tiefer man hinabsteigt. Nach Fourier nimmt dieser Unterschied in geometrischer Reihe ab, wenn die Tiefe in arithmetischer wächst.

Die invariable Erdschicht ist in Hinsicht ihrer Tiefe (ihres Abstandes von der Oberfläche) zugleich abhängig von der Polhöhe, von der Leitungsfähigkeit des umgebenden Gesteins, und der Größe des Temperatur=Unterschiedes zwischen der heißesten und kältesten Jahreszeit. In der Breite von Paris (48° 50') werden herkömmlich die Tiefe und Temperatur der Caves de l'Observatoire (86 Fuß und 11°,834) für Tiefe und Temperatur der invariablen Erdschicht gehalten. Seitdem (1783) Cassini und Legentil ein sehr genaues Quecksilber-Thermometer in jenen unterirdischen Räumen, welche Theile alter Steinbrüche sind, aufgestellt haben, ist der Stand des Quecksilbers in der Röhre um 0°,22 gestiegen.³⁹ Ob die Ursach dieses Steigens einer zufälligen Veränderung der Thermometer-Scale, die jedoch von Arago 1817 mit der ihm eigenen Sorgfalt berichtigt worden ist, oder wirklich einer Wärme=Erhöhung zugeschrieben werden müsse; ist noch unentschieden. Die mittlere Temperatur der Luft in Paris ist 10°,822. Bravais glaubt, daß das Thermometer in den Caves de l'Observatoire schon unter der der Grenze der invariablen Erdschicht stehe, wenn gleich Cassini noch Unterschiede von zwei Hunderttheilen eines Grades zwischen der Winter- und Sommer-Temperatur finden wollte⁴⁰, aber freilich die wärmere Temperatur im Winter. Wenn man das Mittel vieler Beobachtungen der Bodenwärme zwischen den Parallelen von Zürich (47° 22') und Upsala (59° 51') nimmt, so erhält man für 1° Temperatur-Zunahme die Tiefe von 67½ Fuß. Die Unterschiede der Breite steigen nur auf 12 bis 15 Fuß Tiefe, und zwar ohne regelmäßige Veränderung von Süden nach Norden, weil der gewiß vorhandene Einfluß der Breite sich in diesen, noch zu engen Grenzen der Verschiedenheit der Tiefen mit dem

Einfluß der Leitungsfähigkeit des Bodens und der Fehler der Beobachtung vermischt.

Da die Erdschicht, in der man anfängt keine Temperatur-Veränderung mehr den ganzen Jahres-Cyclus hindurch zu bemerken, nach der Theorie der Wärme-Vertheilung um so weniger von der Oberfläche entfernt liegt, als die Maxima und Minima der Jahres-Temperatur weniger von einander verschieden sind; so hat diese Betrachtung meinen Freund, Herrn Boussingault, auf die scharfsinnige und bequeme Methode geleitet, in der Tropengegend, besonders 10 Grad nördlich und südlich vom Aequator, die mittlere Temperatur eines Orts durch die Beobachtung eines Thermometers zu bestimmen, das 8 bis 12 Zoll in einem bedeckten Raume eingegraben ist. Zu den verschiedensten Stunden, ja in verschiedenen Monaten (wie die Versuche vom Oberst Hall nahe am Littoral des Choco, in Tumaco; die von Salaza in Quito; die von Boussingault in la Vega de Zupia, Marmato und Anserma Nuevo im Cauca-Thale beweisen), hat die Temperatur nicht um zwei Zehntel eines Grades variiert; und fast in denselben Grenzen ist sie identisch mit der mittleren Temperatur der Luft an solchen Orten gewesen, wo letztere aus stündlichen Beobachtungen hergeleitet worden ist. Dazu blieb diese Identität, was überaus merkwürdig scheint, sich vollkommen gleich: die thermometrischen Sonden (von weniger als 1 Fuß Tiefe) mochten am heißen Ufer der Südsee in Guayaquil und Payta, oder in einem Indianer-Dörschen am Abhange des Vulkans von Purace, das ich nach meinen Barometer-Messungen 1356 Toisen (2643,2 Meter) hoch über dem Meere gefunden habe, angestellt werden. Die mittleren Temperaturen waren in diesen Höhen-Abständen um volle 14^o verschieden. ⁴¹

Eine besondere Aufmerksamkeit verdienen, glaube ich, zwei Beobachtungen, die ich in den Gebirgen von Peru und Mexico gemacht habe: in Bergwerken, welche höher liegen als der Gipfel des Pic von Teneriffa; höher als alle, in die man wohl bis dahin je ein Thermometer getragen hatte. Mehr als zwölfstausend Fuß über dem Meerespiegel habe ich die unterirdische Luft 14° wärmer als die äußere gefunden. Das peruanische Städtchen Micuipampa ⁴² liegt nämlich nach meinen astronomischen und hypsometrischen Beobachtungen in der südlichen Breite von $6^{\circ} 43'$ und in der Höhe von 1857 Toisen, am Fuß des, wegen seines Silberreichthums berühmten Cerro de Gualgayoc. Der Gipfel dieses fast isolirten, sich castellartig und malerisch erhebenden Berges ist 240 Toisen höher als das Straßenpflaster des Städtchens Micuipampa. Die äußere Luft war fern vom Stollen-Mundloch der Mina del Purgatorio $5^{\circ},7$; aber in dem Inneren der Grubenbaue, ohngefähr in 2057 Toisen (12342 Fuß) Höhe über dem Meere, sah ich das Thermometer überall die Temperatur von $19^{\circ},8$ anzeigen: Differenz $14^{\circ},1$. Das Kalkstein war vollkommen trocken, und sehr wenige Bergleute arbeiteten dort. In der Mina de Guadalupe, die in derselben Höhe liegt, fand ich die innere Luft-Temperatur $14^{\circ},4$: also Differenz gegen die äußere Luft $8^{\circ},7$. Die Wasser, welche hier aus der sehr nassen Grube hervorströmten, hatten $11^{\circ},3$. Die mittlere jährliche Luft-Temperatur von Micuipampa ist wahrscheinlich nicht über $7^{\circ}\frac{1}{2}$. In Mexico, in den reichen Silberbergwerken von Guanaruato, fand ich in der Mina de Valenciana ⁴³ die äußere Luft-Temperatur in der Nähe des Tiro Nuevo (7122 Fuß über dem Meere) $21^{\circ},2$; und die Grubenluft im Tiefsten, in den Planes de San Bernardo (1530 Fuß unter der Oeffnung des Schachtes Tiro Nuevo), volle 27° : ohngefähr die

Mittel-Temperatur des Littorals am mericanischen Meerbusen. In einer Strecke, welche 138 Fuß höher als die Sohle der Planes de San Bernardo liegt, zeigt sich, aus dem Queer-Gestein ausbrechend, eine Quelle mit der Wärme von $29^{\circ},3$. Die von mir bestimmte nördliche Breite der Bergstadt Guanaruato ist $21^{\circ} 0'$, bei einer Mittel-Temperatur, welche ohngefähr zwischen $15^{\circ},8$ und $16^{\circ},2$ fällt. Es würde ungeeignet sein hier über die Ursachen vielleicht ganz localer Erhöhung der unterirdischen Temperatur in Gebirgshöhen von sechs- bis zwölftausend Fuß, schwer zu begründende Vermuthungen aufzustellen.

Einen merkwürdigen Contrast bieten die Verhältnisse des Bodeneises in den Steppen des nördlichsten Asiens dar. Trotz der frühesten Zeugnisse von Omelin und Pallas war selbst die Existenz desselben in Zweifel gezogen worden. Ueber die Verbreitung und Dicke der Schicht des unterirdischen Eises hat man erst in der neuesten Zeit durch die trefflichen Untersuchungen von Erman, Baer und Middendorff richtige Ansichten gewonnen. Nach den Schilderungen von Grönland durch Cranz, von Spitzbergen durch Martens und Phipps, der Küsten des karischen Meeres von Sujew, wurde durch unvorsichtige Verallgemeinerung der ganze nördlichste Theil von Sibirien als vegetationsleer, an der Oberfläche stets gefroren, und mit ewigem Schnee selbst in der Ebene bedeckt beschrieben. Die äußerste Grenze hohen Baumwuchses ist im nördlichen Asien nicht, wie man lange annahm und wie Seewinde und die Nähe des Obischen Meerbusens es bei Obdorsk veranlassen, der Parallel von 67° ; das Flußthal des großen Lena-Stromes hat hohe Bäume bis zur Breite von 71° . In der Einöde der Inseln von Neu-Sibirien finden große Heerden von Rennthieren und zahllose Lemminge noch hinlängliche

Nahrung.⁴⁴ Die zwei sibirischen Reisen von Middendorff, welchen Beobachtungsgeist, Kühnheit im Unternehmen und Ausdauer in mühseliger Arbeit auszeichnen, waren 1843 bis 1846 nördlich im Taymir-Lande bis zu $75^{\circ}\frac{3}{4}$ Breite und südöstlich bis an den Oberen Amur und das Schotkische Meer gerichtet. Die erste so gefahrvoller Reisen hatte den gelehrten Naturforscher in eine bisher ganz unbesuchte Region geführt. Sie bot um so mehr Wichtigkeit dar, als diese Region gleich weit von der Ost- und Westküste des Alten Continents entfernt ist. Neben der Verbreitung der Organismen im höchsten Norden, als hauptsächlich von klimatischen Verhältnissen abhängig, war im Auftrage der Petersburger Akademie der Wissenschaften die genaue Bestimmung der Boden-Temperatur und der Dicke des unterirdischen Bodeneises ein Hauptzweck der Expedition. Es wurden Untersuchungen angestellt in Bohrlöchern und Gruben von 20 bis 57 Fuß Tiefe, an mehr denn 12 Punkten (bei Turuchansk, am Jenisei und an der Lena), in relativen Entfernungen von vier- bis fünfhundert geographischen Meilen.

Der wichtigste Gegenstand solcher geothermischen Beobachtungen blieb aber der Schergin-Schacht⁴⁵ zu Jakutsk (Br. $62^{\circ} 2'$). Hier war eine unterirdische Eisschicht durchbrochen worden in der Dicke von mehr als 358 Par. Fuß (382 engl. Fuß). Längs den Seitenwänden des Schachtes wurden Thermometer an 11 über einander liegenden Punkten zwischen der Oberfläche und dem Tiefsten des Schachtes, den man 1837 erreichte, eingesenkt. In einem Eimer (Kübel) stehend, Einen Arm beim Herablassen an einem Seil befestigt, mußte der Beobachter die Thermometer-Scalen ablesen. Die Reihe der Beobachtungen, deren mittleren Fehler man nur zu $0^{\circ},25$ anschlägt,

umfaßte den Zeitraum vom April 1844 bis Juni 1846. Die Abnahme der Kälte war im einzelnen zwar nicht den Tiefen proportional; doch fand man folgende, im ganzen zunehmende Mittel-Temperaturen der über einander liegenden Eisschichten:

50 engl. F.	—6°,61 R.
100 "	"	—5,22
150 "	"	—4,64
200 "	"	—3,88
250 "	"	—3,34
382 "	"	—2,40

Nach einer sehr gründlichen Discussion aller Beobachtungen bestimmt Middendorff die allgemeine Temperatur-Zunahme ⁴⁶ für 1 Grad Réaumur zu 100 bis 117 engl. Fuß, also zu 75 und 88 Pariser Fuß auf 1° des hunderttheiligen Thermometers. Dieses Resultat bezeugt eine schnellere Wärme-Zunahme im Schergin-Schachte, als mehrere sehr übereinstimmende Bohrlöcher im mittleren Europa gegeben haben (s. oben S. 37). Der Unterschied fällt zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{8}$. Die mittlere jährliche Temperatur von Jakutsk wurde zu —8°,13 R. (—10°,15 cent.) angenommen. Die Oscillation der Sommer- und Winter-Temperatur ist nach Newerow's funfzehnjährigen Beobachtungen (1829 bis 1844) von der Art, daß bisweilen im Juli und August 14 Tage hinter einander die Luftwärme bis 20° und 23°,4 R. (25° und 29°,3 cent.) steigt, wenn in 120 auf einander folgenden Wintertagen (November bis Februar) die Kälte zwischen 33° und 44°,8 (41°,2 und 55°,9 cent.) unter dem Gefrierpunkt schwankt. Nach Maafgabe der bei Durchsenkung des Bodeneises gefundenen Temperatur-Zunahme ist die Tiefe unter der Erdoberfläche zu berechnen, in welcher die Eisschicht der Temperatur 0°, also der unteren Grenze des gefrorenen

Erdrreichs, am nächsten ist. Sie würde in dem Schergin-Schacht nach Widdendorff's Angabe, welche mit der viel früheren Erman's ganz übereinstimmt, erst in 612 oder 642 Fuß Tiefe gefunden werden. Dagegen schiene nach der Temperaturzunahme, welche in den, freilich noch nicht 60 Fuß tiefen und kaum eine Meile von Irkutsk entfernten Mangan-, Schilow- und Dawydw-Gruben, in der hügeligen Kette des linken Lena-Ufers, beobachtet wurde, die Normal-Schicht von 0° schon in 300 Fuß, ja in noch geringerer Tiefe zu liegen.⁴⁷ Ist diese Ungleichheit der Lage nur scheinbar, weil eine numerische Bestimmung, auf so unbedeutende Schachttiefen gegründet, überaus unsicher ist und die Temperaturzunahme nicht immer demselben Gesetze gehorcht? Ist es gewiß, daß, wenn man aus dem Tiefsten des Schergin-Schachtes eine horizontale (söhlige) Strecke viele hundert Lachter weit ins Feld triebe, man in jeder Richtung und Entfernung gefrorenes Erdreich und dieses gar mit einer Temperatur von 2½ Grad unter dem Nullpunkt finden würde?

Schrenk hat das Bodeneis in 67°½ Breite im Lande der Samojeden untersucht. Um Pustojenskoy Gorodok wird das Brunnengraben durch Anwendung des Feuers beschleunigt. Mitten im Sommer fand man die Eisschicht schon in 5 Fuß Tiefe. Man konnte sie in der Dicke von 63 Fuß verfolgen, als plötzlich die Arbeit gestört ward. Ueber den nahen Landsee von Ustje konnte man 1813 den ganzen Sommer hindurch in Schlitten fahren.⁴⁸ Auf meiner sibirischen Expedition mit Ehrenberg und Gustav Rose ließen wir bei Bogoslowff (Br. 59° 44'), an dem Wege nach den Turjin'schen Gruben⁴⁹, im Ural einen Schurf in einem torfigen Boden graben. In 5 Fuß Tiefe traf man schon auf Eisstücke, die breccienartig

mit gefrorener Erde gemengt waren; dann begann dichtes Eis, das in 10 Fuß Tiefe noch nicht durchsenkt wurde.

Die geographische Erstreckung des Eisbodens: d. i. der Verlauf der Grenze, an der man im hohen Norden von der skandinavischen Halbinsel an bis gegen die östlichen Küsten Asiens im August und also das ganze Jahr hindurch in gewisser Tiefe Eis und gefrorenes Erdreich findet; ist nach Middendorff's scharfsinniger Verallgemeinerung des Beobachteten, wie alle geothermischen Verhältnisse, noch mehr von örtlichen Einflüssen abhängig als die Temperatur des Luftkreises. Der Einfluß der letzteren ist im ganzen gewiß der entscheidendste; aber die Isothermen sind, wie schon Kupffer bemerkt hat, in ihren converen und concaven Krümmungen nicht den klimatischen Isothermen, welche von den Temperatur-Mitteln der Atmosphäre bestimmt werden, parallel. Das Eindringen der aus der Atmosphäre tropfbar niedergeschlagenen Dämpfe, das Aufsteigen warmer Quellsasser aus der Tiefe, und die so verschiedene wärmeleitende Kraft des Bodens⁵⁰ scheinen besonders wirksam zu sein. „An der nördlichsten Spitze des europäischen Continents, in Finmarken, unter 70° und 71° Breite, ist noch kein zusammenhängender Eisboden vorhanden. Ostwärts in das Flußthal des Obi eintretend, 5 Grade südlicher als das Nordcap, findet man Eisboden in Obdorff und Beresow. Gegen Ost und Südost nimmt die Kälte des Bodens zu: mit Ausnahme von Tobolsk am Irtysh, wo die Temperatur des Bodens kälter ist als bei dem 1° nördlicheren Witimsk im Lena-Thale. Turuchansk (65° 54') am Jenisei liegt noch auf ungefrorenem Boden, aber ganz nahe der Grenze des Eisbodens. Amginsk, südöstlich von Jakutsk, hat einen eben so kalten Boden als das 5° nördlichere Obdorff; eben so ist

Oleminst am Jenisei. Vom Obi bis zum Jenisei scheint sich die Curve des anfangenden Bodeneises wieder um ein paar Breitengrade nordwärts zu erheben: um dann, in ihrem südlich gewandten Verlaufe, das Lena-Thal fast 8° südlicher als den Jenisei zu durchschneiden. Weiter hin in Osten steigt die Linie wiederum in nördlicher Richtung an.⁵¹ Kupffer, der die Gruben von Nertschinsk besucht hat, deutet darauf hin, daß, abgesehen von der zusammenhängenden nördlichen Gesamtmasse des Eisbodens, es in südlicheren Gegenden auch ein insel förmiges Auftreten des Phänomens giebt. Im allgemeinen ist dasselbe von den Vegetations-Grenzen und dem Vorkommen hohen Baumwuchses vollkommen unabhängig.

Es ist ein bedeutender Fortschritt unseres Wissens, nach und nach eine generelle, ächt kosmische Uebersicht der Temperatur-Verhältnisse der Erdrinde im nördlichen Theile des alten Continents zu erlangen; und zu erkennen, daß unter verschiedenen Meridianen die Grenze des Bodeneises, wie die Grenzen der mittleren Jahres-Temperatur und des Baumwuchses, in sehr verschiedenen Breiten liegt, wodurch perpetuierliche Wärme-Strömungen im Inneren der Erde erzeugt werden müssen. Im nordwestlichsten Theile von Amerika fand Franklin den Boden, Mitte August, schon in einer Tiefe von 16 Zoll gefroren. Richardson sah an einem östlicheren Punkte der Küste, in $71^{\circ} 12'$ Breite, die Eisschicht im Julius aufgethaut bis 3 Fuß unter der krautbedeckten Oberfläche. Mögen wissenschaftliche Reisende uns bald allgemeiner über die geothermischen Verhältnisse in diesem Erdtheile und in der südlichen Hemisphäre unterrichten! Einsicht in die Verkettung der Phänomene leitet am sichersten auf die Ursachen verwickelt scheinender Anomalien; auf das, was man voreilig Ungefestigkeit nennt.

e. Magnetische Thätigkeit des Erdkörpers in ihren drei Kraftäußerungen: der Intensität, der Neigung und der Abweichung. — Punkte (magnetische Pole genannt), in denen die Neigung 90° ist. — Curve, auf der keine Neigung beobachtet wird. (Magnetischer Aequator.) — Vier Punkte der größten, aber unter sich verschiedenen Intensität. — Curve der schwächsten Intensität. — Außerordentliche Störungen der Declination (magnetische Gewitter). —
Polarlicht.

(Erweiterung des Naturgemäldes: Kosmos Bd. I. S. 184—208 und 427—442 Anm. 11—49; Bd. II. S. 372—376 und 515 Anm. 69—74; Bd. III. S. 399—401 und 419 Anm. 30.)

Die magnetische Constitution unseres Planeten kann nur aus den vielfachen Manifestationen der Erdkraft, in so fern sie meßbare Verhältnisse im Raume und in der Zeit darbieten, geschlossen werden. Diese Manifestationen haben das Eigenthümliche, daß sie ein ewig Veränderliches der Phänomene darbieten, und zwar in einem weit höheren Grade noch als Temperatur, Dampfmenge und electriche Tension der unteren Schichten des Luftkreises. Ein solcher ewiger Wechsel in den mit einander verwandten magnetischen und electricen Zuständen der Materie unterscheidet auch wesentlich die Phänomene des Electro-Magnetismus von denen, welche durch die primitive Grundkraft der Materie, ihrer Molecular- und Massen-Anziehung bei unveränderten Abständen bedingt werden. Ergründung des Gesetzllichen in dem Veränderlichen ist aber das nächste Ziel aller Untersuchung einer Kraft in der Natur. Wenn auch durch die Arbeiten von Coulomb und Arago erwiesen ist, daß in den verschiedenartigsten Stoffen der electro-magnetische Proceß erweckt werden kann, so zeigt sich in Faraday's glänzender Entdeckung des Diamagnetismus,

in den Unterschieden nord-südlicher und ost-westlicher Achsenstellung doch wieder der, aller Massen-Anziehung fremde Einfluß der Heterogenität der Stoffe. Sauerstoffgas, in eine dünne Glasröhre eingeschlossen, richtet sich unter Einwirkung eines Magneten, paramagnetisch, wie Eisen, nord-südlich; Stickstoff-, Wasserstoff- und kohlen-saures Gas bleiben unerregt; Phosphor, Leder und Holz richten sich, diamagnetisch, äquatorial von Osten nach Westen.

In dem griechischen und römischen Alterthume kannte man: Festhalten des Eisens am Magnetstein; Anziehung und Abstoßung; Fortpflanzung der anziehenden Wirkung durch eiserne Gefäße wie auch durch Ringe⁵², die einander kettenförmig tragen, so lange die Berührung eines Ringes am Magnetstein dauert; Nicht-Anziehen des Holzes oder anderer Metalle als Eisens. Von der polarischen Richtkraft, welche der Magnetismus einem beweglichen, für seinen Einfluß empfänglichen Körper mittheilen könne, wußten die westlichen Völker (Phönici-er, Tuzzer, Griechen und Römer) nichts. Die Kenntniß dieser Richtkraft, welche einen so mächtigen Einfluß auf die Vervollkommnung und Ausdehnung der Schiffahrt ausgeübt, ja dieser materiellen Wichtigkeit wegen so anhaltend zu der Erforschung einer allverbreiteten und doch vorher wenig beachteten Naturkraft angereizt hat, finden wir bei jenen westlichen europäischen Völkern erst seit dem 11ten und 12ten Jahrhunderte. In der Geschichte und Aufzählung der Hauptmomente physischer Weltanschauung⁵³ hat das, was wir hier summarisch unter Einen Gesichtspunkt stellen, mit Angabe der einzelnen Quellen, in mehrere Abschnitte vertheilt werden müssen.

Bei den Chinesen sehen wir Anwendung der magnetischen Richtkraft, Benutzung der Süd- und Nord-Weisung

durch auf dem Wasser schwimmende Magnetnadeln bis zu einer Epoche hinaufsteigen, welche vielleicht noch älter ist als die dorische Wanderung und die Rückkehr der Herakliden in den Peloponnes. Auffallend genug scheint es dazu, daß der Gebrauch der Süd=Weisung der Nadel im östlichsten Asien nicht in der Schifffahrt, sondern bei Landreisen angefangen hat. In dem Vordertheil der magnetischen Wagen bewegte eine freischwimmende Nadel Arm und Hand einer kleinen Figur, welche nach dem Süden hinwies. Ein solcher Apparat, Ise-nan (Andeuter des Südens) genannt, wurde unter der Dynastie der Tschou 1100 Jahre vor unserer Zeitrechnung Gesandten von Tunkin und Cochinchina geschenkt, um ihre Rückkehr durch große Ebenen zu sichern. Der Magnetwagen⁵⁴ bediente man sich noch bis in das 15te Jahrhundert nach Christus. Mehrere derselben wurden im kaiserlichen Pallaste aufbewahrt und bei Erbauung buddhistischer Klöster zur Orientirung der Hauptseiten der Gebäude benutzt. Die häufige Anwendung eines magnetischen Apparats leitete allmählig die Scharfsinnigeren unter dem Volke auf physikalische Betrachtungen über die Natur der magnetischen Erscheinungen. Der chinesische Lobredner der Magnetnadel, Kuopfo (ein Schriftsteller aus dem Zeitalter Constantins des Großen), vergleicht, wie ich schon an einem anderen Orte angeführt, die Anziehungskraft des Magnets mit der des geriebenen Bernsteins. Es ist nach ihm „wie ein Windeshauch, der beide geheimnißvoll durchweht und pfeilschnell sich mitzutheilen vermag.“ Der symbolische Ausdruck Windeshauch erinnert an den gleich symbolischen der Beseelung, welche im griechischen Alterthume der Gründer der ionischen Schule, Thales, beiden attractorischen Substanzen zuschrieb.⁵⁵ Seele heißt hier das innere Princip bewegender Thätigkeit.

Da die zu große Beweglichkeit der chinesischen schwimmenden Nadeln die Beobachtung und das Ablefen erschwerte; so wurden sie schon im Anfang des 12ten Jahrhunderts (nach Chr.) durch eine andere Vorrichtung ersetzt, in welcher die nun in der Luft frei schwingende Nadel an einem feinen baumwollenen oder seidenen Faden hing: ganz nach Art der suspension à la Coulomb, welcher sich im westlichen Europa zuerst Gilbert bediente. Mit einem solchen vervollkommeneten Apparate⁵⁶ bestimmten die Chinesen ebenfalls schon im Beginn des 12ten Jahrhunderts die Quantität der westlichen Abweichung, die in dem Theile Asiens nur sehr kleine und langsame Veränderungen zu erleiden scheint. Von dem Landgebrauche ging endlich der Compaß zur Benutzung auf dem Meere über. Unter der Dynastie der Tsin im 4ten Jahrhundert unserer Zeitrechnung besuchten chinesische Schiffe, vom Compaß geleitet, indische Häfen und die Ostküste von Afrika.

Schon zwei Jahrhunderte früher, unter der Regierung des Marcus Aurelius Antoninus (An-tun bei den Schriftstellern der Dynastie der Han genannt), waren römische Legaten zu Wasser über Funfin nach China gekommen. Aber nicht durch eine so vorübergehende Verbindung, sondern erst als sich der Gebrauch der Magnetnadel in dem ganzen indischen Meere an den persischen und arabischen Küsten allgemein verbreitet hatte, wurde derselbe im zwölften Jahrhundert (sei es unmittelbar durch den Einfluß der Araber, sei es durch die Kreuzfahrer, die seit 1096 mit Aegypten und dem eigentlichen Orient in Berührung kamen) in das europäische Seewesen übertragen. Bei historischen Untersuchungen der Art ist mit Gewißheit nur die Epoche festzusetzen, welche man als die späteste Grenzzahl betrachten kann. In dem politisch-satirischen Gedichte

des Guyot von Provins wird (1199) von dem Seecompaß als von einem in der Christenwelt längst bekannten Werkzeuge gesprochen; eben dies ist der Fall in der Beschreibung von Palästina, die wir dem Bischof von Ptolemais, Jacob von Vitry, verdanken und deren Vollendung zwischen 1204 und 1215 fällt. Von der Magnetnadel geleitet, schifften die Catalanen nach den nord-schottischen Inseln wie an die Westküste des tropischen Afrika, die Basken auf den Wallfischfang, die Normannen nach den Azoren, den Bracir-Inseln des Picigano. Die spanischen *Leyes de las Partidas* (del sabio Rey Don Alonso el nono), aus der ersten Hälfte des dreizehnten Jahrhunderts, rühmen die Nadel als „treue Vermittlerin (medianera) zwischen dem Magnetsteine (la piedra) und dem Nordstern“. Auch Gilbert, in seinem berühmten Werke: *de Magnete Physiologia nova*, spricht vom Seecompaß als einer chinesischen Erfindung, setzt aber unvorsichtig hinzu: daß sie Marco Polo, qui apud Chinas artem pyxidid didicit, zuerst nach Italien brachte. Da Marco Polo seine Reisen erst 1271 begann und 1295 zurückkehrte, so beweisen die Zeugnisse von Guyot de Provins und Jaques de Vitry, daß wenigstens schon 60 bis 70 Jahre vor der Abreise des Marco Polo nach dem Compaß in europäischen Meeren geschifft wurde. Die Benennungen zohron und aphron, die Vincenz von Beauvais in seinem *Naturspiegel* dem südlichen und nördlichen Ende der Magnetnadel (1254) gab, deuten auch auf eine Vermittelung arabischer Piloten, durch welche die Europäer die chinesische Boussole erhielten. Sie deuten auf dasselbe gelehrte und betriebfame Volk der asiatischen Halbinsel, dessen Sprache auf unsren Sternkarten nur zu oft verstümmelt erscheint.

Nach dem, was ich hier in Erinnerung gebracht, kann

es wohl keinem Zweifel unterworfen sein, daß die allgemeine Anwendung der Magnetnadel auf der oceanischen Schifffahrt der Europäer seit dem zwölften Jahrhundert (und wohl noch früher in eingeschränkterem Maasse) von dem Becken des Mittelmeeres ausgegangen ist. Den wesentlichsten Antheil daran haben die maurischen Piloten, die Genueser, Venetianer, Majorcaner und Catalanen gehabt. Die letzten waren unter Anführung ihres berühmten Seemannes Don Jaime Ferrer 1346 bis an den Ausfluß des Rio de Duro (N. Br. 23° 40') an der Westküste von Afrika gelangt; und, nach dem Zeugniß von Raymundus Lullus (in seinem nautischen Werke *Fenix de las maravillas del orbe* 1286), bedienten sich schon lange vor Jaime Ferrer die Barceloneser der Seekarten, Astrolabien und Seecompassse.

Von der Quantität der, gleichzeitig durch Uebertragung aus China, den indischen, malayischen und arabischen Seefahrern bekannten magnetischen Abweichung (Variation nannte man das Phänomen früh, ohne allen Beisatz) hatte sich die Kunde natürlich ebenfalls über das Becken des Mittelmeers verbreitet. Dieses, zur Correction der Schifffrechnung so unentbehrliche Element wurde damals weniger durch Sonnen-Auf- und Untergang als durch den Polarstern, und in beiden Fällen sehr unsicher, bestimmt; doch auch bereits auf Seekarten getragen: z. B. auf die seltene Karte von Andrea Bianco, die im Jahr 1436 entworfen ist. Columbus, der eben so wenig als Sebastian Cabot zuerst die magnetische Abweichung erkannte, hatte das große Verdienst, am 13 Sept. 1492 die Lage einer Linie ohne Abweichung 2½ Grad östlich von der azorischen Insel Corvo astronomisch zu bestimmen. Er sah, indem er in dem westlichen Theile des atlantischen Oceans vordrang, die Variation allmählig von Nordost in Nordwest übergehen.

Diese Bemerkung leitete ihn schon auf den Gedanken, der in späteren Jahrhunderten so viel die Seefahrer beschäftigt hat: durch die Lage der Variations-Curven, welche er noch dem Meridian parallel wählte, die Länge zu finden. Man erfährt aus seinen Schiffsjournalen, daß er auf der zweiten Reise (1496), seiner Lage ungewiß, sich wirklich durch Declinations-Beobachtungen zu orientiren suchte. Die Einsicht in die Möglichkeit einer solchen Methode war gewiß auch „das untrügliche Geheimniß der See-Länge, welches durch besondere göttliche Offenbarung zu besitzen“ Sebastian Cabot auf seinem Sterbette sich rühmte.

An die atlantische Curve ohne Declination knüpften sich in der leicht erregbaren Phantasie des Columbus noch andere, etwas träumerische Ansichten über Veränderung der Klimate, anomale Gestalt der Erdfugel und außerordentliche Bewegungen himmlischer Körper: so daß er darin Motive fand eine physikalische Grenzlinie zu einer politischen vorzuschlagen. Die *raya*, auf der die *agujas de marear* direct nach dem Polarstern hinweisen, wurde so die Demarcationslinie für die Kronen von Portugal und Castilien; und bei der Wichtigkeit, die geographische Länge einer solchen Grenze in beiden Hemisphären über die ganze Erdoberfläche astronomisch genau zu bestimmen, ward ein Decret päpstlichen Uebermuths, ohne es bezweckt zu haben, wohlthätig und folgerreich für die Erweiterung der astronomischen Nautik und die Vervollkommnung magnetischer Instrumente. (Humboldt, *Examen crit. de la Géogr.* T. III. p. 54.) Felipe Guillen aus Sevilla (1525) und wahrscheinlich früher der Cosmograph Alonso de Santa Cruz, Lehrer der Mathematik des jugendlichen Kaisers Carl's V, construirten neue Variations-Compassse,

mit denen Sonnenhöhen genommen werden konnten. Der Cosmograph zeichnete 1530, also anderthalb Jahrhunderte vor Halley, freilich auf sehr unvollständige Materialien gegründet, die erste allgemeine Variations-Karte. Wie lebhaft im 16ten Jahrhundert seit dem Tode des Columbus und dem Streit über die Demarcationslinie die Thätigkeit in Ergründung des tellurischen Magnetismus erwachte, beweist die Seereise des Juan Jayme, welcher 1585 mit Francisco Gali von den Philippinen nach Acapulco schiffte, bloß um ein von ihm erfundenes Declinations-Instrument auf dem langen Wege durch die Südsee zu prüfen.

Bei dem sich verbreitenden Gange zum Beobachten mußte auch der diesen immer begleitende, ja ihm öfter noch voreilende Gang zu theoretischen Speculationen sich offenbaren. Viele alte Schiffersagen der Inder und Araber reden von Felsinseln, welche den Seefahrern Unheil bringen, weil sie durch ihre magnetische Naturkraft alles Eisen, das in den Schiffen das Holzgerippe verbindet, an sich ziehen oder gar das ganze Schiff unbeweglich fesseln. Unter Einwirkung solcher Phantasien knüpfte sich früh an den Begriff eines polaren Zusammenstreffens magnetischer Abweichungslinien das materielle Bild eines dem Erdpole nahen hohen Magnetberges. Auf der merkwürdigen Karte des Neuen Continents, welche der römischen Ausgabe der Geographie des Ptolemäus vom Jahre 1508 beigelegt ist, findet sich nördlich von Grönland (Gruentlant), welches als dem östlichen Theil von Asien zugehörig dargestellt wird, der nördliche Magnetpol als ein Inselberg abgebildet. Seine Lage wird allmählig südlicher in dem Breve Compendio de la Sphera von Martin Cortez 1545 wie in der Geographia di Tolomeo des Livio Sanuto 1588.

An Erreichung dieses Punktes, den man el calamitico nannte, waren große Erwartungen geknüpft, da man aus einem, erst spät verschwundenen Vorurtheil dort am Magnetpole alcun miraculoso stupendo effetto zu erleben gedachte.

Bis gegen das Ende des sechzehnten Jahrhunderts war man bloß mit dem Phänomen der Abweichung, welche auf die Schiffsrechnung und die nautische Ortsbestimmung den unmittelbarsten Einfluß ausübt, beschäftigt. Statt der einen von Columbus 1492 aufgefundenen Linie ohne Abweichung glaubte der gelehrte Jesuit Acosta, durch portugiesische Piloten (1589) belehrt, in seiner trefflichen *Historia natural de las Indias* vier Linien ohne Abweichung ausführen zu können. Da die Schiffsrechnung neben der Genauigkeit der Richtung (des durch den corrigirten Compaß gemessenen Winkels) auch die Länge des durchlaufenen Weges erheischt; so bezeichnet die Einführung des Logs, so unvollkommen auch diese Art der Messung selbst noch heute ist, doch eine wichtige Epoche in der Geschichte der Nautik. Ich glaube gegen die bisher herrschende Meinung erwiesen zu haben, daß das erste sichere Zeugniß⁵⁷ der Anwendung des Logs (la cadena de la popa, la corredera) in den Schiffsjournalen der Magellanischen Reise von Antonio Pigafetta zu finden ist. Es bezieht sich auf den Monat Januar 1521. Columbus, Juan de la Cosa, Sebastian Cabot und Vasco de Gama haben das Log und dessen Anwendung nicht gekannt. Sie schätzten nach dem Augenmaasse die Geschwindigkeit des Schiffes, und fanden die Länge des Weges durch das Ablaufen des Sandes in den ampollotas. Neben dem alleinigen und so früh benutzten Elemente der Magnetkraft, der horizontalen Abweichung vom Nordpole, wurde endlich (1576) auch das zweite Element, die Neigung,

gemessen. Robert Normann hat zuerst an einem selbsterfundnen Inclinatorium die Neigung der Magnetnadel in London mit nicht geringer Genauigkeit bestimmt. Es vergingen noch zweihundert Jahre, ehe man das dritte Element, die Intensität der magnetischen Erdkraft, zu messen versuchte.

Ein von Galilei bewunderter Mann, dessen Verdienst Bacon gänzlich verkannte, William Gilbert, hatte an dem Ende des sechzehnten Jahrhunderts eine erste großartige Ansicht⁵⁸ von der magnetischen Erdkraft aufgestellt. Er unterschied zuerst deutlich in ihren Wirkungen Magnetismus von Electricität, hielt aber beide für Emanationen der einigen, aller Materie als solcher inwohnenden Grundkraft. Er hat, wie es der Genius vermag, nach schwachen Analogien vieles glücklich geahndet; ja nach den klaren Begriffen, die er sich von dem tellurischen Magnetismus (de magno magnete tellure) machte, schrieb er schon die Entstehung der Pole in den senkrechten Eisenstangen am Kreuz alter Kirchtürme der Mittheilung der Erdkraft zu. Er lehrte in Europa zuerst durch Streichen mit dem Magnetsteine Eisen magnetisch machen, was freilich die Chinesen fast 500 Jahre früher wußten⁵⁹. Dem Stahle gab schon damals Gilbert den Vorzug vor dem weichen Eisen, weil jener die mitgetheilte Kraft dauerhafter sich aneigne und für längere Zeit ein Träger des Magnetismus werden könne.

In dem Laufe des 17ten Jahrhunderts vermehrte die, durch vervollkommnete Bestimmung der Wegrichtung und Weglänge so weit ausgebehnte Schifffahrt der Niederländer, Briten, Spanier und Franzosen die Kenntniß der Abweichungslinien, welche, wie eben bemerkt, der Pater Acosta in ein System zu bringen versucht hatte⁶⁰. Cornelius Schouten bezeichnete 1616 mitten in der Südsee, südöstlich

von den Marquesas-Inseln, Punkte, in denen die Variation null ist. Noch jetzt liegt in dieser Region das sonderbare geschlossene isogonische System, in welchem jede Gruppe der inneren concentrischen Curven eine geringere Abweichung zeigt.⁶¹ Der Eifer, Längen-Methoden nicht bloß durch die Variation, sondern auch durch die Inclination zu finden (solchen Gebrauch der Inclination⁶² bei bedecktem, sternleerem Himmel, *aëre caliginoso*, nannte Wright „vieleß Goldes werth“), leitete auf Vervielfältigung der Construction magnetischer Apparate und belebte zugleich die Thätigkeit der Beobachter. Der Jesuit Cabeus aus Ferrara, Ridley, Lieutaud (1668) und Henry Bond (1676) zeichneten sich auf diesem Wege aus. Der Streit zwischen dem Letztgenannten und Beekborow hat vielleicht, sammt Acosta's Ansicht von vier Linien ohne Abweichung, welche die ganze Erdoberfläche theilen sollen, auf Halley's, schon 1683 entworfene Theorie von vier magnetischen Polen oder Convergenzpunkten Einfluß gehabt.

Halley bezeichnet eine wichtige Epoche in der Geschichte des tellurischen Magnetismus. In jeder Hemisphäre nahm er einen stärkeren und einen schwächeren magnetischen Pol an, also vier Punkte mit 90° Inclination der Nadel: gerade wie man jetzt unter den vier Punkten der größten Intensität in jeder Hemisphäre eine analoge Ungleichheit in dem erreichten Maximum der Intensität, d. h. der Geschwindigkeit der Schwingungen der Nadel in der Richtung des magnetischen Meridians, findet. Der stärkste aller vier Halley'scher Pole sollte in 70° südlicher Breite, 120° östlich von Greenwich, also fast im Meridian von König Georgs Sund in Neu-Holland (Nuyt's Land), gelegen sein.⁶³ Halley's

drei Seereisen in den Jahren 1698, 1699 und 1702 folgten auf den Entwurf einer Theorie, die sich nur auf seine sieben Jahr frühere Reise nach St. Helena, wie auf unvollkommene Variations-Beobachtungen von Bassin, Hudson und Cornelius van Schouten gründen konnte. Es waren die ersten Expeditionen, welche eine Regierung zu einem großen wissenschaftlichen Zwecke, zur Ergründung eines Elements der Erdkraft, unternehmen ließ, von dem die Sicherheit der Schiffsführung vorzugsweise abhängig ist. Da Halley bis zum 52sten Grade jenseits des Aequators vordrang, so konnte er die erste umfangreiche Variations-Karte construiren. Sie gewährt für die theoretischen Arbeiten des 19ten Jahrhunderts die Möglichkeit einen, der Zeit nach freilich nicht sehr fernen Vergleichungspunkt für die fortschreitende Bewegung der Abweichungs-Curven darzubieten.

Es ist ein glückliches Unternehmen Halley's gewesen, die Punkte gleicher Abweichung durch Linien ⁶⁴ mit einander graphisch verbunden zu haben. Dadurch ist zuerst Uebersicht und Klarheit in die Einsicht von dem Zusammenhange der aufgehäuften Resultate gebracht worden. Meine, von den Physikern früh begünstigten Isothermen, d. h. Linien gleicher Wärme (mittlerer Jahres-, Sommer- und Winter-Temperatur), sind ganz nach Analogie von Halley's isogonischen Curven geformt. Sie haben den Zweck, besonders nach der Ausdehnung und großen Vervollkommnung, welche Dove denselben gegeben, Klarheit über die Vertheilung der Wärme auf dem Erdbörper, und die hauptsächlichste Abhängigkeit dieser Vertheilung von der Gestalt des Festen und Flüssigen, von der gegenseitigen Lage der Continental-Massen und der Meere zu verbreiten. Halley's rein wissenschaftliche Expeditionen stehen um so isolirter da,

als sie nicht, wie so viele folgende Expeditionen, auf Kosten des Staats unternommene, geographische Entdeckungsreisen waren. Sie haben dazu, neben den Ergebnissen über den tellurischen Magnetismus, auch als Frucht des früheren Aufenthalts auf St. Helena in den Jahren 1677 und 1678, einen wichtigen Catalog südlicher Sterne geliefert: ja den ersten, welcher überhaupt unternommen worden ist, seitdem nach Morin's und Gascoigne's Vorgänge Fernröhre mit messenden Instrumenten verbunden wurden.⁶⁵

So wie das 17te Jahrhundert sich durch Fortschritte auszeichnete in der gründlicheren Kenntniß der Lage der Abweichungslinien, und den ersten theoretischen Versuch ihre Convergenzpunkte als Magnetpole zu bestimmen; so lieferte das 18te Jahrhundert die Entdeckung der stündlichen periodischen Veränderung der Abweichung. Graham in London hat das unbestrittene Verdienst (1722) diese stündlichen Variationen zuerst genau und ausdauernd beobachtet zu haben. In schriftlichem Verkehr mit ihm erweiterten⁶⁶ Celsus und Hörter in Upsala die Kenntniß dieser Erscheinung. Erst Brugmans und, mit mehr mathematischem Sinne begabt, Coulomb (1784—1788) drangen tief in das Wesen des tellurischen Magnetismus ein. Ihre scharfsinnigen physikalischen Versuche umfaßten die magnetische Anziehung aller Materie, die räumliche Vertheilung der Kraft in einem Magnetstabe von gegebener Form, und das Gesetz der Wirkung in der Ferne. Um genaue Resultate zu erlangen, wurden bald Schwingungen einer an einem Faden aufgehängten horizontalen Nadel, bald Ablenkung durch die Drehwage, balance de torsion, angewandt.

Die Einsicht in die Intensitäts-Verschiedenheit der magnetischen Erdkraft an verschiedenen Punkten der

Erde, durch die Schwingungen einer senkrechten Nadel im magnetischen Meridian gemessen, verdankt die Wissenschaft allein dem Scharfsinn des Chevalier Borda: nicht durch eigene geglückte Versuche, sondern durch Gedankenverbindung und beharrlichen Einfluß auf Reisende, die sich zu fernern Expeditionen rüsteten. Seine lang gehegten Vermuthungen wurden zuerst durch Lamanon, den Begleiter von La Pérouse, mittelst Beobachtungen aus den Jahren 1785 bis 1787 bestätigt. Es blieben dieselben, obgleich schon seit dem Sommer des letztgenannten Jahres in ihrem Resultate dem Secretär der Académie des Sciences, Condorcet, bekannt, unbeachtet und unveröffentlicht. Die erste und darum freilich unvollständige Erkennung des wichtigen Gesetzes der mit der magnetischen Breite veränderlichen Intensität gehört ⁶⁷ unbestritten der unglücklichen, wissenschaftlich so wohl ausgerüsteten Expedition von La Pérouse; aber das Gesetz selbst hat, wie ich glaube mir schmeicheln zu dürfen, erst in der Wissenschaft Leben gewonnen durch die Veröffentlichung meiner Beobachtungen von 1798 bis 1804 im südlichen Frankreich, in Spanien, auf den canarischen Inseln, in dem Inneren des tropischen Amerika's (nördlich und südlich vom Aequator), in dem atlantischen Ocean und der Südsee. Die gelehrten Reisen von Le Gentil, Feuillée und Lacaille; der erste Versuch einer Neigungs-Karte von Wilke (1768); die denkwürdigen Weltumsegelungen von Bougainville, Cook und Vancouver haben, wenn gleich mit Instrumenten von sehr ungleicher Genauigkeit, das vorher sehr vernachlässigte und zur Begründung der Theorie des Erd-Magnetismus so wichtige Element der Inclination an vielen Punkten, freilich sehr ungleichzeitig, und mehr an den Küsten oder auf dem Meere als im Inneren der Continente, ergründet. Gegen das

Ende des 18ten Jahrhunderts wurde durch die, mit vollkommeneren Instrumenten angestellten stationären Declinations-Beobachtungen von Cassini, Gilpin und Beaufoy (1784 bis 1790), ein periodischer Einfluß der Stunden wie der Jahreszeiten bestimmter erwiesen, und so die Thätigkeit in magnetischen Untersuchungen allgemeiner belebt.

Diese Belebung nahm in dem neunzehnten Jahrhundert, von welchem nur erst eine Hälfte verfloßen ist, einen, von allem unterschiedenen, eigenthümlichen Charakter an. Es besteht derselbe in einem fast gleichzeitigen Fortschreiten in sämtlichen Theilen der Lehre vom tellurischen Magnetismus: umfassend die numerische Bestimmung der Intensität der Kraft, der Inclination und der Abweichung; in physikalischen Entdeckungen über die Erregung und das Maaß der Vertheilung des Magnetismus; in der ersten und glänzenden Entwerfung einer Theorie des tellurischen Magnetismus von Friedrich Gauß, auf strenge mathematische Gedankenverbindung gegründet. Die Mittel, welche zu diesen Ergebnissen führten, waren: Vervollkommnung der Instrumente und der Methoden; wissenschaftliche Expeditionen zur See, in Zahl und Größe, wie sie kein anderes Jahrhundert gesehen: sorgfältig ausgerüstet auf Kosten der Regierungen, begünstigt durch glückliche Auswahl der Führer und der sie begleitenden Beobachter; einige Landreisen, welche, tief in das Innere der Continente eingedrungen, die Phänomene des tellurischen Magnetismus aufklären konnten; eine große Zahl fixer Stationen, theilweise in beiden Hemisphären, nach correspondirenden Orts-Breiten und oft in fast antipodischen Längen gegründet. Diese magnetischen und zugleich meteorologischen Observatorien bilden gleichsam ein Netz über die Erdoberfläche. Durch scharfsinnige Combination der auf Staatskosten in Rußland und England veröffentlichten

Beobachtungen sind wichtige und unerwartete Resultate geliefert worden. Die Geselligkeit der Kraftäußerung, — der nächste, nicht der letzte Zweck aller Forschungen —, ist bereits in vielen einzelnen Phasen der Erscheinung befriedigend ergründet worden. Was auf dem Wege des physikalischen Experimentirens von den Beziehungen des Erd-Magnetismus zur bewegten Electricität, zur strahlenden Wärme und zum Lichte; was von den, spät erst verallgemeinerten Erscheinungen des Diamagnetismus und von der specifischen Eigenschaft des atmosphärischen Sauerstoffs, Polarität anzunehmen, entdeckt wurde: eröffnet wenigstens die frohe Aussicht, der Natur der Magnetkraft selbst näher zu treten.

Um das Lob zu rechtfertigen, das wir im allgemeinen über die magnetischen Arbeiten der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts ausgesprochen, nenne ich hier aphoristisch, wie es das Wesen und die Form dieser Schrift mit sich bringen, die Hauptmomente der einzelnen Bestrebungen. Es haben dieselben einander wechselseitig hervorgerufen: daher ich sie bald chronologisch an einander reihe, bald gruppenweise vereinige.⁶⁸

1803—1806 Krusenstern's Reise um die Welt (1812); der magnetische und astronomische Theil ist von Horner (Bd. III. S. 317).

1804 Erforschung des Gesetzes der von dem magnetischen Aequator gegen Norden und Süden hin zunehmenden Intensität der tellurischen Magnetkraft, gegründet auf Beobachtungen von 1799 bis 1804. (Humboldt Voyage aux Régions équinoxiales du Nouveau Continent T. III. p. 615—623; Lametherie Journal de Physique T. LXIX. 1804 p. 433, mit dem ersten Entwurf einer Intensitäts-Karte; Kosmos Bd. I. S. 432 Anm. 29.) Spätere Beobachtungen haben gezeigt, daß das Minimum der Intensität nicht dem magnetischen Aequator entspricht, und daß die Vermehrung der Intensität sich in beiden Hemisphären nicht bis zum Magnetpol erstreckt.

1805–1806 Gay-Lussac und Humboldt Intensitäts-Beobachtungen im südlichen Frankreich, in Italien, der Schweiz und Deutschland. Mémoires de la Société d'Arcueil T. I. p. 1–22. Vergl. die Beobachtungen von Quetelet 1830 und 1839 mit einer Carte de l'intensité magnétique horizontale entre Paris et Naples in den Mém. de l'Acad. de Bruxelles T. XIV.; die Beobachtungen von Forbes in Deutschland, Flandern und Italien 1832 und 1837 (Transact. of the Royal Soc. of Edinburgh Vol. XV. p. 27); die überaus genauen Beobachtungen von Rudberg in Frankreich, Deutschland und Schweden 1832; die Beobachtungen von Dr. Bache (Director of the Coast-Survey of the United States) 1837 und 1840 in 21 Stationen, zugleich für Inclination und Intensität.

1806–1807 Eine lange Reihe von Beobachtungen, zu Berlin über die stündlichen Variationen der Abweichung und über die Wiederkehr magnetischer Ungewitter (Perturbationen) von Humboldt und Oltmanns angestellt: hauptsächlich in den Solstitien und Aequinoctien; 5 bis 6, ja bisweilen 9 Tage und eben so viele Nächte hinter einander; mittelst eines Prony'schen magnetischen Fernrohrs, das Bogen von 7 bis 8 Secunden unterscheiden ließ.

1812 Morichini zu Rom behauptet, daß unmagnetische Stahlnadeln durch Contact des (violetten) Lichts magnetisch werden. Ueber den langen Streit, den diese Behauptung und die scharfsinnigen Versuche von Mary Somerville bis zu den ganz negativen Resultaten von Nieß und Moser erregt haben, s. Sir David Brewster Treatise of Magnetism 1837 p. 48.

1815–1818
1823–1826 Die zwei Weltumsegelungen von Otto von Kockebue: die erste auf dem Kurik; die zweite, um fünf Jahre spätere, auf dem Predprijatje.

1817–1848 Die Reihe großer wissenschaftlicher, für die Kenntniß des tellurischen Magnetismus so erfolgreicher Expeditionen zur See auf Veranftaltung der französischen Regierung, anhebend mit Freycinet auf der Corvette Uranie 1817–1820, dem folgten: Duperrey auf der Fregatte La Coquille 1822–1825; Bougainville auf der Fregatte Thetis 1824–1826; Dumont d'Urville auf dem Astrolabe 1826–1829, und nach dem Südpol auf der Zélée 1837–1840; Jules de Blossenville in Indien 1828 (Herbert Asiat. Researches Vol. XVIII. p. 4, Humboldt Asie

centr. T. III. p. 468) und in Island 1833 (Lottin Voy. de la Recherche 1836 p. 376—409); du Petit Thouars (mit Lefau) auf der Venus 1837—1839; Le Vaillant auf der Bonite 1836—1837; die Reise der Commission scientifique du Nord (Lottin, Bravais, Martins, Siljeström) nach Scandinavien, Lapland, den Färöern und Spitzbergen auf der Corvette la Recherche 1835—1840; Bérard nach dem mericanischen Meerbusen und Nordamerika 1838, nach dem Cap der guten Hoffnung und St. Helena 1842 und 1846 (Sabine in den Phil. Transact. for 1849 P. II. p. 175); Francis de Castelnau Voy. dans les parties centrales de l'Amérique du sud 1847—1850.

1818—1851 Die Reihe wichtiger und kühner Expeditionen in den arctischen Polar-meeren auf Veranstaltung der britischen Regierung, zuerst angeregt durch den lobenswerthen Eifer von John Barrow; Eduard Sabine's magnetische und astronomische Beobachtungen auf der Reise von John Ross, nach der Davis-Strasse, Baffinsbai und dem Lancaster-Sund 1818, wie auf der Reise mit Parry (auf Hecla und Griper) durch die Barrow-Strasse nach Melville's Insel 1819—1820; John Franklin Dr. Richardson und Back 1819—1822; dieselben 1825—1827, Back allein 1833—1835 (Nahrung, fast die einzige, Wochen lang, eine Flechte, Gyrophora pustulata, Tripe de Roche der Canadian hunters; chemisch untersucht von John Stenhouse in den Phil. Transact. for 1849 P. II. p. 393); Parry's zweite Expedition, mit Lyon auf Fury und Hecla 1821—1823; Parry's dritte Reise, mit James Clark Ross 1824—1825; Parry's vierte Reise, ein Versuch mit Lieut. Foster und Crozier nördlich von Spitzbergen auf dem Eise vorzudringen, 1827: man gelangte bis Br. 82° 45'; John Ross sammt seinem gelehrten Neffen James Clark Ross, in der durch ihre Länge um so gefährvolleren zweiten Reise, auf Kosten von Felix Booth 1829—1833; Dease und Simpson (von der Hudsonsbai-Compagnie) 1838—1839; neuerlichst, zur Aufsuchung von Sir John Franklin, die Reisen von Cap. Ommaney, Austin, Penny, Sir John Ross und Phillips 1850 und 1851. Die Expedition von Cap. Penny ist im Victoria-Channel, in welchen Wellington's Channel mündet, am weitesten nördlich (Br. 77° 6') gelangt.

1819—1821 Bellinghausen Reise in das südliche Eismeer.

1819 Das Erscheinen des großen Werkes von Hansteen über
H. v. Humboldt, Kosmos. IV.

den Magnetismus der Erde, das aber schon 1813 vollendet war. Es hat einen nicht zu verkennenden Einfluß auf die Belebung und bessere Richtung der geo-magnetischen Studien ausgeübt. Dieser trefflichen Arbeit folgten Hansteen's allgemeine Karten der Curven gleicher Inclination und gleicher Intensität für einen beträchtlichen Theil der Erdoberfläche.

1819 Beobachtungen des Admirals Roussin und Givry's an der brasilianischen Küste zwischen den Mündungen des Marañon und Plata-Stromes.

1819—1820 Dersted macht die große Entdeckung der Thatsache, daß ein Leiter, der von einem electricen, in sich selbst wiederkehrenden Strome durchdrungen wird, während der ganzen Dauer des Stromes eine bestimmte Einwirkung auf die Richtung der Magnetnadel nach Maaßgabe ihrer relativen Lage ausübt. Die früheste Erweiterung dieser Entdeckung (mit denen der Darstellung von Metallen aus den Alkalien und der zwielfachen Art von Polarisation⁶⁹ des Lichtes wohl der glänzendsten des Jahrhunderts) war Arago's Beobachtung, daß ein electricch durchströmter Schließungsdrath, auch wenn er von Kupfer oder Platin ist, Eisensfelle anzieht und dieselben wie ein Magnet festhält; auch daß Nadeln, in das Innere eines schraubenförmig gewundenen galvanischen Leitungsdrathes gelegt, abwechselnd heterogene Magnetpole erhalten, je nachdem den Windungen eine entgegengesetzte Richtung gegeben wird (Annales de Chimie et de Physique T. XV. p. 93). Dem Auffinden dieser, unter mannigfaltigen Abänderungen hervorgerufenen Erscheinungen folgten Ampère's geistreiche theoretische Combinationen über die electro-magnetischen Wechselwirkungen der Moleculen ponderabler Körper. Diese Combinationen wurden durch eine Reihe neuer und scharfsinniger Apparate unterstützt, und führten zur Kenntniß von Gesetzen in vielen bis dahin oft widersprechend scheinenden Phänomenen des Magnetismus.

1820—1824 Ferdinand von Wrangel und Anjou Reise nach den Nordküsten von Sibirien und auf dem Eismeere. (Wichtige Erscheinungen des Polarlichts s. Th. II. S. 259.)

1820 Scoresby Account of the arctic regions (Intensitäts-Versuche Vol. II. p. 537—554).

1821 Seebeck's Entdeckung des Thermo-Magnetismus und der Thermo-Electricität. Berührung zweier ungleich

erwärmter Metalle (zuerst Bismuth und Kupfer) oder Temperatur-Differenzen in den einzelnen Theilen eines gleichartigen metallischen Ringes werden als Quellen der Erregung magneto-electrischer Strömungen erkannt.

1821—1823 Weddell Reise in das südliche Polarmeer, bis Br. $74^{\circ} 15'$ S.

1822—1823 Sabine's zwei wichtige Expeditionen zur genauen Bestimmung der magnetischen Intensität und der Länge des Pendels unter verschiedenen Breiten (Ostküste von Afrika bis zum Aequator, Brasilien, Havana, Grönland bis Br. $74^{\circ} 23'$, Norwegen und Spitzbergen unter Br. $79^{\circ} 50'$). Es erschien über diese vielumfassende Arbeit erst 1824: Account of Experiments to determine the Figure of the Earth p. 460—509.

1824 Erikson magnetische Beobachtungen längs den Ufern der Ostsee.

1825 Arago entdeckt den Rotations-Magnetismus. Die erste Veranlassung zu dieser unerwarteten Entdeckung gab ihm, am Abhange des Greenwicher Hügels, seine Wahrnehmung der abnehmenden Oscillations-Dauer einer Inclinations-Nadel durch Einwirkung naher unmagnetischer Stoffe. In Arago's Rotations-Versuchen wirken auf die Schwingungen der Nadel Wasser, Eis, Glas, Kohle und Quecksilber.⁷⁰

1825—1827 Magnetische Beobachtungen von Boussingault in verschiedenen Theilen von Südamerika (Marmato, Quito).

1826—1827 Intensitäts-Beobachtungen von Keilhau in 20 Stationen (in Finnmarken, auf Spitzbergen und der Värend-Insel); von Keilhau und Boeck in Süd-Deutschland und Italien (Schum. Astr. Nachr. No. 146).

1826—1829 Admiral Lütke Reise um die Welt. Der magnetische Theil ist mit großer Sorgfalt bearbeitet 1834 von Lenz. (S. Partie nautique du Voyage 1836.)

1826—1830 Cap. Philip Parker King Beobachtungen in den südlichen Theilen der Ost- und Westküste von Südamerika (Brasilien, Montevideo, der Magellans-Straße, Chiloe und Valparaiso).

1827—1839 Quetelet *État du Magnétisme terrestre* (Bruxelles) pendant douze années. Sehr genaue Beobachtungen.

1827 Sabine über Ergründung der relativen Intensität der magnetischen Erdkraft in Paris und London. Eine analoge

Vergleichung von Paris und Christiania (1825 und 1828) geschah von Hansteen. Meeting of the British Association at Liverpool 1837 p. 19—23. Die vielen von französischen, englischen und nordischen Reisenden gelieferten Resultate der Intensität haben zuerst mit unter sich verglichenen, an den genannten 3 Orten oscillirenden Nadeln in numerischen Zusammenhang gebracht und als Verhältnißwerthe aufgestellt werden können. Die Zahlen sind: für Paris 1,348: von mir; für London 1,372: von Sabine; für Christiania 1,423: von Hansteen gefunden. Alle beziehen sich auf die Intensität der Magnetkraft in einem Punkte des magnetischen Aequators (der Curve ohne Inclination), der die peruanischen Cordilleren zwischen Micuipampa und Caramarca durchschneidet: unter südlicher Br. $7^{\circ} 2'$ und westlicher Länge $81^{\circ} 8'$, wo die Intensität von mir = 1,000 gesetzt wurde. Die Beziehung auf diesen Punkt (Humboldt Recueil d'Observ. astr. Vol. II. p. 382—385 und Voyage aux Régions équinoxiales. T. III. p. 622) hat vierzig Jahre lang den Reductionen in allen Intensitäts-Tabellen zum Grunde gelegen (Gay-Lussac in den Mém. de la Société d'Arcueil T. I. 1807 p. 21; Hansteen über den Magnetismus der Erde 1819 S. 71; Sabine im Rep. of the British Association at Liverpool p. 43—58). Sie ist aber in neuerer Zeit mit Recht als nicht allgemein maassgebend getadelt worden, weil die Linie ohne Inclination ⁷¹ gar nicht die Punkte der schwächsten Intensität mit einander verbindet (Sabine in den Phil. Transact. for 1846 P. III. p. 254 und im Manual of Scient. Enquiry for the use of the British Navy 1849 p. 17).

1828—1829 Reise von Hansteen, und Due: magnetische Beobachtungen im europäischen Rußland und dem östlichen Sibirien bis Irkutsk.

1828—1830 Adolf Erman Reise um die Erde durch Nord-Asien und die beiden Oceane, auf der russischen Fregatte Krotkoi. Identität der angewandten Instrumente, Gleichheit der Methode und Genauigkeit der astronomischen Ortsbestimmungen sichern diesem, auf Privatkosten von einem gründlich unterrichteten und geübten Beobachter ausgeführten Unternehmen einen dauernden Ruhm. Vergl. die auf Erman's Beobachtungen gegründete allgemeine Declinations-Karte im Report of the Committee relat. to the arctic Expedition 1840 Pl. III.

1828—1829 Humboldt's Fortsetzung der 1800 und 1807 in Solstitien und Aequinoctien begonnenen Beobachtungen über stündliche Declination und die Epochen außerordentlicher Perturbationen, in einem eigens dazu erbauten magnetischen Hause zu Berlin mittelst einer Boussole von Gambey. Correspondirende Messungen zu Petersburg, Nikolajew, und in den Gruben zu Freiberg (vom Prof. Reich) 216 Fuß unter der Erdoberfläche. Dove und Rieß haben die Arbeit bis Nov. 1830 über Abweichung und Intensität der horizontalen Magnetkraft fortgesetzt (Poggend. Annalen Bd. XV. S. 318—336, Bd. XIX. S. 375—391 mit 16 Tabellen, Bd. XX. S. 545—555).

1829—1834 Der Botaniker David Douglas, welcher seinen Tod in Owhyhee in einer Fallgrube fand, in welche vor ihm ein wilder Stier herabgestürzt war, machte eine schöne Reihe von Declinations- und Intensitäts-Beobachtungen an der Nordwest-Küste von Amerika und auf den Sandwich-Inseln bis am Rande des Kraters von Kirraeah. (Sabine Meeting at Liverpool p. 27—32.)

1829 Kupffer Voyage au Mont Elbrouz dans le Caucase sp. 68 und 115).

1829 Humboldt magnetische Beobachtungen über den tellurischen Magnetismus, mit gleichzeitigen astronomischen Ortsbestimmungen, gesammelt auf einer Reise im nördlichen Asien auf Befehl des Kaisers Nicolaus zwischen den Längen von $11^{\circ} 3'$ bis $80^{\circ} 12'$ östlich von Paris, nahe am Daisan-See; wie zwischen den Breiten von $45^{\circ} 43'$ (Insel Wirutschicassa im caspischen Meere) bis $58^{\circ} 52'$ im nördlichen Ural bei Werchoturie. (Asie centrale T. III. p. 440—478.)

1829 Die Kaiserliche Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg genehmigt Humboldt's Antrag auf Errichtung magnetischer und meteorologischer Stationen in den verschiedensten klimatischen Zonen des europäischen und asiatischen Rußlands, wie auf die Erbauung eines physikalischen Central-Observatoriums in der Hauptstadt des Reichs unter der, immer gleich thätigen, wissenschaftlichen Leitung des Professor Kupffer. (Vergl. Kosmos Bd. I. S. 436—439 Anm. 36; Kupffer Rapport adressé à l'Acad. de St. Pétersbourg relatif à l'Observatoire physique central, fondé auprès du Corps des Mines, in Schum. Astr. Nachr. No. 726; derselbe Annales magnétiques p. XI.) Durch das ausdauernde

Wohllwollen, welches der Finanz-Minister Graf von Cancrin jedem großartigen scientificischen Unternehmen schenkte, konnte ein Theil der gleichzeitigen correspondirenden⁷² Beobachtungen zwischen dem weißen Meere und der Krim, zwischen dem finnischen Meerbusen und den Küsten der Südsee im russischen Amerika schon im Jahr 1832 beginnen. Eine permanente magnetische Station wurde zu Peking in dem alten Klosterhause, das seit Peter dem Großen periodisch von griechischen Mönchen bewohnt wird, gestiftet. Der gelehrte Astronom Fuß, welcher den Hauptantheil an den Messungen zur Bestimmung des Höhenunterschiedes zwischen dem caspischen und schwarzen Meere genommen, wurde auserwählt, um in China die ersten magnetischen Einrichtungen zu treffen. Später hat Kupffer auf einer Rundreise alle in den magnetischen und meteorologischen Stationen aufgestellten Instrumente östlich bis Nertschinsk (in 117° 16' Länge) unter einander und mit den Fundamental-Maassen verglichen. Die, gewiß recht vorzüglichen, magnetischen Beobachtungen von Fedorow in Sibirien bleiben noch unpublicirt.

1830—1845 Oberst Graham (von den topographischen Engineers der Vereinigten Staaten) Intensitäts-Beobachtungen an der südlichen Grenze von Canada, *Phil. Transact.* for 1846 P. III. p. 242.

1830 Fuß magnetische, astronomische und hypsometrische Beobachtungen (*Report of the seventh meeting of the Brit. Assoc.* 1837 p. 497—499) auf der Reise vom Baikal-See durch Ergi Dube, Durma und den, nur 2400 Fuß hohen Gobi nach Peking, um dort das magnetische und meteorologische Observatorium zu gründen, auf welchem Kovanko 10 Jahre lang beobachtet hat (*Humboldt Asia centr.* T. I. p. 8, T. II. p. 141, T. III. p. 468 und 477).

1831—1836 Cap. Fitzroy in seiner Reise um die Welt auf dem *Beagle*, wie in der Aufnahme der Küsten des südlichsten Theils von Amerika, ausgerüstet mit einem Gambey'schen Inclinatorium und mit von Hansteen gelieferten Oscillations-Nadeln.

1831 Dunlop, Director der Sternwarte von Paramatta, Beobachtungen auf einer Reise nach Australien (*Phil. Transact.* for 1840 P. I. p. 133—140).

1831 Faraday's Inductionsströme, deren Theorie Nobili und Antinori erweitert haben; große Entdeckung der Lichtentwicklung durch Magnete.

1833 und 1839 sind die zwei wichtigen Epochen der ersten Bekanntmachung theoretischer Ansichten von Gauß: 1) *Intensitas vis magneticae terrestrijs ad mensuram absolutam revocata* 1833 (p. 3: »elementum tertium, intensitas, usque ad tempora recentiora penitus neglectum mansit«); 2) das unsterbliche Werk: *Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus* (s. Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahr 1838, herausgegeben von Gauß und Weber 1839, S. 1—57).

1833 Arbeiten von Barlow über die Anziehung des Schiffseisens und die Mittel dessen ablenkende Wirkung auf die Boussole zu bestimmen; Untersuchung von electro-magnetischen Strömen in Terrellen. Isogonische Weltkarten. (Vergl. Barlow *Essay on magnetic attraction* 1833 p. 89 mit Poisson *sur les déviations de la boussole produite par le fer des vaisseaux* in den *Mém. de l'Institut T. XVI. p. 481—555*; Airy in den *Phil. Transact. for 1839 P. I. p. 167* und *for 1843 P. II. p. 146*; Sir James Ross in den *Phil. Transact. for 1849 P. II. p. 177—195*.)

1833 Moser Methode die Lage und Kraft der veränderlichen magnetischen Pole kennen zu lernen (*Voggenborff Annalen Bd. 28. S. 49—296*).

1833 Christie on the arctic observations of Cap. Back, *Phil. Transact. for 1836 P. II. p. 377*. (Vergl. auch dessen frühere wichtige Abhandlung in den *Phil. Transact. for 1825 P. I. p. 23*.)

1834 Parrot's Reise nach dem Ararat. (*Magnetismus Bd. II. S. 53—64*.)

1836 Major Etscourt in der Expedition von Oberst Chesney auf dem Euphrat. Ein Theil der Intensitäts-Beobachtungen ist bei dem Untergange des Dampfschiffs Tigris verloren gegangen: was um so mehr zu bedauern ist, als es in diesem Theile des Inneren von Vorder-Asien und südlich vom caspischen Meere so ganz an genauen Beobachtungen fehlt.

1836 *Lettre de Mr. A. de Humboldt à S. A. R. le Duc de Sussex, Président de la Soc. Roy. de Londres, sur les moyens propres à perfectionner la connaissance du magnétisme terrestre par l'établissement de stations magnétiques et d'observations correspondantes* (Avril 1836). Ueber die glücklichen Folgen dieser Aufforderung und ihren Einfluß auf die große antarctische Expedition von Sir James Ross s. *Kosmos Bd. I. S. 438*; Sir James

Rosé Voy. to the Southern and Antarctic Regions 1847 Vol. I. p. XII.

1837 Sabine on the variations of the magnetic Intensity of the Earth in dem seventh meeting of the British Association at Liverpool p. 1—85; die vollständigste Arbeit dieser Art.

1837—1838 Errichtung eines magnetischen Observatoriums zu Dublin von Prof. Humphrey Lloyd. Ueber die von 1840 bis 1846 daselbst angestellten Beobachtungen s. Transact. of the Royal Irish Acad. Vol. XXII. P. 1. p. 74—96.

1837 Sir David Brewster a Treatise on Magnetism p. 185—263.

1837—1842 Sir Edward Belcher Reisen nach Singapur, dem chineesischen Meere und der Westküste von Amerika; Phil. Transact. for 1843 P. II. p. 113, 140—142. Diese Beobachtungen der Inclination, wenn man sie mit den meinigen, älteren, zusammenhält, deuten auf sehr ungleiches Fortschreiten der Curven. Ich fand z. B. 1803 die Neigungen in Acapulco, Guayaquil und Callao de Lima + 38° 48', + 10° 42', — 9° 54'; Sir Edward Belcher: + 37° 57', + 9° 1', — 9° 54'. Wirken die häufigen Erdbeben an der peruanischen Küste local auf die Erscheinungen, welche von der magnetischen Erdkraft abhängen?

1838—1842 Charles Wilkes Narrative of the United States Exploring Expedition (Vol. I. p. XXI).

1838 Lieut. James Sullivan Reise von Falmouth nach den Falklands-Inseln, Phil. Transact. for 1840 P. I. p. 129, 140 und 143.

1838 und 1839 Errichtung der magnetischen Stationen, unter der vortrefflichen Direction des Oberst Sabine, in beiden Erdhälften, auf Kosten der großbritannischen Regierung. Die Instrumente wurden 1839 abgesandt, die Beobachtungen begannen in Toronto (Canada) und auf Van Diemen's Land 1840, am Vorgebirge der guten Hoffnung 1841. (Vergl. Sir John Herschel im Quarterly Review Vol. 66. 1840 p. 297; Becquerel Traité d'Electricité et de Magnétisme T. VI. p. 173.) — Durch die mühevollen und gründlichen Bearbeitung dieses reichen Schatzes von Beobachtungen, welche alle Elemente oder Variationen der magnetischen Thätigkeit des Erdkörpers umfassen, hat Oberst Sabine, als Superintendent of the Colonial Observatories, früher unerkannte Gesetze entdeckt und der Wissenschaft neue Ansichten eröffnet. Die Resultate

folcher Erforschungen sind von ihm in einer langen Reihe einzelner Abhandlungen (Contributions to terrestrial Magnetism) in den Philosophical Transactions der Kön. Londoner Societät und in eigenen Schriften veröffentlicht worden, welche diesem Theile des Kosmos zum Grunde liegen. Wir nennen hier von diesen nur einige der vorzüglichsten: 1) Ueber ungewöhnliche magnetische Störungen (Ungewitter), beobachtet in den Jahren 1840 und 1841; s. Observations on days of unusual magnetic disturbances p. 1—107, und, als Fortsetzung dieser Arbeit, die magnetic storms von 1843—1845, in den Phil. Transact. for 1851 P. I. p. 123—139; 2) Observations made at the magnetical Observatory at Toronto 1840, 1841 und 1842 (lat. $43^{\circ} 39'$ bor., long. $81^{\circ} 41'$) Vol. I. p. XIV—XXVIII; 3) Der sehr abweichende Richtungsgang der magnetischen Declination in der einen Hälfte des Jahres zu St. Helena, in Longwood-House (lat. $13^{\circ} 55'$ austr., lg. occ. $8^{\circ} 3'$), Phil. Transact. for 1847 P. I. p. 54; 4) Observ. made at the magn. and meteor. Observatory at the Cape of Good Hope 1841—1846; 5) Observ. made at the magn. and meteor. Observatory at Hobarton (lat. $42^{\circ} 52'$ austr., lg. $145^{\circ} 7'$ or.) in Van Diemen Island, and the antarctic Expedition Vol. I. und II. (1841—1848); über Scheidung der östlichen und westlichen Störungen (disturbances) s. Vol. II. p. IX—XXXVI; 6) Magnetische Erscheinungen innerhalb des antarctischen Polarkreises, in Kerguelen und Van Diemen, Phil. Transact. for 1843 P. II. p. 145—231; 7) Ueber die Isoclinal und Isodynamic Lines im atlantischen Ocean, Zustand von 1837 (Phil. Transact. for 1840 P. I. p. 129—155); 8) Fundamente einer Karte des atlantischen Oceans, welche die magnetischen Abweichungslinien zwischen 60° nördl. und 60° südl. Breite darstellt für das Jahr 1840 (Phil. Transact. for 1849 P. II. p. 173—233); 9) Mittel die magnetische Totalkraft der Erde, ihre seculare Veränderung und jährliche Variation (absolute values, secular change and annual variation of the magnetic force) zu messen (Phil. Transact. for 1850 P. I. p. 201—219; Uebereinstimmung der Epoche der größten Nähe der Sonne mit der der größten Intensität der Kraft in beiden Hemisphären und der Zunahme der Inclination p. 216); 10) Ueber das Maaß magnetischer Intensität im hohen Norden des Neuen Continents und über den von Cap. Lefroy aufgefundenen Punkt (Br. $52^{\circ} 19'$) der größten Erdkraft, Phil. Transact. for 1846 P. III.

p. 237—336; 11) Die periodischen Veränderungen der drei Elemente des Erd-Magnetismus (Abweichung, Inclination und totale Kraft) zu Toronto in Canada und zu Hobarton auf Van Diemen, und über den Zusammenhang der zehnjährigen Periode magnetischer Veränderungen mit der von Schwabe zu Dessau entdeckten, ebenfalls zehnjährigen Periode der Frequenz von Sonnenflecken, Phil. Transact. for 1852 P. I. p. 121—124. (Die Variations-Beobachtungen von 1846 und 1851 sind als Fortsetzung der in No. 1 bezeichneten von 1840—1845 zu betrachten.)

1839 Darstellung der Linien gleicher Neigung und gleicher Intensität der Erdkraft in den britischen Inseln (magnetic isoclinal and isodynamic Lines, from Observations of Humphrey Lloyd, John Phillips, Robert Were Fox, James Ross and Edward Sabine). Schon 1833 hatte die British Association in Cambridge beschlossen, daß in mehreren Theilen des Reichs Neigung und Intensität bestimmt werden sollten; schon im Sommer 1834 wurde dieser Wunsch von Prof. Lloyd und Oberst Sabine in Erfüllung gebracht, und die Arbeit 1835 und 1836 auf Wales und Schottland ausgedehnt (Eighth Report of the British Assoc. in the meeting at Newcastle 1838 p. 49—196; mit einer isoclinischen und isodynamischen Karte der britischen Inseln, die Intensität in London = 1 gesetzt).

1838—1843 Die große Entdeckungsexpedition von Sir James Clark Ross nach dem Südpol, gleich bewundernswürdig durch den Gewinn für die Kenntniß der Existenz viel bezweifelter Polarländer als durch das neue Licht, welches die Reise über den magnetischen Zustand großer Erdräume verbreitet hat. Sie umfaßt, alle drei Elemente des tellurischen Magnetismus numerisch bestimmend, fast $\frac{2}{3}$ der Area der ganzen hohen Breiten der südlichen Halbkugel.

1839—1851 Kreil's über zwölf Jahre lang fortgesetzte Beobachtungen der Variation sämtlicher Elemente der Erdkraft und der vermutheten soli-lunaren Einflüsse auf der kais. Sternwarte zu Prag.

1840 Stündliche magnetische Beobachtungen mit einer Gambey'schen Declinations-Boussole während eines 10jährigen Aufenthalts in Chili von Claudio Gay; s. dessen Historia fisica y politica de Chile 1847.

1840—1851 Lamont, Director der Sternwarte zu München,

Resultate seiner magnetischen Beobachtungen, verglichen mit denen von Göttingen, die selbst bis 1835 aufsteigen. Erforschung des wichtigen Gesetzes einer zehnjährigen Periode der Declinations-Veränderungen. (Vergl. Lamont in Poggend. Ann. der Phys. 1851 Bd. 84. S. 572—582 und Reischhuber 1852 Bd. 85. S. 179—184.) Der, schon oben berührte, mutmaßliche Zusammenhang zwischen der periodischen Zu- und Abnahme der Jahresmittel der täglichen Declinations-Variation der Magnetnadel und der periodischen Frequenz der Sonnenflecken ist zuerst von Oberst Sabine in den Phil. Transact. for 1832, und, ohne daß er Kenntniß von dieser Arbeit hatte, 4 bis 5 Monate später von dem gelehrten Director der Sternwarte zu Bern, Rudolph Wolf, in den Schriften der schweizerischen Naturforscher verkündigt worden.⁷³ Lamont's Handbuch des Erdmagnetismus (1848) enthält die Angabe der neuesten Mittel der Beobachtung wie die Entwicklung der Methoden.

1840—1845 Bache, Director of the Coast Survey of the United States, Observ. made at the magn. and meteorol. Observatory at Girard's College (Philadelphia), publ. 1847.

1840—1842 Lieut. Giffis (Un. St.) Magnetical and Meteorological Observations made at Washington, publ. 1847 (p. 2—319; magnetic storms p. 336).

1841—1843 Sir Robert Schomburgk Declinations-Beobachtungen in der Waldgegend der Gupana zwischen dem Berg Moraima und dem Dörfchen Pirara, zwischen den Parallelen von $4^{\circ} 57'$ und $3^{\circ} 39'$ (Phil. Transact. for 1849 P. II. p. 217).

1841—1845 Magn. and Meteorol. Observations made at Madras.

1843—1844 Magnetische Beobachtungen auf der Sternwarte von Sir Thomas Brisbane zu Makerstown (Northburghshire, Schottland), Br. $55^{\circ} 34'$; s. Transact. of the Royal Soc. of Edinb. Vol. XVII. P. 2. p. 188 und Vol. XVIII. p. 46.

1843—1849 Kreil über den Einfluß der Alpen auf Aeußerung der magnetischen Erdkraft. (Vergl. Schum. Afr. Nachr. No. 602.)

1844—1845 Expedition der Pagoda in hohen antarctischen Breiten bis -64° und -67° , und Länge 4° bis 117° östl., alle 3 Elemente des tellurischen Magnetismus umfassend: unter dem Commando des Schiffs-Lieut. Moore, der schon in der Nordpol-Expedition auf dem Terror gewesen war, und des Artillerie-Lieut.

Elerk, früher Director des magnetischen Observatoriums am Vorgebirge der guten Hoffnung; — eine würdige Vervollständigung der Arbeiten von Sir James Clark Ross am Südpol.

1845 Proceedings of the magn. and meteorol. Conference held at Cambridge.

1845 Observations made at the magn. and meteorol. Observatory at Bombay under the superintendency of Arthur Bedford Orlebar. Das Observatorium ist 1841 auf der kleinen Insel Colaba erbaut worden.

1845—1850 Sechs Bände Results of the magn. and meteorol. Observations made at the Royal Observatory at Greenwich. Das magnetische Haus wurde 1838 gebaut.

1845 Simonoff, Prof. de Kazan, Recherches sur l'action magnétique de la Terre.

1846—1849 Cap. Elliot (Madras Engineers) magnetic Survey of the Eastern Archipelago; 16 Stationen, jede von mehreren Monaten: auf Borneo, Celebes, Sumatra, den Nicobaren und Keeling-Inseln; mit Madras verglichen, zwischen nördl. Br. 16° und südl. Br. 12°, Länge 78° und 123° östl. (Phil. Transact. for 1851 P. I. p. 287—331 und p. I—CLVII). Beigefügt sind Karten gleicher Inclination und Declination, wie horizontaler und totaler Kraft. Diese Arbeit, welche zugleich die Lage des magnetischen Aequators und der Linie ohne Abweichung darstellt, gehört zu den ausgezeichnetsten und vielumfassendsten neuerer Zeit.

1845—1850 Faraday's glänzende physikalische Entdeckungen 1) über die ariale (paramagnetische) oder äquatoriale (diamagnetische⁷⁴) Stellung (Richtung), welche frei schwingende Körper unter äußerem magnetischen Einflusse annehmen (Phil. Transact. for 1846 § 2420 und Phil. Tr. for 1851 P. I. § 2718—2796); 2) über Beziehung des Electro-Magnetismus zu einem polarisirten Lichtstrahle und Drehung des letzteren unter Vermittelung (Dazwischenkunft) des veränderten Molecular-Zustandes derjenigen Materie, durch welche zugleich der polarisirte Lichtstrahl und der magnetische Strom geleitet werden (Phil. Tr. for 1846 P. I. § 2195 und 2215—2221); 3) über die merkwürdige Eigenschaft des Sauerstoff-Gases, als des einzigen paramagnetischen unter allen Gasarten, einen solchen Einfluß auf die Elemente des Erd-Magnetismus auszuüben: daß es, welchem Eisen gleich, nur außerordentlich viel schwächer, durch die vertheilende

Wirfung des Erdkörpers, eines permanent gegenwärtigen Magnets, Polarität ⁷⁵ annimmt (Phil. Tr. for 1851 P. I. § 2297—2967).

1849 Emory Magn. Observations made at the Isthmus of Panama.

1849 Prof. William Thomson in Glasgow, a mathematical Theory of Magnetism, in den Phil. Transact. for 1851 P. I. p. 243—285. (Ueber das Problem der Vertheilung der magnetischen Kraft vergl. § 42 und 56 mit Poisson in den Mém. de l'Institut 1811 P. I. p. 1, P. II. p. 163.)

1850 Airy on the present state and prospects of the Science of terrestrial Magnetism, Fragment einer vielversprechenden Abhandlung.

1852 Kreil. Einfluß des Mondes auf die magnetische Declination zu Prag in den Jahren 1839—1849. Ueber die früheren Arbeiten dieses genauen Beobachters von 1836—1838 s. Osservazioni sull' intensità e sulla direzione della forza magnetica istituite negli anni 1836—1838 all' I. R. Osservatorio di Milano p. 171, wie auch Magn. und meteorol. Beobachtungen zu Prag Bd. I. S. 59.

1852 Faraday on Lines of magnetic Force and their definite character.

1852 Sabine's neue Beweise aus Beobachtungen von Toronto, Hobarton, St. Helena und dem Vorgebirge der guten Hoffnung (1841—1851): daß überall in der Morgenstunde von 7—8 Uhr die Magnet-Declination eine Jahresperiode darbietet, in welcher das nördliche Solstitium die größte östliche Elongation, das südliche Solstitium die größte westliche Elongation offenbaren, ohne daß in diesen Solstitial-Epochen (turning periods) die Temperatur der Atmosphäre oder der Erdrinde ein Maximum oder Minimum erleiden. Vergl. den, noch nicht erschienenen 2ten Band der Observations made at Toronto p. XVII mit den schon oben angeführten zwei Abhandlungen von Sabine über Einfluß der Sonnennähe (Phil. Transact. for 1850 P. I. p. 216) und der Sonnenflecken (Phil. Tr. for 1852 P. I. p. 121).

Die Chronologische Aufzählung der Fortschritte unserer Kenntniß von dem Erd-Magnetismus in der Hälfte eines Jahrhunderts, in dem ich diesem Gegenstande ununterbrochen das wärmste Interesse gewidmet habe, zeigt ein glückliches

Streben nach einem zwiefachen Zwecke. Der größere Theil der Arbeiten ist der Beobachtung der magnetischen Thätigkeit des Erdkörpers, der Messung nach Raumverhältnissen und Zeitepochen gewidmet gewesen; der kleinere Theil gehört dem Experimente, dem Hervorrufen von Erscheinungen, welche auf Ergründung des Wesens jener Thätigkeit selbst, der inneren Natur der Magnetkraft, zu leiten verheissen. Beide Wege: messende Beobachtung der Aeusserungen des tellurischen Magnetismus (in Richtung und Stärke) und physikalisches Experiment über Magnetkraft im allgemeinen, haben gegenseitig den Fortschritt unseres Naturwissens belebt. Die Beobachtung allein, unabhängig von jeglicher Hypothese über den Causalzusammenhang der Erscheinungen oder über die, bis jetzt unmeßbare, uns unerreichbare Wechselwirkung der Molecule im Inneren der Substanzen, hat zu wichtigen numerischen Gesetzen geführt. Dem bewundernswürdigen Echarissinn experimentirender Physiker ist es gelungen Polarisations-Eigenschaften starrer und gasförmiger Körper zu entdecken, von denen man vorher keine Ahndung hatte, und die in eigenem Verkehr mit Temperatur und Luftdruck stehen. So wichtig und unbezweifelt auch jene Entdeckungen sind, so können sie in dem gegenwärtigen Zustand unseres Wissens doch noch nicht als befriedigende Erklärungsgründe jener Gesetze betrachtet werden, welche bereits in der Bewegung der Magnetnadel erkannt worden sind. Das sicherste Mittel, zur Erschöpfung des veränderlich Meßbaren im Raume, wie zu der Erweiterung und Vollendung der, von Gauß so großartig entworfenen, mathematischen Theorie des Erd-Magnetismus zu gelangen, ist das Mittel der gleichzeitig an vielen gut ausgewählten Punkten der Erde fortgesetzten Beobachtung aller drei Elemente der magnetischen

Thätigkeit. Was ich selbst aber ruhmvolles ⁷⁶ von der Verbindung des Experiments und der mathematischen Gedankenverbindung erwarte, habe ich bereits an einem anderen Orte ausgesprochen und durch Beispiele erläutert.

Alles, was auf unserem Planeten vorgeht, kann nicht ohne kosmischen Zusammenhang gedacht werden. Das Wort Planet führt uns an sich schon auf Abhängigkeit von einem Centralkörper, auf die Verbindung mit einer Gruppe von Himmelskörpern sehr verschiedener Größe, die wahrscheinlich einen gleichen Ursprung haben. Sehr früh wurde der Einfluß des Sonnenstandes auf die Neuerung der Magnetkraft der Erde anerkannt: deutlichst bei Entdeckung der stündlichen Abweichung; dunkler, wie Kepler ein Jahrhundert vorher ahndete, daß alle Achsen der Planeten nach Einer Weltgegend magnetisch gerichtet seien. Kepler sagt ausdrücklich: „daß die Sonne ein magnetischer Körper sei; und daß deshalb in der Sonne die Kraft liege, welche die Planeten bewege.“ ⁷⁷ Massen-Anziehung und Gravitation erschienen damals unter dem Symbol magnetischer Attraction. Horrebow ⁷⁸, der Gravitation nicht mit Magnetismus verwechselte, hat wohl zuerst den Lichtproceß „ein perpetuülich im Sonnen-Dunstkreise durch magnetische Kräfte vorgehendes Nordlicht“ genannt. Unseren Zeiten näher (und dieser Unterschied der Meinungen ist sehr bemerkenswerth) sind die Ansichten über die Art der Einwirkung der Sonne entschieden getheilt aufgetreten.

Man hat sich entweder vorgestellt, daß die Sonne, ohne selbst magnetisch zu sein, auf den Erd-Magnetismus nur temperatur-verändernd wirke (Canton, Ampère, Christie, Lloyd, Airy); oder man glaubt, wie Coulomb, die Sonne von einer magnetischen Atmosphäre umhüllt ⁷⁹, welche ihre

Wirkung auf den Magnetismus der Erde durch Vertheilung ausübe. Wenn gleich durch Faraday's schöne Entdeckung von der paramagnetischen Eigenschaft des Sauerstoff-Gases die große Schwierigkeit gehoben wird, sich, nach Canton, die Temperatur der festen Erdrinde und der Meere als unmittelbare Folge des Durchgangs der Sonne durch den Orts-Meridian schnell und beträchtlich erhöht vorstellen zu müssen; so hat doch die vollständige Zusammenstellung und scharfsinnige Discussion alles meßbar Beobachteten durch den Oberst Sabine als Resultat ergeben, daß die bisher beobachteten periodischen Variationen der magnetischen Thätigkeit des Erdkörpers nicht ihre Ursache in den periodischen Temperatur-Veränderungen des uns zugänglichen Luftkreises haben. Weder die Hauptepochen der täglichen und jährlichen Veränderungen der Declination zu verschiedenen Stunden des Tages und der Nacht (und die jährlichen hat Sabine zum ersten Male, nach einer übergroßen Zahl von Beobachtungen, genau darstellen können), noch die Perioden der mittleren Intensität der Erdkraft stimmen ⁸⁰ mit den Perioden der Maxima und Minima der Temperatur der Atmosphäre oder der oberen Erdrinde überein. Die Wendepunkte in den wichtigsten magnetischen Erscheinungen sind die Solstitien und Aequinoctien. Die Epoche, in welcher die Intensität der Erdkraft am größten ist und in beiden Hemisphären die Inclinations-Nadel dem verticalen Stande sich am nächsten zeigt, ist die der größten Sonnennähe ⁸¹, wenn zugleich die Erde die größte Translations-Geschwindigkeit in ihrer Bahn hat. Nun aber sind sich in der Zeit der Sonnennähe (December, Januar und Februar) wie in der Zeit der Sonnenferne (Mai, Juni und Juli) die Temperatur-Verhältnisse der Zonen diesseits und jenseits des Aequators geradezu entgegengesetzt; die Wendepunkte der

ab- und zunehmenden Intensität, Declination und Inclination können also nicht der Sonne als wärmendem Princip zugeschrieben werden.

Jahresmittel aus den Beobachtungen von München und Göttingen haben dem thätigen Director der kön. bairischen Sternwarte, Prof. Lamont, das merkwürdige Gesetz einer Periode von $10\frac{1}{3}$ Jahren in den Veränderungen der Declination offenbart.⁸² In der Periode von 1841 bis 1850 erreichten die Mittel der monatlichen Declinations-Veränderungen sehr regelmäßig ihr Minimum 1843 $\frac{1}{2}$, ihr Maximum 1848 $\frac{1}{2}$. Ohne diese europäischen Resultate zu kennen, hatte die Vergleichung der monatlichen Mittel derselben Jahre 1843—1848, aus Beobachtungen von Orten gezogen, welche fast um die Größe der ganzen Erdbachse von einander entfernt liegen (Toronto in Canada und Hobarton auf Van Diemen's Insel), den Oberst Sabine auf die Existenz einer periodisch wirkenden Störungsursach geleitet. Diese ist von ihm als eine rein kosmische in den ebenfalls zehnjährigen periodischen Veränderungen der Sonnen-Atmosphäre gefunden worden.⁸³ Der fleißigste Beobachter der Sonnenflecken unter den jetzt lebenden Astronomen, Schwabe, hat (wie ich schon an einem anderen Orte⁸⁴ entwickelt) in einer langen Reihe von Jahren (1826 bis 1850) eine periodisch wechselnde Frequenz der Sonnenflecken aufgefunden: dergestalt, daß ihr Maximum in die Jahre 1828, 1837 und 1848; ihr Minimum in die Jahre 1833 und 1843 gefallen ist. „Ich habe“, sagt er hinzu, „nicht Gelegenheit gehabt eine fortlaufende Reihe älterer Beobachtungen zu untersuchen; stimme aber gern der Meinung bei, daß diese Periode selbst wieder veränderlich sein könne.“ Etwas einer solchen Veränderlichkeit analoges, Perioden in den Perioden,

bieten uns allerdings auch Lichtproceſſe in anderen ſelbſtleuchtenden Sonnen dar. Ich erinnere an die von Goodricke und Argelander ergründeten, ſo complicirten Intenſitäts-Veränderungen von β Lyrae und Mira Ceti.⁸⁵

Wenn, nach Sabine, der Magnetismus des Sonnenkörpers ſich durch die in der Sonnennähe vermehrte Erdkraft offenbart; ſo iſt es um ſo auffallender, daß nach Kreil's gründlichen Unterſuchungen über den magnetiſchen Mond-Einfluß dieſer ſich biſher weder in der Verſchiedenheit der Mondphaſen, noch in der Verſchiedenheit der Entfernung des Mondes von der Erde bemerkbar gemacht hat. Die Nähe des Mondes ſcheint im Vergleich mit der Sonne nicht die Kleinheit der Maſſe zu compenſiren. Das Hauptergebniß der Unterſuchung⁸⁶ über den magnetiſchen Einfluß des Erd-Satelliten, welcher nach Melloni nur eine Spur von Wärme-Erregung zeigt, iſt: daß die magnetiſche Declination auf unſerer Erde im Verlauf eines Mondtages eine regelmäßige Aenderung erleidet, indem dieſelbe zu einem zwiefachen Maximum und zu einem zwiefachen Minimum gelangt. „Wenn der Mond“, ſagt Kreil ſehr richtig, „keine (für die gewöhnlichen Wärmemeſſer) erkennbare Temperatur-Veränderung auf der Erdoberfläche hervorbringt, ſo kann er auch in der Magnetkraft der Erde keine Aenderung auf dieſem Wege erzeugen; wird nun demohngeachtet eine ſolche bemerkt, ſo muß man daraus ſchließen, daß ſie auf einem anderen Wege als durch Erwärmung hervorgebracht werde.“ Alles, was nicht als das Product einer einzigen Kraft auftritt, kann, wie beim Monde, erſt durch Ausſcheidung vieler fremdartigen Störungs-Elemente als für ſich beſtehend erkannt werden.

Werden nun auch biſ jetzt die entſchiedenſten und größten

Variationen in den Aeußerungen des tellurischen Magnetismus nicht durch Maxima und Minima des Temperatur-Wechsels befriedigend erklärt; so ist doch wohl nicht zu bezweifeln, daß die große Entdeckung der polarischen Eigenschaft des Sauerstoffs in der gasförmigen Erdbumhüllung, bei tieferer und vollständigerer Einsicht in den Proceß magnetischer Thätigkeit, in naher Zukunft zum Verstehen der Genesis dieses Processes ein Element darbieten wird. Es ist bei dem harmonischen Zusammenwirken aller Kräfte undenkbar, daß die eben bezeichnete Eigenschaft des Sauerstoffs und ihre Modification durch Temperatur-Erhöhung keinen Antheil an dem Hervorrufen magnetischer Erscheinungen haben sollte.

Ist es, nach Newton's Ausspruch, sehr wahrscheinlich, daß die Stoffe, welche zu einer Gruppe von Weltkörpern (zu einem und demselben Planetensystem) gehören, größtentheils dieselben sind⁸⁷; so steht durch inductive Schlußart zu vermuthen, daß nicht auf unserem Erdball allein der gravitirenden Materie eine electro-magnetische Thätigkeit verliehen sei. Die entgegengesetzte Annahme würde kosmische Ansichten mit dogmatischer Willkühr einengen. Coulomb's Hypothese über den Einfluß der magnetischen Sonne auf die magnetische Erde widerspricht keiner Analogie des Erforschten.

Wenn wir nun zu der rein objectiven Darstellung der magnetischen Erscheinungen übergehen, wie sie unser Planet in den verschiedenen Theilen seiner Oberfläche und in seinen verschiedenen Stellungen zum Centralkörper darbietet; so müssen wir in den numerischen Resultaten der Messung genau die Veränderungen unterscheiden, welche in kurze oder sehr lange Perioden eingeschlossen sind. Alle sind von einander abhängig, und in dieser Abhängigkeit sich gegenseitig verstärkend oder

theilweise aufhebend und störend: wie in bewegten Flüssigkeiten Wellenkreise, die sich durchschneiden. Zwölf Objecte bieten sich der Betrachtung vorzugsweise dar:

zwei Magnetpole, ungleich von den Rotations-Polen der Erde entfernt, in jeder Hemisphäre einer; es sind Punkte des Erdsphäroids, in denen die magnetische Inclination = 90° ist und in denen also die horizontale Kraft verschwindet;

der magnetische Aequator: die Curve, auf welcher die Inclination der Nadel = 0 ist;

die Linien gleicher Declination und die, auf welchen die Declination = 0 ist (isogonische Linien und Linien ohne Abweichung);

die Linien gleicher Inclination (isoklinische Linien);

die vier Punkte größter Intensität der magnetischen Erdkraft, zwei von ungleicher Stärke in jeder Hemisphäre;

die Linien gleicher Erdkraft (isodynamische Linien);

die Wellenlinie, welche auf jedem Meridian die Erdpunkte schwächster Intensität der Kraft mit einander verbindet und auch bisweilen ein dynamischer Aequator genannt ⁸⁸ worden ist; es fällt diese Wellenlinie weder mit dem geographischen noch mit dem magnetischen Aequator zusammen;

die Begrenzung der Zone meist sehr schwacher Intensität, in der die stündlichen Veränderungen der Magnetnadel, nach Verschiedenheit der Jahreszeiten, abwechselnd vermittelnd ⁸⁹ an den Erscheinungen beider Halbkugeln Theil nehmen.

Ich habe in dieser Aufzählung das Wort Pol allein für die zwei Erdpunkte, in denen die horizontale Kraft verschwindet,

beibehalten, weil oft, wie schon bemerkt worden ist, in neuerer Zeit diese Punkte (die wahren Magnetpole), in denen die Intensitäts-Maxima keinesweges liegen, mit den vier Erdpunkten größter Intensität verwechselt worden sind.⁹⁰ Auch hat Gauß gezeigt, daß es schädlich sei die Chorde, welche die beiden Punkte verbindet, in denen auf der Erdoberfläche die Neigung der Nadel = 90° ist, durch die Benennung: magnetische Achse der Erde auszeichnen zu wollen.⁹¹ Der innige Zusammenhang, welcher zwischen den hier aufgezählten Gegenständen herrscht, macht es glücklicherweise möglich die verwickelten Erscheinungen des Erd-Magnetismus nach drei Aeußerungen der einigen, thätigen Kraft (Intensität, Inclination und Declination) unter drei Gesichtspunkte zu concentriren.

Intensität.

Die Kenntniß des wichtigsten Elements des tellurischen Magnetismus, die unmittelbare Messung der Stärke der totalen Erdkraft, ist spät erst der Kenntniß von den Verhältnissen der Richtung dieser Erdkraft in horizontaler und verticaler Ebene (Declination und Inclination) gefolgt. Die Schwingungen, aus deren Dauer die Intensität geschlossen wird, sind erst am Schluß des 18ten Jahrhunderts ein Gegenstand des Experiments, in der ersten Hälfte des 19ten ein Gegenstand ernster und fortgesetzter Untersuchung geworden. Graham (1723) maß die Schwingungen seiner Inclinations-Nadel in der Absicht, zu versuchen, ob sie⁹² constant wären, und um das Verhältniß der sie dirigirenden Kraft zur Schwere zu finden. Der erste Versuch, die Intensität des Magnetismus an von einander weit entfernten Punkten der Erde durch die Zahl der Oscillationen in gleichen Zeiten zu prüfen, geschah durch Mallet

(1769). Er fand mit sehr unvollkommenen Apparaten die Zahl der Oscillationen zu Petersburg (Br. $59^{\circ} 56'$) und zu Ponoï ($67^{\circ} 4'$) völlig gleich⁹³, woraus die, bis auf Cavendish fortgepflanzte, irrthümliche Meinung entstand, daß die Intensität der Erdkraft unter allen Zonen dieselbe sei. Borda hatte zwar nie, wie er mir oft erzählt, aus theoretischen Gründen diesen Irrthum getheilt, eben so wenig als vor ihm Le Monnier; aber auch Borda hinderte die Unvollkommenheit seiner Neigungs-Nadel (die Friction, welche dieselbe auf den Zapfen erlitt) Unterschiede der Magnetkraft während seiner Expedition nach den canarischen Inseln (1776) zwischen Paris, Toulon, Santa Cruz de Teneriffa und Gorée in Senegambien, in einem Raume von 35 Breitengraden, zu entdecken (Voyage de La Pérouse T. I. p. 162). Mit verbesserten Instrumenten wurden zum ersten Male diese Unterschiede auf der unglücklichen Expedition von La Pérouse in den Jahren 1785 und 1787 von Lamanon aufgefunden und von Macao aus dem Secretär der Pariser Akademie mitgetheilt. Sie blieben, wie ich schon früher (Bd. IV. S. 61) erinnert, unbeachtet und, wie so vieles andere, in den akademischen Archiven vergraben.

Die ersten veröffentlichten Intensitäts-Beobachtungen, ebenfalls auf Borda's Aufforderung angestellt, sind die meiner Reise nach den Tropenländern des Neuen Continents von den Jahren 1798—1804. Frühere von meinem Freunde de Rossel (1791 und 1794) in den indischen Meeren eingesammelte Resultate über die magnetische Erdkraft sind erst vier Jahre nach meiner Rückkunft aus Mexico im Druck erschienen. Im Jahre 1829 wurde mir der Vorzug, die Arbeit über Intensität und Inclination von der Südsee aus noch volle 188 Längengrade gegen Osten bis in die chinesische Dzungarei

fortsetzen zu können, und zwar $\frac{2}{3}$ dieser Erdhälfte durch das Innere der Continente. Die Unterschiede der Breite sind 72° (von 60° nördlicher bis 12° südlicher Breite) gewesen.

Wenn man die Richtung der einander umschließenden isodynamischen Linien (Curven gleicher Intensität) sorgfältig verfolgt und von den äußeren, schwächeren, zu den inneren, allmählig stärkeren, übergeht; so werden bei der Betrachtung der tellurischen Kraftvertheilung des Magnetismus für jede Hemisphäre, in sehr ungleichen Abständen von den Rotations- wie von den Magnetpolen der Erde, zwei Punkte (foci) der Maxima der Intensität, ein stärkerer und ein schwächerer, erkannt. Von diesen 4 Erdpunkten liegt in der nördlichen Hemisphäre ⁹¹ der stärkere (amerikanische) in Br. $+ 52^{\circ} 19'$ und Länge $94^{\circ} 20'$ W., der schwächere (oft der sibirische genannt) in Br. $+ 70^{\circ}$? Länge $117^{\circ} 40'$ O., vielleicht einige Grade minder östlich. Auf der Reise von Parschinsk nach Jakutsk fand Erman (1829) die Curve der größten Intensität (1,742) bei Beresowski Ostrow in Länge $115^{\circ} 31'$ O., Br. $+ 59^{\circ} 44'$ (Erman, Magnet. Beob. S. 172 und 540; Sabine in den Phil. Transact. for 1850 P. I. p. 218). Von beiden Bestimmungen ist die des amerikanischen Focus, besonders der Breite nach sichrere, „der Länge nach wahrscheinlich etwas zu westlich“. Das Oval, welches den stärkeren nördlichen Focus einschließt, liegt demnach im Meridian des Westendes des Lake Superior, zwischen der südlichen Extremität der Hudsonsbai und der des canadischen Sees Winipeg. Man verdankt diese Bestimmung der wichtigen Landexpedition des ehemaligen Directors der magnetischen Station von St. Helena, des Artillerie-Hauptmanns Lefroy, im Jahr 1843. „Das Mittel der Lemniscate, welche den stärkeren und

schwächeren Focus verbindet, scheint nordöstlich von der Beringsstraße, näher dem asiatischen Focus als dem amerikanischen, zu liegen.“

Als ich in der peruanischen Andeskette der südlichen Hemisphäre, in Breite — $7^{\circ} 2'$ und Länge $81^{\circ} 8' W.$, den magnetischen Aequator, die Linie, auf der die Neigung = 0 ist, zwischen Micuipampa und Caramarca (1802) durchschnitt, und von diesem merkwürdigen Punkte an die Intensität gegen Norden und Süden hin wachsen sah; so entstand in mir, da es damals und noch lange nachher an allen Vergleichungspunkten fehlte, durch eine irrige Verallgemeinerung des Beobachteten, die Meinung: daß vom magnetischen Aequator an die Magnetkraft der Erde bis nach beiden Magnetpolen ununterbrochen wachse, und daß wahrscheinlich in diesen (da, wo die Neigung = 90° wäre) das Maximum der Erdkraft liege. Wenn man zum ersten Male einem großen Naturgesetz auf die Spur kommt, so bedürfen die früh aufgefaßten Ansichten meist einer späteren Berichtigung. Sabine⁹⁵ hat durch eigene Beobachtungen (1818 bis 1822), die er in sehr verschiedenen Zonen anstellte, wie durch scharfsinnige Zusammenstellung vieler fremder (da die Schwingungsversuche von verticalen und horizontalen Nadeln nach und nach allgemeiner wurden) erwiesen: daß Intensität und Neigung sehr verschiedenartig modificirt werden; daß das Minimum der Erdkraft in vielen Punkten fern von dem magnetischen Aequator liege; ja daß in den nördlichsten Theilen von Canada und des arctischen Hudsonlandes, von Br. $52^{\circ} \frac{1}{3}$ bis zum Magnetpole (Br. 70°), unter dem Meridian von ohngefähr 94° bis 95° westl. Länge, die Intensität, statt zu wachsen, abnimmt. In dem von Lefroy aufgefundenen canadischen Focus der größten Intensität in der nördlichen Hemisphäre war 1845

die Neigung der Nadel erst $73^{\circ} 7'$, und in beiden Hemisphären findet man die Maxima der Erdkraft neben vergleichungsweise geringerer Neigung.⁹⁶

So vortreflich und reichhaltig auch die Fülle der Intensitäts-Beobachtungen ist, die wir den Expeditionen von Sir James Ross, von Moore und Clerk in den antarctischen Polar-meeren verdanken, so bleibt doch noch über die Lage des stärkeren und schwächeren Focus in der südlichen Halbfugel viel Zweifel übrig. Der erste der eben genannten Seefahrer hat die isodynamischen Curven vom höchsten Werth der Intensität mehrfach durchschnitten, und nach einer genauen Discussion seiner Beobachtungen setzt Sabine den einen Focus in Br. — 64° und Länge $135^{\circ} 10'$ Ost. Ross selbst, in dem Bericht⁹⁷ seiner großen Reise, vermuthete den Focus in der Nähe der von d'Urville entdeckten Terre d'Adélie, also ungefähr in Br. — 67° , Länge $137^{\circ} 40'$ Ost. Dem anderen Focus meinte er sich zu nahen in — 60° Br. und $127^{\circ} 20'$ westlicher Länge; war aber doch geneigt denselben viel südlicher, unweit des Magnetpoles, also in einen östlicheren Meridian, zu setzen.⁹⁸

Nach Festsetzung der Lage der 4 Maxima der Intensität muß das Verhältniß der Kräfte selbst angegeben werden. Diese Angaben geschehen entweder nach dem mehrfach berührten älteren Herkommen, d. i. in Vergleich mit der Intensität, welche ich in einem Punkte des magnetischen Aequators gefunden, den die peruanische Andeskette in Br. — $7^{\circ} 2'$ und Länge $81^{\circ} 8'$ W. durchschneidet; oder nach den frühesten Vorschlägen von Poisson und Gauss in absoluter Messung.⁹⁹ Nach der relativen Scale, wenn die Intensität auf dem eben bezeichneten Erdpunkte im magnetischen Aequator = 1,000 gesetzt wird, sind, da man das Intensitäts-Verhältniß von Paris im Jahr 1827

(Bd. IV. S. 67) zu dem von London ermittelt hat, die Intensitäten in diesen zwei Städten 1,348 und 1,372. Uebersetzt man diese Zahlen in die absolute Scale, so würden sie ohngefähr 10,20 und 10,38 heißen; und die Intensität, welche für Peru = 1,000 gesetzt worden ist, würde nach Sabine in absoluter Scale = 7,57 sein: also sogar noch größer als die Intensität in St. Helena, die in derselben absoluten Scale = 6,4 ist. Alle diese Zahlen werden noch wegen Verschiedenheit der Jahre, in denen die Vergleichen geschahen, neue Veränderungen erleiden. Sie sind in beiden Scalen, der relativen (arbitrary scale) und der, vorzuziehenden, absoluten, nur als provisorisch zu betrachten; aber auch bei dem jetzigen unvollkommeneren Grade ihrer Genauigkeit werfen sie ein helles Licht auf die Vertheilung der Erdkraft: ein Element, über das man noch vor einem halben Jahrhunderte in der tiefsten Unwissenheit war. Sie gewähren, was kosmisch am wichtigsten ist, historische Ausgangspunkte für die Kraftveränderungen, welche künftige Jahrhunderte offenbaren werden, vielleicht durch Abhängigkeit der Erde von der auf sie einwirkenden Magnetkraft der Sonne.

In der nördlichen Hemisphäre ist am befriedigendsten durch Lefroy die Intensität des stärkeren canadischen Focus (unter Br. + 52° 19', Länge 94° 20' W.) bestimmt. Es wird dieselbe in der relativen Scale durch 1,878 ausgedrückt, wenn die Intensität von London 1,372 ist; in der absoluten Scale¹⁰⁰ durch 14,21. Schon in Neu-York (Br. + 40° 42') hatte Sabine die Magnetkraft nicht viel schwächer (1,803) gefunden. Für den schwächeren sibirischen, nördlichen Focus (Br. ? + 70°, Lg. 117° 40' D.) wird sie von Erman in relativer Scale 1,74; von Hansteen 1,76: d. i. in absoluter Scale zu 13,3 angegeben. Die antarctische Expedition von Sir James Ross hat gelehrt,

daß der Unterschied der beiden Foci in der südlichen Hemisphäre wahrscheinlich schwächer als in der nördlichen ist, aber daß jeder der beiden südlichen Foci die beiden nördlichen an Kraft überwiegt. Die Intensität ist in dem stärkeren südlichen Focus (Br. — 64° , Lg. $135^{\circ} 10'$ D.) in der relativen Scale ¹ wenigstens 2,06; in absoluter Scale 15,60: in dem schwächeren südlichen Focus ² (Br. — 60° , Lg. $127^{\circ} 20'$ W.?), ebenfalls nach Sir James Ross, in relativer Scale 1,96; in absoluter Scale 14,90. Der größere oder geringere Abstand der beiden Foci derselben Hemisphäre von einander ist als ein wichtiges Element ihrer individuellen Stärke und der ganzen Vertheilung des Magnetismus erkannt worden. „Wenn auch die Foci der südlichen Halbkugel eine auffallend stärkere Intensität (in absolutem Maaß 15,60 und 14,90) darbieten als die Foci der nördlichen Halbkugel (14,21 und 13,30), so wird doch im ganzen die Magnetkraft der einen Halbkugel für nicht größer als die der anderen erachtet.“

Ganz anders ist es aber, wenn man das Erdsphäroid in einen östlichen und westlichen Theil nach den Meridianen von 100° und 280° (Greenwicher Länge, von West nach Ost gerechnet) dergestalt schneidet: daß die östliche Hemisphäre (die mehr continentale) Südamerika, den atlantischen Ocean, Europa, Afrika und Asien fast bis zum Baikal; die westliche (die mehr oceanische und insulare) fast ganz Nordamerika, die weite Südsee, Neu-Holland und einen Theil von Ost-Asien einschließt.“ Die bezeichneten Meridiane liegen, der eine ohngefähr 4° westlich von Singapur, der andere 13° westlich vom Cap Horn, im Meridian selbst von Guayaquil. Alle 4 Foci des Maximums der Magnetkraft, ja die zwei Magnetpole gehören der westlichen Hemisphäre an. ³

Adolf Erman's wichtiger Beobachtung der kleinsten Intensität im atlantischen Ocean östlich von der brasilianischen Provinz Espiritu Santo (Br. — 20°, Lg. 37° 24' W.) ward bereits im Naturgemälde ⁴ gedacht. Er fand in relativer Scale 0,7062 (in absoluter 5,35). Diese Region der schwächsten Intensität ist auch auf der antarctischen Expedition ⁵ von Sir James Ross zweimal durchschnitten worden, zwischen Br. — 19° und — 21°; eben so von Lieut. Sullivan und Dunlop auf ihrer Fahrt nach den Falklands-Inseln. ⁶ Auf der isodynamischen Karte des ganzen atlantischen Oceans hat Sabine die Curve der kleinsten Intensität, welche Ross den Equator of less intensity nennt, von Küste zu Küste dargestellt. Sie schneidet das westafrikanische Littoral von Benguela bei der portugiesischen Colonie Mossamedes (Br. — 15°), hat in der Mitte des Oceans ihren concaven Scheitel in Lg. 20° 20' W., und erhebt sich zur brasilianischen Küste bis — 20° Breite. Ob nicht nördlich vom Aequator (Br. + 10° bis 12°), etwa 20 Grade östlich von den Philippinen, eine andere Zone ziemlich schwacher Intensität (0,97 rel. Scale) liegt, werden künftige Untersuchungen in ein klareres Licht setzen.

An dem früher von mir gegebenen Verhältniß der schwächsten Erdkraft zur stärksten, die bisher aufgefunden ist, glaube ich nach den jetzt vorhandenen Materialien wenig ändern zu müssen. Das Verhältniß fällt zwischen 1 : 2½ und fast 1 : 3, der letzteren Zahl näher; die Verschiedenheit der Angaben ⁷ entsteht daraus, daß man bald die Minima allein, bald Minima und Maxima zugleich etwas willkürlich verändert. Sabine ⁸ hat das große Verdienst, zuerst auf die Wichtigkeit des dynamischen Aequators (Curve der schwächsten Intensität) aufmerksam gemacht zu haben. „Diese Curve verbindet

die Punkte jedes geographischen Meridians, in denen die Erdkraft am geringsten ist. Sie läuft in vielfachen Undulationen um den Erdkreis; zu beiden Seiten derselben nimmt die Erdkraft gegen die höheren Breiten jeglicher Hemisphäre zu. Sie bezeichnet bergestalt die Grenze zwischen den beiden magnetischen Halbkugeln auf eine noch entschiednere Weise als der magnetische Aequator, auf welchem die Richtung der Magnetkraft senkrecht auf der Richtung der Schwerkraft steht. Für die Theorie des Magnetismus ist alles, was sich unmittelbar auf die Kraft bezieht, von noch größerer Wichtigkeit als, was sich auf die Richtung der Nadel, auf ihre horizontale oder senkrechte Stellung, bezieht. Die Krümmungen des dynamischen Aequators sind mannigfach, da sie von Kräften abhängen, welche vier Punkte (Foci) der größten Erdkraft, unsymmetrisch und unter sich wiederum an Stärke verschieden, hervorbringen. Merkwürdig in diesen Anstlerionen ist besonders die große Con-
veritat gegen den Südpol im atlantischen Ocean, zwischen den Küsten von Brasilien und dem Vorgebirge der guten Hoffnung.“

Nimmt die Intensität der Erdkraft in uns erreichbaren Höhen bemerkbar ab? im Inneren der Erde bemerkbar zu? Das Problem, welches diese Fragen zur Lösung vorlegen, ist für Beobachtungen, die in oder auf der Erde gemacht werden, überaus complicirt: weil, um die Wirkung beträchtlicher Höhen auf Gebirgsreisen mit einander zu vergleichen, wegen der großen Masse der Berge die oberen und unteren Stationen selten einander nahe genug liegen; weil die Natur des Gesteins und die gangartig einbrechenden, nicht sichtbaren Mineralien, ja die nicht genugsam bekannten stündlichen und zufälligen Veränderungen der Intensität bei nicht ganz gleichzeitigen Beobachtungen die Resultate modificiren. Es wird so oft der Höhe (oder

Tiefe) allein zugeschrieben, was beiden keinesweges angehört. Zahlreiche Bergwerke, welche ich in Europa, in Peru, Mexico und Sibirien zu sehr beträchtlichen Tiefen besucht, haben mir nie Localitäten dargeboten, die irgend ein Vertrauen⁹ einflößen konnten. Dazu sollte man bei Angabe der Tiefen die perpendicularen Unterschiede + und —, vom Meerhorizonte an gerechnet, (der eigentlichen mittleren Oberfläche des Erdsphäroids) nicht außer Acht lassen. Die Grubenbaue zu Joachimsthal in Böhmen haben fast 2000 Fuß absoluter Tiefe erreicht, und gelangen doch nur zu einer Gesteinschicht, die drittehalb-hundert Fuß über dem Meerespiegel liegt.¹⁰ Ganz andere und günstigere Verhältnisse bieten die Luftfahrten dar. Gay=Lussac hat sich bis zu 21600 Fuß Höhe über Paris erhoben; also ist die größte relative Tiefe, welche man in Europa mit Bohrlöchern erreicht hat, kaum $\frac{1}{11}$ jener Höhe. Meine eigenen Gebirgs=Beobachtungen zwischen den Jahren 1799 und 1806 haben mir die Abnahme der Erdkraft mit der Höhe im ganzen wahrscheinlich gemacht, wenn gleich (aus den oben angeführten Störungs=Ursachen) mehrere Resultate dieser vermutheten Abnahme widersprechen. Ich habe Einzelheiten aus meinen 125 Intensitäts=Messungen in der Andeskette, den schweizer Alpen, Italien und Deutschland ausgewählt und in einer Note¹¹ zusammengestellt. Die Beobachtungen gehen von der Meeresfläche bis zu einer Höhe von 14960 Fuß, bis zur Grenze des ewigen Schnees; aber die größten Höhen haben mir nicht die sichersten Resultate gegeben. Am befriedigendsten sind gewesen der steile Abfall der Silla de Caracas, 8105 Fuß, nach der ganz nahen Küste von La Guayra; das, gleichsam über der Stadt Bogota schwebende Santuario de N^{ra} Sr^a de Guadalupe, auf einem Absatz gegründet an steiler Felswand

von Kalkstein, mit einem Höhen-Unterschied von fast 2000 Fuß; der Vulkan von Purace, 8200 Fuß hoch über der Plaza mayor der Stadt Popayan. Kupfer im Kaukasus¹², Forbes in vielen Theilen von Europa, Laugier und Mauvais auf dem Canigou, Bravais und Martins auf dem Faulhorn und bei ihrem kühnen Aufenthalte ganz nahe dem Gipfel des Montblanc haben allerdings die mit der Höhe abnehmende Intensität des Magnetismus bemerkt; ja die Abnahme schien nach der allgemeinen Discussion von Bravais sogar schneller in den Pyrenäen als in der Alpenkette.¹³

Duetelet's ganz entgegengesetzte Resultate auf einer Reise von Genf nach dem Col de Balme und dem Großen Bernhard machen, zu einer endlichen und entscheidenden Beantwortung einer so wichtigen Frage, es doppelt wünschenswerth, daß man sich von der Erdoberfläche gänzlich entferne und von dem einzigen sicheren, schon im Jahre 1804 von Gay-Lussac, erst gemeinschaftlich mit Biot (24 August) und dann allein (16 September), angewandten Mittel des Aërostats, in einer Reihe auf einander folgender Versuche, Gebrauch mache. Oscillationen, in Höhen von mehr als 18000 Fuß gemessen, können uns jedoch über die in der freien Atmosphäre fortgepflanzte Erdkraft nur dann mit Sicherheit belehren, wenn vor und nach der Luftfahrt die Temperatur-Correction in den angewandten Nadeln auf das genaueste ermittelt wird. Die Vernachlässigung einer solchen Correction hatte aus den Versuchen Gay-Lussac's das irrige Resultat ziehen lassen, daß die Erdkraft bis 21600 Fuß Höhe dieselbe bliebe:¹⁴ während umgekehrt der Versuch eine Abnahme der Kraft erwies, wegen Verkürzung der oscillirenden Nadel in der oberen kalten Region.¹⁵ Auch ist Faraday's glänzende Entdeckung der paramagnetischen Kraft des Drygens

bei dem Gegenstande, welcher uns hier beschäftigt, keinesweges außer Acht zu lassen. Der große Physiker macht selbst darauf aufmerksam, daß in den hohen Schichten der Atmosphäre die Abnahme der Intensität gar nicht bloß in der Entfernung von der Urquelle der Kraft (dem festen Erdkörper) zu suchen sei; sondern daß sie eben so gut von dem so überaus verdünnten Zustande der Luft herrühren könne, da die Quantität des Oxygens in einem Cubikfuß atmosphärischer Luft oben und unten verschieden sei. Mir scheint es indeß, daß man zu nicht mehr berechtigt sei als zu der Annahme: daß die mit der Höhe und Luftverdünnung abnehmende paramagnetische Eigenschaft des sauerstoffhaltigen Theils der Atmosphäre für eine mitwirkend modificirende Ursach angesehen werden müsse. Veränderungen der Temperatur und der Dichtigkeit durch aufsteigende Luftströme verändern dann wiederum selbst das Maaf dieser Mitwirkung.¹⁶ Solche Störungen nehmen einen variablen und recht eigentlich lokalen Charakter an, wirken im Luftkreise wie die Gebirgsarten auf der Oberfläche der Erde. Mit jedem Fortschritt, dessen wir uns in der Analyse der gasartigen Umhüllung unseres Planeten und ihrer physischen Eigenschaften zu erfreuen haben, lernen wir gleichzeitig neue Gefahren in dem wechselnden Zusammenwirken der Kräfte kennen: Gefahren, die zu größerer Vorsicht in den Schlußfolgen mahnen.

Die Intensität der Erdkraft, an bestimmten Punkten der Oberfläche unsres Planeten gemessen, hat, wie alle Erscheinungen des tellurischen Magnetismus, ihre stündlichen und auch ihre secularen Variationen. Die ersteren wurden auf Parry's dritter Reise von diesem verdienstvollen Seefahrer und vom Lieutenant Foster (1825) in Port Bowen deutlich erkannt. Die Zunahme der Intensität vom Morgen zum Abend ist in

den mittleren Breiten ein Gegenstand der sorgfältigsten Untersuchungen gewesen von Christie¹⁷, Arago, Hansteen, Gauß und Kupffer. Da horizontale Schwingungen trotz der jetzigen großen Vollkommenheit der Neigungs-Nadeln den Schwingungen dieser vorzuziehen sind, so ist die stündliche Variation der totalen Intensität nicht ohne die genaueste Kenntniß von der stündlichen Variation der Neigung zu erhalten. Die Errichtung von magnetischen Stationen in der nördlichen und südlichen Hemisphäre hat den großen Vortheil gewährt die allerzahlreichsten und zugleich auch die allerstärksten Resultate zu liefern. Es genügt hier zwei Erdpunkte¹⁸ auszuwählen, „die, beide außerhalb der Tropen, diesseits und jenseits des Aequators fast in gleicher Breite liegen: Toronto in Canada + 43° 39', Hobarton auf Van Diemen — 42° 53'; bei einem Längen-Unterschiede von ohngefähr 15 Stunden. Die gleichzeitigen stündlichen Beobachtungen des Magnetismus gehören in Einer Station den Wintermonaten an, wenn sie in der anderen in die Sommermonate fallen. Was in der einen am Tage gemessen wird, gehört in der anderen meist der Nacht zu. Die Abweichung ist in Toronto westlich 1° 33', in Hobarton östlich 9° 57'; Inclination und Intensität sind einander ähnlich; erstere in Toronto gegen Norden (75° 15'), in Hobarton gegen Süden (70° 34') geneigt; letztere (die ganze Erdkraft) ist in Toronto in absoluter Scale 13,90; in Hobarton 13,56. Unter diesen zwei so wohl ausgewählten Stationen zeigt¹⁹ nach Sabine's Untersuchung die in Canada für die Intensität vier, die auf Van Diemen nur zwei Wendepunkte. In Toronto hat nämlich die Variation der Intensität ein Haupt-Maximum um 6 Uhr und ein Haupt-Minimum um 14 Uhr; ein schwächeres, secundäres Maximum um 20 Uhr, ein schwächeres, secundäres Minimum um 22 Uhr.

Dagegen befolgt der Gang der Intensität in Hobarton die einfache Progression von einem Maximum zwischen 5 und 6 Uhr zu einem Minimum zwischen 20 und 21 Uhr, wenn gleich die Inclination dort wie in Toronto ebenfalls 4 Wendepunkte hat.²⁰ Durch die Vergleichung der Inclinations-Variationen mit denen der horizontalen Kraft ist ergründet worden, daß in Canada in den Wintermonaten, wenn die Sonne in den südlichen Zeichen steht, die ganze Erdkraft stärker ist als in den Sommermonaten derselben Hemisphäre; eben so ist auf Van Diemen's Land die Intensität (d. h. die ganze Erdkraft) stärker als der mittlere Jahreswerth vom October bis Februar im Sommer der südlichen Hemisphäre, schwächer vom April zum August. Nicht Unterschiede der Temperatur, sondern der geringere Abstand des magnetischen Sonnenkörpers von der Erde bewirken nach Sabine²¹ diese Verstärkung des tellurischen Magnetismus. In Hobarton ist die Intensität im dortigen Sommer in absoluter Scale 13,574; im dortigen Winter 13,543. Die seculare Veränderung der Intensität ist bis jetzt nur auf eine kleine Zahl von Beobachtungen gegründet. In Toronto scheint sie von 1845 bis 1849 einige Abnahme erlitten zu haben. Die Vergleichung meiner Beobachtungen mit denen von Rudberg in den Jahren 1806 und 1832 giebt für Berlin dasselbe Resultat.²²

Inclination.

Die Kenntniß der isoklinischen Curven (Linien gleicher Inclination), wie die der sie bestimmenden, schnelleren oder langsameren, Zunahme der Inclination von dem magnetischen Aequator an, wo die Inclination = 0 ist, bis zu dem nördlichen und südlichen Magnetpole, wo die horizontale Kraft

verschwindet, hat besonders in der neueren Zeit an Wichtigkeit noch dadurch gewonnen, daß das Element der totalen magnetischen Erdkraft aus der mit überwiegender Schärfe zu messenden horizontalen Intensität nicht ohne eine genaue Kunde der Inclination abgeleitet werden kann. Die Kunde von der geographischen Lage des einen und des anderen Magnetpols verdankt man den Beobachtungen und der wissenschaftlichen Thätigkeit eines und desselben kühnen Seefahrers, Sir James Ross: im Norden während der zweiten Expedition²³ seines Onkels Sir John Ross (1829—1833), im Süden während der von ihm selbst befehligten antarctischen Expedition (1839—1843). Der nördliche Magnetpol (Br. + 70° 5', Lg. 99° 5' W.) ist fünf Breitengrade entfernter von dem Rotations-Pol der Erde als der südliche (Br. — 75° 5', Lg. 151° 48' O.); auch hat der südliche Magnetpol 109° mehr westliche Länge vom Meridian von Paris als der nördliche Magnetpol. Letzterer gehört der großen, dem amerikanischen Continent sehr genäherten Insel Boothia Felix, einem Theile des von Cap. Parry früher North Somerset genannten Landes, an. Er liegt wenig ab von der westlichen Küste von Boothia Felix, unfern des Vorgebirges Adelaide, das in King William's Sea und Victoria Street vortritt.²⁴ Den südlichen Magnetpol hat man nicht unmittelbar, wie den nördlichen, erreichen können. Am 17 Febr. 1841 war der Erebus bis Br. — 76° 12' und Lg. 161° 40' Ost gelangt; die Inclination war aber erst 88° 40': man glaubte sich also noch an 160 englische Seemeilen von dem südlichen Magnetpole entfernt.²⁵ Viele und genaue Declinations-Beobachtungen (die Intersection der magnetischen Meridiane bestimmend) machen es sehr wahrscheinlich, daß der Süd-Magnetpol im Inneren des großen antarctischen Polarlandes South Victoria Land gelegen

ist; westlich von den Prince Albert Mountains, die sich dem Südpol nähern und an den, über 11600 Fuß hohen, brennenden Vulkan Erebus anschließen.

Der Lage und Gestalt-Veränderung des magnetischen Aequators: der Linie, auf welcher die Neigung null ist, wurde schon im Naturgemälde (Kosmos Bd. I. S. 190 bis 192 und 431) ausführlich gedacht. Die früheste Bestimmung des afrikanischen Knotens (der Durchkreuzung des geographischen und magnetischen Aequators) geschah von Sabine²⁶ in dem Anfang seiner Pendel-Expedition 1822; später (1840) hat derselbe Gelehrte, die Beobachtungen von Duperrey, Allen, Dunlop und Sullivan zusammenstellend, eine Karte des magnetischen Aequators²⁷ von der afrikanischen Westküste von Biafra an (Br. + 4°, Lg. 7° 10' östl.), durch das atlantische Meer und Brasilien (Br. — 16°, zwischen Porto Seguro und Rio Grande) bis zu dem Punkte entworfen, wo ich, der Südsee nahe, auf den Cordilleren die nördliche Neigung habe in eine südliche übergehen sehen. Der afrikanische Knoten, als Durchschnittspunkt beider Aequatoren, lag 1837 in 0° 40' östlicher Länge; 1825 war er gelegen in 4° 35' D. Die seculare Bewegung des Knotens, sich entfernend von der 7000 Fuß hohen basaltischen Insel St. Thomas, war also etwas weniger als ein halber Grad im Jahre gegen Westen: wodurch dann an der afrikanischen Küste die Linie ohne Neigung sich gegen Norden wendete, während sie an der brasilianischen Küste gegen Süden herabsank. Der convexe Scheitel der magnetischen Aequatorial-Curve bleibt gegen den Südpol gerichtet, und entfernt sich im atlantischen Ocean im Maximum 16° vom geographischen Aequator. Im Inneren von Südamerika, in der Terra incognita von Matto Grosso, zwischen

den großen Flüssen Tingu, Madera und Ucayale, fehlen alle Inclinations-Beobachtungen, bis zu der Andeskette. Auf dieser, 17 geographische Meilen östlich von der Küste der Südsee, zwischen Montan, Micuipampa und Caramarca, habe ich die Lage des gegen NW ansteigenden magnetischen Aequators astronomisch bestimmt²⁸ (Br. — $7^{\circ} 2'$, Lg. $81^{\circ} 8' W.$).

Die vollständigste Arbeit, welche wir über die Lage des magnetischen Aequators besitzen, ist die von meinem vieljährigen Freunde Duperrey für die Jahre 1823—1825. Er hat auf seinen Weltumsehlungen sechsmal den Aequator durchschnitten, und fast in einer Länge von 220° denselben nach eigenen²⁹ Beobachtungen darstellen können. Die zwei Knoten liegen nach Duperrey's Karte des magnetischen Aequators: der eine in Lg. $3^{\circ} \frac{1}{2}$ D. (in dem atlantischen Ocean), der andere in Lg. 175° D. (in der Südsee, zwischen den Meridianen der Viti- und Gilbert-Inseln). Wenn der magnetische Aequator, wahrscheinlich zwischen Punta de la Aguja und Payta, die Westküste des südamerikanischen Continents verlassen hat, so nähert er sich in Westen immer mehr dem geographischen Aequator, so daß er im Meridian der Inselgruppe von Mendaña nur noch um 2° von diesem entfernt³⁰ ist. Auch um 10° westlicher, in dem Meridian, welcher durch den westlichsten Theil der Paumotu-Inseln (Low Archipelago) geht, in Lg. $151^{\circ} \frac{1}{2}$, fand Cap. Wilkes 1840 die Breiten-Entfernung vom geographischen Aequator ebenfalls noch zwei volle Grade.³¹ Die Intersection (der Knoten in der Südsee) liegt nicht um 180° von dem atlantischen Knoten entfernt, nicht in $176^{\circ} \frac{1}{2}$ westlicher Länge; sondern erst in dem Meridian der Viti-Gruppe, ohngefähr in Lg. 175° Ost, d. i. 185° West. Wenn man also von der Westküste Afrika's durch

Südamerika gegen Westen fortschreitet, so findet man in dieser Richtung die Entfernung der Knoten von einander um $8^{\circ} \frac{1}{2}$ zu groß; — ein Beweis, daß die Curve, mit der wir uns hier beschäftigen, kein größter Kreis ist.

Nach den vortrefflichen und vielumfassenden Bestimmungen des Cap. Elliot (1846—1849), welche zwischen den Meridianen von Batavia und Ceylon mit denen von Jules de Blossville (*Kosmos* Bd. IV. S. 64) merkwürdig übereinstimmen, geht der magnetische Aequator durch die Nordspitze von Borneo, und fast genau von Osten nach Westen in die Nordspitze von Ceylon (Br. $+ 9^{\circ} \frac{3}{4}$). Die Curve vom Minimum der Totalkraft läuft diesem Theile des magnetischen Aequators fast parallel.³² Letzterer tritt in den westafrikanischen Continent südlich vom Vorgebirge Gardafui ein. Dieser wichtige Punkt des Eintretens ist durch Rochet d'Héricourt auf seiner zweiten abyssinischen Expedition (1842—1845) und durch die scharfsinnige Discussion³³ der magnetischen Beobachtungen dieses Reisenden mit besonderer Genauigkeit bestimmt worden. Er liegt südlich von Gaubade, zwischen Angolola und Angobar, der Hauptstadt des Königreichs Schoa, in Br. $+ 10^{\circ} 7'$ und Lg. $38^{\circ} 51' \text{ D.}$ Der Verlauf des magnetischen Aequators im Inneren von Afrika, von Angobar bis zum Busen von Biafra, ist eben so unerforscht als der im Inneren von Südamerika östlich von der Andeskette und südlich von dem geographischen Aequator. Beide Continental-Räume sind sich von O nach W ohngefähr an Größe gleich, zusammen von 80 Längengraden: so daß fast $\frac{1}{4}$ des Erdkreises aller magnetischen Beobachtung bis jetzt entzogen ist. Meine eigenen Inclinations- und Intensitäts-Beobachtungen im ganzen Inneren von Südamerika (von Cumana bis zum Rio Negro, wie von

Cartagena de Indias bis Quito) haben nur die tropische Zone nördlich vom geographischen Aequator, und von Quito an bis Lima in der südlichen Hemisphäre nur die dem westlichen Littoral nahe Gegend umfaßt.

Die Translation des afrikanischen Knotens gegen Westen von 1825 bis 1837, die wir schon oben bezeichnet haben, wird bekräftigt an der Ostküste von Afrika durch Vergleichung der Inclinations-Beobachtungen von Panton im Jahr 1776 mit denen von Rochet d'Héricourt. Dieser fand den magnetischen Aequator viel näher der Meerenge von Bab-el-Mandeb, nämlich 1° südlich von der Insel Socotora, in $8^{\circ} 40'$ nördl. Breite. Es war also in der Breite allein eine Veränderung von $1^{\circ} 27'$ für 49 Jahre; dagegen war die Veränderung in der Länge von Arago und Duperrey in derselben Zeit als Bewegung der Knoten von Osten gegen Westen auf 10° angeschlagen worden. Die Säcular-Variation der Knoten des magnetischen Aequators ist an der östlichen Küste von Afrika gegen das indische Meer hin der Richtung nach ganz wie an der westlichen gewesen. Die Quantität der Bewegung aber erheischt noch genauere Resultate.

Die Periodicität der Veränderungen in der magnetischen Inclination, deren Existenz schon früher bemerkt worden war, ist mit Bestimmtheit und in ihrem ganzen Umfange erst seit ohngefähr 12 Jahren, seit Errichtung der britischen magnetischen Stationen in beiden Hemisphären, festgestellt worden. Arago, dem die Lehre vom Magnetismus so viel verbankt, hatte allerdings schon im Herbst 1827 erkannt: „daß die Neigung größer ist Morgens um 9 Uhr als den Abend um 6 Uhr; während die Intensität der Magnetkraft, gemessen durch die Schwingungen einer horizontalen Nadel, ihr

Minimum in der ersten und ihr Maximum in der zweiten Epoche erreicht.“³⁴ In den britischen magnetischen Stationen sind dieser Gegensatz und der periodische Gang der stündlichen Neigungs-Veränderung durch mehrere tausend regelmäßig fortgeführte Beobachtungen und ihre mühevollen Discussion seit 1840 fest begründet worden. Es ist hier der Ort die erhaltenen Thatsachen, Fundamente einer allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus, neben einander zu stellen. Vorher muß aber bemerkt werden, daß, wenn man die räumlich zu erkennenden periodischen Schwankungen der drei Elemente des tellurischen Magnetismus im ganzen betrachtet, man mit Sabine in den Wendestunden, in denen die Maxima oder Minima eintreten, (turning hours) zu unterscheiden hat zwischen zwei größeren und darum wichtigen Extremen und anderen, gleichsam dazwischen eingeschalteten, meistens nicht minder regelmäßigen, kleinen Schwankungen. Die wiederkehrenden Bewegungen der Inclinations- und Declinations-Nadel, wie die Veränderung in der Intensität der Totalkraft bieten daher: Haupt- und secundäre Maxima oder Minima, meist beide Arten zugleich: also eine doppelte Progression, mit 4 Wendestunden (der gewöhnliche Fall); und eine einfache Progression, mit 2 Wendestunden, d. h. mit einem einzigen Maximum und einem einzigen Minimum. Letzteres z. B. ist der Gang der Intensität (total force) in Van Diemen's Land, neben einer doppelten Progression der Inclination: während an einem Orte der nördlichen Hemisphäre, welcher der Lage von Hobarton genau entspricht, zu Toronto in Canada, beide Elemente, Intensität und Inclination, eine doppelte Progression befolgen.³⁵ Auch am Vorgebirge der guten Hoffnung giebt es nur Ein Maximum und Ein Minimum

der Inclination. Die stündlichen periodischen Variationen der magnetischen Neigung sind:

I. Nördliche Hemisphäre:

Greenwich: Mar. 21", Min. 3" (Miry Observ. in 1845 p. 21, in 1846 p. 113, in 1847 p. 247); Incl. im zuletzt genannten Jahre um 21" im Mittel $68^{\circ} 59\frac{1}{3}$, um 3" aber $68^{\circ} 58\frac{1}{6}$. In der monatlichen Variation fällt das Max. in April—Juni, das Min. in Oct.—Dec.

Paris: Mar. 21", Min. 6". Die Einfachheit der Progression von Paris und Greenwich wiederholt sich am Vorgebirge der guten Hoffnung.

Petersburg: Mar. 20", Min. 10"; Variation der Incl. wie in Paris, Greenwich und Peking: in kalten Monaten geringer; Mar. fester an die Stunde gebunden als Min.

Toronto (Canada): Haupt-Mar. 22", Haupt-Min. 4", secund. Mar. 10", secund. Min. 18" (Sabine Tor. 1840—1842 Vol. I. p. LXI).

II. Südliche Hemisphäre:

Hobarton (Insel Van Diemen): Haupt-Min. 18", Haupt-Mar. $23^{\circ} \frac{1}{2}$; secund. Min. 5", secund. Mar. 10" (Sabine Hob. Vol. I. p. LXVII). Die Inclination ist größer im Sommer, wenn die Sonne in den südlichen Zeichen steht: $70^{\circ} 36',74$; kleiner im Winter, wenn die Sonne in den nördlichen Zeichen verweilt: $70^{\circ} 34',66$; sechsjähriges Mittel des ganzen Jahres: $70^{\circ} 36',01$ (Sabine Hob. Vol. II. p. XLIV). Eben so ist zu Hobarton die Intensität der Totalkraft größer von Oct. zu Febr. als von April zu August (p. XLVI).

Vorgebirge der guten Hoffnung: einfache Progression Min. $0^{\circ} 34'$, Mar. $8^{\circ} 34'$; mit überaus kleiner Zwischenschwankung zwischen 19° und 21° (Sabine Cape Obs. 1841—1850 p. LIII).

Die hier angegebenen Erscheinungen der Wechselstunden des Maximums der Inclinationen, in der Zeit des Orts ausgebrückt, stimmen unter sich in der nördlichen Hemisphäre zu Toronto, Paris, Greenwich und Petersburg merkwürdig zwischen

20 und 22 Uhr (Morgens) überein; auch die Minima der Wechselstunden fallen, wenn gleich minder genähert (4, 6 und 10 Uhr), doch alle auf den Nachmittag oder Abend. Um so auffallender ist es, daß in den 5 Jahren sehr genauer Beobachtungen von Greenwich ein Jahr (1845) die Epochen der Max. und Min. entgegengesetzt eintraten. Das Jahresmittel der Neigung war um 21° : $68^{\circ} 56',8$ und um 3° : $68^{\circ} 58',1$.

Wenn man die der geographischen Lage nach diesseits und jenseits des Aequators sich entsprechenden Stationen Toronto und Hobarton vergleicht, so bemerkt man für Hobarton große Verschiedenheit in der Wendestunde des Haupt-Min. der Inclination (4 Uhr Nachmittags und 6 Uhr Morgens), aber keinesweges in der Wendestunde des Haupt-Mar. (22° und $23^{\circ} \frac{1}{2}$). Auch die Stunde (18°) des Haupt-Min. von Hobarton findet sich wieder in der Stunde des secundären Min. von Toronto. Die Maxima bleiben an beiden Orten an dieselben Stunden (22° — $23^{\circ} \frac{1}{2}$ und 10°) in Haupt- und secundären Mar. gebunden. Die vier Wendestunden der Inclination finden sich demnach fast genau wieder (4 oder 5, 10, 18 und 22 oder $23 \frac{1}{2}$) in Toronto wie in Hobarton, nur in anderer Bedeutung. Diese complicirte Wirkung innerer tellurischer Kräfte ist sehr beachtenswerth. Vergleicht man dagegen Hobarton und Toronto in Hinsicht auf die Folge der Wendestunden der Intensitäts- und Inclinations-Veränderungen, so ergibt sich: daß am ersteren Orte, in der südlichen Hemisphäre, das Min. der Total-Intensität dem Haupt-Min. der Inclination nur um 2 Stunden nachfolgt, während die Verspätung im Mar. 6 Stunden beträgt; daß aber in der nördlichen Hemisphäre, zu Toronto, das Min. der Intensität dem Haupt-Mar. der

Inclination um 8 Stunden vorausgeht, während das Max. der Intensität nur um 2 Stunden von dem Min. der Inclination verschieden ist.³⁶

Die Periodicität der Inclination am Vorgebirge der guten Hoffnung stimmt weder mit Hobarton, das in derselben Hemisphäre liegt, noch mit einem Punkte der nördlichen Hemisphäre überein. Das Minimum der Inclination tritt sogar zu einer Stunde ein, in welcher die Nadel in Hobarton fast das Maximum erreicht.

Zur Bestimmung der secularen Variation der Inclination gehört eine sich gleich bleibende Genauigkeit der Beobachtung in einer langen Zwischenzeit. Bis zu Cook's Weltumseglung ist z. B. nicht mit Gewissheit hinaufzusteigen, da, wenn gleich auf der dritten Reise die Pole immer umgekehrt wurden, zwischen dem großen Seefahrer und Bayley in der Südsee oft Unterschiede von 40 bis 54 Minuten bemerkt werden: was wahrscheinlich der damals so unvollkommenen Construction der Nadel und dem Mangel ihrer freien Bewegung zuzuschreiben ist. Für London geht man ungern über Sabine's Beobachtung vom Aug. 1821 hinaus: die, verglichen mit der vortrefflichen Bestimmung von James Ross, Sabine und For im Mai 1838, eine jährliche Abnahme von 2',73 ergab: während Lloyd mit eben so genauen Instrumenten, aber in kürzerer Zwischenzeit sehr übereinstimmend 2',38 in Dublin gefunden hatte.³⁷ In Paris, wo ebenfalls die jährliche Verminderung der Inclination sich im Abnehmen befindet, ist die Verminderung größer als in London. Die von Coulomb angegebenen, sehr scharfsinnigen Methoden die Neigung zu bestimmen hatten dort freilich den Erfinder zu irrigen Resultaten geführt. Die erste Beobachtung, welche mit einem vollkommenen Instrumente von

Le Noir auf dem Observatorium zu Paris angestellt wurde, ist von 1798. Ich fand damals nach mehrmaliger Wiederholung gemeinschaftlich mit dem Chevalier Borda $69^{\circ} 51',0$; im Jahr 1810 mit Arago $68^{\circ} 50',2$; im Jahr 1826 mit Mathieu $67^{\circ} 56',7$. Im Jahre 1841 fand Arago $67^{\circ} 9',0$; im Jahr 1851 fanden Laugier und Mauvais $66^{\circ} 35'$: immer nach gleicher Methode und mit gleichen Instrumenten. Die ganze Periode, größer als ein halbes Jahrhundert (1798—1851), giebt eine mittlere jährliche Verminderung der Inclination zu Paris von $3',69$. Die Zwischen-Epochen sind gewesen:

von 1798—1810	zu $5',08$
1810—1826	$3,37$
1826—1841	$3,13$
1841—1851	$3,40$.

Die Abnahme hat sich zwischen 1810 und 1826 auffallend verlangsamt, doch nur allmählig; denn eine Beobachtung von Gay-Lussac, die er 1806 bei seiner Rückreise von Berlin, wohin er mich nach unserer italienischen Reise begleitet hatte, mit vieler Genauigkeit anstellte ($69^{\circ} 12'$), gab noch seit 1798 eine jährliche Verminderung von $4',87$. Je näher der Knoten des magnetischen Aequators in seiner secularen Bewegung von D nach W dem Meridian von Paris kommt, desto mehr scheint sich die Abnahme zu verlangsamen: in einem halben Jahrhundert von $5',08$ bis $3',40$. Ich habe kurz vor meiner sibirischen Expedition (April 1829) in einer der Berliner Akademie vorgelegten Abhandlung³³ vergleichend die Punkte zusammengestellt, an denen ich selbst, wie ich glauben darf, immer mit gleicher Sorgfalt, beobachtet habe. Sabine hat volle 25 Jahre nach mir Inclination und Intensität in der Havana gemessen, was für diese Tropengegend schon eine beträchtliche

Zwischenzeit darbietet, und die Variation von zwei wichtigen Elementen bestimmt. In einer ausgezeichneten, mehr umfassenden Arbeit als die meinige hat Hansteen (1831) die jährliche Variation der Neigung in beiden Hemisphären³⁹ untersucht.

Während die Beobachtungen von Sir Eduard Belcher im J. 1838, mit den meinigen vom J. 1803 verglichen (s. oben S. 72), längs der Westküste von Amerika zwischen Lima, Guayaquil und Acapulco beträchtliche Veränderungen der Inclination andeuten (je länger die Zwischenzeit ist, desto größeren Werth haben die Resultate); ist an anderen Punkten der Südsee die seculare Veränderung der Neigung von der auffallendsten Langsamkeit gewesen. In Otaheiti fand 1773 Bayley $29^{\circ} 43'$, Fitzroy 1835 noch $30^{\circ} 14'$, Cap. Belcher 1840 wieder $30^{\circ} 17'$; also war in 67 Jahren die mittlere jährliche Veränderung⁴⁰ kaum $0',51$. Auch im nördlichen Asien hat ein sehr sorgfältiger Beobachter, Herr Sawelieff, (22 Jahre nach meinem Aufenthalte in jenen Gegenden) auf einer Reise, die er von Casan nach den Ufern des caspischen Meeres machte, die Inclination, nördlich und südlich vom Parallel von 50° , sehr ungleich verändert gefunden⁴¹:

	Humboldt 1829	Sawelieff 1851
Casan . . .	$68^{\circ} 26',7$	$68^{\circ} 30',8$
Saratow . .	$64 40,9$	$64 48,7$
Sarepta . .	$62 15,9$	$62 39,6$
Astrachan .	$59 58,3$	$60 27,9$.

Für das Vorgebirge der guten Hoffnung besitzt man jetzt eine lange und, wenn man nicht weiter als von Sir James Ross und du Petit Thouars (1840) bis Vancouver (1791)

aufsteigt, eine sehr befriedigende, fast 50jährige Reihe von Inclinations-Beobachtungen.⁴²

Die Lösung der Frage, ob die Erhöhung des Bodens als solche einen mit Sicherheit bemerkbaren Einfluß auf magnetische Neigung und Intensität⁴³ ausübt, ist während meiner Gebirgsreisen in der Andeskette, im Ural und Altai für mich ein Gegenstand sorgfältiger Prüfung gewesen. Ich habe schon in dem Abschnitt von der Intensität bemerkt, wie leider nur so wenige Localitäten über diese Frage einige Gewißheit verbreiten können: weil die Entfernung der zu vergleichenden Punkte von einander gering genug sein muß, um den Verdacht zu entfernen, der gefundene Unterschied der Inclination sei nicht Folge der Boden-Erhebung, sondern Folge der Krümmung in den isodynamischen und isoklinischen Curven, oder einer großen Heterogenität der Gebirgsart. Ich werde mich auf die Angabe von 4 Hauptresultaten beschränken, von denen ich bereits an Ort und Stelle glaubte, daß sie mit mehr Entschiedenheit, als die Intensitäts-Beobachtungen darbieten, den verminderten Einfluß der Höhe des Standorts auf die Neigung der Nadel kenntlich machen:

Die Silla de Caracas, welche sich über die Meeresküste von La Guayra 8100 Fuß fast senkrecht erhebt, in großer Nähe südlich von der Küste, nördlich von der Stadt Caracas: Incl. 41°,90; La Guayra: Höhe 10 F., Incl. 42°,20; Stadt Caracas: Höhe am Ufer des Río Guayre 2484 F., Incl. 42°,95. (Humboldt, Voy. aux Rég. équinox. T. I. p. 612.)

Santa Fé de Bogota: Höhe 8196 F., Incl. 27°,15; Capelle de Nuestra Señora de Guadalupe, über der Stadt an einer Felswand hangend: Höhe 10128 F., Incl. 26°,80.

Popayan: Höhe 5466 F., Incl. 23°,25; Gebirgsdorf Purace am Abhange des Vulkans: Höhe 8136 F., Incl. 21°,80; Gipfel des Vulkans von Purace: Höhe 13650 F., Incl. 20°,30.

Quito: Höhe 8952 F., Incl. $14^{\circ}35'$; San Antonio de Lulumbamba, wo der geographische Aequator das heiße Thal durchschneidet: Höhe des Thalbodens 7650 F., Incl. $16^{\circ}02'$. — Alle vorgenannte Inclinationen sind in Centesimal-Graden angegeben.

Ich möchte aus meinen Beobachtungen nicht auch das Gott-hard-Hospiz (6650 F.): Incl. $66^{\circ}12'$; verglichen mit Nivolo (3502 F.): Incl. $66^{\circ}54'$, und Altorf: Incl. $66^{\circ}55'$, anführen; nicht die scheinbar widersprechenden: Lans le Bourg Incl. $66^{\circ}9'$, das Hospiz des Mont Genis (6358 F.) Incl. $66^{\circ}22'$ und Turin (707 F.) Incl. $66^{\circ}3'$; oder Neapel, Portici und den Kraterrand des Vesuv; oder in Böhmen den Gipfel des Großen Milischauer (Phonolith!) Incl. $67^{\circ}53'5''$, Tepliz Incl. $67^{\circ}19'5''$ und Prag Incl. $66^{\circ}47'6''$: wegen der Größe der relativen Entfernungen und des Einflusses der nahen Gebirgsarten.⁴⁴ Gleichzeitig mit der Reihe vortrefflicher und im größten Detail publicirter Beobachtungen der horizontalen Intensität, welche 1844 Bravais in Begleitung von Martins und Lepileur vergleichend auf 35 Stationen, unter denen die Gipfel des Montblanc (14809 F.), des Großen Bernhards (7848 F.) und des Faulhorns (8175 F.) waren, angestellt hat; machten dieselben Physiker auch auf dem Grand Plateau des Montblanc (12097 F.) und in Chamoniix (3201 F.) Inclinations-Versuche. Wenn die Vergleichung dieser Resultate einen vermindern den Einfluß der Erhebung des Bodens auf die magnetische Neigung anzeigte, so gaben Beobachtungen vom Faulhorn und von Brienz (1754 F.) dagegen eine mit der Höhe zunehmende Inclination. Beide Classen der Untersuchung, für horizontale Intensität und Inclination, führten zu keiner befriedigenden Lösung der Probleme. (Bravais, sur l'intensité du Magnétisme terrestre en France, en

Suisse et en Savoie in den Annales de Chimie et de Physique 3^{me} Série T. 18. 1846 p. 225.) In einem Manuscript von Borda über seine Expedition nach den canarischen Inseln im Jahr 1776, welches in Paris im Dépôt de la Marine aufbewahrt wird und dessen Mittheilung ich dem Admiral Rosily verdanke, habe ich den Beweis aufgefunden, daß Borda den ersten Versuch gemacht den Einfluß einer großen Höhe auf die Inclination zu untersuchen. Er hat auf dem Gipfel des Pico von Teneriffa die Inclination um $1^{\circ} 15'$ größer als im Hafen von Santa Cruz gefunden: gewiß eine Folge localer Attractionen der Lavas, wie ich sie so oft am Vesuv und an amerikanischen Vulkanen beobachtet habe. (Humboldt, Voy. aux Régions équinox. T. I. p. 116, 277 und 288.)

Um zu prüfen, ob wohl, wie die Höhen, so auch die tiefen, inneren Räume des Erbkörpers auf die Inclination wirken, habe ich bei einem Aufenthalte in Freiberg im Juli 1828 mit aller Sorgfalt, deren ich fähig bin, und mit jedesmaliger Umkehrung der Pole einen Versuch in einem Bergwerke angestellt, in welchem nach genauer Prüfung das Gestein, der Gneis, keine Wirkung auf die Magnetnadel äußerte. Die Saigerteuse unter der Oberfläche war 802 Fuß, und der Unterschied zwischen der unterirdischen Inclination und der an einem Punkte, welcher genau „am Tage“ darüber lag, freilich nur $2',06$; aber bei der Umsicht, mit der ich verfuhr, lassen mich die in der Note ¹⁵ angeführten Resultate jeder einzelnen Nadel doch glauben, daß in der Grube (dem Churprinz) die Inclination größer ist als auf der Oberfläche des Gebirges. Möchte sich doch Gelegenheit finden, da, wo man die Ueberzeugung erhalten kann, daß das Queergestein örtlich unwirksam

ist, meinen Versuch mit Sorgfalt in Bergwerken zu wiederholen, welche wie die Valenciana bei Guanaruato (Mexico) 1582 F., wie englische Kohlengruben über 1800 F., und der jetzt verschüttete Gfelsechacht⁴⁶ bei Kuttenberg in Böhmen 3545 F. senkrechte Tiefe haben!

Nach einem starken Erdbeben in Cumana am 4 November 1799 fand ich die Inclination um 90 Centesimal=Minuten (fast einen vollen Grad) verringert. Die Umstände, unter denen ich dieses Resultat erhielt und die ich an einem anderen Orte⁴⁷ genau entwickelt habe, bieten keinen befriedigenden Grund zu der Annahme eines Irrthums dar. Kurz nach meiner Landung in Cumana hatte ich die Inclination $43^{\circ},53$ (Centes.) gefunden. Der Zufall, wenige Tage vor dem Erdbeben in einem sonst schätzbaren spanischen Werke, Mendoza's *Tratado de Navegacion* T. II. p. 72, die irrige Meinung ausgesprochen zu finden, daß die stündlichen und monatlichen Veränderungen der Inclination stärker als die der Abweichung wären, hatte mich veranlaßt eine lange Reihe sorgfältiger Beobachtungen im Hafen von Cumana anzustellen. Die Inclination fand sich am 1—2 Nov. in großer Stetigkeit im Mittel $43^{\circ},65$. Das Instrument blieb unberührt und gehörig nivellirt an demselben Orte stehen. Am 7 Nov., also 3 Tage nach den starken Erdstößen, nachdem das Instrument von neuem nivellirt war, gab es $42^{\circ},75$. Die Intensität der Kraft, durch senkrechte Schwingungen gemessen, war nicht verändert. Ich hoffte, daß die Inclination vielleicht allmählig wieder zu ihrem vorigen Stande zurückkehren würde; sie blieb aber dieselbe. Im Sept. 1800, nach einer Fluß- und Landreise am Orinoco und Rio Negro von mehr als 500 geographischen Meilen, gab dasselbe Instrument von Borba, welches mich überall begleitet

hatte, $42^{\circ},80$: also dieselbe Neigung als vor der Reise. Da mechanische Erschütterungen und electriche Schläge in weichem Eisen durch Veränderung des Molecular-Zustandes Pole erregen, so könnte man einen Zusammenhang ahnden zwischen den Einflüssen der Richtung magnetischer Strömungen und der Richtung der Erdstöße; aber, sehr aufmerksam auf eine Erscheinung, an deren objectiver Wirklichkeit ich 1799 keinen Grund hatte zu zweifeln, habe ich dennoch bei der übergroßen Zahl von Erdstößen, die ich später in Südamerika drei Jahre lang empfunden, nie wieder eine plötzliche Veränderung der Inclination wahrgenommen, welche ich diesen Erdstößen hätte zuschreiben können: so verschieden auch die Richtungen waren, nach denen die Wellenbewegung der Erdschichten sich fortpflanzte. Ein sehr genauer und erfahrener Beobachter, Erman, fand nach einem Erdbeben am Baikal-See (8 März 1828) ebenfalls keine Störung in der Abweichung und dem Gange ihrer periodischen Variation.⁴⁸

Declination.

Die geschichtlichen Thatsachen des allerfrühesten Erkennens von Erscheinungen, welche sich auf das dritte Element des tellurischen Magnetismus, auf die Declination, beziehen, sind bereits oben berührt worden. Die Chinesen kannten im 12ten Jahrhundert unserer Zeitrechnung nicht bloß die Abweichung einer, an einem Baumwollensfaden hangenden, horizontalen Magnetnadel vom geographischen Meridian, sie wußten auch die Quantität dieser Abweichung zu bestimmen. Seitdem durch den Verkehr der Chinesen mit den Malayen und Indern, und dieser mit den Arabern und maurischen Piloten der Gebrauch des Seecompasses unter den Genuesern,

Majorcanern und Catalanen in dem Becken des Mittelmeeres, an der Westküste von Afrika und im hohen Norden gemein geworden war; erschienen schon 1436 auf Seekarten Angaben der Variation für verschiedene Theile der Meere⁴⁹. Die geographische Lage einer Linie ohne Abweichung, auf der die Nadel nach dem wahren Norden, nach dem Rotations-Pole, gerichtet war, bestimmte Columbus am 13 September 1492; ja es entging ihm nicht, daß die Kenntniß der Declination zur Bestimmung der geographischen Länge dienen könne. Ich habe an einem andern Orte aus dem Schiffsjournal des Admirals erwiesen, wie derselbe auf der zweiten Reise (April 1496), als er seiner Schiffsrechnung ungewiß war, sich durch Declinations-Beobachtungen zu orientiren suchte.⁵⁰ Die stündlichen Veränderungen der Abweichungen wurden bloß als sichere Thatsache von Hellibrand und Pater Tachard zu Louvo in Siam, umständlich und fast befriedigend von Graham 1722 beobachtet. Celsius benutzte sie zuerst zu verabredeten, gemeinschaftlichen Messungen an zwei weit von einander entfernten Punkten.⁵¹

Zu den Erscheinungen selbst übergehend, welche die Abweichung der Magnetnadel darbietet, wollen wir dieselbe betrachten: zuerst in ihren Veränderungen nach Tages- und Nachtstunden, Jahreszeiten und mittleren Jahresständen; dann nach dem Einfluß, welchen die außerordentlichen und doch periodischen Störungen, und die Ortslagen nördlich oder südlich vom magnetischen Aequator auf jene Veränderungen ausüben; endlich nach den linearen Beziehungen, in denen zu einander die Erdpunkte stehen, welche eine gleiche oder gar keine Abweichung zeigen. Diese linearen Beziehungen sind allerdings in unmittelbarer praktischer Anwendung der gewonnenen

Resultate für die Schiffsrechnung und das gesammte Seewesen am wichtigsten; aber alle kosmischen Erscheinungen des Magnetismus, unter denen die außerordentlichen, in so weiter Ferne oft gleichzeitig wirkenden Störungen (die magnetischen Ungewitter) zu den geheimnißvollsten gehören, hängen so innig mit einander zusammen, daß, um allmählig die mathematische Theorie des Erd-Magnetismus zu vervollständigen, keine derselben vernachlässigt werden darf.

Auf der ganzen nördlichen magnetischen Halbkugel in den mittleren Breiten, die Theilung des Erdsphäroids durch den magnetischen Aequator gedacht, steht das Nord-Ende der Magnetnadel, d. h. das Ende, welches gegen den Nordpol hinweist, um $8^{\text{u}}\frac{1}{4}$ Morgens ($20^{\text{u}}\frac{1}{4}$) diesem Pole in der Richtung am nächsten. Die Nadel bewegt sich von $8^{\text{u}}\frac{1}{4}$ Morgens bis $1^{\text{u}}\frac{3}{4}$ Nachmittags von Osten nach Westen, um dort ihren westlichsten Stand zu erreichen. Diese Bewegung nach Westen ist allgemein, sie tritt in derselben Richtung ein an allen Orten der nördlichen Halbkugel, sie mögen westliche Abweichung haben: wie das ganze Europa, Peking, Nertschinsk und Toronto in Canada; oder östliche Abweichung: wie Kasan, Sitka (im russischen Amerika), Washington, Marmato (Neu-Granada) und Payta an der peruanischen Küste.⁵² Von dem eben bezeichneten westlichsten Stande um $1^{\text{u}}\frac{3}{4}$ bewegt sich die Magnetnadel den Nachmittag und einen Theil der Nacht bis 12 oder 13 Uhr wieder zurück nach Osten, indem sie oft einen kleinen Stillstand gegen 6^u macht. In der Nacht ist wieder eine kleine Bewegung gegen Westen, bis das Minimum, d. h. der östliche Stand von $20^{\text{u}}\frac{1}{4}$, erreicht wird. Diese nächtliche Periode, welche ehemals ganz übersehen wurde (da ein

allmätiger und ununterbrochener Rückgang gegen Osten von $1^u \frac{3}{4}$ bis zur Morgenstunde von $20^u \frac{1}{4}$ behauptet wurde), hat mich schon zu Rom bei einer Arbeit mit Gay-Lussac über die stündlichen Veränderungen der Abweichung mittelst des Brony'schen magnetischen Fernrohrs lebhaft beschäftigt. Da die Nadel überhaupt unruhiger ist, so lange die Sonne unter dem Horizont steht, so ist die kleine nächtliche Bewegung gegen Westen seltener und minder deutlich hervortretend. Wenn sie deutlich erscheint, so habe ich sie von keiner unruhigen Schwankung der Nadel begleitet gesehen. Gänzlich verschieden von dem, was ich Ungewitter genannt, geht in der kleinen westlichen Periode die Nadel ruhig von Theilstrich zu Theilstrich: ganz wie in der so sicheren Tags-Periode von $20^u \frac{1}{4}$ bis $1^u \frac{3}{4}$. Recht bemerkenswerth ist, daß, wenn die Nadel ihre continuirliche westliche Bewegung in eine östliche oder umgekehrt verwandelt, sie nicht eine Zeit lang unverändert stehen bleibt, sondern (vorzüglich bei Tage um $20^u \frac{1}{4}$ und $1^u \frac{3}{4}$) sich gleichsam plötzlich umwendet. Gewöhnlich findet die kleine Bewegung gegen Westen erst zwischen Mitternacht und dem frühen Morgen statt. Dagegen ist sie auch in Berlin und in den Freiburger unterirdischen Beobachtungen, wie in Greenwich, Makerstown in Schottland, Washington und Toronto schon nach 10 oder 11 Uhr Abends bemerkt worden.

Die vier Bewegungen der Nadel, die ich 1805 erkannt habe⁵³, sind in der schönen Sammlung der Beobachtungen von Greenwich aus den Jahren 1845, 1846 und 1847 als Resultate vieler tausend stündlicher Beobachtungen in folgenden 4 Wendepunkten⁵⁴ dargestellt: erstes Minimum 20^u , erstes Maximum 2^u ; zweites Minimum 12^u oder 14^u , zweites Maximum 14^u oder 16^u . Ich muß mich begnügen hier nur

die Mittelzustände anzugeben, und auf den Umstand aufmerksam zu machen, daß das morgendliche Haupt=Minimum (20^u) in unserer nördlichen Zone gar nicht durch den früheren oder späteren Aufgang der Sonne verändert wird. Ich habe in 2 Solstitien und 3 Aequinoctien, in denen ich gemeinschaftlich mit Oltmanns, jedesmal 5 bis 6 Tage und eben so viele Nächte die stündliche Variation verfolgte, den östlichsten Wendepunkt im Sommer und in Wintermonaten unverrückt zwischen $19^u \frac{3}{4}$ und $20^u \frac{1}{4}$ gefunden, und nur sehr unbedeutend durch den früheren Sonnen=Aufgang verfrüht.

In den hohen nördlichen Breiten nahe dem Polarkreise, und zwischen diesem und dem Rotations=Polen ist die Regelmäßigkeit der stündlichen Declination noch wenig erkannt worden, ob es gleich nicht an einer Zahl sehr genauer Beobachtungen mangelt. Die locale Einwirkung der Gebirgsarten, und die Frequenz in der Nähe oder in der Ferne störender Polarlichter machen Herrn Lottin in der französischen wissenschaftlichen Expedition der Lilloise (1836) fast schüchtern, aus seiner eigenen großen und mühevollen Arbeit, wie aus der älteren (1786) des verdienstvollen Löwenörn bestimmte Resultate über die Wendestunden zu ziehen. Im ganzen war zu Reikjavik (Island, Br. $64^{\circ} 8'$), wie zu Godthaab an der grönländischen Küste, nach Beobachtungen des Missionars Genge, das Minimum der westlichen Abweichung fast wie in mittleren Breiten um 21^u oder 22^u ; aber das Maximum schien erst auf 9 bis 10 Uhr Abends zu fallen.⁵⁶ Nördlicher, in Hammerfest (Finmarken, Br. $70^{\circ} 40'$) fand Sabine den Gang der Nadel ziemlich regelmäßig⁵⁷ wie im südlichen Norwegen und Deutschland: westliches Minimum 21^u , westliches Maximum $1^u \frac{1}{2}$; desto verschiedener fand er ihn auf Spitzbergen

(Br. $79^{\circ} 50'$), wo die eben genannten Wendestunden 18^u und $7^{u\frac{1}{2}}$ waren. Für die arctische Polar-Inselwelt, in Port Bowen an der östlichen Küste von Prince Regent's Inlet (Br. $73^{\circ} 14'$), haben wir aus der dritten Reise von Cap. Parry (1825) eine schöne Reihe fünfmonatlicher zusammenhängender Beobachtungen von Lieut. Foster und James Ross: aber wenn auch die Nadel innerhalb 24 Stunden zweimal durch den Meridian ging, den man für den mittleren magnetischen des Orts hielt, und in vollen zwei Monaten, April und Mai, gar kein Nordlicht sichtbar war; so schwankten doch die Zeiten der Haupt-Elongationen um 4 bis 6 Stunden: ja vom Januar bis Mai waren im Mittel die Maxima und Minima der westlichen Abweichung nur um eine Stunde verschieden! Die Quantität der Declination stieg an einzelnen Tagen von $1^{\circ}\frac{1}{2}$ bis 6 und 7 Grad, während sie unter den Wendekreisen kaum so viele Minuten erreicht.⁵⁸ Wie jenseits des Polarkreises, so ist auch dem Aequator genähert schon in Hindostan, z. B. in Bombay (Br. $18^{\circ} 56'$), eine große Complication in den stündlichen Perioden der magnetischen Abweichung. Es zerfallen dieselben dort in zwei Hauptclassen, welche, vom April bis October und vom October bis December, sehr verschieden sind; ja wieder jede in zwei Subperioden zerfallen, die noch sehr der Bestimmtheit ermangeln.⁵⁹

Von der Richtung der Magnetnadel in der südlichen Halbkugel konnte den Europäern durch eigene Erfahrung erst seit der zweiten Hälfte des 15ten Jahrhunderts, durch die kühnen Seefahrten von Diego Cam mit Martin Behaim, von Bartholomäus Diaz und Vasco de Gama, eine schwache Kunde zukommen: aber die Wichtigkeit, welche die Chinesen, die schon seit dem dritten Jahrhundert unserer Zeitrechnung, wie

die Einwohner von Korea und der japanischen Inseln, auch zur See durch den Compaß geleitet wurden, nach den Berichten ihrer frühesten Schriftsteller auf den Südpol legen; war wohl hauptsächlich auf den Umstand gegründet, daß ihre Schifffahrt sich gegen Süden und Südwesten richtete. Auf diesen südlichen Fahrten war ihnen die Bemerkung nicht entgangen, daß die Spitze der Magnetnadel, nach deren Weisung sie steuerten, nicht genau nach dem Südpol gerichtet war. Wir kennen sogar der Quantität⁶⁰ nach eine ihrer Bestimmungen der Variation gegen Südost aus dem 12ten Jahrhundert. Die Anwendung und weitere Verbreitung solcher nautischen Hilfsmittel hat die sehr alte Verbindung von China⁶¹ und Indien mit Java, und in noch größerem Maasstabe die Schifffahrt und Ansiedlung malayischer Stämme auf Madagascar begünstigt.

Wenn es auch, nach der jetzigen sehr nördlichen Lage des magnetischen Aequators zu urtheilen, wahrscheinlich ist, daß die Stadt Louvo in Siam, als der Missionar Guy Tachard daselbst 1682 die stündlichen Veränderungen der Abweichung zuerst bemerkte, dem Ausgang der nördlichen magnetischen Halbkugel sehr genähert war; so muß man doch erkennen, daß genaue stündliche Declinations-Beobachtungen in der südlichen magnetischen Halbkugel erst ein volles Jahrhundert später angestellt wurden. John Macdonald verfolgte den Gang der Nadel in den Jahren 1794 und 1795 im Fort Marlborough auf der südwestlichen Küste von Sumatra wie auf St. Helena.⁶² Die Physiker wurden durch die damals erhaltenen Resultate auf die große Abnahme der Quantität täglicher Variations-Veränderung in den niederen Breiten aufmerksam gemacht. Die Elongation betrug kaum 3 bis 4

Minuten. Eine mehr umfassende und tiefere Kenntniß des Phänomens wurde durch die wissenschaftlichen Expeditionen von Freycinet und Duperrey erlangt; aber erst die Errichtung magnetischer Stationen an 3 wichtigen Punkten der südlichen magnetischen Hemisphäre: zu Hobarton auf Van Diemen's Land, zu St. Helena und am Vorgebirge der guten Hoffnung (wo nun schon 10 Jahre lang von Stunde zu Stunde Beobachtungen über die Veränderung der 3 Elemente des tellurischen Magnetismus nach gleichmäßiger Methode angestellt werden), hat allgemeine erschöpfende Data geliefert. In den mittleren Breiten der südlichen magnetischen Halbkugel hat die Nadel einen ganz entgegengesetzten Gang als in der nördlichen: denn da in jener die Spitze der Nadel, welche gegen Süden gerichtet ist, vom Morgen bis Mittag aus Ost nach West geht; so macht dadurch die nach Norden weisende Spitze eine Bewegung von West nach Ost.

Sabine, dem wir die scharfsinnige Discussion aller dieser Variationen verdanken, hat fünfjährige stündliche Beobachtungen von Hobarton (Br. $42^{\circ} 53'$ Süd, Abw. $9^{\circ} 57'$ Ost) und Toronto (Br. $43^{\circ} 39'$ Nord, Abw. $1^{\circ} 33'$ West) so zusammengestellt, daß man die Perioden von October bis Februar und von April bis August unterscheiden kann, da die fehlenden Zwischen-Monate März und September gleichsam Uebergangs-Phänomene darbieten. In Hobarton zeigt das gegen Norden gefehrte Ende der Nadel zwei östliche und zwei westliche Maxima der Elongationen⁶³, so daß sie in dem Jahres-Abschnitt von October bis Februar von 20^u oder 21^u bis 2^u gegen Ost geht, dann von 2^u bis 11^u ein wenig nach West; von 11^u bis 15^u wieder nach Ost, von 15^u bis 20^u zurück nach West. In der Jahres-Abtheilung vom April bis

August sind die östlichen Wendestunden bis zu 3^u und 16^u verspätet, die westlichen Wendestunden zu 22^u und 11^u verfrüht. In der nördlichen magnetischen Halbkugel ist die Bewegung der Nadel von 20^u bis 1^u gegen Westen größer im dortigen Sommer als im Winter; in der südlichen magnetischen Halbkugel, wo zwischen den genannten Wendestunden die Richtung der Bewegung eine entgegengesetzte ist, wird die Quantität der Clongation größer gefunden, wenn die Sonne in den südlichen, als wenn sie in den nördlichen Zeichen steht.

Die Frage, die ich vor sieben Jahren in dem Naturgemälde⁶⁴ berührt habe: ob es eine Region der Erde, vielleicht zwischen dem geographischen und magnetischen Aequator, gebe, in welcher (ehe der Uebergang des Nord=Endes der Nadel in denselben Stunden zu einer entgegengesetzten Richtung der Abweichung eintritt) gar keine stündliche Abweichung statt findet? scheint nach neueren Erfahrungen, besonders nach Sabine's scharfsinnigen Discussionen der Beobachtungen in Singapore (Br. 1° 17' N.), auf St. Helena (Br. 15° 56' S.) und am Vorgebirge der guten Hoffnung (Br. 33° 56' S.), verneint werden zu müssen. Es ist bisher noch kein Punkt aufgefunden worden, in welchem die Nadel ohne stündliche Bewegung wäre; und durch die Gründung der magnetischen Stationen ist die wichtige und sehr unerwartete Thatsache erkannt worden, daß es in der südlichen magnetischen Halbkugel Orte giebt, in denen die stündlichen Schwankungen der Declinations=Nadel an den Erscheinungen (dem Typus) beider Halbkugeln abwechselnd Theil nehmen. Die Insel St. Helena liegt der Linie der schwächsten Intensität der Erdkraft sehr nahe: in einer Weltgegend, wo diese Linie sich weit von dem geographischen Aequator und von der Linie ohne Inclination

entfernt. Auf St. Helena ist der Gang des Endes der Nadel, das gegen den Nordpol weist, ganz entgegengesetzt in den Monaten vom Mai bis September von dem Gange, den dasselbe Ende in den analogen Stunden von October bis Februar befolgt. Nach fünfjährigen stündlichen Beobachtungen ist in dem erstgenannten Theile des Jahres, im Winter der südlichen Halbfugel, während die Sonne in den nördlichen Zeichen steht, das Nordende der Nadel um 19^u am weitesten östlich; sie bewegt sich von dieser Stunde an, wie in den mittleren Breiten von Europa und Nordamerika, gegen Westen (bis 22^u), und erhält sich fast in dieser Richtung bis 2^u . Dagegen findet in anderen Theilen des Jahres, vom October bis Februar, in dem dortigen Sommer, wenn die Sonne in den südlichen Zeichen weilt und der Erde am nächsten ist, um 20^u (8^u Morgens) eine größte westliche Elongation der Nadel statt, und bis zur Mittagsstunde eine Bewegung von Westen gegen Osten: ganz nach dem Typus von Hobarton (Br. $42^{\circ} 53'$ S.) und anderer Gegenden der mittleren südlichen Halbfugel. Zur Zeit der Aequinoctien oder bald nachher, im März und April wie im September und October, bezeichnet der Gang der Nadel schwankend, an einzelnen Tagen, Uebergangs-Perioden von Einem Typus zum anderen, von dem der nördlichen zu dem der südlichen Halbfugel.⁶⁵

Singapore liegt ein wenig nördlich von dem geographischen Aequator, zwischen diesem und dem magnetischen Aequator, der nach Elliot fast mit der Curve der schwächsten Intensität zusammenfällt. Nach den Beobachtungen, welche von 2 zu 2 Stunden in den Jahren 1841 und 1842 zu Singapore angestellt worden sind, findet Sabine die für St. Helena bezeichneten entgegengesetzten Typen im Gange der

Nadel von Mai bis August und von November bis Februar wieder eben so am Vorgebirge der guten Hoffnung: das doch 34° vom geographischen, und gewiß noch weit mehr von dem magnetischen Aequator entfernt ist, eine Inclination von -53° hat und die Sonne nie im Zenith sieht.⁶⁶ Wir besitzen schon veröffentlicht sechsjährige stündliche Beobachtungen vom Cap, nach denen, fast ganz wie auf St. Helena, vom Mai bis September die Nadel von ihrem äußersten östlichen Stande ($19^{\text{u}}\frac{1}{2}$) westlich geht bis $23^{\text{u}}\frac{1}{2}$, vom October bis März aber gegen Osten von $20^{\text{u}}\frac{1}{2}$ bis $1^{\text{u}}\frac{1}{2}$ und 2^{u} . Bei der Entdeckung dieser so wohl constatirten, aber noch genetisch in so tiefes Dunkel gehüllten Erscheinung hat sich die Wichtigkeit der Jahre lang ununterbrochen von Stunde zu Stunde fortgesetzten Beobachtungen vorzüglich bewährt. Störungen, die (wie wir gleich entwickeln werden) anhaltend bald nach Ost, bald nach West die Nadel ablenken, würden isolirte Beobachtungen der Reisenden unsicher machen.

Durch erweiterte Schiffahrt und Anwendung des Compasses bei geodätischen Aufnahmen ist sehr früh zu gewissen Zeiten eine außerordentliche Störung der Richtung, oft verbunden mit einem Schwanken, Beben und Zittern der angewandten Magnetnadel, bemerkt worden. Man gewöhnte sich diese Erscheinung einem gewissen Zustande der Nadel selbst zuzuschreiben; man nannte sie in der französischen Seesprache sehr charakteristisch ein Vernarrt-Sein der Nadel, l'affolement de l'aiguille, und schrieb vor, eine aiguille affolée von neuem und stärker zu magnetisiren. Halley ist allerdings der Erste gewesen, der das Polarlicht für eine magnetische Erscheinung erklärte⁶⁷, da er von der kön. Societät zu London aufgefordert wurde das, in ganz England gesehene, große

Meteor vom 6 März 1716 zu erklären. Er sagt, „das Meteor sei dem analog, welches Gassendi zuerst 1621 mit dem Namen Aurora borealis belegt hätte“. Ob er gleich auf seinen Seefahrten zur Bestimmung der Abweichungs-Linie bis zum 52ten Grade südlicher Breite vorgebrungen war, so lernt man doch aus seinem eigenen Geständniß, daß er bis 1716 nie ein Nord- oder Süd-Polarlicht gesehen: da doch die letzteren, wie ich bestimmt weiß, bis in die Mitte der peruianischen Tropenzone sichtbar werden. Halley scheint also aus eigener Erfahrung nichts von der Beunruhigung der Nadel, den außerordentlichen Störungen und Schwankungen derselben bei gesehenen oder ungesehenen Nord- und Südlichtern beobachtet zu haben. Olav Hiorter und Celsus zu Upsala sind die Ersten, die, im Jahr 1741, noch vor Halley's Tode, den, von ihm nur vermutheten Zusammenhang zwischen einem gesehenen Nordlichte und dem gestörten normalen Gange der Nadel durch eine lange Reihe messender Bestimmungen bekräftigten. Dieses verdienstliche Unternehmen veranlaßte sie die ersten verabredeten gleichzeitigen Beobachtungen mit Graham in London anzustellen; und die außerordentlichen Störungen der Abweichung bei Erscheinung des Nordlichts wurden durch Wargentin, Canton und Wille specieller erforscht.

Beobachtungen, die ich Gelegenheit hatte in Gemeinschaft mit Gay-Lussac (1805) in Rom auf dem Monte Pincio zu machen, besonders aber eine lange, durch jene Beobachtungen veranlaßte Arbeit in den Aequinoctien und Solstitien der Jahre 1806 und 1807 in einem großen einsamen Garten zu Berlin (mittelft des magnetischen Fernrohrs von Prony und eines fernen, durch Lampenlicht wohl zu erleuchtenden

Tafel-Signals) in Gemeinschaft mit *Oltmanns*; lehrten mich bald, daß dieser, zu gewissen Epochen mächtig und nicht bloß local wirkende Theil tellurischer Thätigkeit, den man unter dem allgemeinen Namen außerordentlicher Störungen begreift, seiner Complication wegen, eine anhaltende Beachtung verdiene. Die Vorrichtung des Signals und des Fadenkreuzes in dem an einem, bald seidenen, bald metallenen Faden hangenden Fernrohr, welches ein weiter Glaskasten umschloß, erlaubte das Ablesen von 8 Secunden im Bogen. Da bei Nacht zu dieser Beobachtungs-Methode das Zimmer, in welchem sich das, von einem Magnetstabe geleitete Fernrohr befand, finster bleiben konnte; so fiel der Verdacht der Luftströmung weg, welchen bei den, übrigens vortrefflichen, mit Microscopen versehenen Declinatorien die Erleuchtung der Scale veranlassen kann. In der schon damals von mir ausgesprochenen Meinung: „daß eine fortlaufende, ununterbrochene, stündliche und halb-stündliche Beobachtung (*observatio perpetua*) von mehreren Tagen und Nächten den vereinzeltten Beobachtungen vieler Monate vorzuzuziehen sei“; beobachteten wir in den *Aequinoctial-* und *Solstitial-*Epochen, deren große Wichtigkeit alle neueren Arbeiten bewährt haben, 5, 7 bis 11 Tage und eben so viele Nächte⁶⁸ hindurch. Wir erkannten bald, daß, um den eigentlichen physischen Charakter dieser anomalen Störungen zu studiren, es nicht genüge das Maaß (die Quantität) der veränderten Abweichung zu bestimmen, sondern daß jeder Beobachtung auch numerisch der Grad der Unruhe der Nadel, durch die gemessene Elongation der Schwingungen, beigefügt werden müsse. Bei dem gewöhnlichen stündlichen Gang der Nadel fanden wir diese so ruhig, daß unter 1500 Resultaten, aus 6000 Beobachtungen (Mitte Mai 1806 bis Ende Juni

1807) gezogen, die Oscillation meist nur von einem halben Theilstrich zum anderen ging, also nur 1' 12" betrug; in einzelnen Fällen, und oft bei sehr stürmischem Regenwetter, schien die Nadel entweder ganz fest stehend oder sie schwankte nur um 0,2 oder 0,3 Theile, d. i. 24" oder 28". Wenn aber das magnetische Ungewitter, dessen stärkster und späterer Ausbruch das Polarlicht ist, eintrat, so waren die Schwankungen bald nur 14, bald 38 Minuten im Bogen: jede in 1½ bis 3 Zeitsecunden vollbracht. Dftmals war wegen der Größe und Ungleichheit der Oscillationen, welche die Theilstriche des Signals nach Einer Seite oder nach beiden weit überschritten, gar keine Beobachtung möglich.⁶⁹ Dies war z. B. der Fall in der Nacht vom 24 Sept. 1806 in langer, ununterbrochener Dauer, erst von 14^u 40' bis 15^u 32' und dann von 15^u 57' bis 17^u 4'.

Gewöhnlich war bei heftigen magnetischen Ungewittern (unusual or larger Magnetic disturbances, Magnetic Storms) das Mittel der Schwingungs-Bogen nach Einer Seite hin (gegen D oder W) im Fortschreiten, wenn auch mit ungleichmäßiger Geschwindigkeit; aber in seltenen Fällen wurden auch außerordentliche Schwankungen bemerkt, ohne daß die Abweichung unregelmäßig zu- oder abnahm, ohne daß das Mittel der Schwankungen sich von dem Theilstriche entfernte, welcher zu dem normalen Gange der Nadel in gegebener Stunde gehörte. Wir sahen nach langer relativer Ruhe plötzlich Bewegungen von sehr ungleicher Stärke eintreten (Bogen beschreibend von 6—15 Minuten, alternirend oder regellos unter einander gemischt), und dann plötzlich wieder die Nadel sich beruhigen. Bei Nacht war ein solches Gemisch von totaler Ruhe und heftiger Schwankung, ohne Fortschreiten nach einer

Seite, besonders auffallend.⁷⁰ Eine eigene Modification der Bewegung, die ich noch glaube erwähnen zu müssen, ist eine sehr selten eintretende verticale: eine Art Klappen, eine Veränderung der Inclination des Nord-Endes der Nadel 15 bis 20 Zeitminuten lang, bei sehr mäßigen horizontalen Schwankungen oder völliger Abwesenheit derselben. Bei der so fleißigen Aufzeichnung aller Nebenverhältnisse in den englischen Stations-Registern finde ich dieses bloß verticalen Zitterns (constant vertical motion, the needle oscillating vertically) nur 3mal auf Van Diemen's Insel angegeben.⁷¹

Die Epoche des Eintretens der größeren magnetischen Ungewitter hat mir im Mittel in Berlin die dritte Stunde nach Mitternacht geschienen, aufhörend auch im Mittel um fünf Uhr des Morgens. Kleine Gewitter beobachteten wir bei Tage in den Nachmittagsstunden zwischen 5 und 7 Uhr oft an denselben September-Tagen, wo nach Mitternacht so starke storms folgten, daß wegen der Größe und Schnelligkeit der Oscillationen jedes Ablesen und jede Schätzung des Mittels der Elongation unmöglich waren. Ich wurde gleich anfangs so überzeugt von den gruppenweise mehrere Nächte hinter einander eintretenden magnetischen Ungewittern, daß ich die Eigenthümlichkeiten dieser außerordentlichen Störungen der Berliner Akademie ankündigte, und Freunde, meist nicht vergebens, einlud, zu vorbestimmten Stunden mich zu besuchen und sich der Erscheinung zu erfreuen.⁷² Auch Kupffer während seiner Reise im Caucasus 1829, und später Kreil bei seinen so schätzbaren Prager Beobachtungen haben das Wieder-Eintreten der magnetischen Ungewitter zu denselben Stunden bekräftigt.⁷³

Was ich im Jahr 1806 in meinen Aequinoctial- und Solstitial-Beobachtungen nur im allgemeinen über die außer-

ordentlichen Störungen der Abweichung erkannte, ist seit der Errichtung der magnetischen Stationen in den großbritannischen Besitzungen (1838 — 1840) durch Anhäufung eines reichen Materials und durch die talentvolle Bearbeitung des Oberst Sabine eine der wichtigsten Errungenschaften in der Lehre vom tellurischen Magnetismus geworden. In den Resultaten beider Hemisphären hat dieser scharfsinnige Gelehrte die Störungen nach Tages- und Nachtstunden, nach Jahreszeiten, nach Deviationen, gegen Osten oder Westen gerichtet, gesondert. In Toronto und Hobarton waren die Störungen zwiefach häufiger und stärker bei Nacht als bei Tage⁷⁴; eben so in den ältesten Beobachtungen zu Berlin: ganz im Gegensatz von 2600 bis 3000 Störungen am Cap der guten Hoffnung, und besonders auf der Insel St. Helena, nach der gründlichen Untersuchung des Capitäns Younghusband. In Toronto traten im Mittel die Hauptstörungen in der Epoche von Mitternacht bis 5 Uhr Morgens ein; bisweilen nur wurden sie früher, zwischen 10 Uhr Abends und Mitternacht, beobachtet: also in Toronto wie in Hobarton prädominirend bei Nacht. Nach einer sehr mühevollen und scharfsinnigen Prüfung, welche Sabine mit 3940 Torontoer und 3470 Hobarttownner Störungen aus dem sechsjährigen Cyclus von 1843 bis 1848 angestellt (die gestörten Abweichungen machten den neunten und zehnten Theil der ganzen Masse aus), hat er die Folgerung⁷⁵ ziehen können: „daß die Störungen zu einer eigenen Art periodisch wiederkehrender Variationen gehören, welche erkennbaren Gesetzen folgen, von der Stellung der Sonne in der Ekliptik und der täglichen Rotation der Erde um ihre Achse abhängen, ja ferner nicht mehr unregelmäßige Bewegungen genannt werden sollten; man unterscheide darin, neben einem eigen-

thümlichen localen Typus, allgemeine, den ganzen Erdbkörper afficirende Proceffe.“ In denselben Jahren, in denen die Störungen häufiger in Toronto waren, wurden sie es auch und fast im gleichen Maaße auf der südlichen Halbkugel in Hobarton. Im ganzen traten sie am ersteren Orte im Sommer (von April bis September) in doppelter Menge als in den Wintermonaten (von October bis März) ein. Die größte Zahl der Störungen gehörte dem Monat September an, ganz wie um die Zeit des Herbst-Aequinoctiums in meinen Berliner Beobachtungen⁷⁶ von 1806. Sie sind seltener in den Wintermonaten jeden Orts, seltener vom November bis Februar in Toronto und vom Mai bis August in Hobarton. Auch auf St. Helena und am Cap der guten Hoffnung sind nach Younghusband die Durchgänge der Sonne durch den Aequator durch Häufigkeit der Störungen in hohem Grade bemerkbar.

Das Wichtigste, auch erst von Sabine Aufgefundene, in dieser Erscheinung ist die Regelmäßigkeit, mit der in beiden Halbkugeln die Störungen eine vermehrte östliche oder westliche Abweichung verursachen. In Toronto, wo die Declination schwach gegen Westen ist ($1^{\circ} 33'$), war, der Zahl nach, das Fortschreiten gegen Osten im Sommer (Juni — September) dem Fortschreiten gegen Westen im Winter (December — April) überwiegend, und zwar im Verhältniß von 411:290. Eben so ist es auf Van Diemen's Insel nach localer Jahreszeit; auch in den dortigen Wintermonaten (Mai — August) sind die magnetischen Ungewitter auffallend seltener.⁷⁷ Die Zergliederung von 6 Jahren der Beobachtung in 2 entgegengesetzten Stationen, von Toronto und Hobarton, hatte Sabine zu dem merkwürdigen Ergebnisse geführt: daß von 1843 bis 1848 in beiden Hemisphären nicht bloß die

Zahl der Störungen, sondern auch (wenn man, um das jährliche Mittel der täglichen Abweichung in seinem normalen Werth zu erlangen, 3469 storms nicht mit in Rechnung bringt) das Maaß der totalen Abweichung von diesem Mittel in den genannten 5 Jahren allmählig von 7',65 bis 10',58 im Zunehmen gewesen ist; ja daß diese Zunahme gleichzeitig, wie in der amplitudo der Declination, so in der Inclination und totalen Erdkraft bemerkbar war. Dieses Ergebnis gewann eine erhöhte Wichtigkeit, als er eine Bekräftigung und Verallgemeinerung desselben in Lamont's ausführlicher Arbeit (vom Sept. 1851) „über eine zehnjährige Periode, welche sich in der täglichen Bewegung der Magnetnadel darstellt“, erkannte. Nach Beobachtungen von Göttingen, München und Kremsmünster⁷⁸ hatte die Mittelgröße der täglichen Declination ihr Minimum erreicht von 1843 zu 1844, ihr Maximum von 1848 zu 1849. Nachdem die Declination so fünf Jahre zugenommen, nimmt sie eben so viele Jahre wiederum ab: wie eine Reihe genauer stündlicher Beobachtungen erweist, die bis zu einem Maximum von 1786½ hinaufführen.⁷⁹ Um eine allgemeine Ursach einer solchen Periodicität in allen 3 Elementen des tellurischen Magnetismus aufzufinden, wird man geneigt, zu einem kosmischen Zusammenhange seine Zuflucht zu nehmen. Ein solcher ist nach Sabine's⁸⁰ Vermuthung in den Veränderungen zu finden, welche in der Photosphäre der Sonne, d. h. in den leuchtenden gasförmigen Umhüllungen des dunklen Sonnenkörpers, vorgehen. Nach Schwabe's langjährigen Untersuchungen kommt nämlich die Periode der größten und kleinsten Frequenz der Sonnenflecken ganz mit der überein, welche man in den magnetischen Variationen entdeckt hat. Auf diese Uebereinstimmung hat Sabine zuerst in seiner der königl.

Societät zu London im März 1852 vorgelegten Abhandlung aufmerksam gemacht. „Es ist wohl keinem Zweifel unterworfen“, sagt Schwabe in einem Aufsatze, mit dem er den astronomischen Theil meines Kosmos bereichert hat, „daß wenigstens vom Jahr 1826 bis 1850 in der Erscheinung der Sonnenflecken eine Periode von ohngefähr 10 Jahren dermaßen statt gefunden hat: daß ihr Maximum in die Jahre 1828, 1837 und 1848; ihr Minimum in die Jahre 1833 und 1843 gefallen ist.“⁸¹ Den mächtigen Einfluß des Sonnenkörpers als Masse auf den Erd-Magnetismus bekräftigt auch Sabine durch die scharfsinnige Bemerkung: daß der Zeitpunkt, in welchem in beiden Hemisphären die Intensität der Magnetkraft am stärksten ist und die Richtung der Nadel sich am meisten der verticalen nähert, in die Monate October bis Februar fällt: gerade wenn die Erde der Sonne am nächsten ist und sie sich in ihrer Bahn am schnellsten fortbewegt.⁸²

Von der Gleichzeitigkeit vieler magnetischer Ungewitter, wie sich dieselben auf viele tausend Meilen fortgepflanzt, ja fast um den ganzen Erdball gehen (so am 25 Sept. 1841 von Canada und von Böhmen bis zum Vorgebirge der guten Hoffnung, Van Diemen's Land und Macao), habe ich schon in dem Naturgemälde⁸³ gehandelt; auch Beispiele von den Fällen angegeben, wo die Perturbationen mehr local waren: sich von Sicilien nach Upsala, aber nicht von Upsala weiter nördlich nach Alten und Lapland verbreiteten. Bei den gleichzeitigen Declinations-Beobachtungen, die wir, Arago und ich, 1829 in Berlin, Paris, Freiberg, St. Petersburg, Kasan und Nikolajew mit denselben Gambey'schen Instrumenten an gestellt, hatten sich einzelne starke Perturbationen von Berlin nicht bis Paris, ja nicht einmal bis in eine Freiburger

Grube, wo Reich seine unterirdischen Magnet-Beobachtungen machte, fortgepflanzt. Große Abweichungen und Schwankungen der Nadel bei Nordlichtern in Toronto riesen wohl in Kerguelen-Insel, aber nicht in Hobarton magnetische Ungewitter hervor. Bei dem Charakter der Alldurchdringlichkeit, welchen die Magnetkraft wie die Gravitations-Kraft aller Materie zeigt, ist es allerdings schwer sich einen klaren Begriff von den Hindernissen der Fortpflanzung im Inneren des Erdkörpers zu machen: von Hindernissen, denen analog, welche sich den Schallwellen oder den Erschütterungswellen des Erdbebens, in denen gewisse einander nahe gelegene Orte nie zusammen beben⁸⁴, entgegensetzen. Sollten gewisse magnetische kreuzende Linien durch ihre Dazwischenkunft der Fortpflanzung entgegenwirken?

Wir haben die regelmäßigen und die scheinbar unregelmäßigen Bewegungen, welche horizontal aufgehängene Nadeln darbieten, geschildert. Hat man in Erforschung des normalen, in sich wiederkehrenden Ganges der Nadel, durch Mittelzahlen aus den Extremen der stündlichen Veränderungen, die Richtung des magnetischen Meridians ergründen können, in der von Einem Solstitium zu dem anderen die Nadel zu beiden Seiten gleich geschwankt hat; so führt die Vergleichung der Winkel, welche auf verschiedenen Parallellreisen die magnetischen Meridiane mit dem geographischen Meridian machen, zuerst zur Kenntniß von Variations-Linien auffallend heterogenen Werthes (Andrea Bianco 1436 und der Cosmograph Kaiser Karls V, Alonso de Santa Cruz, versuchten es schon diese auf Karten zu tragen); später zu der glücklichen Verallgemeinerung isogonischer Curven, Linien gleicher Abweichung, welche der dankbare Sinn englischer Seefahrer

lange durch den historischen Namen Halleyan lines bezeichnet hat. Unter den mannigfach gekrümmten, gruppenweise bisweilen fast parallelen, selten ganz in sich selbst recurrenden und dann eisförmig geschlossene Systeme bildenden, isogonischen Curven verdienen in physikalischer Hinsicht die größte Aufmerksamkeit diejenigen, auf welchen die Abweichung null wird, und zu deren beiden Seiten Abweichungen entgegengesetzter Benennung, mit der Entfernung ungleich zunehmend, gefunden werden.⁸⁵ Ich habe an einem anderen Orte gezeigt, wie des Columbus erste Entdeckung einer Linie ohne Abweichung im atlantischen Ocean am 13 September 1492 dem Studium des tellurischen Magnetismus die Anregung gegeben hat, welches drittehalb Jahrhunderte hindurch freilich nur auf Verbesserung der Schiffsrechnung gerichtet war.

So sehr auch in der neuesten Zeit durch die höhere wissenschaftliche Bildung der Seefahrer, durch die Vervollkommnung der Instrumente und der Methoden die Kenntniß einzelner Theile der Linien ohne Variation im nördlichen Asien, im indischen Archipelagus und im atlantischen Ocean erweitert worden ist; so darf doch wohl in dieser Sphäre unseres Wissens, da, wo das Bedürfniß einer kosmischen Uebersicht gefühlt wird, über Langsamkeit des Fortschritts und über Mangel von erlangter Allgemeinheit geklagt werden. Es ist mir nicht unbewußt, daß eine Unzahl von Beobachtungen bei zufälliger Durchschneidung der Linien ohne Abweichung in Schiffsjournalen aufgezeichnet worden sind; aber es fehlt an der Vergleichung und Zusammenstellung des Materials: das für diesen Gegenstand, wie für die dormalige Lage des magnetischen Aequators erst an Wichtigkeit gewinnen würde, wenn in den verschiedenen Meeren einzelne Schiffe allein damit

beauftragt wären, in ihrem Course jenen Linien ununterbrochen zu folgen. Ohne Gleichzeitigkeit der gewonnenen Beobachtung hat der tellurische Magnetismus für uns keine Geschichte. Ich wiederhole⁸⁶ eine Klage, die ich frei schon mehrfach geäußert.

Nach dem, was wir bis jetzt im allgemeinen von der Lage der Linien ohne Abweichung wissen, giebt es statt der vier meridianartigen, an die man von Pol zu Pol am Ende des 16ten Jahrhunderts⁸⁷ glaubte, wahrscheinlich drei sehr verschiedenartig gestaltete Systeme: wenn man mit dem Namen System solche Gruppen von Abweichungslinien bezeichnet, deren Null-Linie mit keiner andern Null-Linie in directer Verbindung steht, nicht für die Fortsetzung einer andern (nach unserer jetzigen Kenntniß) gelten kann. Von diesen drei Systemen, die wir bald einzeln beschreiben werden, ist das mittlere, atlantische, auf eine einfache, von *ES* nach *NW* gerichtete, zwischen dem 65ten Grad südlicher bis zu dem 67ten Grad nördlicher Breite erkannte, Linie ohne Abweichung beschränkt. Das zweite, wenn man aus beiden die Durchschnittspunkte der Null-Linie mit dem geographischen Aequator allein ins Auge faßt, volle 150 Grade östlicher gelegene System, ganz Asien und Australien füllend, ist das breiteste und complicirteste von allen. Es ist wunderbar auf- und absteigend, mit einem gegen Süden und einem gegen Norden gerichteten Scheitel; ja an seinem nordöstlichen Ende dermaßen gekrümmt, daß die Null-Linie elliptisch in sich recurrirende, von außen nach innen in der Abweichung schnell zunehmende Linien umgiebt. Der westlichste und der östlichste Theil dieser asiatischen Curve ohne Abweichung sind gleich der atlantischen Null-Linie von Süden

nach Norden, und in dem Raume vom caspischen Becken bis Lapland sogar von *ESD* nach *NNW* gerichtet. Das dritte System, das der Südsee, am wenigsten erforscht, ist das kleinste von allen; und bildet, fast gänzlich im Süden vom geographischen Aequator gelegen, ein geschlossenes Oval von concentrischen Linien, deren Abweichung, entgegengesetzt dem, was wir bei dem nordöstlichen Theile des asiatischen Systems bemerkt, von außen nach innen abnimmt. Wir kennen, wenn wir unser Urtheil auf die Magnet-Declination an den Küsten gründen, in dem afrikanischen Continent ⁸⁸ nur Linien, die eine westliche Abweichung von 6° bis 29° offenbaren; denn die atlantische Linie ohne Abweichung hat (nach Purchas) schon im Jahre 1605 die Südspitze von Afrika (das Vorgebirge der guten Hoffnung) verlassen, um sich weiter von Osten nach Westen zu begeben. Die Möglichkeit, daß in Central-Afrika eine eiförmige Gruppe concentrischer Abweichungslinien, bis 0° abnehmend, sich irgendwo finden könne, der der Südsee ähnlich, ist aus Gründen eben so wenig zu bevorzugen als zu läugnen.

Der atlantische Theil der amerikanischen Curve ohne Abweichung ist durch eine vortreffliche Arbeit des Oberst Sabine in beiden Hemisphären für das Jahr 1840, mit Benutzung von 1480 Beobachtungen und Beachtung der secularen Veränderung, genau bestimmt worden. Sie läuft (unter 70° südl. Breite ohngefähr in 21° westl. Länge aufgefunden ⁸⁹) gegen *NNW*, gelangt bis 3° östlich von Cook's Sandwich-Lande und bis $9^{\circ} \frac{1}{2}$ östlich von Süd-Georgien, nähert sich der brasilianischen Küste, in die sie eintritt bei Cap Frio, 2° östlich von Rio Janeiro; durchstreicht den südlichen Neuen Continent nur bis Br. — $0^{\circ} 36'$, wo sie denselben etwas östlich vom Gran Para bei dem Cap Tigioca am Neben-Ausfluß des Amazonen-

stroms (Rio do Para) wieder verläßt: um erst den geographischen Aequator in westl. Lg. $50^{\circ} 6'$ zu schneiden, dann, bis zu 5° nördlicher Breite in 22 geogr. Meilen Entfernung der Küste von Guyana, später dem Bogen der Kleinen Antillen bis zum Parallel von 18° folgend, in Br. $34^{\circ} 50'$, Lg. $76^{\circ} 30'$ nahe bei Cape Lookout (südöstlich von Cap Hattaras) das Littoral von Nord-Carolina zu berühren. Im Inneren von Nordamerika setzt die Curve ihre nordwestliche Richtung bis Br. $41^{\circ} \frac{1}{2}$, Lg. 80° gegen Pittsburgh, Meadville und den See Erie fort. Es ist zu vermuthen, daß sie seit 1840 schon nahe um einen halben Grad weiter gegen Westen vorge-rückt ist.

Die australo-asiatische Curve ohne Abweichung kann, wenn man mit Erman den Theil derselben, welcher sich plötzlich von Kasan nach Archangel und dem russischen Lap-lande hinaufzieht, für identisch mit dem Theile des molukfischen und japanischen Meeres hält, kaum in der südlichen Halb-kugel bis zum 62ten Grade verfolgt werden. Dieser Anfang liegt westlicher von Van Diemen's Land, als man ihn bisher vermuthet hatte; und die 3 Punkte, in denen Sir James Ross⁹⁰ auf seiner antarctischen Entdeckungsreise 1840 und 1841 die Curve ohne Abweichung durchschnitten hat, befinden sich alle in den Parallelen von 62° , $54^{\circ} \frac{1}{2}$ und 46° , zwischen 131° und $133^{\circ} 20'$ östlicher Länge: also meist süd-nördlich, meridianartig, gerichtet. In ihrem weiteren Laufe durchstreicht die Curve das westliche Australien von der südlichen Küste von Nuyts-Land an (etwa 10 Längengrade in Westen von Adelaide) bis zu der nördlichen Küste nahe bei Van Sittart River und Mount Cockburn, um von da in das Meer des indischen Archipelagus zu treten: in eine Weltgegend, in der genauer

als irgendwo anders von Capitän Elliot in den Jahren 1846 bis 1848 zugleich Inclination, Declination, Total-Intensität, wie Maximum und Minimum der horizontalen Intensität erforscht worden sind. Hier geht die Linie südlich von Flores und durch das Innere der kleinen Sandalwood-Insel⁹¹ von 118° bis 91° westlicher Länge in eine genau ost-westliche Richtung über, wie dies Barlow sehr wahr schon 16 Jahre früher verzeichnet hatte. Von dem zuletzt angegebenen Meridiane an steigt sie, nach der Lage zu urtheilen, in welcher Elliot der Curve von 1° östlicher Abweichung bis Madras gefolgt ist, in $9^{\circ}\frac{1}{2}$ südlicher Breite gegen NW auf. Ob sie, den Aequator ohngefähr im Meridian von Ceylon schneidend, in den Continent von Asien zwischen Cambay Gulf und Guzurate, oder westlicher im Meerbusen von Mascate eintritt⁹², und so identisch ist⁹³ mit der Curve ohne Abweichung, die aus dem Becken des caspischen Meeres gegen Süden fortzulaufen scheint; ob sie vielmehr (wie Erman will) schon vorher, östlich gekrümmt, zwischen Borneo und Malacca aufsteigend, in⁹⁴ das japanische Meer gelangt und durch den ochotskischen Meerbusen in Ost-Asien eindringt: darüber kann hier keine sichere Auskunft gegeben werden. Es ist lebhaft zu bedauern, daß, bei der großen Frequenz der Navigation nach Indien, Australien, den Philippinen und der Nordost-Küste von Asien, eine Anzahl von Materialien in Schiffsjournalen verborgen und unbenuzt geblieben sind, ohne, zu allgemeinen Ansichten führend, Süd-Asien mit dem mehr durchforschten Nord-Asien zu verbinden, und Fragen zu lösen, die schon 1840 angeregt worden. Um daher nicht das Gewisse mit dem Ungewissen zu vermengen, beschränke ich mich auf den sibirischen Theil des asiatischen Continents, so weit wir

ihn gegen Süden bis zum Parallel von 45° durch Erman, Hansteen, Due, Kupffer, Fuß und meine eigenen Beobachtungen kennen. In keinem anderen Theil der Erde hat man auf der Feste Magnetlinien in solcher Ausdehnung verfolgen können; und die Wichtigkeit, welche in dieser Hinsicht das europäische und asiatische Rußland darbietet, war schon vor Leibniz⁹⁵ scharfsinnig geahndet worden.

Um von Westen gegen Osten, von Europa aus, der gewöhnlichen Richtung sibirischer Expeditionen zu folgen, beginnen wir mit dem nördlichen Theile des caspischen Meeres: und finden in der kleinen Insel Wirutschikassa, in Astrachan, am Elton-See, in der Kirghisen-Steppe, und in Uralst am Jait, zwischen Br. $45^{\circ} 43'$ und $51^{\circ} 12'$, Lg. $44^{\circ} 15'$ und $49^{\circ} 2'$ die Abweichung von $0^{\circ} 10'$ Ost zu $0^{\circ} 37'$ West schwanken.⁹⁶ Weiter nördlich neigt sich diese Curve ohne Abweichung etwas mehr gegen Nordwest, durchgehend in der Nähe von Nishnei-Nowgorod⁹⁷ (im Jahr 1828 zwischen Osablifowo und Dostino, im Parallel von 56° und Lg. $40^{\circ} 40'$). Sie verlängert sich gegen das russische Lapland zwischen Archangel und Kola, genauer nach Hansteen (1830) zwischen Umba und Ponoj.⁹⁸ Erst wenn man fast $\frac{2}{3}$ der größten Breite des nördlichen Asiens gegen Osten durchwandert ist, unter dem Parallel von 50° bis 60° (einen Raum, in dem jetzt ganz östliche Abweichung herrscht), gelangt man an die Linie ohne Abweichung, welche bei dem nordöstlichen Theile des Baikalsees westlich von Wiluiff nach einem Punkt aufsteigt, der im Meridian von Jakutsk ($127^{\circ} \frac{1}{2}$) die Breite von 68° erreicht: um sich dort, die äußere Hülle der mehrerwähnten östlichen Gruppe eisförmiger concentrischer Variations-Linien bildend, gegen Schotsk (Lg. $140^{\circ} 50'$) herabzusetzen, den Bogen der kurilischen Inseln zu

durchschneiden und südlich in das japanische Meer zu bringen. Die Curven von 5° bis 15° östlicher Abweichung, welche den Raum zwischen der west- und ost-asiatischen Linie ohne Abweichung füllen, haben alle einen concaven Scheitel gegen Norden gekehrt. Das Maximum ihrer Krümmung fällt nach Erman in Lg. $77^{\circ} 40'$, fast in einen Meridian zwischen Omisk und Tomsk: also nicht sehr verschieden von dem Meridian der Südspitze der hindostanischen Halbinsel. Die geschlossene eiförmige Gruppe erstreckt sich in ihrer Längsare 28 Breitengrade bis gen Korea.

Eine ähnliche Gestalt, aber in noch größeren Dimensionen, zeigt sich in der Südsee. Die geschlossenen Curven bilden dort ein Oval zwischen 20° nördlicher und 42° südlicher Breite. Die Hauptare liegt in Lg. $132^{\circ} 20'$. Was diese seltsame Gruppe, welche dem großen Theil nach der südlichen Hemisphäre und bloß dem Meere angehört, von der continentalen Ost-Asiens vorzüglich unterscheidet, ist, wie schon oben bemerkt, die relative Folge im Werth der Variations-Curven. In der ersteren nimmt die (östliche) Abweichung ab, in der zweiten nimmt die (westliche) Abweichung zu, je tiefer man in das Innere des Ovals eindringt. Man kennt aber dieses Innere der geschlossenen Gruppe in der südlichen Halbkugel nur von 8° bis 5° Abweichung. Sollte darin ein Ring südlicher Abweichung, und noch mehr nach innen jenseits der geschlossenen Null-Linie wieder westliche Abweichung gefunden werden?

Die Curven ohne Abweichung, wie alle magnetische Linien, haben ihre Geschichte. Es steigt dieselbe leider noch nicht zwei Jahrhunderte aufwärts. Einzelne Angaben finden sich allerdings früher bis in das 14te und 15te Jahrhundert. Hansteen hat

auch hier wieder das große Verdienst gehabt zu sammeln und scharfsinnig zu vergleichen. Es scheint, als bewege sich der nördliche Magnetpol von West nach Ost, der südliche von Ost nach West: aber genaue Beobachtungen lehren, daß die verschiedenen Theile der isogonischen Curven sehr ungleichmäßig fortschreiten und da, wo sie parallel waren, den Parallelismus verlieren; daß die Gebiete der Declination Einer Benennung in nahen Erdtheilen sich nach sehr verschiedenen Richtungen erweitern und verengen. Die Linien ohne Abweichung in West-Asien und im atlantischen Ocean schreiten von Osten nach Westen vor: die erstere derselben durchschnitt gegen 1716 Tobolsk; 1761, zu Chappe's Zeit, Zefatherinenburg, später Kasan; 1729 war sie zwischen Osablifowo und Doskino (unfern Nishnei-Nowgorod): also in 113 Jahren war sie $24^{\frac{3}{4}}$ in Westen fortgerückt. Ist die Azoren-Linie, die Christoph Columbus am 13 September 1492 bestimmte, dieselbe, welche nach den Beobachtungen von Davis und Keeling 1607 durch das Vorgebirge der guten Hoffnung gegangen ist⁹⁹; dieselbe, die wir jetzt als west-atlantische von der Mündung des Amazonenflusses nach dem Littoral von Nord-Carolina gerichtet sehen: so fragt man, was aus der Linie ohne Abweichung geworden sei, welche 1600 durch Königsberg, 1620 (?) durch Kopenhagen, 1657 bis 1662 durch London, und doch erst 1666 nach Picard durch das östlicher gelegene Paris, so wie etwas vor 1668 durch Lissabon¹⁰⁰ ging? Auffallend sind diejenigen Punkte der Erde, in welchen lange Perioden hindurch kein seculares Fortschreiten bemerkt worden ist. Sir John Herschel hat schon auf einen solchen langen Stillstand in Jamaica¹ aufmerksam gemacht, wie Euler² und Barlow³ auf einen ähnlichen im südlichen Australien.

Polarlicht.

Wir haben die drei Elemente des tellurischen Magnetismus, d. i. die drei Hauptarten seiner Manifestation: Intensität, Inclination und Declination, in ihren von den geographischen Ortsverhältnissen abhängigen, nach Tages- und Jahreszeiten veränderlichen Bewegungen ausführlich behandelt. Die außerordentlichen Störungen, welche zuerst an der Declination beobachtet wurden, sind, wie Halley geahndet, wie Dufay und Hiorter erkannt haben, theils Vorboten, theils Begleiter des magnetischen Polarlichts. Ueber die Eigenthümlichkeiten dieses, oft durch Farbenpracht so ausgezeichneten Lichtprocesses der Erde habe ich mit ziemlicher Vollständigkeit in dem Naturgemälde gehandelt, und neuere Beobachtungen sind im allgemeinen den dort geäußerten Ansichten günstig gewesen. „Das Nordlicht ist nicht sowohl als eine äußere Ursach der Störung in dem Gleichgewicht der Vertheilung des Erd-Magnetismus geschildert worden; sondern vielmehr als eine bis zum leuchtenden Phänomen gesteigerte tellurische Thätigkeit, deren eine Seite die unruhige Schwingung der Nadel und deren andere das polare Leuchten des Himmelsgewölbes ist.“ Das Polarlicht erscheint nach dieser Ansicht als eine Art stiller Entladung, als das Ende eines magnetischen Ungewitters; in dem electricischen erneuert sich ebenfalls durch eine Licht-Entwicklung, durch Blitze, von krachendem Donner begleitet, das gestörte Gleichgewicht der Electricität. Die wiederholte ⁴ Aufstellung einer bestimmten Hypothese gewährt in einer so verwickelten und geheimnißvollen Erscheinung wenigstens den Vortheil, daß die Bestrebungen dieselbe zu widerlegen zu einer anhaltenderen und sorgfältigeren Beobachtung der einzelnen Vorgänge anreizen.

Bei der rein objectiven Beschreibung dieser Vorgänge verweilend, und hauptsächlich die schöne und einzige Reihe ununterbrochener achtmonatlicher Forschungen benutzend, die wir dem Aufenthalte ausgezeichneten Physiker⁵ im äußersten Norden von Scandinavien (1838 — 1839) verdanken: richten wir zuerst unsere Aufmerksamkeit auf die allmählig am Horizont aufsteigende dunkle Nebelwand, das sogenannte schwarze Segment des Nordlichts.⁶ Die Schwärze ist, wie Argelander bemerkt, nicht eine Folge des Contrastes; denn sie ist bisweilen früher sichtbar, als der helleuchtende Bogen sie zu begrenzen anfängt. Es ist ein Proceß, der in einem Theil des Luftkreises vorgeht; denn nichts beweist bisher eine materielle Beimischung, welche die Verdunkelung erregte. Die kleinsten Sterne erkennt das Fernrohr in dem schwarzen Segment, wie in den farbigen, lichten Theilen des schon völlig entwickelten Nordlichts. In den höheren Breiten scheint das schwarze Segment weit seltener zu sein als in den mittleren. Bei sehr reinem Himmel im Februar und März, wo das Polarlicht häufig war, fehlte es dort ganz; und Keilhau hat einen vollen Winter lang es in Lapland (zu Talwig) gar nicht gesehen. Durch genaue Bestimmungen von Sternhöhen zeigte Argelander, daß kein Theil des Polarlichts auf diese Höhen Einfluß ausübt. Auch außerhalb der Segmente erscheinen, doch selten, schwarze Strahlen, die Hansteen⁷ und ich mehrfach haben aufsteigen sehen; mit ihnen erscheinen rundliche schwarze Flecken, welche von Lichträumen eingeschlossen sind und mit denen Silberström sich besonders beschäftigt hat.⁸ Auch in der so seltenen Nordlichts-Krone, welche durch Wirkung von linearperspectivischen Projectionen in ihrem Höhenpunkte der Magnet-Inclination des Orts entspricht, ist die Mitte meist von

sehr dunkler Schwärze. Bravais hält diese und die schwarzen Strahlen für optische Contrast-Täuschungen. Von den Lichtbogen erscheinen oft mehrere zugleich, in seltenen Fällen 7 — 9, parallel gegen den Zenith fortschreitend; bisweilen fehlen sie ganz. Die Strahlenbündel und Lichtsäulen nehmen die vielfältigsten Gestalten an: gekrümmt, guirlandenartig ausgezackt, hafenförmig, kurzgestammt oder wallenden Segeltüchern ähnlich.⁹

In den hohen Breiten „ist die gewöhnlich herrschende Farbe des Polarlichts die weiße; ja die milchicht weiße, wenn die Intensität schwach ist. So wie der Farbenton lebhafter wird: geht er ins Gelbe über; die Mitte des breiten Strahls wird hochgelb, und an beiden Rändern entsteht abgefondert Roth und Grün. Geht die Strahlung in schmaler Länge vor, so liegt das Roth oben und das Grün unten. Geht die Bewegung seitwärts von der Linken zur Rechten oder umgekehrt, so entsteht immer das Roth nach der Seite hin, wohin sich der Strahl bewegt, und das Grün bleibt zurück.“ Sehr selten hat man von den grünen oder rothen Strahlen eine der Complementar-Farben allein gesehen. Blau sieht man gar nicht; und ein dunkles Roth, wie der Refler einer Feuerbrunst, ist im Norden so selten, daß Siljeström es nur ein einziges Mal wahrgenommen hat.¹⁰ Die erleuchtende Stärke des Nordlichts erreicht selbst in Finnmarken nie ganz die des Vollmonds.

Der, schon so lange von mir behauptete, wahrscheinliche Zusammenhang des Polarlichts mit der Bildung „der kleinsten und feinsten Cirrus-Wölkchen (von den Landleuten Schäfchen genannt), deren parallele Reihen in gleichen Abständen von einander meist der Richtung des magnetischen

Meridians folgen“, hat in den neuesten Zeiten allerdings viele Vertheidiger gefunden; ob aber, wie der nordische Reisende Thienemann und Admiral Wrangel wollen, die gereihten Schäfchen das Substrat des Polarlichts oder nicht vielmehr, wie Capitän Franklin, Dr. Richardson und ich vermuthen, die Wirkung eines das magnetische Ungewitter begleitenden, von demselben erzeugten, meteorologischen Processes seien: bleibt noch unentschieden.¹¹ Neben der mit der Magnet-Declination zu vergleichenden Richtung regelmäßig geordneter, feinsten Cirrus-Häufchen (Bandes polaires), hat mich auf dem mericanischen Hochlande (1803) und in dem nördlichen Asien (1829) das Umdrehen der Convergenzpunkte lebhaft beschäftigt. Wenn das Phänomen recht vollständig ist: so bleiben die beiden scheinbaren Convergenzpunkte nicht fest, der eine in Nordost, der andere in Südwest (in der Richtung der Linie, welche die höchsten Punkte der bei Nacht leuchtenden Bogen des Polarlichts mit einander verbindet); sondern sie bewegen¹² sich allmählig gegen Ost und West. Eine ganz ähnliche Drehung oder Translation der Linie, welche im wirklichen Nordlicht die Gipfel der Lichtbogen verbindet, indem die Füße der Lichtbogen (Stützpunkte auf dem Horizont) sich im Azimuth verändern und von D—W gegen N—S wandern; ist mit vieler Genauigkeit einige Male in Finnmarken¹³ beobachtet worden. Die Schäfchen, zu Polarstreifen gereiht, entsprechen nach den hier entwickelten Ansichten der Lage nach den Lichtsäulen oder Strahlenbündeln, welche im Nordlicht aus den, meist ost-westlich gerichteten Bogen gegen den Zenith aufsteigen; sind also nicht mit diesen Bogen selbst zu verwechseln, von denen Parry einen nach einer Nordlicht=Nacht bei hellem Tage erkennbar stehen bleiben sah. Dieselbe Erscheinung hat sich am 3 Sept. 1827 in England

wiederholt. Man erkannte bei Tage sogar aus dem Lichtbogen auffchießende Lichtsäulen.¹⁴

Es ist mehrmals behauptet worden, daß um den nördlichen Magnetpol ein perpetuirlicher Lichtproceß am Himmelsgewölbe herrsche. Bravais, welcher 200 Nächte ununterbrochen beobachtet hat, in denen 152 Nordlichter genau beschrieben werden konnten, versichert allerdings, daß Nächte ohne Nordschein sehr exceptionell seien; aber er hat bei sehr heiterer Luft und ganz freier Aussicht auf den Horizont bisweilen nächtlich gar keine Spur des Polarlichts bemerkt, oder das magnetische Ungewitter erst sehr spät beginnen sehen. Die größte absolute Zahl der Nordlichter gehört dem Ausgang des Monats September an; und da der März eine relative Mehrheit im Vergleich mit Februar und April zu zeigen scheint, so kann man auch hier, wie bei anderen magnetischen Erscheinungen, einen Zusammenhang mit den Aequinoctien vermuthen. Zu den Beispielen von den Nordlichtern, die in Peru, von den Südlichtern, die in Schottland gesehen wurden, muß ein farbiges Nordlicht gezählt werden, welches der Cap. Lafond auf der *Candide* am 14 Januar 1831 südlich von Neu-Holland in 45° Breite volle zwei Stunden lang beobachtete.¹⁵

Das Geräusch wird von den französischen Physikern und von Siljeström in Boffetop¹⁶ mit eben der Bestimmtheit geläugnet als von Thienemann, Barry, Franklin, Richardson, Wrangel und Anjou. Die Höhe des Phänomens hat Bravais auf wenigstens 100000 Meter (51307 Toisen, über dreizehn geogr. Meilen) geschätzt: wenn ein sonst sehr verdienstvoller Beobachter, Herr Farquharson, sie kaum zu 4000 Fuß ansah. Die Fundamente aller dieser Bestimmungen sind sehr

unsicher, und durch optische Täuschungen, wie durch Voraussetzungen über die reelle Identität des gleichzeitig an 2 entfernten Orten gesehenen Lichtbogens verunstaltet. Unbezweifelt dagegen ist der Einfluß des Nordlichts auf Declination, Inclination, horizontale und totale Intensität: also auf alle Elemente des Erd-Magnetismus; doch in verschiedenen Stadien der großen Erscheinung und bei einzelnen jener Elemente sehr ungleichartig. Die ausführlichsten Untersuchungen darüber sind die lapländischen von zwei verdienstvollen Beobachtern, Siljeström¹⁷ und Bravais (1838 — 1839); wie die canadischen von Toronto (1840 — 1841), welche Sabine so scharfsinnig discutirt hat¹⁸. Bei unseren verabredeten gleichzeitigen Beobachtungen, die in Berlin (im Mendelssohn-Bartholdy'schen Garten), in Freiberg unter der Erde, in Petersburg, Kasan und Nikolajew angestellt wurden: wirkte das zu Alford in Aberdeenshire (Br. 57° 15') gesehene Nordlicht vom 19 und 20 December 1829 an allen diesen Orten auf die Abweichung; an einigen, in denen auch andere Elemente des tellurischen Magnetismus untersucht werden konnten, auf Abweichung, Intensität und Inclination zugleich.¹⁹ Während des schönen Nordlichts, das Prof. Forbes in Edinburg am 21 März 1833 beobachtete, wurde in dem Bergwerk zu Freiberg die Inclination auffallend klein, und die Abweichung so gestört, daß man kaum den Winkel ablesen konnte. Ein Phänomen, das einer besonderen Aufmerksamkeit werth scheint, ist eine Abnahme der totalen Intensität während der zunehmenden Thätigkeit des Nordlicht-Processes. Die Messungen, welche ich mit Oltmanns in Berlin während eines schönen Nordlichts am 20 December 1806 gemacht²⁰ und welche sich in Hansteen's „Untersuchungen über den Magnetismus der Erde“ abgedruckt finden, wurden

von Sabine und den französischen Physikern in Lapland 1838 bestätigt.²¹

Wenn in dieser sorgfältigen Entwicklung des dermaligen Zustandes unsrer positiven Kenntnisse von den Erscheinungen des Erd-Magnetismus ich mich auf eine bloß objective Darstellung da habe beschränken müssen, wo selbst eine, nur auf Induction und Analogien gegründete, theoretische Gedankenverbindung noch nicht befriedigend dargeboten werden kann; so habe ich in meiner Arbeit eben so absichtlich die geognostischen Wagnisse vermieden, in denen man die Richtung großer Gebirgszüge und geschichteter Gebirgsmassen in ihrer Abhängigkeit von der Richtung magnetischer Linien, besonders der isoklinischen und isodynamischen, betrachtet. Ich bin weit davon entfernt den Einfluß aller kosmischen Urkräfte, der dynamischen und chemischen, wie magnetischer und electricischer Strömungen auf die Bildung krystallinischer Gebirgsarten und Ausfüllung von Gangspalten²² zu läugnen; aber bei der fortschreitenden Bewegung aller magnetischen Linien und ihrer Gestalt-Veränderung im Fortschreiten kann ihre dermalige Lage uns wohl nicht über die Richtungs-Verhältnisse der in der Urzeit zu sehr verschiedenen Epochen gehobenen Gebirgsketten, über die Faltung der sich erhärtenden, Wärme ausströmenden Erdrinde belehren.

Anderer Art, nicht den Erd-Magnetismus im allgemeinen, sondern nur sehr partielle, örtliche Verhältnisse berührend, sind diejenigen geognostischen Erscheinungen, welche man mit dem Namen des Gebirgs-Magnetismus²³ bezeichnen kann. Sie haben mich auf das lebhafteste vor meiner amerikanischen Reise bei Untersuchungen über den polarischen Serpentinsteine des Haidberges in Franken (1796) beschäftigt, und sind damals in Deutschland Veranlassung zu vielem,

freilich harmlosen, litterarischen Streite geworden. Sie bieten eine Reihe sehr zugänglicher, aber in neuerer Zeit vernachlässigter, durch Beobachtung und Experiment überaus unvollkommen gelöster Probleme dar. Die Stärke des Gesteinmagnetismus kann in einzelnen abgeschlagenen Fragmenten von Hornblende- und Chlorit-Schiefer, Serpentin, Syenit, Dolerit, Basalt, Melaphyr und Trachyt durch Abweichung der Nadel und durch Schwingungs-Versuche zur Bestimmung der Intensitäts-Zunahme geprüft werden. Man kann auf diesem Wege, durch Vergleichung des specifischen Gewichtes, durch Schlemmung der fein gepulverten Masse und Anwendung des Microscops, entscheiden, ob die Stärke der Polarität nicht mehrfach, statt von der Quantität der eingemengten Körner Magneteisens und Eisen-Drybuls, von der relativen Stellung dieser Körner herrühre. Wichtiger in kosmischer Hinsicht aber ist die, von mir längst wegen des Haidberges angeregte Frage: ob es ganze Gebirgsrücken giebt, in denen nach entgegengesetzten Abfällen eine entgegengesetzte Polarität²¹ gefunden wird? Eine genaue astronomische Orientirung der Lage solcher Magnet-Achsen eines Berges wäre dann von großem Interesse, wenn nach beträchtlichen Zeitperioden entweder eine Veränderung der Achsenrichtung oder eine, wenigstens scheinbare Unabhängigkeit eines solchen kleinen Systems magnetischer Kräfte von den drei variablen Elementen des totalen Erd-Magnetismus erkannt würde.

Anmerkungen.

¹ (S. 14.) Kosmos Bd. III. S. 107 (vergl. auch Bd. II. S. 464 und 508).

² (S. 18.) »La loi de l'attraction réciproque au carré de la distance est celle des émanations qui partent d'un centre. Elle parait être la loi de toutes les forces dont l'action se fait apercevoir à des distances sensibles, comme on l'a reconnu dans les forces électriques et magnétiques. Une des propriétés remarquables de cette loi est que, si les dimensions de tous les corps de l'univers, leurs distances mutuelles et leurs vitesses venaient à croître ou à diminuer proportionnellement, ils décriraient des courbes entièrement semblables à celles qu'ils décrivent: en sorte que l'univers, réduit ainsi successivement jusqu'au plus petit espace imaginable, offrirait toujours les mêmes apparences aux observateurs. Ces apparences sont par conséquent indépendantes des dimensions de l'univers, comme, en vertu de la loi de la proportionnalité de la force à la vitesse, elles sont indépendantes du mouvement absolu qu'il peut y avoir dans l'espace.« Laplace, Exposition du Syst. du Monde (5^{me} ed.) p. 385.

³ (S. 19.) Gauß, Bestimmung des Breitenunterschiedes zwischen den Sternwarten von Göttingen und Altona 1828 S. 73. (Beide Sternwarten liegen durch ein merkwürdiges Spiel des Zufalls auf weniger als eine Hausbreite in einerlei Meridian.)

⁴ (S. 19.) Bessel über den Einfluß der Unregelmäßigkeiten der Figur der Erde auf geodätische Arbeiten und ihre Vergleichung mit astronomischen Bestimmungen, in Schumacher's Astron. Nachr. Bd. XIV. No. 329 S. 270; auch Bessel und Baeyer, Gradmessung in Ostpreußen 1838 S. 427-442.

⁵ (S. 20.) Bessel über den Einfluß der Veränderungen des Erdkörpers auf die Polhöhen, in Lindenau und Bohnenberger, Zeitschrift für Astronomie Bd. V. 1818 S. 29. „Das Gewicht der Erde in Pfunden ausgedrückt = 9933×10^{21} , und die ortsverändernde Masse 947×10^{14} .“

⁶ (S. 20.) Auf die theoretischen Arbeiten jener Zeit sind gefolgt die von Maclaurin, Clairaut und d'Alembert, von Legendre und Laplace. Der letzteren Epoche ist beizuzählen das (1834) von Jacobi aufgestellte Theorem: daß Ellipsoide mit drei ungleichen Axen eben so gut unter gewissen Bedingungen Figuren des Gleichgewichts sein können als die beiden früher angegebenen Umdrehungs-Ellipsoide. (S. den Aufsatz des Erfinders, der seinen Freunden und Bewunderern so früh entrisen wurde, in Poggenдорff's Annalen der Physik und Chemie Bd. XXXIII. 1834 S. 229—233.)

⁷ (S. 21.) Die erste genaue Vergleichung einer großen Zahl von Gradmessungen (der vom Hochlande von Quito; zweier ost-indischer; der französischen, englischen und neuen lapländischen) wurde im 19ten Jahrhundert mit vielem Glücke von Walbeck in Abo 1819 unternommen. Er fand den mittleren Werth für die Abplattung $\frac{1}{302,781}$, für den Meridiangrad 57009',758. Leider! ist seine Arbeit (die Abhandlung De forma et magnitudine telluris) nicht vollständig erschienen. Durch eine ehrenvolle Aufforderung von Gauß angeregt, hat dieselbe Eduard Schmidt in seinem ausgezeichneten Lehrbuche der mathematischen Geographie wiederholt und verbessert, indem er sowohl die höheren Potenzen der Abplattung als die in Zwischenpunkten beobachteten Polhöhen berücksichtigte, auch die hannöversche Gradmessung, wie die von Biot und Arago bis Formentera verlängerte hinzufügte. Die Resultate erschienen, allmählig vervollkommnet, in drei Formen: in Gauß, Bestimmung der Breitenunterschiede von Göttingen und Altona 1828 S. 82; in Eduard Schmidt's Lehrbuch der mathem. und phys. Geographie 1829 Th. I. S. 183 und 194—199; und endlich in der Vorrede zu diesem Buche S. V. Das letzte Resultat ist: Meridiangrad 57008',655; Abplattung $\frac{1}{297,479}$. Der ersten Besselschen Arbeit ging (1830) unmittelbar voraus die wichtige Schrift Airy's: Figure of the Earth, in der

Encyclopaedia metropolitana, Ed. von 1849, p. 220 und 239. (Halbe Polar-Achse 20853810 feet = 3261163,7 Toisen, halbe Aequatorial-Achse 20923713 feet = 3272095,2 Toisen, Meridian-Quadrant 32811980 feet = 5131208,0 Toisen, Abplattung $\frac{1}{298,33}$.)

Unser großer Königsberger Astronom hat sich ununterbrochen in den Jahren 1836 bis 1842 mit Berechnungen über die Figur der Erde beschäftigt; und da seine frühere Arbeit von ihm durch spätere verbessert wurde, so ist die Vermengung der Resultate von Untersuchungen aus verschiedenen Zeitepochen in vielen Schriften eine Quelle der Verwirrung geworden. Bei Zahlen, die ihrer Natur nach abhängig von einander sind, ist eine solche Vermengung, überdies noch verschlimmert durch fehlerhafte Reductionen der Maaße (Toisen, Meter, engl. Fuße, Meilen von 60 und 69 auf den Aequatorial-Grad), um so bedauernswürdiger, als dadurch Arbeiten, welche einen großen Aufwand von Anstrengung und Zeit gekostet haben, in dem unvortheilhaftesten Lichte erscheinen. Im Sommer 1837 gab Bessel zwei Abhandlungen heraus: die eine über den Einfluß der Unregelmäßigkeit der Erdgestalt auf geodätische Arbeiten und ihre Vergleichung mit den astronomischen Bestimmungen, die andre über die den vorhandenen Messungen von Meridian-Bogen am meisten entsprechenden Arcen des elliptischen Rotations-Sphäroids (Schum. Astr. Nachr. Bd. XIV. No. 329 S. 269 und No. 333 S. 345). Resultate der Berechnung waren: halbe große Arc 3271953,854; halbe kleine Arc 3261072,900; Länge eines mittleren Meridiangrades, d. h. des neunzigsten Theiles des Erd-Quadranten (in der auf dem Aequator senkrechten Richtung), 57011,453. Ein von Puissant aufgefundenen Fehler von 68 Toisen in der Berechnungsart, welche im Jahr 1808 von einer Commission des National-Instituts angewandt worden war, um die Entfernung der Parallelen von Montjouy bei Barcelona und Mola auf Formentera zu bestimmen, veranlaßte Bessel im Jahr 1841 seine frühere Arbeit über die Dimensionen des Erdkörpers einer neuen Revision zu unterwerfen (Schum. Astr. Nachr. Bd. XIX. No. 438 S. 97—116). Es ergab dieselbe für die Länge des Erd-Quadranten 5131179,81 (statt daß bei der ersten Bestimmung des Meters 5130740 Toisen angenommen worden waren), und für die mittlere Länge eines Meridiangrades 57013,109 (um 0,611 mehr als der Meridiangrad unter 45° Breite). Die im Text

angeführten Zahlen sind die Resultate dieser letzten Bessel'schen Untersuchung. Die 5131180 Toisen Länge des Meridian-Quadranten (mit einem mittleren Fehler von 255,63) sind = 10000856 Metern; der ganze Erdumfang ist also gleich 40003423 Metern (oder 5390,98 geographischen Meilen). Der Unterschied von der ursprünglichen Annahme der Commission des poids et mesures, nach welcher das Meter der vierzig-millionste Theil des Erdumfanges sein sollte, beträgt also für den Erdumfang 3423^m oder 1756¹/₂₇: fast eine halbe geogr. Meile (genau $\frac{46}{100}$). Nach der frühesten Bestimmung war die Länge des Meters festgesetzt zu 0,5130740; nach Bessel's letzter Bestimmung sollte dasselbe gleich 0,5131180 sein. Der Unterschied für die Länge des Meters ist also 0,038 Pariser Linien. Das Meter hätte nach Bessel, statt zu 443,296 Pariser Linien, was seine dormalige legale Geltung ist, zu 443,334 festgesetzt werden sollen. (Vergleiche auch über dieses sogenannte Naturmaaß Faye, Leçons de Cosmographie 1852 p. 93.)

⁸ (S. 23.) Airy, Figure of the Earth in der Encycl. metrop. 1849 p. 214—216.

⁹ (S. 23.) Biot, Astr. physique T. II. p. 482 und T. III. p. 482. Eine sehr genaue und um so wichtigere Parallelgrad-Messung, als sie zur Vergleichung des Niveau's des mittelländischen und atlantischen Meeres geführt hat, ist auf den Parallelkreisen der Porenäen-Kette von Coraboeuf, Delcroz und Peytier ausgeführt worden.

¹⁰ (S. 24.) Kosmos Bd. I. S. 175. »Il est très remarquable qu'un Astronome, sans sortir de son observatoire, en comparant seulement ses observations à l'analyse, eût pu déterminer exactement la grandeur et l'aplatissement de la terre, et sa distance au soleil et à la lune, élémens dont la connaissance a été le fruit de longs et pénibles voyages dans les deux hémisphères. Ainsi la lune, par l'observation de ses mouvemens, rend sensible à l'Astronomie perfectionnée l'ellipticité de la terre, dont elle fit connaitre la *rondeur* aux premiers Astronomes par ses éclipses.« (Laplace, Expos. du Syst. du Monde p. 230.) Wir haben bereits oben (Kosmos Bd. III. S. 498 und 540) eines fast analogen optischen Vorschlags von Arago erwähnt, gegründet auf die Bemerkung, daß die Intensität

des aschfarbenen Lichtes, d. h. des Erdenlichtes, im Monde uns über den mittleren Zustand der Diaphanität unserer ganzen Atmosphäre belehren könne. Vergl. auch Airy in der *Encycl. metrop.* p. 189 und 236 über Bestimmung der Erd-Abplattung durch die Bewegungen des Mondes, wie p. 231—235 über Rückschlüsse auf die Gestalt der Erde aus Präcession und Nutation. Nach Biot's Untersuchungen würde die letztere Bestimmung für die Abplattung nur Grenzzahlen geben können ($\frac{1}{304}$ und $\frac{1}{578}$), die sehr weit von einander entfernt liegen (*Astron. physique* 3^e éd. T. II. 1844 p. 463).

¹¹ (S. 24.) Laplace, *Mécanique céleste* éd. de 1846 T. V. p. 16 und 53.

¹² (S. 24.) *Kosmos* Bd. II. S. 421 Anm. 1. Am frühesten ist wohl die Anwendung des Isochronismus der Pendel-Schwingungen in den astronomischen Schriften der Araber von Eduard Bernard in England erkannt worden; s. dessen Brief aus Oxford vom April 1683 an Dr. Robert Huntington in Dublin (*Philos. Transact.* Vol. XII. p. 567).

¹³ (S. 24.) Fréret de l'étude de la Philosophie ancienne, in den *Mém. de l'Acad. des Inscr.* T. XVIII. (1753) p. 100.

¹⁴ (S. 25.) Picard, *Mesure de la Terre* 1671 art. 4. Es ist kaum wahrscheinlich, daß die in der Pariser Akademie schon vor 1671 geäußerte Vermuthung über eine nach Breitengraden sich verändernde Intensität der Schwerkraft (Lalande, *Astronomie* T. III. p. 20 § 2668) dem großen Huygens zugehöre, der allerdings schon 1669 der Akademie seinen *Discours sur la cause de la gravité* vorgelegt hatte. Nicht in dieser Abhandlung, sondern in den *additamentis*, von denen eines nach dem Erscheinen von Newton's Principien, deren Huygens erwähnt, (also nach 1687) muß vollendet worden sein, spricht dieser von der Verkürzung des Sekunden-Pendels, die Richer in Cayenne vornehmen mußte. Er sagt selbst: »Maxima pars hujus libelli scripta est, cum Lutetiae degerem (bis 1681), ad eum usque locum, ubi de alteratione, quae pendulis accidit e motu Terrae.« Vergl. die Erläuterung, welche ich gegeben im *Kosmos* Bd. II. S. 520 Anm. 2. Die von Richer in Cayenne angestellten Beobachtungen wurden, wie ich im *Texte*

erwähnt habe, erst 1679, also volle 6 Jahre nach seiner Rückkunft, veröffentlicht; und, was am auffallendsten ist, in den Registern der Académie des Inscriptions geschieht während dieser langen Zeit von Richer's wichtiger zwiefacher Beobachtung der Pendeluhr und eines einfachen Secunden-Pendels keine Erwähnung. Wir wissen nicht, wann Newton, dessen früheste theoretische Speculationen über die Figur der Erde höher als 1665 hinaufreichen, zuerst Kenntniß von Richer's Resultaten erhalten hat. Von Picard's Gradmessung, die schon 1671 veröffentlicht erschien, soll Newton erst sehr spät, 1682, und zwar „zufällig durch Gespräche in einer Sitzung der Royal Society, der er beiwohnte“, Kenntniß erlangt haben: eine Kenntniß, welche, wie Sir David Brewster gezeigt (Life of Newton p. 152), einen überaus wichtigen Einfluß auf seine Bestimmung des Erd-Durchmessers und des Verhältnisses des Falls der Körper auf unserem Planeten zu der Kraft, welche den Mond in seinem Laufe lenkte, ausgeübt hat. Ein ähnlicher Einfluß auf Newton's Ideen läßt sich von der Kenntniß der elliptischen Gestalt des Jupiter voraussetzen, welche Cassini schon vor 1666 erkannte, aber erst 1691 in den Mémoires de l'Académie des Sciences T. II. p. 108 beschrieb. Sollte von einer viel früheren Publication, von welcher Lalande einige Bogen in den Händen Maraldi's sah, Newton etwas erfahren haben? (Vergl. Lalande, Astr. T. III. p. 335 § 3345 mit Brewster, Life of Newton p. 162 und Kosmos Bd. I. S. 420 Anm. 99.) Bei den gleichzeitigen Arbeiten von Newton, Huygens, Picard und Cassini ist es, wegen der damals gewöhnlichen Zögerung in der Publication und oft durch Zufall verspäteten Mittheilung, schwer, auf sichere Spuren des wissenschaftlichen Ideenverkehrs zu gelangen.

¹⁵ (S. 26.) Delambre, Base du Syst. métrique T. III. p. 548.

¹⁶ (S. 26.) Kosmos Bd. I. S. 422 Anm. 3; Plana, Opérations géodésiques et astronomiques pour la Mesure d'un Arc du Parallèle moyen T. II. p. 847; Carlini in den Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1842 p. 57.

¹⁷ (S. 26.) Vergl. Biot, Astronomie physique T. II. (1844) p. 464 mit Kosmos Bd. I. S. 424 Ende der Anmerkung 3 und Bd. III. S. 432, wo ich die Schwierigkeiten berühre, welche

die Vergleichung der Rotationszeit der Planeten mit ihrer beobachteten Abplattung darbietet. Auch Schubert (Astron. Th. III. S. 316) hat schon auf diese Schwierigkeit aufmerksam gemacht. Bessel in seiner Abhandlung über Maas und Gewicht sagt ausdrücklich: „daß die Voraussetzung des Gleichbleibens der Schwere an einem Messungsorte durch neuere Erfahrungen über die langsame Erhebung großer Theile der Erdoberfläche einigermaßen unsicher geworden ist.“

¹⁸ (S. 26.) Airy in seiner vortrefflichen Arbeit on the Figure of the Earth zählte (Encycl. metropol. 1819 p. 229) im Jahr 1830 an fünfzig verschiedene Stationen mit sicheren Resultaten; und vierzehn andere (von Bouguer, Legendre, Lacaille, Maupertuis, La Croyère), die mit den vorigen an Genauigkeit nicht verglichen werden können.

¹⁹ (S. 28.) Biot und Arago, Recueil d'Observ. géodésiques et astronomiques 1821 p. 526—540 und Biot, Traité d'Astr. physique T. II. 1844 p. 465—473.

²⁰ (S. 28.) A. a. D. p. 488. Sabine (Exper. for determining the variation in the length of the Pendulum vibrating Seconds 1823 p. 332) findet aus allen den 13 Stationen seiner Pendel-Expedition, trotz ihrer so großen Zerstretheit in der nördlichen Erdhälfte, $\frac{1}{288,3}$; aus diesen, vermehrt mit allen Pendel-Stationen des British Survey und der französischen Gradmessung (von Formentera bis Dänkirchen), im ganzen also durch Vergleichung von 25 Beobachtungspunkten, wiederum $\frac{1}{288,9}$. Auffallender ist es, wie schon der Admiral Lütke bemerkt, daß, von der atlantischen Region weit westlich entfernt, in den Meridianen von Petropawlowsk und Nowo-Archangelsk die Pendellängen eine noch viel stärkere Abplattung, die von $\frac{1}{267}$, geben. Wie die früher allgemein angewandte Theorie des Einflusses von der das Pendel umgebenden Luft zu einem Rechnungsfehler führe und eine, schon 1786 vom Chevalier de Buat etwas undeutlich angegebene Correction nothwendig mache (wegen Verschiedenheit des Gewichts-Verlustes fester Körper, wenn sie in einer Flüssigkeit in Ruhe oder in schwingender Bewegung sind); hat Bessel mit der ihm eigenen Klarheit analytisch entwickelt in den Untersuchungen über die Länge

des einfachen Secundenpendels S. 32, 63 und 126—129. „Bewegt sich ein Körper in einer Flüssigkeit (Luft), so gehört auch diese mit zum bewegten Systeme; und die bewegende Kraft muß nicht bloß auf die Massentheile des festen bewegten Körpers, sondern auch auf alle bewegten Massentheile der Flüssigkeit vertheilt werden.“ Ueber die Versuche von Sabine und Baily, zu welchen Bessel's praktisch wichtige Pendel-Correction (Reduction auf den leeren Raum) Anlaß gegeben hatte, s. John Herschel im Memoir of Francis Baily 1845 p. 17—21.

²¹ (S. 28.) Kosmos Bd. I. S. 175 und 422 Num. 2. Vergl. für die Insel-Phänomene Sabine Pend. Exper. 1825 p. 237 und Lütke Obs. du Pendule invariable, exécutées de 1826—1829 p. 241. Dasselbe Werk enthält eine merkwürdige Tabelle über die Natur der Gebirgsarten in 16 Pendel-Stationen (p. 239) von Melville-Insel (Br. 79° 50' N.) bis Valparaiso (Br. 33° 2' S.).

²² (S. 29.) Kosmos Bd. I. S. 424 Num. 5. Eduard Schmidt (mathem. und phys. Geographie Th. I. S. 394) hat unter den vielen Pendel-Beobachtungen, welche auf den Corvetten Descubierta und Atrevida unter Malaspina's Oberbefehl angestellt wurden, die 13 Stationen abgesondert, welche der südlichen Halbkugel angehören, und im Mittel eine Abplattung von $\frac{1}{280.34}$ gefunden. Mathieu folgerte auch aus Lacaille's Beobachtungen am Vorgebirge der guten Hoffnung und auf Ile de France, mit Paris verglichen, $\frac{1}{284.4}$; aber die Meßapparate damaliger Zeit boten nicht die Sicherheit dar, welche die Vorrichtungen von Borda und Kater und die neueren Beobachtungs-Methoden gewähren. — Es ist hier der Ort, des schönen, den Scharfsinn des Erfinders so überaus ehrenden Experiments von Foucault zu erwähnen, welches den sinnlichen Beweis von der Achsendrehung der Erde mittelst des Pendels liefert, indem die Schwingungs-Ebene desselben sich langsam von Osten nach Westen dreht (Comptes rendus de l'Acad. des Sc., séance du 3 Février 1851, T. XXXII. p. 135). Abweichungen gegen Osten in den Fallversuchen von Benzenberg und Reich auf Kirchtürmen und in Schächten erfordern eine sehr beträchtliche Fallhöhe, während Foucault's Apparat schon bei sechs Fuß Pendellänge die Wirkung der Erd-Rotation bemerkbar macht.

Erscheinungen, welche aus der Notation erklärt werden (wie Richer's Ubrgang in Cayenne, tägliche Aberration, Ablenkung des Projectilen, Passatwinde), sind wohl nicht mit dem zu verwechseln, was zu jeder Zeit durch Foucault's Apparat hervorgerufen wird, und wovon, ohne es weiter zu verfolgen, die Mitglieder der Academia del Cimento scheinen etwas erkannt zu haben (Antinori in den Comptes rendus T. XXXII. p. 635).

²³ (S. 30.) Im griechischen Alterthume wurden zwei Gegenden der Erde bezeichnet, in denen auf merkwürdige Anschwellungen der Oberfläche nach den damals herrschenden Meinungen geschlossen wurde: der hohe Norden von Asien und das Land unter dem Aequator. „Die hohen und nackten scythischen Ebenen“, sagt Hippocrates (de aëre et aquis §. XIX p. 72 Littré), „ohne von Bergen gekrönt zu sein, verlängern und erheben sich bis unter den Bären.“ Derselbe Glaube wurde schon früher dem Empedocles (Plut. de plac. philos. II, 8) zugeschrieben. Aristoteles (Meteor. I, 1 a 15 p. 66 Ideler) sagt: daß die älteren Meteorologen, welche die Sonne „nicht unter der Erde, sondern um dieselbe herumführten“, die gegen den Norden hin angeschwollene Erde als eine Ursach betrachteten von dem Verschwinden der Sonne oder des Nachtwerdens. Auch in der Compilation der Probleme (XXVI, 15 pag. 941 Bekker) wird die Kälte des Nordwindes der Höhe des Bodens in dieser Weltgegend zugeschrieben. In allen diesen Stellen ist nicht von Gebirgen, sondern von Anschwellung des Bodens in Hochebenen die Rede. Ich habe bereits an einem anderen Orte (Asie centrale T. I. p. 58) gezeigt, daß Strabo, welcher allein sich des so charakteristischen Wortes *ὄρηθια* bedient, für Armenien (XI p. 522 Casaub.), für das von wilden Etern bewohnte Lycaonten (XII p. 568) und für Ober-Indien, im Goldlande der Verden (XV p. 706), die Verschiedenheit der Klimate durch geographische Breite überall von der unterscheidet, welche der Höhe über dem Meere zugeschrieben werden muß. „Selbst in südlichen Erdstrichen“, sagt der Geograph von Amasia, „ist jeder hohe Boden, wenn er auch eine Ebene ist, kalt“ (II p. 73). — Für die sehr gemäßigte Temperatur unter dem Aequator führen Eratosthenes und Polybius nicht allein den schnelleren Durchgang der Sonne (Geminus, Elem. Astron. c. 13; Eleom. cycl. theor. I, 6), sondern vorzugsweise die

Anschwellung des Bodens an (s. mein Examen crit. de la Géogr. T. III. p. 150—152). Beide behaupten nach dem Zeugniß des Strabo (II p. 97): „daß der dem Gleicher unterliegende Erdstrich der höchste sei; weshalb er auch beregnet werde, da bei dem Eintreten der nach den Jahreszeiten wechselnden Winde sehr viel nördliches Gewölk an der Höhe anhinge.“ Von diesen beiden Meinungen über die Erhöhung des Bodens im nördlichen Asien (dem scythischen Europa des Herodot) und in der Aequatorial-Zone hat die erste, mit der dem Irrthum eigenthümlichen Kraft, fast zweitausend Jahre sich erhalten, und zu der geologischen Mythe von dem ununterbrochenen tartarischen Hochlande nördlich vom Himalaya Anlaß gegeben: während daß die andere Meinung nur gerechtfertigt werden konnte für eine in Asien außerhalb der Tropenzone belegene Gegend: für die colossale „Hoch- oder Gebirgsebene Meru“, welche in den ältesten und edelsten Denkmälern indischer Poesie gefeiert wird (s. Wilson's Dict. Sanscrit and English 1832 p. 674, wo Meru als Hochebene gedeutet wird). Ich habe geglaubt in diese umständliche Entwicklung eingehen zu müssen, um die Hypothese des geistreichen Fréret zu widerlegen, der, ohne Stellen griechischer Schriftsteller anzuführen, und nur auf eine einzige vom Tropenregen anspielend, jene Meinungen von localen Anschwellungen des Bodens auf Abplattung oder Verlängerung der Pole deutet. »Pour expliquer les pluyes«, sagt Fréret (Mém. de l'Acad. des Inscriptions T. XVIII. 1753 p. 112), »dans les régions équinoxiales que les conquêtes d'Alexandre firent connoître, on imagina des courans qui pousoient les nuages des pôles vers l'équateur, où, au défaut des montagnes qui les arrétoient, les nuages l'étaient par la hauteur générale de la Terre, dont la surface sous l'équateur se trouvoit plus éloignée du centre que sous les pôles. Quelques physiciens donnèrent au globe la figure d'un sphéroïde renflé sous l'équateur et aplati vers les pôles. Au contraire dans l'opinion de ceux des anciens qui croyoient la terre alongée aux pôles, le pays voisin des pôles se trouvoit plus éloigné du centre que sous l'équateur.« Ich kann kein Zeugniß des Alterthums auffinden, welches diese Behauptungen rechtfertigte. Im dritten Abschnitt des ersten Buches des Strabo (pag. 48 Casaub.) heißt es ausdrücklich: „Nachdem Eratosthenes gesagt hat, daß die ganze Erde kugelförmig

sei, doch nicht wie von der Drehbank (ein Ausdruck, dem Herodot IV, 36 entlehnt), und manche Abweichungen habe; führt er viele Umgestaltungen an, welche durch Wasser und Feuer, durch Erdbeben, unterirdische Windstöße (elastische Dämpfe?) und andere dergleichen Ursachen erfolgen: aber auch hier die Ordnung nicht beachtend. Denn die Kugelrundung um die ganze Erde erfolgt aus der Anordnung des Ganzen, und solche Umgestaltungen verändern das Ganze der Erde gar nicht; das Kleine verschwindet im Großen." Später heißt es, immer nach Groskurd's sehr gelungener Uebersetzung: „daß die Erde mit der See kugelförmig sei, und eine und dieselbe Oberfläche bilde mit den Meeren. Das Hervorragende des Landes, welches unbedeutend ist und unbemerkt bleiben kann, verliert sich in solcher Größe: so daß wir die Kugelgestalt in solchen Fällen nicht so bestimmen wie nach der Drehbank, auch nicht wie der Meßkünstler nach dem Begriffe, sondern nach sinnlicher und zwar gröberer Wahrnehmung.“ (Strabo II p. 112.) „Die Welt ist zugleich ein Werk der Natur und der Vorsehung; Werk der Natur, indem alles gegen einen Punkt, die Mitte des Ganzen, sich zusammenneigt, und sich um denselben rundet: das weniger Dichte (das Wasser) das Dichtere (die Erde) enthaltend.“ (Strabo XVII p. 809.) Wo bei den Griechen von der Figur der Erde gehandelt wird, heißt es bloß (Cleom. cycl. theor. I, 8 p. 51): daß man sie mit einer flachen oder in der Mitte vertieften Scheibe, mit einem Cylinder (Anaximander), mit einem Cubus, einer Pyramide verglichen: und endlich allgemein, trotz des langen Streits der Epicuräer, welche die Anziehung nach dem Centrum läugneten, für eine Kugel gehalten habe. Die Idee der Abplattung hat sich der Phantasie nicht dargeboten. Die längliche Erde des Democritus war nur die in Einer Dimension verlängerte Scheibe des Thales. Der Pantenform, τὸ σχῆμα τυτανοειδές, welche vorzugsweise dem Leucippus zugeschrieben wird (Plut. de plac. philos. III, 10; Galen. hist. phil. cap. 21; Aristot. de Coelo II, 13 pag. 293 Bekker), liegt schon zum Grunde die Vorstellung einer Halbkugel mit ebener Basis, welche vielleicht den Gleicher bezeichnet, während die Krümmung als die οἰζονύμην gedacht wurde. Eine Stelle des Plinius IX, 54 über die Perlen erläutert diese Gestaltung: wogegen Aristoteles, Meteorol. II, 5 a 10 (Zeller T. I. p. 563), nur eine Vergleichung von Kugel-

segmenten mit dem Tympan darbietet, wie auch aus dem Commentar des Olympiodor (Ideler T. 1. p. 301) erhellt. Ich habe absichtlich in dieser Uebersicht nicht zweier mir wohl bekannten Stellen des Agathemer (de Geographia lib. 1. cap. 1 p. 2 Hudson) und des Eusebius (Evangel. Praeparat. T. IV. p. 125 ed. Gaisford 1843) gedacht: weil sie beweisen, mit welcher Ungenauigkeit oft spätere Schriftsteller den Alten Meinungen zuschreiben, die denselben ganz fremd waren. „Eudorus soll nach diesen Angaben der Erdscheibe eine Länge und Breite im Verhältniß der Dimensionen wie 1 zu 2 gegeben haben; eben so Dicäarch, der Schüler des Aristoteles, welcher doch eigene Beweise für die Kugelgestalt der Erde (Marcian. Capella lib. VI p. 192) vortrug. Hipparch habe die Erde für *τραπέζοειδής* und Thales für eine Kugel gehalten!“

²⁴ (S. 30.) „Mir scheint es oft, als nenne man bisweilen die Abplattung der Erde fast nur deshalb etwas zweifelhaft, weil man zu große Genauigkeit erreichen will. Nimmt man die Abplattungen zu $\frac{1}{310}$, $\frac{1}{300}$, $\frac{1}{290}$, $\frac{1}{280}$; so erhält man den Unterschied beider Halbmesser gleich 10554, 10905, 11281 und 11684 Toisen. Das Schwanke von 30 Einheiten im Nenner erzeugt nur ein Schwanke von 1130 Toisen in dem Polar-Halbmesser: eine Größe, die vergleichungsweise mit den sichtbaren Ungleichheiten der Oberfläche der Erde so wenig wesentlich erscheint, daß ich wirklich oft erstaune, wie die Experimente noch innerhalb solcher Grenzen zusammenstimmen. Zerstreute Beobachtungen, auf weiten Flächen vereinzelt, werden uns allerdings wenig mehr lehren, als wir schon wissen; aber wichtig wäre es, wenn man alle Messungen über die ganze Oberfläche von Europa mit einander verbände und alle astronomisch bestimmten Punkte in diese Operation hineinzöge.“ (Bessel in einem Briefe an mich vom Dec. 1828.) Nach diesem Vorschlage würde man aber doch nur die Erdgestaltung von dem kennen lernen, was man als die gegen Westen vortretende Peninsular-Gliederung des großen asiatischen Continents, in kaum $66\frac{1}{2}$ Längegraden, betrachten kann. — Die Steppen des nördlichen Asiens, selbst die mittlere Kirghisen-Steppe, von der ich einen beträchtlichen Theil gesehen, sind oft hügelig und in Hinsicht der Raumverhältnisse ununterbrochener Söhligkeit im großen keinesweges mit den Pampas von Buenos Aires und den Llanos von Venezuela

zu vergleichen. Diese letzteren, weit von Gebirgsketten entfernt, und in der nächsten Erdrinde mit Flözformationen und Tertiärschichten von sehr gleicher und geringer Dichtigkeit bedeckt, würden durch Anomalien in den Ergebnissen der Pendel-Schwingungen sehr reine und sehr entscheidende Resultate über die örtliche Constitution der tiefen inneren Erdschichten liefern können. Vergleiche meine Ansichten der Natur Bd. I. S. 4, 12 und 47—50.

²⁵ (S. 31.) Bouguer, welcher La Condamine zu dem Experimente über die Ablenkung der Lothlinie durch den Chimborazo aufforderte, erwähnt in der Figure de la Terre p. 364—394 allerdings des Vorschlages von Newton nicht. Leider! beobachtete der unterrichtete der beiden Reisenden nicht an entgegengesetzten Seiten des colossalen Berges, in Osten und Westen; sondern (Dec. 1738) in zwei Stationen an einer und derselben Seite: einmal in der Richtung Süd $61^{\circ}\frac{1}{2}$ West (Entfernung vom Centrum der Gebirgsmasse 4572 Toisen), und dann in Süd 16° West (Entf. 1753 L.). Die erste Station lag in einer mir wohl bekannten Gegend, wahrscheinlich unter der Höhe, wo der kleine Alpensee Yana-Cocha sich befindet; die andere in der Bimsstein-Ebene des Arenal. (La Condamine, Voyage à l'Equateur p. 68—70.) Die Ablenkung, welche die Sternhöhen angaben, war gegen alle Erwartung nur $7''\frac{5}{5}$: was von den Beobachtern selbst der Schwierigkeit der Beobachtung (der ewigen Schneegrenze so nahe), der Ungenauigkeit der Instrumente, und vor allem den vermutheten großen Höhlungen des colossalen Trachytberges zugeschrieben wurde. Gegen diese Annahme sehr großer Höhlungen und die deshalb vermuthete sehr geringe Masse des Trachyt-Domes des Chimborazo habe ich aus geologischen Gründen manchen Zweifel geäußert. Süd-süd-östlich vom Chimborazo, nahe bei dem indischen Dorfe Calpi, liegt der Eruptions-Kegel Yana-Urcu, welchen ich mit Bonpland genau untersucht und welcher gewiß neueren Ursprungs als die Erhebung des großen glockenförmigen Trachytberges ist. An dem letzteren ist von mir und von Boussingault nichts fraterartiges aufgefunden worden. S. die Besteigung des Chimborazo in meinen Kleinen Schriften Bd. I. S. 138.

²⁶ (S. 31.) Baily, Exper. with the Torsion Rod for determining the mean Density of the Earth 1843 p. 6; John Herschel, Memoir of Francis Baily 1845 p. 24.

²⁷ (S. 32.) Reich, neue Versuche mit der Drehwage, in den Abhandl. der mathem. physischen Classe der Kön. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig 1852 Bd. 1. S. 405 und 418. Die neuesten Versuche meines vor-
trefflichen Freundes, des Prof. Reich, nähern sich etwas mehr der
schönen Arbeit von Baily. Ich habe das Mittel (5,5772) gezogen
aus den Versuchs-Reihen: a) mit der Zinnkugel und dem längeren,
dickeren Kupferdrathe: 5,5712, bei wahrscheinlichem Fehler von
0,0113; b) mit der Zinnkugel und dem kürzeren, dünneren Kupfer-
drath, wie mit der Zinnkugel und dem bifilaren Eisendrath: 5,5832,
bei wahrscheinlichem Fehler von 0,0149. Mit Berücksichtigung dieser
Fehler in a und b ist das Mittel 5,5756. Das Resultat von
Baily (5,660), freilich durch zahlreichere Versuche erhalten, könnte
doch wohl eine etwas zu große Dichtigkeit geben, da es scheinbar
um so mehr anwuchs, als die angewandten Kugeln (Glas oder
Elfenbein) leichter waren. (Reich in Poggendorff's An-
nalen Bd. LXXXV. S. 190. Vergl. auch Whitehead Hearn in
den Philos. Transact. for 1847 p. 217—229.) — Die Be-
wegung des Torsions-Balkens wurde von Baily nach dem Vor-
gange von Reich mittelst des Bildes beobachtet, welches, wie bei
den magnetischen Beobachtungen von Gauss, ein an der Mitte des
Balkens befestigter Spiegel von einer Scale reflectirte. Der, so über-
aus wichtige, die Genauigkeit des Ablesens vermehrende Gebrauch
eines solchen Spiegels ist von Poggendorff schon im Jahr 1826
vorgeschlagen worden (Annalen der Physik Bd. VII. S. 121).

²⁸ (S. 33.) Laplace, Mécanique céleste éd. de 1846
T. V. p. 57. Das mittlere specifische Gewicht des Granits ist
höchstens auf 2,7 anzuschlagen, da der zweiaxige weiße Kali-
Glimmer und der grüne einaxige Magnesia-Glimmer 2,85
bis 3,1; und die übrigen Bestandtheile der Gebirgsart, Quarz
und Feldspath, 2,56 und 2,65 sind. Selbst Oligoklas hat nur 2,68.
Wenn auch Hornblende bis 3,17 steigt, so bleibt der Sphenit, in
welchem Feldspath stets vorwaltet, doch tief unter 2,8. Da Thon-
schiefer 2,69—2,78; unter den Kalksteinen nur reiner Dolomit 2,88
erreicht; Kreide 2,72; Gyps und Steinsalz 2,3: so halte ich die
Dichtigkeit der uns erkennbaren Continental-Rinde der Erde
für näher an 2,6 als an 2,4. Laplace hat, in der Voraussetzung,
daß die Dichtigkeit von der Oberfläche nach dem Mittelpunkte in

arithmetischer Progression zunehme, und unter der, gewiß irrigen Annahme, daß die Dichtigkeit der oberen Schicht = 3 ist, für die mittlere Dichtigkeit der ganzen Erde 4,7647 gefunden: welches bedeutend von den Resultaten von Reich 5,577 und Baily 5,660 abweicht; weit mehr, als die wahrscheinlichen Fehler der Beobachtung gestatten. Durch eine neue Discussion der Hypothese von Laplace in einer interessanten Abhandlung, welche bald in Schumacher's Astr. Nachrichten erscheinen wird, ist Plana zu dem Resultate gelangt: daß durch eine veränderte Behandlung dieser Hypothese sowohl die Reich'sche mittlere Dichtigkeit der Erde als die von mir auf 1,6 geschätzte Dichtigkeit der trocknen und oceanischen Oberflächenschicht, so wie die Ellipticität, innerhalb der für diese letztere Größe wahrscheinlichen Grenzen, sehr angenähert dargestellt werden können. »Si la compressibilité des substances dont la Terre est formée (sagt der Turiner Geometer), a été la cause qui a donné à ses couches des formes régulières, à peu près elliptiques, avec une densité croissante depuis la surface jusqu'au centre; il est permis de penser que ces couches, en se consolidant, ont subi des modifications, à la vérité fort petites, mais assez grandes pour nous empêcher de pouvoir dériver, avec toute l'exactitude que l'on pourrait souhaiter, l'état de la Terre solide de son état antérieur de fluidité. Cette réflexion m'a fait apprécier davantage la première hypothèse, proposée par l'auteur de la *Mécanique céleste*, et je me suis décidé à la soumettre à une nouvelle discussion.«

²⁹ (S. 33.) Vergl. Petit »sur la latitude de l'Observatoire de Toulouse, la densité moyenne de la chaîne des Pyrénées, et la probabilité qu'il existe un vide sous cette chaîne«, in den Comptes rendus de l'Acad. des Sc. T. XXIX. 1849 p. 730.

³⁰ (S. 34.) Kosmos Bd. I. S. 183 und 427 Anm. 10.

³¹ (S. 34.) Hopkins (Physical Geology) im Report of the British Association for 1838 p. 92; Philos. Transact. 1839 P. II. p. 381 und 1840 P. I. p. 193; Henry Hennessy (Terrestrial Physics) in den Philos. Transact. 1851 P. II. p. 504 und 525.

³² (S. 34.) Kosmos Bd. I. S. 249 und 450—452 Anm. 95.

³³ (S. 35.) Die von Walferdin mitgetheilten Beobachtungen sind von dem Herbst 1847. Sie sind sehr wenig abweichend von

den Resultaten (Kosmos Bd. I. S. 181 Anm. 8, Comptes rendus T. XI. 1840 p. 707), welche ebenfalls mit dem Walserdin'schen Apparate Arago 1840 erhielt in 505^m Tiefe, als der Bohrer eben die Kreide verlassen hatte und in den Gault einzudringen anfing.

²⁴ (S. 36.) Nach handschriftlichen Resultaten von dem Berghauptmann von Deynhausen. Vergl. Kosmos Bd. I. S. 416 Anm. 94 und S. 426 Anm. 8; auch Bischof, Lehrbuch der chem. und phys. Geologie Bd. I. Abth. 1. S. 154–163. In absoluter Tiefe kommt das Bohrloch zu Mondorf im Großherzogthum Luxemburg (2066 Fuß) dem von Neu-Salzwerk am nächsten.

²⁵ (S. 36.) Kosmos Bd. I. S. 426 und Mémoires de la Société d'hist. naturelle de Genève T. VI. 1833 p. 243. Die Vergleichung einer großen Zahl artesischer Brunnen in der Nähe von Lille mit denen von Saint-Duen und Genf könnte auf einen beträchtlicheren Einfluß der Leitungsfähigkeit der Erd- und Gesteinschichten schließen lassen, wenn die Genauigkeit der numerischen Angaben gleich sicher wäre (Poisson, Théorie mathématique de la Chaleur p. 421).

²⁶ (S. 37.) In einer Tabelle von 14 Bohrlochern, die über 100 Meter Tiefe haben, aus den verschiedensten Theilen von Frankreich, führt Bravais in seiner lehrreichen encyclopädischen Schrift Patria 1847 p. 143 neun auf, in welchen die einem Grad zugehörige Temperatur-Zunahme zwischen 27 und 39 Meter fällt, von dem im Text gegebenen Mittel von 32 Metern zu beiden Seiten um 5 bis 6 Meter abweichend. (Vergl. auch Magnus in Poggend. Ann. Bd. XXII. 1831 S. 146.) Im ganzen scheint die Temperatur-Zunahme schneller in artesischen Brunnen von sehr geringer Tiefe; doch machen die sehr tiefen Brunnen von Monte Massi in Toscana und Neuffen am nordwestlichen Theil der schwäbischen Alp davon sonderbare Ausnahmen.

²⁷ (S. 38.) Quetelet im Bulletin de l'Acad. de Bruxelles 1836 p. 75.

²⁸ (S. 38.) Forbes, Exper. on the temperature of the Earth at different depths in den Transact. of the Royal Soc. of Edinburgh Vol. XVI. 1849 Part 2. p. 189.

²⁹ (S. 39.) Alle Zahlen die Temperatur der Caves de l'Observatoire betreffend sind aus Poisson, Théorie mathématique de la Chaleur p. 415 und 462 entlehnt. Dagegen

enthält das *Annuaire météorologique de la France* von Martins und Haegheus 1849 p. 88 abweichende Correctionen des Lavoisier'schen unterirdischen Thermometers durch Gay-Lussac. Im Mittel aus 3 Ableesungen (Junius bis August) gab jenes Thermometer $12^{\circ},193$: wenn Gay-Lussac die Temperatur zu $11^{\circ},843$ fand; also Differenz $0^{\circ},350$.

⁴⁰ (S. 39.) Cassini in den *Mém. de l'Acad. des Sciences* 1786 p. 511.

⁴¹ (S. 40.) Boussingault »sur la profondeur à laquelle on trouve dans la zone torride la couche de température invariable«, in den *Annales de Chimie et de Physique* T. LIII. 1833 p. 223—247. Einwendungen gegen die in dieser Abhandlung empfohlene und in Südamerika durch so viele genaue Versuche bewährte Methode sind von John Caldecott, dem Astronomen des Rajah von Travancore, und vom Cap. Newbold in Indien gemacht worden. Der Erstere fand zu Trevandrum (Edinb. *Transact.* Vol. XVI. Part 3. p. 379—393) die Boden-Temperatur in 3 Fuß Tiefe und darunter (also tiefer, als Boussingault vor-schreibt) 85° und 86° Fahr., wenn die mittlere Luft-Temperatur zu $80^{\circ},02$ Fahr. angegeben wird. Newbold's Versuche (*Philos. Transact.* for the year 1845 Part 1. p. 133) zu Bellary (Br. $15^{\circ} 5'$) gaben für 1 Fuß Tiefe von Sonnen-Aufgang bis 2 U. nach der Culmination noch eine Temperatur-Vermehrung von 4, aber zu Cassargode (Br. $12^{\circ} 29'$) bei bewölktem Himmel von $1\frac{1}{2}$ Fahrenheit'schen Graden. Sollten die Thermometer wohl gehörig bedeckt, vor der Insolation geschützt gewesen sein? Vergl. auch D. Forbes, *Exper. on the temp. of the Earth at different depths* in den *Edinb. Transact.* Vol. XVI. Part 2. p. 189. Oberst Acosta, der verdiente Geschichtschreiber von Neu-Granada, hat seit einem Jahre zu Guaduas am südwestlichen Abfall des Hochlandes von Bogota, wo die mittlere Temperatur des Jahres $23^{\circ},8$ ist, in 1 Fuß Tiefe, und zwar in einem bedeckten Raume, eine lange Reihe von Beobachtungen gemacht, welche Boussingault's Behauptung vollkommen bekräftigen. Letzterer meldet: »Les Observations du Colonel Acosta, dont Vous connaissez la grande précision en tout ce qui intéresse la Météorologie, prouvent que, dans les conditions d'abri, la Température reste constante entre les tropiques à une très petite profondeur.«

¹² (S. 41.) Ueber Gualgavoc (oder Minas de Chota) und Mincuiyampa s. Humboldt, Recueil d'Observ. astron. Vol. I, p. 324.

¹³ (S. 41.) Essai polit. sur le Roy. de la Nouv. Espagne (2^{me} éd.) T. III. p. 201.

¹⁴ (S. 43.) E. von Baer in Middendorff's sibirischer Reise Bd. I. S. VII.

¹⁵ (S. 43.) Der Kaufmann Fedor Schergin, Verwalter vom Comptoir der russisch-amerikanischen Handlungs-Gesellschaft, fing im Jahr 1828 an in dem Hofe eines dieser Gesellschaft gehörigen Hauses einen Brunnen zu graben. Da er bis zu der Tiefe von 90 Fuß, die er 1830 erreichte, nur gefrorenes Erdreich und kein Wasser fand, so gab er die Arbeit auf; bis der Admiral Wrangel, der auf seinem Wege nach Sitcha im russischen Amerika Jakutsk berührte, und ein sah, welches große wissenschaftliche Interesse an die Durchsenkung der unterirdischen Eisschicht geknüpft sei, Herrn Schergin aufforderte das Vertiefen des Schachtes fortzusetzen. So erreichte derselbe bis 1837 volle 382 englische Fuß unter der Oberfläche, immer im Eise bleibend.

¹⁶ (S. 44.) Middendorff, Reise in Sib. Bd. I. S. 125—133. „Schließen wir“, sagt Middendorff, „diejenigen Tiefen aus, welche noch nicht ganz 100 Fuß erreichen, weil sie nach den bisherigen Erfahrungen in Sibirien in den Bereich der jährlichen Temperatur-Veränderungen gehören; so bleiben doch noch solche Anomalien in der partiellen Wärme-Zunahme, daß dieselben für 1° R. von 150 zu 200 F. nur 66, von 250 bis 300 F. dagegen 217 engl. Fuß betragen. Wir müssen uns also bewogen fühlen auszusprechen, daß die bisherigen Ergebnisse der Beobachtung im Schergin-Schachte keinesweges genügen, um mit Sicherheit das Maas der Temperatur-Zunahme zu bestimmen; daß jedoch (trotz der großen Abweichungen, die in der verschiedenen Leitungsfähigkeit der Erdschichten, in dem störenden Einflusse der äußeren herabsinkenden Luft oder der Tagewasser gegründet sein können) die Temperatur-Zunahme auf 1° R. nicht mehr als 100 bis 117 englische Fuß betrage.“ Das Resultat 117 engl. Fuß ist das Mittel aus den 6 partiellen Temperatur-Zunahmen (von 50 zu 50 Fuß) zwischen 100 und 382 Fuß Schachtiefe. Vergleiche ich die Luft-Temperatur des Jahres zu Jakutsk (— 8°, 13 R.) mit der durch Beobachtung

gegebenen mittleren Temperatur des Eises ($-2^{\circ}40$ R.) in der größten Tiefe (382 engl. Fuß), so finde ich $66\frac{2}{3}$ engl. Fuß für 1° R. Hundert Fuß giebt die Vergleichung des Tiefsten mit der Temperatur, welche in 100 Fuß Schachttiefe herrscht. Aus den scharfsinnigen numerischen Untersuchungen von Middendorff und Peters über die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit der atmosphärischen Temperatur-Veränderungen, über Kalte- und Wärme-Sipfel (Middend. S. 133—157 und 168—175) folgt: daß in den verschiedenen Bohrlöchern, in den geringen oberen Tiefen von 7 bis 20 Fuß, „ein Steigen der Temperatur vom März bis October, und ein Sinken der Temperatur vom November bis April statt findet, weil Frühjahr und Herbst die Jahreszeiten sind, in welchen die Veränderungen der Luft-Temperatur am bedeutendsten sind“ (S. 142 und 145). Selbst sorgfältig verdeckte Gruben kühlen sich in Nord-Sibirien allmähig aus durch vieljährige Berührung der Luft mit den Schachtwänden. Im Schergin-Schachte hat jedoch in 18 Jahren diese Berührung kaum $\frac{1}{2}$ Grad Temperatur-Erniedrigung hervorgebracht. Eine merkwürdige und bisher unerklärte Erscheinung, die sich auch in dem Schergin-Schachte dargeboten hat, ist die Erwärmung, welche man im Winter bisweilen in den tieferen Schichten allein bemerkt hat, „ohne nachweisbaren Einfluß von außen“ (S. 156 und 178). Noch auffallender scheint es mir, daß im Bohrloch zu Wedensk an der Wasina bei einer Luft-Temperatur von -28° R. in der so geringen Tiefe von 5 bis 8 Fuß nur $-2^{\circ}5$ gefunden wurden! Die Isothermen, auf deren Richtung Kupffer's scharfsinnige Untersuchungen zuerst geleitet haben (Kosmos Bd. I. S. 445), werden noch lange Zeit ungelöste Probleme darbieten. Die Lösung ist besonders schwierig da, wo das vollständige Durchsinken der Bodeneis-Schicht eine langdauernde Arbeit ist. Als ein bloßes Local-Phänomen, nach des Ober-Hütten-Verwalters Slobin's Ansicht durch die aus Gewässern niedergeschlagenen Erdschichten entstanden, darf jetzt das Bodeneis bei Jafutsk nicht mehr betrachtet werden (Midd. S. 167).

⁴⁷ (S. 45.) Middendorff Bd. I. S. 160, 164 und 179. In diesen numerischen Angaben und Vermuthungen über die Dicke des Eisbodens wird eine Zunahme der Temperatur nach arithmetischer Progression der Tiefen vorausgesetzt. Ob in größeren Tiefen eine Verlangsamung der Wärme-Zunahme eintrete, ist theoretisch

ungewiß; und daher von spielenden Berechnungen über die Temperatur des Erd-Centrums in Strömung erregenden geschmolzenen heterogenen Gebirgsmassen abzurathen.

⁴⁸ (S. 45.) Schrenk's Reise durch die Tundern der Samojeden 1848 Th. I. S. 597.

⁴⁹ (S. 45.) Gustav Rose, Reise nach dem Ural Bd. I. S. 428.

⁵⁰ (S. 46.) Vergl. meines Freundes G. von Helmersen Versuche über die relative Wärme-Leitungsfähigkeit der Felsarten (Mém. de l'Académie de St. Pétersbourg: Mélanges physiques et chimiques 1851 p. 32).

⁵¹ (S. 47.) Middendorff Bd. I. S. 166 verglichen mit S. 179. „Die Curve des anfangenden Eisbodens scheint in Nord-Affien zwei gegen Süden convexe Scheitel: einen schwach gekrümmten am Obi und einen sehr bedeutenden an der Lena, zu haben. Die Grenze des Eisbodens läuft von Veresow am Obi gegen Turuchansk am Jenisei; dann zieht sie sich zwischen Witimsk und Olekminsk auf das rechte Ufer der Lena, und, zum Norden hinaufsteigend, ostwärts.“

⁵² (S. 49.) Die Hauptstelle von der magnetischen Kette von Ringen ist im Platonischen Ion pag. 533 D, E ed. Steph. Später erwähnen dieser Fortpflanzung der anziehenden Wirkung außer Plinius (XXXIV, 14) und Lucrez (VI, 910) auch Augustinus (de civitate Dei XX, 4) und Philo (de Mundi opificio pag. 32 D ed. 1691).

⁵³ (S. 49.) Kosmos Bd. I. S. 194 und 435 Anm. 32, Bd. II. S. 293—295, 317—322, 468 Anm. 59 und 481—482 Anm. 91—93.

⁵⁴ (S. 50.) Vergl. Humboldt, Asie centrale T. I. p. XL—XLII und Examen crit. de l'hist. de la Géographie T. III. p. 35. Eduard Biot, der die Klaproth'schen Untersuchungen über das Alter des Gebrauchs der Magnetnadel in China durch mühsame bibliographische Studien, theils allein, theils mit Beihülfe meines gelehrten Freundes Stanislas Julien, bekräftigt und erweitert hat, führt eine ältere Tradition an, die sich aber erst bei Schriftstellern aus den ersten christlichen Jahrhunderten findet, nach welcher Magnetwagen schon unter dem Kaiser Hoang-ti gebraucht wurden. Dieser berühmte Monarch soll 2600 Jahre vor unserer Zeitrechnung (d. i. tausend Jahre vor der Vertreibung der

Hysfos aus Aegypten) regiert haben. Ed. Biot sur la direction de l'aiguille aimantée en Chine in den Comptes rendus de l'Acad. des Sciences T. XIX. 1844 p. 362.

⁵⁵ (S. 50.) Kosmos Bd. I. S. 194 und 435 Num. 31. Aristoteles selbst (de Anima I, 2) spricht nur von der Beseelung des Magnetsteins als einer Meinung des Thales. Diogenes Laertius dehnt aber die Meinung bestimmt auf den Bernstein aus, indem er sagt: „Aristoteles und Hippias behaupten von der Lehre des Thales . . .“ Der Sophist Hippias aus Elis, der alles zu wissen wähnte, beschäftigte sich mit Naturkunde, und so auch mit den ältesten Traditionen aus der physiologischen Schule. Der „anziehende Windeshauch“, welcher, nach dem chinesischen Physiker Kuopho, „den Magnet und den Bernstein durchweht“, erinnert, nach Buschmann's mericanischen Sprachuntersuchungen, an den aztekischen Namen für den Magnet: tlaihioanani teil, bedeutend: „der durch den Hauch an sich ziehende Stein“ (von ihioil Hauch, Athem, und ana ziehen).

⁵⁶ (S. 51.) Was Klaproth über diesen merkwürdigen Apparat dem Penthsaoyan entnommen, ist umständlicher in dem Mung-kh-ipi-than aufgefunden worden; Comptes rendus T. XIX. p. 365. Warum wird wohl in dieser letzteren Schrift, wie auch in einem chinesischen Kräuterbuche gesagt: die Cypresse weist nach dem Westen, und allgemeiner: die Magnetnadel weist nach dem Süden? Ist hier eine üppigere Entwicklung der Zweige nach Sonnenstand oder vorherrschender Windrichtung gemeint?

⁵⁷ (S. 56.) Kosmos Bd. II. S. 469—472. Zu der Zeit König Eduards III von England: als, wie Sir Nicholas Harris Nicolas (History of the Royal Navy 1847 Vol. II. p. 180) erwiesen hat, immer nach dem Compaß, damals sailstone dial, sailing needle oder adamante genannt, geschiffet wurde; sieht man zur Ausrüstung des »King's ship the George« im Jahr 1345 in dem Ausgabe-Register aufgeführt sechzehn in Flandern gekaufte horologes (hour-glasses); aber diese Angabe ist keinesweges ein Beweis für den Gebrauch des Logs. Die Stundengläser (ampolletas der Spanier) waren, wie aus den Angaben von Enciso in Cespedes sich deutlichst ergibt, lange vor Anwendung des Logs, echando punto por fantasia in der corredera de los perezosos, d. h. ohne ein Log auszuwerfen, nothwendig.

⁵⁸ (S. 57.) Vergl. Kosmos Bd. I. S. 427 Num. 11 und 429 Num. 14; Bd. II. S. 373, 381, 382, 515 Num. 70—72 und 517 Num. 88. Calamitico wegen der Gestalt eines Laubfrosches der ersten Compaß-Nadeln.

⁵⁹ (S. 57.) Vergl. Gilbert, Physiologia nova de Magnete lib. III cap. 8 p. 124. Daß Magnetismus dem Eisen langdauernd mitgetheilt werden kann, sagt im allgemeinen, doch ohne des Streichens zu erwähnen, schon Plinius (Kosmos Bd. I. S. 430 Num. 19). Merkwürdig ist Gilbert's Bepottung der: »vulgaris opinio de montibus magneticis aut rupe aliqua magnetica, de polo phantastico a polo mundi distante« (l. c. p. 42 und 98). Die Veränderlichkeit und das Fortschreiten der magnetischen Linien waren ihm noch ganz unbekannt: »varietas uniuscujusque loci constans est«; l. c. p. 42, 98, 152 und 153.

⁶⁰ (S. 57.) Historia natural de las Indias lib. I cap. 17.

⁶¹ (S. 58.) Kosmos Bd. I. S. 189.

⁶² (S. 58.) Ich habe durch Anführung eigener, sehr sorgfältiger Inclinations-Beobachtungen, die ich in der Südsee angestellt, erwiesen, unter welchen Bedingungen die Inclination von wichtigem praktischen Nutzen zu Breiten-Bestimmungen zur Zeit der an der peruianischen Küste herrschenden, Sonne und Sterne verdunkelnden garua sein kann (Kosmos Bd. I. S. 185 und 428 Num. 14). Der Jesuit Cabeus, Verfasser der Philosophia magnetica (in qua nova quaedam pyxis explicatur, quae poli elevationem ubique demonstrat), hat auch schon in der ersten Hälfte des 17ten Jahrhunderts die Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand geleitet.

⁶³ (S. 58.) Edmund Halley in den Philos. Transact. for 1683 Vol. XII. No. 148 p. 216.

⁶⁴ (S. 59.) Solche Linien, von ihm tractus chalyboeliticos genannt, hatte auch der Vater Christoph Burrus in Lissabon auf eine Karte getragen, die er dem König von Spanien zur Auffindung und Bestimmung der Seelänge für einen übergroßen Preis anbot: wie Kircher in seinem Magnes ed. 2. p. 443 erzählt. Der allerersten Variations-Karte von 1530 ist bereits oben (S. 55) Erwähnung geschehen.

⁶⁵ (S. 60.) Noch 20 Jahre später als Halley auf St. Helena seinen Catalog südlicher Sterne (leider! keines unter der 6ten Größe) anfertigte, rühmte sich Hevelius im Firmamentum

Sobescianum, kein Fernrohr anzuwenden und durch Spaltöffnungen zu beobachten. Haller wohnte 1679, als er Danzig besuchte, diesen Beobachtungen, deren Genauigkeit er übrigens übermäßig anrühmte, bei. Kosmos Bd. III. S. 60, 106 (Anm. 2 und 3), 154, 317 und 355 (Anm. 13.)

⁶⁶ (S. 60.) Spuren der täglichen und stündlichen Veränderlichkeit der magnetischen Abweichung hatten bereits in London Hellbrand (1634) und in Siam der Pater Tachard (1682) erkannt.

⁶⁷ (S. 61.) Vergl. Kosmos Bd. I. S. 432—435 Anm. 29. Die vortreffliche Construction der, nach Borda's Angabe zuerst von Lenoir angefertigten Boussole d'Inclinaison, die Möglichkeit freier und langer Schwingungen der Nadel, die so sehr verminderte Reibung der Zapfen, und die richtige Aufstellung des mit Libellen versehenen Instruments haben die genaue Messung der Erdkraft unter verschiedenen Zonen zuerst möglich gemacht.

⁶⁸ (S. 63.) Die Säulen, mit welchen die folgende Tafel anhebt (J. B. 1803—1806), deuten auf die Epoche der Beobachtung; die in Klammern dem Titel der Schriften beigefügten Zahlen aber auf die, oft sehr verspätete Veröffentlichung der Beobachtungen.

⁶⁹ (S. 66.) Malus (1808) und Arago's (1811) einfarbige und chromatische Polarisation des Lichtes, s. Kosmos Bd. II. S. 370.

⁷⁰ (S. 67.) Kosmos Bd. I. S. 186 und 429 Anm. 17.

⁷¹ (S. 68.) »Before the practice was adopted of determining *absolute values*, the most generally used scale (and which still continues to be very frequently referred to) was founded on the time of vibration observed by Mr. de Humboldt about the commencement of the present century at a station in the Andes of South America, where the direction of the dipping-needle was horizontal, a condition which was for some time erroneously supposed to be an indication of the minimum of magnetic force at the Earth's surface. From a comparison of the times of vibration of Mr. de Humboldt's needle in South America and in Paris, the ratio of the magnetic force at Paris to what was supposed to be its minimum, was inferred (1,348); and from the results so obtained, combined with a similar comparison made by myself between Paris and London in 1827 with several magnets, the ratio of the force in London to that of Mr. de Humboldt's original station in South America has been inferred to

be 1,372 to 1,000. This is the origin of the number 1,372, which has been generally employed by British observers. By *absolute* measurements we are not only enabled to compare numerically with one another the results of experiments made in the most distant parts of the globe, with apparatus not previously compared, but we also furnish the means of comparing hereafter the intensity which exists at the present epoch, with that which may be found at future periods.« Sabine im *Manual for the use of the British Navy* 1849 p. 17.

⁷² (S. 70.) Das erste Bedürfnis verabredeter gleichzeitiger magnetischer Beobachtung ist von Celsius gefühlt worden. Ohne noch des, eigentlich von seinem Gehülften Olav Hiorter (März 1741) entdeckten und gemessenen Einflusses des Polarlichts auf die Abweichung zu erwähnen, forderte er Graham (Sommer 1741) auf mit ihm gemeinschaftlich zu untersuchen, ob gewisse außerordentliche Perturbationen, welche der stündliche Gang der Nadel von Zeit zu Zeit in Upsala erlitt, auch in derselben Zeit von ihm in London beobachtet würden. Gleichzeitigkeit der Perturbationen, sagt er, liefere den Beweis, daß die Ursach der Perturbation sich auf große Erdräume erstreckte und nicht in zufälligen localen Einwirkungen gegründet sei. (Celsius in *Svenska Vetenskaps Academiens Handlingar* för 1740 p. 44; Hiorter a. a. O. 1747 p. 27.) Als Arago erkannt hatte, daß die durch Polarlicht bewirkten magnetischen Perturbationen sich über Erdstrecken verbreiten, wo die Lichterscheinung des magnetischen Ungewitteres nicht gesehen wird, verabredete er gleichzeitige stündliche Beobachtungen 1823 mit unserem gemeinschaftlichen Freunde Kupffer in Kasan, fast 47° östlich von Paris. Aehnliche gleichzeitige Declinations-Beobachtungen sind (1828) von mir mit Arago und Reich in Paris, Freiberg und Berlin angestellt worden; s. *Poggend. Ann.* Bd. XIX. S. 337.

⁷³ (S. 75.) Die im Text genannte Abhandlung von Rudolph Wolf enthält eigene tägliche Beobachtungen von Sonnenflecken (1 Januar bis 30 Juni 1852), und eine Zusammenstellung der Lamont'schen periodischen Declinations-Variationen mit den Resultaten von Schwabe über die Frequenz der Sonnenflecken (1835—1850). Es wurde dieselbe in einer Sitzung der naturforschenden Gesellschaft zu Bern den 31 Juli 1852 vorgetragen, während die ausführlichere

Abhandlung vom Oberst Sabine (Phil. Transact. for 1852 P. I. p. 116—121) der königl. Societät zu London schon Anfangs März übergeben und Anfangs Mai 1852 verlesen wurde. Nach den neuesten Untersuchungen der Beobachtungen der Sonnenflecken findet Wolf die Periode im Mittel von 1600 bis 1852 zu 11,11 Jahren.

⁷⁴ (S. 76.) Kosmos Bd. III. S. 400 und 419 Anm. 30. Diamagnetische Abstufung und äquatoriale, d. i. ost-westliche Stellung in der Nähe eines starken Magnets zeigen Bismuth, Antimon, Silber, Phosphor, Steinsalz, Elfenbein, Holz, Aepfelscheiben und Leder. Sauerstoff-Gas (rein oder mit anderen Gas-Arten gemischt, oder in den Zwischenräumen der Kohle verdickt) ist paramagnetisch. Vergl. über krystallisirte Körper, was nach der Lage gewisser Achsen der scharfsinnige Plücker (Poggend. Ann. Bd. 73. S. 178 und Phil. Transact. for 1851 § 2836—2842) aufgefunden hat. Die Abstufung durch Bismuth war zuerst von Brugmans (1778) erkannt, dann von Le Baillif (1827) und Seebeck (1828) gründlicher geprüft. Faraday selbst (§ 2429—2431), Reich und der, schon seit dem Jahre 1836 für die Fortschritte des tellurischen Magnetismus so ununterbrochen thätige Wilhelm Weber haben den Zusammenhang der diamagnetischen Erscheinungen mit denen der Induction dargethan (Poggend. Ann. Bd. 73. S. 241 und 253). Weber hat sich nachzuweisen bestrebt, daß der Diamagnetismus seine Quelle in den Ampère'schen Molecular-Strömen habe (Wilh. Weber, Abhandlungen über electro-dynamische Maaßbestimmungen 1852 S. 545—570).

⁷⁵ (S. 77.) Zur Hervorbringung dieser Polarität werden durch die actio in distans des Erdbörpers die magnetischen Flüssigkeiten in jedem Sauerstoff-Theilchen in bestimmter Richtung und mit bestimmter Kraft um eine gewisse Größe getrennt. Jedes Sauerstoff-Theilchen repräsentirt dadurch einen kleinen Magnet; und alle diese kleinen Magnete reagiren auf einander, wie auf den Erdbörper, und zuletzt, in Verbindung mit diesem, auf eine irgendwo in oder außerhalb des Luftkreises befindlich gedachte Nadel. Die Sauerstoff-Hülle des Erdkreises ist zu vergleichen einer Armatur von weichem Eisen an einem natürlichen oder Stahl-Magnet: der Magnet kugelförmig gedacht gleich der Erde, und die Armatur als Hohlkugel gleich der atmosphärischen Sauerstoff-Hülle. Die Stärke, bis zu der ein jedes Sauerstoff-

Theilchen durch die constante Kraft der Erde magnetisirt werden kann (magnetic power), sinkt mit der Temperatur und Verdünnung des Sauerstoff-Gases. Indem eine stete Veränderung der Temperatur und Ausdehnung der Sonne von Ost nach West um den Erdkörper folgt, muß sie demnach auch die Resultate der Kräfte der Erde und der Sauerstoff-Hülle verändern, und dies ist nach Faraday's Meinung die Quelle eines Theiles der Variationen in den Elementen des Erd-Magnetismus. Plücker findet, daß, da die Kraft, mit welcher der Magnet auf das Sauerstoff-Gas wirkt, der Dichtigkeit des Gases proportional ist, der Magnet ein einfaches eudiometrisches Mittel darbietet die Gegenwart des freien Sauerstoff-Gases in einem Gas-Gemisch bis auf 1 oder 2 Hunderttheilchen zu erkennen.

⁷⁶ (S. 79.) Kosmos Bd. IV. S. 10 und 11.

⁷⁷ (S. 79.) Kepler in Stella Martis p. 32 und 34. Vergl. damit sein *Mysterium cosmogr.* cap. 20 p. 71.

⁷⁸ (S. 79.) Kosmos Bd. III. S. 416 Anm. 23, wo aber durch einen Druckfehler Basis Astronomiac statt Clavis Astronomiae steht. Die Stelle (§ 226), in welcher der Lichtproceß der Sonne ein perpetuirliches Nordlicht genannt wird, ist übrigens nicht in der ersten Ausgabe der Clavis Astr. von Horrebow (Havn. 1730) zu suchen; sondern sie steht allein in der, durch einen zweiten Theil vermehrten, neuen Ausgabe derselben in Horrebow's *Operum mathematico-physicorum* T. I. Havn. 1740 pag. 317, indem sie diesem hinzugekommenen zweiten Theile der Clavis angehört. — Vergl. mit Horrebow's Ansicht die ganz ähnlichen von Sir William und Sir John Herschel, Kosmos Bd. III. S. 45, 56 (Anm. 22), 256 und 262.

⁷⁹ (S. 79.) *Mémoires de Mathém. et de Phys. présentés à l'Acad. Roy. des Sc.* T. IX. 1780 p. 262.

⁸⁰ (S. 80.) »So far as these four stations (Toronto, Hobartton, St. Helena and the Cape), so widely separated from each other and so diversely situated, justify a generalisation, we may arrive to the conclusion, that at the hour of 7 to 8 A. M. the magnetic declination is *everywhere* subject to a variation of which the period is a year, and which is everywhere similar in character and amount, consisting of a movement of the north end of the magnet from east to west between the northern and the southern

solstice, and a return from west to east between the southern and the northern solstice, the amplitude being about 5 minutes of arc. The *turning periods of the year* are not, as many might be disposed to anticipate, *those months, in which the temperature at the surface of our planet, or of the subsoil, or of the atmosphere* (as far as we possess the means of judging of the temperature of the atmosphere) *attains its maximum and minimum*. Stations so diversely situated would indeed present in these respects *thermic conditions* of great variety: whereas uniformity in the epoch of the *turning periods* is a not less conspicuous feature in the annual variation than similarity of character and numerical value. At all the stations the *solstices* are the turning periods of the annual variation at the hour of which we are treating. — The only periods of the year in which the diurnal or horary variation at that hour does actually disappear, are at the *equinoxes*, when the sun is passing from the one hemisphere to the other, and when the magnetic direction in the course of its annual variation from east to west, or vice versa, coincides with the direction which is the mean declination of all the months and of all the hours. — The *annual variation* is obviously connected with, and dependent on, the *earth's position* in its orbit relatively to the sun, around which it revolves; as the *diurnal variation* is connected with and dependent on the *rotation of the earth* on its axis, by which each meridian successively passes through every angle of inclination to the sun in the round of 24 hours.« Sabine on the annual and diurnal variations, in dem noch nicht erschienenen 2ten Bande der Observations made at the magn. and meteorol. Observatory at Toronto p. XVII—XX. Vergl. auch seine Abhandlung on the annual variation of the magnetic Declination at different periods of the Day in den Philos. Transact. for 1851 P. II. p. 635, und die Einleitung in die Observ. made at the Observatory at Hobarton Vol. I. p. XXXIV—XXXVI.

“ (S. 80.) Sabine on the means adopted for determining the absolute values, secular change and annual variation of the terrestrial magnetic Force, in den Phil. Transact. for 1850 P. I. p. 216. Auch in Sabine's Eröffnungsrede der Versammlung zu Belfast (Meeting of the

Brit. Assoc. in 1852) heißt es: it is a remarkable fact, which has been established, that the magnetic force is greater in both the northern and southern hemispheres in the months of December, January and February, when the Sun is nearest to the earth, than in those of May, June and July, when he is most distant from it: whereas, if the effects were due to temperature, the two hemispheres should be oppositely instead of similarly affected in each of the two periods referred to.

⁸² (S. 81.) Lamont in Poggend. Annalen Bd. 84. S. 579.

⁸³ (S. 81.) Sabine on periodical laws discoverable in the mean effects of the larger magnetic Disturbances, in den Phil. Transact. for 1852 P. I. p. 121. (Kosmos Bd. IV. S. 73 No. 9.)

⁸⁴ (S. 81.) Kosmos Bd. III. S. 402.

⁸⁵ (S. 82.) M. a. D. S. 238.

⁸⁶ (S. 82.) Kreil, Einfluß des Mondes auf die magnetische Declination 1852 S. 27, 29 und 46.

⁸⁷ (S. 83.) Kosmos Bd. I. S. 407 Anm. 55 und, auf die Meteorsteine angewandt, S. 137; wie Bd. III. S. 594.

⁸⁸ (S. 84.) Vergl. Mary Somerville in ihrer kurzen, aber lichtvollen, auf Sabine's Arbeiten gegründeten Darstellung des Erd-Magnetismus, Physical Geography Vol. II. p. 102. Sir John Ross, der diese Curve schwächster Intensität auf seiner großen antarctischen Expedition Dec. 1839 durchschnitt (lat. 19° südl. und long. 31° 35' westl.), und das große Verdienst hat ihre Lage in der südlichen Hemisphäre zuerst bestimmt zu haben, nennt sie den Equator of less intensity. S. dessen Voy. to the Southern and Antarctic Regions Vol. I. p. 22.

⁸⁹ (S. 84.) »Stations of an intermediate character situated between the northern and southern magnetic hemispheres, partaking, although in opposite seasons, of those contrary features which separately prevail (in the two hemispheres) throughout the year.« Sabine in den Phil. Transact. for 1847 P. I. p. 53 und 57.

⁹⁰ (S. 85.) Der Pole of Intensity ist nicht der Pole of Verticity; Phil. Transact. for 1846 P. III. p. 255.

⁹¹ (S. 85.) Gauß, allgem. Theorie des Erdmagnetismus § 31.

M. v. Humboldt, Kosmos. IV.

⁹² (S. 85.) *Philos. Transact.* Vol. XXXIII. for 1724, 1725 p. 332 (to try, if the Dip and Vibrations were constant and regular).

⁹³ (S. 86.) *Novi Comment. Acad. scient. Petropol.* T. XIV. pro anno 1769 Pars 2. p. 33. S. auch Le Monnier, *Lois du Magnétisme comparées aux observations* 1776 p. 50.

⁹⁴ (S. 87.) Es ist zu erinnern, daß bei den astronomischen Ortsbestimmungen das Zeichen + vor der Zahl die nördliche, das Zeichen — vor derselben die südliche Breite ausdrückt; wie D. und B. nach den Längengraden stets den östlichen oder westlichen Abstand vom Meridian von Paris, nicht von Greenwich (wenn in einigen Fällen es nicht ausdrücklich bemerkt ist), andeuten. Wo einzelne Abhandlungen des Obersten Sabine nicht namentlich in den Anmerkungen des Kosmos citirt sind, ist in dem Abschnitt vom tellurischen Magnetismus (S. 74 bis 141) durch Anführungszeichen kenntlich gemacht, was den handschriftlichen Mittheilungen jenes mir befreundeten Gelehrten entnommen wurde.

⁹⁵ (S. 88.) *Fifth Report of the British Association* p. 72, *seventh Report* p. 64 und 68; *Contributions to terrestrial Magnetism* No. VII in den *Philos. Transact.* for 1846 P. III. p. 254.

⁹⁶ (S. 89.) Sabine im *Seventh Report of the Brit. Assoc.* p. 77.

⁹⁷ (S. 89.) Sir James Ross, *Voy. in the Southern and Antarctic Regions* Vol. I. p. 322. Der große Seefahrer durchschnitt zweimal zwischen Kerguelen und Van Diemen die Curve größter Intensität: zuerst in Br. — 46° 44', Länge 126° 6' Ost, wo die Intensität bis 2,034 anwuchs, um östlich gegen Hobarton hin bis 1,824 abzunehmen (*Voy.* Vol. I. p. 103 und 104); dann ein Jahr später, vom 1 Januar bis 3 April 1841, wo nach dem *Schiffsjournal* des Erebus von Br. — 77° 47' (Lg. 173° 21' D.) bis Br. — 51° 16' (Lg. 134° 30' D.) die Intensitäten ununterbrochen über 2,00, selbst 2,07 waren (*Philos. Transact.* for 1843 P. II. p. 211—215). Sabine's Resultat für den einen Focus der südlichen Halbkugel (Br. — 64°, Lg. 135° 10' Ost), das ich in dem Text gegeben, ist aus den Beobachtungen von Sir James Ross vom 19 bis 27 März 1841 genommen (crossing the southern isodynamic

ellipse of 2,00 about midway between the extremities of its principal axis zwischen Br. — 58° und — $64^{\circ} 26'$, Länge $126^{\circ} 20'$ und $146^{\circ} 0'$ Ost (Contrib. to terr. Magn. in den Philos. Transact. for 1846 P. III. p. 252).

⁹⁸ (S. 89.) Koss, Voyage Vol. II. p. 224. Nach den Reise-Instructionen wurden die beiden südlichen Foci des Maximums der Intensität vermuthet (Vol. I. p. XXXVI) in Br. — 47° , Lg. 140° O. und Br. — 60° , Lg. 235° O. (Meridian von Greenwich).

⁹⁹ (S. 89.) Philos. Transact. for 1850 P. I. p. 201; Admiralty Manual 1849 p. 16; Erman, Magnet. Beob. S. 437—454.

¹⁰⁰ (S. 90.) Auf der Karte der isodynamischen Linien von Nordamerika, die zu Sabine's Abhandlung: Contributions to terrestrial Magnetism No. VII gehört, steht aus Versehen 14,88 statt 14,21. Die letztere, wahre Zahl ist aber im Text derselben Abhandlung p. 252 zu lesen. In dem Zusatz zu Note 158 im 1ten Bande der englischen Uebersetzung des Kosmos p. 414 steht auch durch einen Druckfehler 13,9 statt 14,21.

¹ (S. 91.) Ich folge für 15,60 der Angabe in Sabine's Contrib. No. VII p. 252. Aus dem magnetischen Journal des Erebus (Philos. Transact. for 1843 P. II. p. 169 und 172) ersieht man, daß auf dem Eise am 8 Februar 1841 (in Br. — $77^{\circ} 47'$ und Lg. $175^{\circ} 2'$ W.) vereinzelte Beobachtungen selbst 2,124 gaben. Der Werth der Intensität 15,60 in absoluter Scale setzt die Intensität in Hobarton provisorisch zu 13,51 voraus (magn. and meteorol. Observations made at Hobarton Vol. I. p. LXXV). Es ist aber dieselbe neuerdings (Vol. II. p. XLVI) um etwas vergrößert worden, zu 13,56. In dem Admiralty Manual p. 17 finde ich den südlichen stärkeren Focus in 15,8 verwandelt.

² (S. 91.) Sabine in der englischen Uebersetzung des Kosmos Vol. I. p. 414.

³ (S. 91.) S. die interessante Darstellung: Map of the World, divided into Hemispheres by a plane, coinciding with the Meridians of 100 and 280 E. of Greenwich, exhibiting the unequal distribution of the Magnetic Intensity in the two Hemispheres, Plate V; in den Proceedings of the Brit. Assoc. at Liverpool 1837 p. 72—74. Die Theilung ist, nach dem Pariser Meridian gerechnet, Länge $97^{\circ} 40'$ Ost und $82^{\circ} 20'$ West. Fast

ununterbrochen fand Erman die Intensität der Erdkraft unter 0,76 (also sehr schwach) in der südlichen Zone von Br. — 24° 25' bis Br. — 13° 18', zwischen 37° 10' und 35° 4' westlicher Länge.

⁴ (S. 92.) Kosmos Bd. I. S. 193 und 435 Anm. 30.

⁵ (S. 92.) Voyage in the Southern Seas Vol. I. p. 22 und 27. S. oben S. 84 und Anm. 88.

⁶ (S. 92.) S. das Schiffsjournal von Sullivan und Dunlop in den Philos. Transact. for 1840 P. I. p. 143. Sie fanden als Minimum aber nur 0,800.

⁷ (S. 92.) Man erhält 1 : 2,44, wenn man in absoluter Scale St. Helena 6,4 mit dem stärkeren Focus am Südpol 15,60 vergleicht; 1 : 2,47 durch Vergleichung von St. Helena mit dem zu 15,8 vergrößerten südlichen Maximum (Admir. Manual p. 17); 1 : 2,91 durch Vergleichung in relativer Scale von Erman's Beobachtung im atlantischen Ocean (0,706) mit dem südlichen Focus (2,06); ja selbst 1 : 2,95, wenn man in absoluter Scale die schwächste Angabe desselben ausgezeichneten Reisenden (5,35) mit der stärksten Angabe für den südlichen Focus (15,8) zusammenstellt. Eine Mittelzahl wäre 1 : 2,69. Vergl. für die Intensität von St. Helena (6,4 in absoluter oder 0,845 in relativer Scale) die frühesten Beobachtungen von Fitz-Roy (0,836) Philos. Transact. for 1847 P. I. p. 52 und Proceedings of the meeting at Liverpool p. 56.

⁸ (S. 92.) Vergl. die engl. Uebers. des Kosmos Vol. I. p. 413 und Contrib. to terrest. Magnetism No. VII p. 256.

⁹ (S. 94.) Welche Art der Täuschung kann in den Kohlenbergwerken von Glenu zu dem Resultat geführt haben, daß im Inneren der Erde in 83 Fuß Tiefe die Horizontal-Intensität schon um 0,001 wachse? Journal de l'Institut 1843 Avril p. 146. In einem englischen tiefen Bergwerke, 950 Fuß unter dem Meeresspiegel, fand Henwood gar keine Zunahme der Kraft (Brewster, Treatise on Magn. p. 275).

¹⁰ (S. 94.) Kosmos Bd. I. S. 418, Bd. IV. S. 36.

¹¹ (S. 94.) Eine Verminderung der Magnet-Intensität mit der Höhe folgt in meinen Beobachtungen aus den Vergleichen der Silla de Caracas (8105 Fuß über dem Meere; Kraft 1,188) mit dem Hafen la Guayra (Höhe 0 F.; Kraft 1,262) und der Stadt Caracas (Höhe 2484 F.; Kraft 1,209); aus der Vergleichung der Stadt Santa Fé de Bogota (Höhe 8190 F.; Kraft 1,147) mit der Capelle von

Nuestra Señora de Guadalupe (Höhe 10128 F.; Kraft 1,127), die in größter Nähe unmittelbar an einer steilen Felswand wie ein Schwalbennest über der Stadt hängt; aus der Vergleichung des Vulkans von Purace (Höhe 13650 F.; Kraft 1,077) mit dem Gebirgsbörtschen Purace (Höhe 8136 F.; Kraft 1,087) und mit der nahen Stadt Popayan (Höhe 5466 F.; Kraft 1,117); aus der Vergleichung der Stadt Quito (Höhe 8952 F.; Kraft 1,067) mit dem Dorfe San Antonio de Lulumbamba (Höhe 7650 F.; Kraft 1,087), in einer nahen Felskluft liegend, unmittelbar unter dem geographischen Aequator. Widersprechend waren die höchsten Oscillations-Versuche, die ich je gemacht, in einer Höhe von 14960 Fuß, an dem Abhange des längst erloschnen Vulkans Antisana, gegenüber dem Chusfulongo. Die Beobachtung mußte in einer weiten Höhle angestellt werden, und die so große Vermehrung der Intensität war gewiß Folge einer magnetischen Local-Attraction der Gebirgsart, des Trachyts: wie Versuche bezeugen, die ich mit Gay-Lussac im Krater selbst des Vesuvs und an den Kraterrändern gemacht. Die Intensität fand ich in der Höhle am Antisana bis 1,188 erhöht, wenn sie umher in niederen Hochebenen kaum 1,068 war. Die Intensität im Hospiz des St. Gotthard (1,313) war größer als die von Airolo (1,309), aber kleiner als die von Altorf (1,322); Airolo dagegen übertraf die Intensität des Urfern-Lochs (1,307). Eben so fanden wir, Gay-Lussac und ich, im Hospiz des Mont Genis die Intensität 1,344, wenn dieselbe in Lans le Bourg am Fuß des Mont Genis 1,323; in Turin 1,336 war. Die größten Widersprüche bot uns natürlich, wie schon oben bemerkt, der noch brennende Vesuv dar. Wenn 1805 die Erdkraft in Neapel 1,274 und in Portici 1,288 war, so stieg sie in der Einsiedelei von San Salvador zu 1,302, um im Krater des Vesuvs tiefer als in der ganzen Umgegend, zu 1,193, herabzusinken. Eisengehalt der Laven, Nähe magnetischer Pole einzelner Stücke und die, im ganzen wohl schwächend wirkende Erhitzung des Bodens bringen die entgegengesetztesten Local-Störungen hervor. Vergl. mein *Voyage aux Régions équinoxiales* T. III. p. 619—626 und *Mém. de la société d'Arcueil* T. I. 1807 p. 17—19.

¹² (S. 95.) Kupffer's Beobachtungen beziehen sich nicht auf den Gipfel des Elbruz, sondern auf den Höhen-Unterschied (4500 Fuß) von 2 Stationen: Brücke von Matya und Bergabhang von

Aharbis, die leider in Länge und Breite beträchtlich verschieden sind. Ueber die Zweifel, welche Necker und Forbes in Bezug auf das Resultat erhoben haben, s. Transact. of the Royal Soc. of Edinburgh Vol. XIV. 1840 p. 23—25.

¹³ (S. 95.) Vergl. Laugier und Mauvais in den Comptes rendus T. XVI. 1843 p. 1175 und Bravais, Observ. de l'intensité du Magnétisme terrestre en France, en Suisse et en Savoie in den Annales de Chimie et de Phys. 3^{me} Série T. XVIII. 1846 p. 214; Kreil, Einfluß der Alpen auf die Intensität in den Denkschriften der Wiener Akad. der Wiss., mathem. naturwiss. Cl. Bd. I. 1850 S. 265, 279 und 290. Um so auffallender ist es, daß ein sehr genauer Beobachter, Quetelet, im Jahr 1830 die Horizontal-Intensität von Genf (1,080) zum Col de Balme (1,091), ja zum Hospiz des heil. Bernhard (1,096) mit der Höhe hat zunehmen sehen. Vergl. Sir David Brewster, Treatise on Magn. p. 275.

¹⁴ (S. 95.) Annales de Chimie T. LII. (1805) p. 86 bis 87.

¹⁵ (S. 95.) Arago im Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1836 p. 287; Forbes in den Edinb. Transact. Vol. XIV. (1840) p. 22.

¹⁶ (S. 96.) Faraday, Exper. Researches in Electricity 1851 p. 53 und 77 § 2881 und 2961.

¹⁷ (S. 96.) Christie in den Philos. Transact. for 1825 p. 49.

¹⁸ (S. 97.) Sabine on periodical laws of the larger magnetic disturbances in den Phil. Tr. for 1851 P. I. p. 126; derselbe on the annual variation of the magn. Declin. in den Phil. Tr. for 1851 P. II. p. 636.

¹⁹ (S. 97.) Observ. made at the magn. and meteor. Observatory at Toronto Vol. I. (1840—1842) p. LXII.

²⁰ (S. 98.) Sabine in magn. and meteor. Observations at Hobarton Vol. I. p. LXVIII. »There is also a correspondence in the range and turning hours of the diurnal variation of the total force at Hobarton and at Toronto, although the progression is a *double one* at Toronto and a *single one* at Hobarton.« Die Zeit des Maximums der Intensität ist in Hobarton zwischen 8 und 9 Uhr Morgens, und eben so um 10 Uhr Morgens

das secundäre oder schwächere Minimum in Toronto; also folgt nach der Zeit des Orts das Zunehmen und Abnehmen der Intensität denselben Stunden: nicht den entgegengesetzten, wie bei der Inclination und der Declination. S. über die Ursachen dieser Erscheinung p. LXIX. (Vergl. auch Faraday, Atmospheric Magnetism § 3027—3034.)

²¹ (S. 98.) Philos. Transact. for 1850 P. I. p. 215 bis 217; Magnet. Observ. at Hobarton Vol. II. (1852) p. XLVI. Vergl. oben Kosmos Bd. IV. S. 27 Anm. 81. Die Intensität (totale Kraft) zeigt am Vorgebirge der guten Hoffnung in entgegengesetzten Jahreszeiten weniger Unterschied als die Inclination; Magnet. Observ. made at the Cape of Good Hope Vol. I. (1851) p. LV.

²² (S. 98.) S. den magnetischen Theil meiner Asie centrale T. III. p. 442.

²³ (S. 99.) Sir John Barrow, Arctic Voyages of discovery 1846 p. 521 und 529.

²⁴ (S. 99.) Im sibirischen Continent ist bisher keine stärkere Inclination als $82^{\circ} 16'$ beobachtet worden, und zwar von Middendorf am Fluß Taimyr unter Br. $+ 74^{\circ} 17'$ und Länge $93^{\circ} 20'$ östlich von Paris (Middend. sibir. Reise Th. I. S. 194).

²⁵ (S. 99.) Sir James Ross, Voyage to the Antarctic Regions Vol. I. p. 246. »I had so long cherished the ambitious hopes«, sagt dieser Seefahrer, »to plant the flag of my country on both the magnetic poles of our globe; but the obstacles, which presented themselves, being of so insurmountable a character was some degree of consolation, as it left us no grounds for self-reproach« (p. 247).

²⁶ (S. 100.) Sabine, Pendul. Exper. 1825 p. 476.

²⁷ (S. 100.) Derselbe in den Philos. Transact. for 1840 P. I. p. 137, 139 und 146. Ich folge für die Bewegung des afrikanischen Knotens der dieser Abhandlung beigefügten Karte.

²⁸ (S. 101.) Ich gebe hier, wie es immer meine Gewohnheit ist, die Elemente dieser, nicht unwichtigen Bestimmung: Micuipampa, ein peruanisches Bergstädtchen am Fuß des, durch seinen Silberreichtum berühmten Cerro de Gualgavoc: Br. — $6^{\circ} 44' 25''$, Lg. $80^{\circ} 53' 3''$; Höhe über der Südsee 11140 Fuß; magnetische Inclination $0^{\circ},42$ gegen Norden (Centesimal-Teilung des

Kreises). — Caramarca, Stadt in einer 8784 Fuß hohen Ebene: Br. — $7^{\circ} 8' 38''$, Lg. $5^{\text{h}} 23' 42''$; Incl. $0^{\circ},15$ gegen Süden. — Montan, ein Meierhof (hacienda), von Lama-Heerden umgeben, mitten im Gebirge: Br. — $6^{\circ} 33' 9''$, Lg. $5^{\text{h}} 26' 51''$; Höhe 8042 Fuß; Incl. $0^{\circ},70$ N. — Tomependa, an der Mündung des Chinchipe in den Amazonasfluß, in der Provinz Jaen de Bracamoros: Br. — $5^{\circ} 31' 28''$, Lg. $80^{\circ} 57' 30''$; Höhe 1242 Fuß; Incl. $3^{\circ},55$ N. — Truxillo, peruanische Stadt an der Südsee-Küste: Br. — $8^{\circ} 5' 40''$, Lg. $81^{\circ} 23' 37''$; Incl. $2^{\circ},15$ S. Humboldt, Recueil d'Observ. astron. (Nivellement barométrique et géodésique) Vol. I. p. 316 No. 242, 244—254. Für die Grundlagen der astronomischen Bestimmungen durch Sternhöhen und Chronometer s. dasselbe Werk Vol. II. p. 379—391. Das Resultat meiner Inclinations-Beobachtungen von 1802 (Br. — $7^{\circ} 2'$, Lg. $81^{\circ} 8' \text{W.}$) stimmt, sonderbar zufällig, trotz der secularen Veränderung, nicht schlecht mit Le Monnier's, auf theoretische Rechnung gegründeter Vermuthung. Er sagt: „nördlich von Lima muß 1776 der magnetische Aequator in $7^{\circ} \frac{1}{3}$, höchstens in $6^{\circ} \frac{1}{2}$ südlicher Breite gefunden werden! (Lois du Magnétisme comparées aux Observations Partie II. p. 59.)

²⁹ (S. 101.) Saigey, Mém. sur l'équateur magnétique d'après les observ. du Capitaine Duperrey, in den Annales maritimes et coloniales Dec. 1833 T. IV. p. 5. Dasselbst wird schon bemerkt, daß der magnetische Aequator nicht eine Curve gleicher Intensität ist, sondern daß die Intensität in verschiedenen Theilen dieses Aequators von 1 zu 0,867 variirt.

³⁰ (S. 101.) Diese Position des magnetischen Aequators ist durch Erman für 1830 bestätigt worden. Auf der Rückreise von Kamtschatka nach Europa fand derselbe die Neigung fast null: in Br. — $1^{\circ} 30'$, Lg. $134^{\circ} 57' \text{W.}$; in Br. — $1^{\circ} 52'$, Lg. $137^{\circ} 30' \text{W.}$; in Br. $1^{\circ} 54'$, Lg. $136^{\circ} 5' \text{W.}$; in Br. — $2^{\circ} 1'$, Lg. $141^{\circ} 28' \text{W.}$ (Erman, magnet. Beob. 1841 S. 536.)

³¹ (S. 101.) Wilkes, United States Exploring Expedition Vol. IV. p. 263.

³² (S. 102.) Elliot in den Philos. Transact. for 1831 P. I. p. 287—331.

³³ (S. 102.) Duperrey in den Comptes rendus T. XXII. 1846 p. 804—806.

²⁴ (S. 104.) Brief von Arago an mich aus Metz vom 13 Dec. 1827: »J'ai parfaitement constaté, pendant les aurores boréales qui se sont montrées dernièrement à Paris, que l'apparition de ce phénomène est toujours accompagnée d'une variation dans la position des aiguilles horizontales et d'inclinaison comme dans l'intensité. Les changemens d'inclinaison ont été de 7' à 8'. Par cela seul l'aiguille horizontale, abstraction faite de tout changement d'intensité, devait osciller plus ou moins vite suivant l'époque où se faisait l'observation; mais en corrigeant les résultats par le calcul des effets immédiats de l'inclinaison, il m'est encore resté une variation sensible d'intensité. En reprenant, par une nouvelle méthode, les observations diurnes d'inclinaison dont tu m'avais vu occupé pendant ton dernier séjour à Paris, j'ai trouvé, non par des moyennes, mais *chaque jour*, une variation régulière: l'inclinaison est plus grande le matin à 9^h que le soir à 6^h. Tu sais que l'intensité, *mesurée avec une aiguille horizontale*, est au contraire à son *minimum* à la première époque, et qu'elle atteint son *maximum* entre 6^h et 7^h du soir. La variation totale étant fort petite, on pouvait supposer qu'elle n'était due qu'au seul changement d'inclinaison; et en effet la plus grande portion de la *variation apparente d'intensité* dépend de l'altération diurne de la composante horizontale; mais, toute correction faite, il reste cependant une petite quantité comme indice d'une *variation réelle d'intensité*.« — Aus einem anderen Briefe von Arago, Paris 20 März 1829, kurz vor meiner sibirischen Reise: »Je ne suis pas étonné que tu reconnais avec peine la variation diurne d'inclinaison dont je t'ai parlé, dans les mois d'hiver; c'est dans les mois chauds seulement que cette variation est assez sensible pour être observée avec une loupe. Je persiste toujours à soutenir que les changemens d'inclinaison ne suffisent pas pour expliquer le changement d'intensité déduit de l'observation d'une aiguille horizontale. Une augmentation de température, toutes les autres circonstances restant les mêmes, ralentit les oscillations des aiguilles. Le soir, la température de mon aiguille horizontale est toujours *supérieure* à la température du matin; donc l'aiguille devrait, *par cette cause*, faire le soir, en un tems donné, moins d'oscillations que le matin; or elle en fait plus que le

changement d'inclinaison ne le comporte: donc du matin au soir, il y a une *augmentation réelle* d'intensité dans le magnétisme terrestre.« — Spätere und viel zahlreichere Beobachtungen in Greenwich, Berlin, Petersburg, Toronto (Canada) und Hobarton (Van Diemen) haben Arago's Behauptung (1827) der größeren Horizontal-Intensität am Abend gegen den Morgen bestätigt. In Greenwich ist das Haupt=Maximum der horizontalen Kraft um 6ⁿ, das Haupt=Minimum um 22ⁿ oder 0ⁿ; in Schulzendorf bei Berlin max. 8ⁿ, min. 21ⁿ; in Petersburg max. 8ⁿ, min. 23ⁿ 20'; in Toronto max. 4ⁿ, min. 23ⁿ: immer in der Zeit jeden Orts. (Viry, Magn. Observ. at Greenwich for 1845 p. 13, for 1846 p. 102, for 1847 p. 241; Rieß und Moser in Poggend. Ann. Bd. XIX. 1830 S. 175; Kupffer, Comptes-rendu annuel de l'Obs. central magn. de St. Pétersb. 1852 p. 28 und Sabine, Magn. Obs. at Toronto Vol. I. 1840—1842 p. XLII.) Sonderbar abweichend, fast entgegengesetzt, sind die Wechselstunden am Vorgebirge der guten Hoffnung und auf St. Helena, wo am Abend die Horizontalkraft am schwächsten ist (Sabine, Magn. Obs. at the Cape of Good Hope p. XL; at St. Helena p. 40). So ist es aber nicht in der ganzen südlichen Hemisphäre weiter in Osten. »The principal feature in the diurnal change of the *horizontal* force at Hobarton is the decrease of force in the forenoon and its subsequent increase in the afternoon« (Sabine, Magn. Obs. at Hobarton Vol. I. p. LIV, Vol. II. p. XLIII).

³⁵ (S. 104.) Sabine, Hobarton Vol. I. p. LXVII und LXIX.

³⁶ (S. 107.) Total-Intensität in Hobarton: max. 5ⁿ 1/2, min. 20ⁿ 1/2; in Toronto: Haupt=Max. 6ⁿ, Haupt=Min. 14ⁿ; secund. Max. 20ⁿ, secund. Min. 22ⁿ. Vergl. Sabine, Toronto Vol. I. p. LXI und LXII mit Hobarton Vol. I. p. LXVIII.

³⁷ (S. 107.) Sabine, Report on the isoclinical and isodynamic Lines in the British Islands 1839 p. 61—63.

³⁸ (S. 108.) Humboldt in Poggend. Annalen Bd. XV. S. 319—336, Bd. XIX. S. 357—391; und im Voyage aux Régions équinox. T. III. p. 616 und 625.

³⁹ (S. 109.) Hansteen über jährliche Veränderung der Inclination in Poggend. Ann. Bd. XXI. S. 403—429.

Vergl. auch über den Einfluß der Bewegung der Knoten des magnetischen Aequators Sir David Brewster, *Treatise on Magnetism* p. 247. Da man durch die Fülle der Stations-Beobachtungen jetzt ein fast ungemessenes Feld der speciellsten Untersuchung besitzt, so bemerkt man neue und neue Complicationen bei dem Aufsuchen des Gesetzl. In auf einander folgenden Jahren sieht man z. B. die Neigung in Einer Wendestunde, der des Mar., vom Abnehmen in ein Zunehmen übergehen, während in der Wendestunde des Min. sie im progressiven jährlichen Abnehmen blieb. In Greenwich z. B. nahm die magnetische Neigung in der Mar. Stunde (21ⁿ) ab in den Jahren 1844 und 1845, sie nahm zu in derselben Stunde in 1845—1846, fuhr aber fort in der Wendestunde des Min. (3ⁿ) von 1844—1846 abzunehmen. (Airy, *Magn. Observ. at Greenwich 1846* p. 113.)

⁴⁰ (S. 109.) *Philos. Transact. for 1841* P. I. p. 35.

⁴¹ (S. 109.) Vergl. Sawelieff im *Bulletin physico-mathématique de l'Acad. Imp. de St. Pétersb.* T. X. No. 219 mit Humboldt, *Asie centr.* T. III. p. 440.

⁴² (S. 110.) Sabine, *Magn. Observ. at the Cape of Good Hope* Vol. I. p. LXV. Darf man den Beobachtungen aus dem Jahre 1751 von La Caille trauen, der zwar jedesmal die Pole umkehrte, aber eine nicht frei genug sich bewegende Nadel hatte; so ergibt sich für das Cap eine Vermehrung der Inclination von 3°,08 in 89 Jahren!

⁴³ (S. 110.) Arago in dem *Annuaire du Bureau des Long.* pour 1823 p. 285—288.

⁴⁴ (S. 111.) Ich wiederhole noch, daß alle europäischen Inclinations-Beobachtungen, welche auf dieser Seite angeführt werden, in 360theiliger Eintheilung des Kreises sind, und daß nur die von mir vor dem Monat Juni 1804 beobachteten Inclinationen im Neuen Continent (*Voy. aux Régions équinox.* T. III. p. 615—623) sich auf eine Centesimal-Eintheilung des Bogens beziehen.

⁴⁵ (S. 112.) Grube Ehurprinz bei Freiberg im sächsischen Erzgebirge: der unterirdische Punkt war auf der 7ten Sezugstrecke, auf dem Ludwiger Spathgange: 80 Lachter östlich vom Treibschachte, 40 Lachter westlich vom Kunstschachte, in 133½ Lachter Seigerteuse: beobachtet mit Freiesleben und Reich um 2½ Uhr Nachmittags (Temper. der Grube 15°,6 Cent.). Incl. Nadel A 67° 37',4;

Nadel B $67^{\circ} 32',7$; Mittel beider Nadeln in der Grube $67^{\circ} 35',05$. In freier Luft (über Tage), auf einem Punkte der Oberfläche, welcher nach dem Markscheider-Risse genau senkrecht über dem Punkte der unterirdischen Beobachtung liegt, um 11 Uhr Vormittags: Nadel A $67^{\circ} 33',87$; Nadel B $67^{\circ} 32',12$; Mittel beider Nadeln in der oberen Station $67^{\circ} 32',99$ (Luft-Temperatur $15^{\circ},8$ Cent.). Unterschied des oberen und unteren Resultats $+ 2',06$. Die Nadel A, welche als stärkere mir immer am meisten Vertrauen einflößte, gab sogar $+ 3',53$: wenn der Einfluß der Tiefe bei alleinigem Gebrauch der Nadel B fast unmerklich geblieben wäre. (Humboldt, in Poggend. Ann. Bd. XV. S. 326.) Die gleichförmige Methode, die ich stets angewandt: im Ablesen am Azimuthal-Kreise, um den magnetischen Meridian durch correspondirende Inclinationen oder durch den perpendicularen Stand der Nadel zu finden; wie die Neigung selbst am Vertical-Kreise, durch Umdrehung der Nadel in den Pfannen, und durch Ablesen an beiden Spitzen vor und nach dem Umdrehen der Pole: habe ich weitläufig beschrieben und durch Beispiele erläutert in der *Asie centrale* T. III. p. 465–467. Der Stand der 2 Nadeln ist für jede derselben 16mal abgelesen worden, um ein mittleres Resultat zu gewinnen. Wo von Wahrscheinlichkeit in Bestimmung so kleiner Größen die Rede ist, muß man in das Einzelste der Beobachtung eingehen.

⁴⁶ (S. 112.) Kosmos Bd. I. S. 417.

⁴⁷ (S. 113.) Humboldt, *Voy. aux Régions équinox.* T. I. p. 515–517.

⁴⁸ (S. 114.) Erman, *Reise um die Erde* Bd. II. S. 180.

⁴⁹ (S. 115.) Kosmos Bd. IV. S. 51. Petrus Peregrini meldet einem Freunde, daß er schon 1269 die Variation in Italien 5° östlich gefunden habe.

⁵⁰ (S. 115.) Humboldt, *Examen crit. de l'hist. de la Géogr.* T. III. p. 29, 36, 38 und 44–51. Wenn Herrera (Dec. I. p. 23) sagt, Columbus habe bemerkt, die Magnet-Variation sei nicht dieselbe bei Tag und bei Nacht; so berechtigt diese Behauptung gar nicht, dem großen Entdecker eine Kenntniß der stündlichen Veränderung zuzuschreiben. Das von Navarrete herausgegebene achte Reisejournal des Admirals vom 17 und 30 September 1492 lehrt, daß Columbus selbst alles auf eine sogenannte „ungleiche

Bewegung" des Polarsternes und der Wächter (Guardas) reducirte. (Examen crit. a. a. D. p. 56—59.)

⁵¹ (S. 115.) Kosmos Bd. IV. S. 60 Anm. 66 und S. 70 Anm. 72. Die ältesten gedruckten Londoner Beobachtungen sind die von Graham in den Philos. Transact. for 1724, 1725, Vol. XXXIII. p. 96—107 (An Account of Observations made of the Horizontal Needle at London, 1722—1723; by Mr. George Graham). Die Veränderung der Declination gründet sich: »neither upon heat, nor cold, dry or moist air. The Variation is greatest between 12 and 4 in the afternoon, and the least at 6 or 7 in the evening.« Es sind freilich nicht die wahren Wendestunden.

⁵² (S. 116.) Beweise geben zahlreiche Beobachtungen von Georg Fuß und Kowanko für das griechische Kloster-Observatorium in Peking, von Anikin für Nertschinsk, von Buchanan Middell für Toronto in Canada (alle an Orten westlicher Abweichung); von Kupffer und Simonoff in Kasan, von Wrangel, trotz der vielen Nordlicht-Störungen, für Sitka (Nordwest-Küste von Amerika), von Gillis in Washington, von Boussingault für Marmato (Südamerika), von Duperrey für Payta an der peruanischen Südsee-Küste (alle an Orten östlicher Abweichung). Ich erinnere, daß die mittlere Declination war: in Peking (Dec. 1831) $2^{\circ} 15' 42''$ westlich (Voggend. Annalen Bd. XXXIV. S. 54), in Nertschinsk (Sept. 1832) $4^{\circ} 7' 44''$ westlich (Voggend. a. a. D. S. 61), in Toronto (Nov. 1847) $1^{\circ} 33'$ westlich (vergl. Observ. at the magnetical and meteorological Observatory at Toronto Vol. I. p. XI. und Sabine in den Phil. Tr. for 1851 P. II. p. 636), Kasan (Aug. 1828) $2^{\circ} 21'$ östlich (Kupffer, Simonoff und Erman, Reise um die Erde Bd. II. S. 532), Sitka (Nov. 1829) $28^{\circ} 16'$ östlich (Erman a. a. D. S. 546), Marmato (Aug. 1828) $6^{\circ} 33'$ östlich (Humboldt in Voggend. Ann. Bd. XV. S. 331), Payta (Aug. 1823) $8^{\circ} 56'$ östlich (Duperrey in der Connaissance des tems pour 1828 p. 252). In Tiflis ist der westliche Gang von 19° bis 2° (Parrot, Reise zum Ararat 1834 Th. II. S. 58).

⁵³ (S. 117.) S. Auszüge aus einem Briefe von mir an Karsten (Rom, 22 Juni 1805) „über vier Bewegungen der Magnetnadel, gleichsam vier magnetische Ebben und Fluthen, analog den

Barometer-Perioden"; abgedruckt in *Hansteen, Magnetismus der Erde* 1819 S. 459. Ueber die, so lange vernachlässigten, nächtlichen Declinations-Variationen vergl. *Faraday on the night Episode* § 3012—3024.

⁵⁴ (S. 117.) *Airy, Magnet. and Meteor. Observations made at Greenwich* 1843 (Results) p. 6, 1846 p. 94, 1847 p. 236. Wie sehr die frühesten Angaben der Wendestunden bei Tage und bei Nacht mit denen übereinstimmen, welche vier Jahre später in den so reichlich ausgestatteten Magnethäusern von Greenwich und Canada ermittelt wurden, erhellt aus der Untersuchung von correspondirenden Breslauer und Berliner Beobachtungen meines vieljährigen Freundes Encke, des verdienstvollen Directors unserer Berliner Sternwarte. Er schrieb am 11 Oct. 1836: „In Bezug auf das nächtliche Maximum oder die Inflexion der stündlichen Abweichungs-Curve glaube ich nicht, daß im allgemeinen ein Zweifel obwalten kann, wie es auch Dove aus Freiburger Beobachtungen 1830 (*Poggend. Ann.* Bd. XIX. S. 373) geschlossen hat. Graphische Darstellungen sind zur richtigen Uebersicht des Phänomens weit vortheilhafter als die Zahlentabellen. Bei den ersten fallen große Unregelmäßigkeiten sogleich in das Auge und gestatten die Ziehung einer Mittellinie: während daß bei den letzteren das Auge häufig sich täuscht, und eine einzelne sehr auffallende Unregelmäßigkeit als ein wirkliches Maximum oder Minimum nehmen kann. Die Perioden zeigen sich durch folgende Wendestunden bestimmt:

größte östliche Declination	20 Uhr, I. Max. Ost
größte westliche Declination	1 Uhr, I. Min. Ost
zweites östliches kleines Maximum	10 Uhr, II. Max. Ost
zweites westliches kleines Minimum	16 Uhr, II. Min. Ost

Das zweite kleine Minimum (die nächtliche Elongation gegen Westen) fällt eigentlich zwischen 15 und 17 Uhr, bald der einen, bald der anderen Stunde näher.“ Es ist kaum nöthig zu erinnern, daß, was Encke und ich die Minima gegen Osten, ein großes und ein kleines 16° nennen, in den, 1840 gegründeten, englischen und amerikanischen Stationen als Maxima gegen Westen aufgeführt wird, und daß demnach auch unsere Maxima gegen Osten (20° und 10°) sich in Minima gegen Westen umwandeln. Um also den stündlichen Gang der Nadel in seiner Allgemeinheit und großen Analogie in der nördlichen Halbkugel darzustellen, wähle ich die

von Sabine befolgten Benennungen, die Reihung von der Epoche größter Elongation gegen Westen anfangend, in der mittleren Zeit jedes Orts:

	Freiberg 1829	Breslau 1836	Greenwich 1846—47	Makerstown 1842—43	Toronto 1845—47	Washington 1840—42
Maximum	1"	1"	2"	0" 40'	1"	2"
Minimum	13	10	12	10	10	10
Maximum	16	16	16	14 $\frac{1}{4}$	14	14
Minimum	20	20	20	19 $\frac{1}{4}$	20	20

In den einzelnen Jahreszeiten hat Greenwich einige merkwürdige Verschiedenheiten gezeigt. Im Jahr 1847 war im Winter nur Ein Max. (2") und Ein Min. (12"); im Sommer eine doppelte Progression, aber das zweite Min. um 14" statt um 16" (p. 236). Die größte westliche Elongation (erstes Max.) blieb im Winter wie im Sommer an 2" geheftet, aber die kleinste (das zweite Min.) war 1846 (p. 94) im Sommer wie gewöhnlich um 20" und im Winter um 12". Die mittlere winterliche Zunahme gegen Westen ging ohne Unterbrechung in dem genannten Jahre von Mitternacht bis 2" fort. Vergl. auch 1845 (p. 5). Makerstown (Northburghshire in Schottland) ist die Sternwarte, welche man dem edlen wissenschaftlichen Eifer von Sir Thomas Brisbane verdankt (s. John Allan Broun, *Obs. in Magnetism and Meteorology*, made at Makerstown in 1843, p. 221—227). Ueber stündliche Tages- und Nacht-Beobachtungen von Petersburg s. Kuyffer, *Compte rendu météor. et magn. à Mr. de Brock en 1851* p. 17. Sabine in seiner schönen, sehr scharfsinnig combinirten, graphischen Darstellung der stündlichen Declinations-Curve von Toronto (*Phil. Tr. for 1851* P. II. Plate 27) deutet an, wie vor der kleinen nächtlichen West-Bewegung, welche um 11" beginnt und bis 15" dauert, eine sonderbare zweistündige Ruhe (von 9 bis 11 Uhr) eintritt. »We find«, sagt Sabine, »alternate progression and retrogression at Toronto twice in the 24 hours. In 2 of the 8 quarters (1841 and 1842) the inferior degree of regularity during the night occasions the occurrence of a triple max. and min.; in the remaining quarters the turning hours are the same as those of the mean of the 2 years.« (*Obs. made at the magn. and meteor. Observatory at Toronto in Canada*

Vol. I. p. XIV, XXIV, 183—191 und 228; und Unusual magn. Disturbances P. I. p. VI.) Für die sehr vollständigen Beobachtungen von Washington s. Gillisf, Magn. and Meteor. Observations made at Washington p. 325 (General Law). Vergl. damit Bache, Observ. at the magn. and meteor. Observatory, at the Girard College, Philadelphia, made in the years 1840 to 1845 (3 Bände, enthaltend 3212 Seiten Querfolio), Vol. I. p. 709, Vol. II. p. 1285, Vol. III. p. 2167 und 2702. Trotz der Nähe beider Orte (Philadelphia ist nur 1° 4' nördlicher und 0° 7' 33" östlicher als Washington) finde ich Verschiedenheit in den kleinen Perioden des westlichen secundären Maximums und secundären Minimums. Ersteres ist in Philadelphia um 1ⁿ/₂, letzteres um 2ⁿ/₄ verfrühet.

⁵⁵ (S. 118.) Beispiele solcher kleinen Verfrühungen finde ich angegeben vom Lieut. Gillisf in seinen Magn. Observ. of Washington p. 328. Auch im nördlichen Schottland, in Makerstoun (lat. 55° 35'), giebt es Schwankungen in dem zweiten Minimum: das in den ersten 3 und 4 letzten Monaten des Jahres um 21°, in den übrigen 5 Monaten (April—August) um 19° eintritt; also im Gegensatz mit Berlin und Greenwich (Allan Brown, Obs. made at Makerstoun p. 225). Gegen den Antheil der Wärme an den regelmäßigen Aenderungen der stündlichen Declination, deren Min. am Morgen nahe um die Zeit des Min. der Temperatur, wie das Max. nahe mit dem Max. der Wärme eintritt, sprechen deutlichst die Bewegungen der Nadel in der Nacht-Periode, das zweite Min. und das zweite Max. „Es giebt 2 Maxima und 2 Minima der Declination in 24 Stunden, und doch nur Ein Minimum und Ein Maximum der Temperatur.“ (Nelschuber in Poggend. Annalen der Physik und Chemie Bd. 85. 1852 S. 416.) Ueber den normalen Gang der Magnetnadel im nördlichen Deutschland s. das Naturgetreueste in einer Abhandlung von Dove (Poggend. Ann. Bd. XIX. S. 364—374).

⁵⁶ (S. 118.) Voy. en Islande et au Groënland, exécuté en 1835 et 1836 sur la Corv. la Recherche; Physique (1838) p. 214—225 und 358—367.

⁵⁷ (S. 118.) Sabine, Account of the Pendulum Experiments 1825 p. 500.

⁵⁸ (S. 119.) S. Barlow's Bericht über die Beobachtungen

von Port Bowen im Edinb. New Philos. Journal Vol. II. 1827 p. 347.

⁵⁰ (S. 119.) Prof. Orlebar in Orford, einst Superintendent des auf Kosten der ostindischen Compagnie auf der Insel Colaba erbauten magnetischen Observatoriums, hat die verwickelten Gesehe der Declinations-Veränderung in den Subperioden zu erörtern gesucht; Observations made at the magn. and meteor. Observatory at Bombay in 1845, Results p. 2—7. Merkwürdig scheint mir der mit dem des mittleren Europa's so übereinstimmende Gang der Nadel in der ersten Periode von April bis October (westl. Min. $19^{\circ}\frac{1}{2}$, Max. $0^{\circ}\frac{1}{2}$; Min. $5^{\circ}\frac{1}{2}$, Max. 7°). Der Monat October selbst ist eine Uebergangs-Periode; denn im November und December erreicht die Quantität der täglichen Declination kaum 2 Minuten. Trotz der noch 8° betragenden Entfernung vom magnetischen Aequator, ist doch schon die Regelmäßigkeit von Wendestunden schwer zu erkennen. Ueberall in der Natur, wo verschiedenartige Störungs-Ursachen in wiederkehrenden, aber uns der Dauer nach unerkannten Perioden auf ein Phänomen der Bewegung wirken, bleibt, da die Störungen oft in ihrer Anhäufung entgegengesetzt agiren oder sich ungleich verstärken, das Geseliche lange verdeckt.

⁶⁰ (S. 120.) S. die Beweise in meinem Examen crit. de l'hist. de la Géogr. T. III. p. 34—37. Die älteste Angabe der Abweichung, von Keutschungy, einem Schriftsteller aus dem Anfang des 12^{ten} Jahrhunderts, war Ost $\frac{5}{6}$ Süd; Klaproth's Lettre sur l'invention de la Boussole p. 68.

⁶¹ (S. 120.) Ueber den alten Verkehr der Chinesen mit Java nach Berichten von Fahian im Fo-kue-ki s. Wilhelm v. Humboldt über die Kawi-Sprache Bd. I. S. 16.

⁶² (S. 120.) Phil. Tr. for 1795 p. 340—349, for 1798 p. 397. Das Resultat, welches Macdonald aus seinen Beobachtungen in Fort Marlborough (gelegen über der Stadt Bencoolen, Br. $3^{\circ} 47'$ Süd, in Sumatra) selbst zieht, und nach welchem die östliche Elongation von 19° bis 5° im Zunehmen begriffen sein soll, scheint mir nicht ganz gerechtfertigt. Seit der Mittagsstunde ist regelmäßig erst um 3, um 4 oder 5 Uhr beobachtet worden; und einzelne, außer den Normalstunden gesammelte, zerstreute Beobachtungen machen es wahrscheinlich, daß auf Sumatra die Wendestunde der östlichen Elongation

zur westlichen schon um 2° eintrat, ganz wie in Hobarton. Wir besitzen durch Macdonald Declinations-Beobachtungen aus 23 Monaten (vom Juni 1794 bis Juni 1796), und an diesen sehe ich in allen Jahreszeiten die östliche Abweichung von 19° 1/2 bis Mittag durch fortgesetzte Bewegung der Nadel von W nach O zunehmen. Von dem Typus der nördlichen Halbfugel (Toronto), welcher zu Singapore von Mai bis Sept. herrschte, ist hier keine Spur; und doch liegt Fort Marlborough unter fast gleichem Meridian, aber im Süden des geographischen Aequators, nur 5° 4' von Singapore entfernt.

⁶³ (S. 121.) Sabine, Magn. Obs. made at Hobarton Vol. I. (1841 and 1842) p. XXXV, 2 und 148; Vol. II. (1843—1845) p. III—XXXV und 172—344. Vergl. auch Sabine, Obs. made at St. Helena; denselben in den Phil. Tr. for 1847 P. I. p. 55 Pl. IV und Phil. Tr. for 1851 P. II. p. 636 Pl. XXVII.

⁶⁴ (S. 122.) Kosmos Bd. I. S. 190.

⁶⁵ (S. 123.) Sabine, Observations made at the magn. and meteor. Observatory at St. Helena in 1840—1845 Vol. I. p. 30 und denselben in den Phil. Tr. for 1847 P. I. p. 51—56 Pl. III. Die Regelmäßigkeit des Gegensatzes in den beiden Jahres-Abtheilungen Mai bis September (Typus der mittleren Breiten in der nördlichen Halbfugel) und October bis Februar (Typus der mittleren Breiten der südlichen Halbfugel) stellt sich in ihrer auffallenden Bestimmtheit graphisch dar, wenn man die Form und Inflectionen der Curve stündlicher Abweichung einzeln in den Tages-Abschnitten von 14° bis 22°, von 22° bis 4° und von 4° bis 14° mit einander vergleicht. Jeder Biegung über der Linie, welche die mittlere Declination bezeichnet, entspricht eine fast gleiche unter derselben (Vol. I. Pl. IV: die Curven AA und BB). Selbst in der nächtlichen Periode ist der Gegensatz bemerkbar; und was noch denkwürdiger erscheint, ist die Bemerkung, daß, indem der Typus von St. Helena und des Vorgebirges der guten Hoffnung der der nördlichen Halbfugel ist, sogar auch in denselben Monaten an diesen so südlich gelegenen Orten dieselbe Verfrühung der Wechselstunden als in Canada (Toronto) eintritt. Sabine, Observ. at Hobarton Vol. I. p. XXXVI.

⁶⁶ (S. 124.) Phil. Tr. for 1847 P. I. p. 52 und 57 und Sabine, Observations made at the magn. and meteor.

Observatory at the Cape of Good Hope 1841—1846 Vol. I. p. XII—XXIII Pl. III. (Vergl. auch Faraday's geistreiche Ansichten über die Ursachen solcher vom Wechsel der Jahreszeiten abhängender Phänomene, in seinen Experiments on atmospheric Magnetism § 3027—3068, und über Analogien mit Petersburg § 3017.) An den südlichen Küsten des Rothen Meeres soll ein sehr fleißiger Beobachter, Herr d'Abbadie, den seltsamen, nach den Jahreszeiten wechselnden Typus der Magnet-Declination vom Vorgebirge der guten Hoffnung, von St. Helena und Singapore beobachtet haben (Miry on the present state of the science of Terrestrial Magnetism 1850 p. 2). „Es scheint“, bemerkt Sabine, „eine Folge von der jetzigen Lage der 4 foci der stärksten Intensität der Erdkraft zu sein, daß die wichtige Curve der relativ (nicht absolut) schwächsten Intensität in dem süd-atlantischen Ocean sich aus der Nähe von St. Helena gegen die Südspitze von Afrika hinzieht. Die astronomisch-geographische Lage dieser Südspitze, wo die Sonne das ganze Jahr hindurch nördlich vom Zenith steht, giebt einen Hauptgrund gegen de la Rive's thermale Erklärung (Annales de Chimie et de Physique T. XXV. 1849 p. 310) des hier berührten, auf den ersten Blick abnorm scheinenden und doch sehr gefeßlichen, an anderen Punkten sich wiederholenden Phänomens von St. Helena.“ Sabine in den Proceedings of the Royal Society 1849 p. 821.

⁶⁷ (S. 124.) Halley, Account of the late surprizing appearance of lights in the air in den Phil. Transact. Vol. XXIX. 1714—1716 No. 347 p. 422—428. Halley's Erklärung des Nordlichts hängt leider mit der, 25 Jahre früher von ihm entwickelten, phantastischen Hypothese (Phil. Tr. for 1693 Vol. XVII. No. 195 p. 563) zusammen: nach welcher in der hohlen Erdkugel zwischen der äußeren Schale, auf der wir wohnen, und dem inneren, auch von Menschen bewohnten, dichten Kerne (zur Erleichterung der Geschäfte in diesem unterirdischen Leben) sich ein leuchtendes Fluidum befindet. »In order to make that inner Globe capable of being inhabited, there might not improbably be contained some luminous Medium between the balls, so as to make a perpetual Day below.« Da nun in der Gegend der Rotations-Pole die äußere Schale unserer Erdrinde (wegen der entstandenen Abplattung) weit dünner sein müsse als unter dem Aequator, so suche sich zu gewissen

Seiten, besonders in den Aequinoctien, das innere leuchtende Fluidum, d. i. das magnetische, in der dünnen Polargegend einen Weg durch die Spalten des Gesteins. Das Ausströmen dieses Fluidums ist nach Halley die Erscheinung des Nordlichts. Versuche mit Eisenfeilen, auf einen sphäroidischen Magnet (eine Terrelle) gestreut, dienen dazu die Richtung der leuchtenden farbigen Strahlen des Nordlichts zu erklären. „So wie jeder seinen eigenen Regenbogen sieht, so steht auch für jeden Beobachter die Corona an einem anderen Punkte“ (p. 424). Ueber den geognostischen Traum eines geistreichen und in allen seinen magnetischen und astronomischen Arbeiten so gründlichen Forschers vergl. Kosmos Bd. I. S. 178 und 425 Anm. 6.

⁶⁸ (S. 126.) Bei großer Ermüdung in vielen auf einander folgenden Nächten wurden Prof. Oltmanns und ich bisweilen unterstützt von sehr zuverlässigen Beobachtern: dem Hrn. Bau-Conducteur Mämpel, dem Geographen Hrn. Friesen, dem sehr unterrichteten Mechanicus Nathan Mendelssohn und unserem großen Geognosten, Leopold von Buch. Ich nenne immer gern in diesem Buche, wie in allen meinen früheren Schriften, die, welche meine Arbeiten freundlichst getheilt haben.

⁶⁹ (S. 127.) Der Monat September 1806 war auffallend reich an großen magnetischen Ungewittern. Ich führe aus meinem Journale beispielsweise folgende an:

$\frac{21}{22}$	Sept. 1806 von 16° 36' bis 17° 43'
$\frac{22}{23}$	„ „ von 16° 40' bis 19° 2'
$\frac{23}{24}$	„ „ von 15° 33' bis 18° 27'
$\frac{24}{25}$	„ „ von 15° 4' bis 18° 2'
$\frac{25}{26}$	„ „ von 14° 22' bis 16° 30'
$\frac{26}{27}$	„ „ von 14° 12' bis 16° 3'
$\frac{27}{28}$	„ „ von 13° 55' bis 17° 27'
$\frac{28}{29}$	„ „ von 12° 3' bis 13° 22' ein kleines Ungewitter, und dann die ganze Nacht bis Mittag größte Ruhe;

$\frac{29}{30}$ Sept. 1806 um 10° 20' bis 11° 32' ein kleines Ungewitter, dann große Ruhe bis 17° 6';

$\frac{30}{1}$ Sept. 1806 um 14° 46' ein großes, aber kurzes Ungewitter; dann vollkommene Ruhe, und um 16° 30' wieder eben so großes Ungewitter.

Dem großen storm vom $\frac{25}{26}$ Sept. war schon von 7° 8' bis 9° 11' ein noch stärkerer vorhergegangen. In den folgenden Wintermonaten war die Zahl der Störungen sehr gering, und nie mit den Herbst-Aequinoctial-Störungen zu vergleichen. Ich nenne großes Ungewitter einen Zustand, in welchem die Nadel Oscillationen von 20 bis 38 Minuten macht, oder alle Theilstriche des Segments überschreitet, oder wenn gar die Beobachtung unmöglich wird. Im kleinen Ungewitter sind die Schwankungen unregelmäßig von 5 bis 8 Minuten.

⁷⁰ (S. 128.) Schwingungen ohne Veränderung in der Abweichung sind zu Paris von Arago in zehnjährigen fleißigen Beobachtungen bis 1829 nicht wahrgenommen worden. »J'ai communiqué à l'Académie«, schreibt er in jenem Jahre, »les résultats de nos observations simultanées. J'ai été surpris des oscillations qu'éprouve parfois l'aiguille de déclinaison à Berlin dans les observations de 1806, 1807, et de 1828 et 1829, lors même que la déclinaison moyenne n'est pas altérée. Ici (à Paris) nous ne trouvons jamais rien de semblable. Si l'aiguille éprouve de fortes oscillations, c'est seulement en tems d'aurore boréale et lorsque sa direction absolue a été notablement dérangée; et encore *le plus souvent* les dérangements dans la direction ne sont-ils pas accompagnés du mouvement oscillatoire.« Ganz entgegengekehrt den hier geschilderten Erscheinungen sind aber die in Toronto aus den Jahren 1840 und 1841 in der nördlichen Breite von 43° 39'. Sie stimmen genau mit denen von Berlin überein. Die Beobachter in Toronto waren so aufmerksam auf die Art der Bewegung, daß sie strong and slight vibrations, shocks und alle Grade der disturbances nach bestimmten Unterabtheilungen der Scale angeben, und eine solche Nomenclatur bestimmt und einformig befolgen. (Sabine, Days of unusual magn. Disturbances Vol. I. P. 1. p. 46.) Aus den genannten zwei Jahren werden aus Canada 6 Gruppen

auf einander folgender Tage (zusammen 146 an der Zahl) aufgeführt, in denen die Oscillationen oft sehr stark waren (with strong shocks), ohne merkliche Veränderung in der stündlichen Declination. Solche Gruppen (s. a. a. D. p. 47, 54, 74, 88, 95 und 101) sind bezeichnet durch die Ueberschrift: »Times of observations at Toronto, at which the Magnetometers were disturbed, but the mean readings were not materially changed.« Auch die Veränderungen der Abweichung während der häufigen Nordlichter waren zu Toronto fast immer von starken Oscillationen begleitet: oft sogar von solchen, die alles Ablesen unmöglich machten. Wir erfahren also durch diese, der weiteren Prüfung nicht genug zu empfehlenden Erscheinungen: daß, wenn auch oft momentane, die Nadel beunruhigende Abweichungs-Veränderungen große und definitive Veränderungen in der Variation zur Folge haben (Younghusband, Unusual Disturbances P. II. p. X), doch im ganzen die Größe der Schwingungs-Bogen keinesweges der Größe des Maasses der Declinations-Veränderung entspricht; daß bei sehr unmerklichen Declinations-Veränderungen die Schwingungen sehr groß, wie ohne alle Schwingung der Fortschritt der Nadel in der westlichen oder östlichen Abweichung schnell und beträchtlich sein kann; auch daß diese Prozesse magnetischer Thätigkeit an verschiedenen Orten einen eigenen und verschiedenen Charakter annehmen.

⁷¹ (S. 128.) Unusual Disturb. Vol. I. P. 1. p. 69 und 101.

⁷² (S. 128.) Dies war Ende Sept. 1806. Veröffentlicht wurde die Thatsache in Poggendorff's Annalen der Physik Bd. XV. (April 1829) S. 330. Es heißt dort: „Meine älteren, mit Oltmanns angestellten, stündlichen Beobachtungen hatten den Vorzug, daß damals (1806 und 1807) keine ähnliche, weder in Frankreich noch in England, angestellt wurden. Sie gaben die nächtlichen Maxima und Minima; sie lehrten die merkwürdigen magnetischen Gewitter kennen, welche durch die Stärke der Oscillationen oft alle Beobachtung unmöglich machen, mehrere Nächte hinter einander zu derselben Zeit eintreten, ohne daß irgend eine Einwirkung meteorologischer Verhältnisse dabei bisher hat erkannt werden können.“ Es ist also nicht erst im Jahr 1839, daß eine gewisse Periodicität der außerordentlichen Störungen erkannt worden ist. (Report of the fifteenth Meeting of the British Association, at Cambridge 1845, P. II. p. 12.)

⁷³ (S. 128.) Kupffer, Voyage au Mont Elbruz dans le Caucase 1829 p. 108: »Les déviations irrégulières se répètent souvent à la même heure et pendant plusieurs jours consécutifs.«

⁷⁴ (S. 129.) Sabine, Unusual Disturb. Vol. I. P. 1. p. XXI, und Younghusband on periodical Laws in the larger Magnetic Disturbances in den Phil. Tr. for 1853 P. I. p. 173.

⁷⁵ (S. 129.) Sabine in den Phil. Tr. for 1851 P. I. p. 125 bis 127: »The *diurnal variation* observed is in fact constituted by two variations *superposed* upon each other, having different laws and bearing different proportions to each other in different parts of the globe. At tropical stations the influence of what have been hitherto called the *irregular* disturbances (*magnetic storms*), is comparatively feeble; but it is otherwise at stations situated as are Toronto (Canada) and Hobarton (Van Diemen-Island), where their influence is both really and proportionally greater, and amounts to a clearly recognizable part of the whole diurnal variation.« Es findet hier in der zusammengesetzten Wirkung gleichzeitiger, aber verschiedener Bewegungs-Ursachen dasselbe statt, was von Poisson so schön in der Theorie der Wellen entwickelt ist (Annales de Chimie et de Physique T. VII. 1817 p. 293): »Plusieurs sortes d'ondes peuvent se croiser dans l'eau comme dans l'air; les petits mouvements se *superposent*.« Vergl. Lamont's Vermuthungen über die zusammengesetzte Wirkung einer Polar- und einer Aequatorial-Wellen in Poggend. Annalen Bd. 84. S. 583.

⁷⁶ (S. 130.) S. oben S. 87 Anm. 69.

⁷⁷ (S. 130.) Sabine in den Phil. Tr. for 1852 P. II. p. 110. (Younghusband a. a. O. p. 169.)

⁷⁸ (S. 131.) Nach Lamont und Kelschuber ist die magnetische Periode $10\frac{1}{2}$ Jahre: so daß die Größe des Mittels der täglichen Bewegung der Nadel 5 Jahre hindurch zu- und 5 Jahre hindurch abnimmt, wobei die winterliche Bewegung (amplitudo der Abweichung) immerfort fast doppelt so schwach als die der Sommermonate ist. (Vergl. Lamont, Jahresbericht der Sternwarte zu München für 1852 S. 54—60.) Der Director der Berner Sternwarte, Herr Rudolph Wolf, findet durch eine viel umfassendere

Arbeit, daß die zusammentreffende Periode der Magnet-Declination und der Frequenz der Sonnenflecken auf 11,1 Jahr zu setzen sei.

⁷⁹ (S. 131.) Kosmos Bd. IV. S. 74, 75 (Anm. 73), 77, 80 und 81.

⁸⁰ (S. 131.) Sabine in den Phil. Tr. for 1852 P. I. p. 103 und 121. Vergl. außer dem schon oben angeführten Aufsatz Rud. Wolf's vom Juli 1852 (Kosmos Bd. IV. S. 75) auch ähnliche, fast zu derselben Zeit veröffentlichte Vermuthungen von Gautier in der Bibliothèque universelle de Genève T. XX. p. 189.

⁸¹ (S. 132.) Kosmos Bd. III. S. 401—403.

⁸² (S. 132.) Sabine in den Phil. Tr. for 1850 P. I. p. 216. (Faraday, Exper. Researches on Electricity 1851 p. 56, 73 und 76; § 2891, 2949 und 2958.)

⁸³ (S. 132.) Kosmos Bd. I. S. 185 und 427 Anm. 13; Poggend. Annalen Bd. XV. S. 334 und 335; Sabine, Unusual Disturb. Vol. I. P. 1. p. XIV—XVIII: wo Tafeln von gleichzeitigen storms in Toronto, Prag und auf Van Diemen zu finden sind. An Tagen, wo in Canada die magnetischen Ungewitter am stärksten waren (22 März, 10 Mai, 6 Aug. und 25 Sept. 1841), zeigten sich dieselben Erscheinungen in der südlichen Hemisphäre, in Australien. Vergl. auch Edward Belcher in den Phil. Tr. for 1843 p. 133.

⁸⁴ (S. 133.) Kosmos Bd. I. S. 219.

⁸⁵ (S. 134.) M. a. D. Bd. I. S. 188, 189 und 430 (Anm. 20 bis 22); Bd. II. S. 319—321 und 482 (Anm. 93 und 94); Bd. IV. S. 51—60 (Anm. 59) und 82 (Anm. 50).

⁸⁶ (S. 135.) Zu sehr verschiedenen Zeitepochen: einmal (1809) in meinem Recueil d'Observ. astron. Vol. I. p. 368; das andere Mal (1839) in einem Briefe an den Graf Minto, damaligen ersten Lord der Admiralität, wenige Tage nach der Abreise von Sir James Ross zu der Südpol-Expedition, habe ich die Wichtigkeit meines im Text berührten Vorschlages näher entwickelt (vergl. Report of the Committee of Physics and Meteor. of the Royal Soc. relative to the Antarctic Exped. 1840 p. 88—91). »Suivre les traces de l'équateur magnétique ou celles des lignes sans déclinaison, c'est gouverner (diriger la route du vaisseau) de manière à couper les lignes zéro dans les intervalles les plus petits, en changeant de rumb chaque fois que les observations

d'inclinaison ou de déclinaison prouvent qu'on a dévié. Je n'ignore pas que d'après de grandes vues sur les véritables fondements d'une *Théorie générale du Magnétisme terrestre*, dues à Mr. Gauss, la connaissance approfondie de l'intensité horizontale, le choix des points où les 3 éléments de déclinaison, d'inclinaison et d'intensité totale ont été mesurés *simultanément*, suffisent pour trouver la valeur de $\frac{V}{R}$ (Gauss § 4 et 27), et que ce sont là les *points vitaux* des recherches futures; mais la somme des *petites attractions* locales, les besoins du pilotage, les corrections habituelles du rumb et la sécurité des routes continuent à donner une importance spéciale à la connaissance de la position et des mouvements de translation périodique des *lignes sans déclinaison*. Je plaide ici leur cause, qui est liée aux intérêts de la Géographie physique. « Es werden noch viele Jahre vergehen, ehe Variations-Karten, nach der Theorie des Erd-Magnetismus construirt, den Seefahrer leiten können (Sabine in den Phil. Tr. for 1849 P. II. p. 204); und die ganze objective, auf wirkliche Beobachtung gerichtete Ansicht, welche ich hier vertheidige, würde, wenn sie zu periodisch wiederkehrenden Bestimmungen, also zu gleichzeitig angestellten See- und Land-Expeditionen, nach einem vorgeetzten Zweck, führte, beide Vortheile zugleich gewähren: den einer unmittelbaren praktischen Anwendung wie einer genauen Kenntniß von der mit den Jahren fortschreitenden Bewegung der Linien; und den Vortheil, der von Gauß gegründeten Theorie viele neue, der Rechnung unterzulegende Data (Gauß § 25) zu liefern. Uebrigens wäre es, um die genaue Bestimmung der Bewegung der 2 Linien ohne Neigung und ohne Abweichung zu erleichtern, besonders wichtig Landmarken da zu veranstalten, wo die Linien in die Continente treten oder sie verlassen, für die Jahre 1850, 1875, 1900... Auf solchen Expeditionen, den alten Halley'schen ähnlich, würden überdies, um zu den Null-Linien der Declination und Inclination zu gelangen, viele andere isoklinische und isogonische Linien durchschnitten, und es könnte an den Küsten horizontale und totale Intenstität gemessen werden: so daß mehrere Zwecke zugleich erreicht würden. Den hier geäußerten Wunsch finde ich unterstützt durch eine große nautische Autorität, auf welche ich immer so gern hinweise,

auf die Autorität von Sir James Ross (Voyage in the Southern and Antarctic Regions Vol. I. p. 105).

⁸⁷ (S. 135.) Acosta, Historia de las Indias 1590 lib. I cap. 17. Ich habe schon früher die Frage berührt, ob nicht die Meinung holländischer Seefahrer von 4 Linien ohne Abweichung durch die Streitigkeiten von Bond mit Beckborrow auf die Halley'sche Theorie von 4 Magnetpolen Einfluß gehabt habe? (Kosmos Bd. II. S. 483.)

⁸⁸ (S. 136.) In dem Inneren von Afrika verdient die isogonische Linie von $22^{\circ}\frac{1}{4}$ B. als Vermittlungs-Linie sehr verschiedener Systeme und als fortlaufend (nach der theoretischen Construction von Gauss) aus dem östlichen indischen Ocean quer durch Afrika bis Neufundland eine besondere kosmische Beachtung. Die rühmliche Ausdehnung, welche die großbritannische Regierung in diesem Jahre der afrikanischen Expedition von Richardson, Barth und Overweg gegeben hat, wird vielleicht zu der Lösung solcher magnetischen Probleme führen.

⁸⁹ (S. 136.) Sir James Ross durchschnitt die Curve ohne Abweichung in südl. Br. $61^{\circ}\frac{1}{2}$ und Pariser westlicher Länge $24^{\circ} 50'$ (Voyage to the Southern Seas Vol. II. p. 337). In Br. — $70^{\circ} 43'$ und westlicher Länge $19^{\circ} 8'$ fand Cap. Crozier März 1843 die Abweichung $1^{\circ} 38'$; er war also der Null-Linie sehr nahe. Vergl. Sabine on the Magn. Declination in the Atlantic Ocean for 1840 in den Phil. Tr. for 1849 P. II. p. 233.

⁹⁰ (S. 137.) Sir James Ross a. a. O. Vol. I. p. 104, 310 und 317.

⁹¹ (S. 138.) Elliot in den Phil. Tr. for 1851 P. I. p. 331 Plate XIII. Die längliche kleine Insel, auf der das Sandelholz (malayisch und javanisch tschendana, sanskr. tschandana, arab. Isandel) gesammelt wird.

⁹² (S. 138.) So nach Barlow und nach der Karte (Lines of magnetic Declinations computed according to the Theory of Mr. Gauss) im Report of the Committee for the Antarctic Exped. 1840. Nach Barlow tritt die von Australien kommende Linie ohne Abweichung in den asiatischen Continent bei dem Cambay-Golf ein, wendet sich aber gleich wieder nordöstlich über Tibet und China bei Thaiwan (Formosa) hin in das japanische Meer. Nach Gauss steigt die australische Linie einfach durch Persien

über Nishnei-Nowgorod nach Lapland auf. Dieser große Geometer hält die Null-Linie des japanischen und philippinischen Meeres, wie der geschlossenen eiförmigen Gruppe im östlichen Asien für ganz unzusammenhängend mit der von Australien, dem indischen Meere, dem westlichen Asien und Lapland.

⁹³ (S. 138.) Ich habe von dieser Identität, welche meine eigenen Declinations-Beobachtungen im caspischen Meere, in Uralssk am Jaik und in der Steppe am Elton-See begründen, an einem anderen Orte (Asie centrale T. III. p. 458—461) gehandelt.

⁹⁴ (S. 138.) Adolf Erman's Map of the Magnetic Declination 1827—1830. Daß die australische Curve ohne Abweichung aber nicht Java durchschneidet, lehrt bestimmt Elliot's Karte; es läuft dieselbe dem südlichen Littoral parallel in einer Entfernung von $1\frac{1}{2}$ Breitengraden. Da nach Erman (nicht nach Gauß) die australische Null-Linie zwischen Malacca und Borneo durch das japanische Meer zu der geschlossenen eiförmigen Gruppe von Ost-Asien an der nördlichen Küste des ochostkischen Meerbusens (Br. $59^{\circ}\frac{1}{2}$) in den Continent eintritt, und doch wieder durch Malacca herabsteigt; so würde dort die aufsteigende von der absteigenden nur 11° getrennt sein, und nach dieser graphischen Darstellung wäre die Linie ohne Abweichung des westlichen Asiens (vom caspischen Meere bis zum russischen Lapland) eine unmittelbare und nächste Fortsetzung des von Norden nach Süden herabkommenden Theils.

⁹⁵ (S. 139.) Ich habe schon aus Documenten, die sich in den Archiven von Moskau und Hannover befinden, im Jahr 1843 darauf aufmerksam gemacht (Asie centrale T. III. p. 469—476), wie Leibniz, der den ersten Plan zu einer französischen Expedition nach Aegypten eingereicht hatte, auch am frühesten sich bemühte die mit dem Zar Peter dem Großen 1712 in Deutschland angeknüpften Verhältnisse dahin zu benutzen, in dem russischen Reiche, dessen Flächeninhalt den der von uns gesehenen Mondfläche übertrifft, „die Lage der Abweichungs- und Inclinations-Linien bestimmen zu lassen, und anzuordnen, daß diese Bestimmungen zu gewissen Epochen wiederholt würden“. In einem von Perz aufgefundenen, an den Zar gerichteten Briefe erwähnt Leibniz eines kleinen Handglobus (terrella), der noch in Hannover aufbewahrt wird und auf welchem er die Curve, in der die Abweichung null

ist (seine *linea magnetica primaria*), dargestellt hatte. Er behauptet: daß es nur eine einzige Linie ohne Abweichung gebe; sie theile die Erdkugel in zwei fast gleiche Theile, habe 4 *puncta flexus contrarii*, Sinuositäten, in denen sie von convergen in concave Scheitel übergeht; vom Grünen Vorgebirge bewege sie sich nach den östlichen Küsten von Nordamerika unter 36° Breite, dann richte sie sich durch die Südsee nach Ost-Asien und Neu-Holland. Diese Linie sei in sich selbst geschlossen; und bei beiden Polen vorübergehend, bleibe sie dem Südpole näher als dem Nordpole; unter letzterem müsse die Declination 25° westlich, unter ersterem nur 5° sein. Die Bewegung dieser wichtigen Curve sei im Anfange des 18^{ten} Jahrhunderts gegen den Nordpol gerichtet. Desliche Abweichung von 0° bis 15° herrsche in einem großen Theile des atlantischen Oceans, in der ganzen Südsee, in Japan, einem Theil von China und Neu-Holland. Da der Leibarzt Donelli gestorben sei, so solle er durch einen anderen ersetzt werden, der recht wenig Medicamente, aber vielen wissenschaftlichen Rath über die magnetischen Declinations- und Inclinations-Bestimmungen geben könne...“ Specielle theoretische Ansichten leuchten freilich nicht aus diesen, bisher ganz unbeachteten Documenten von Leibniz hervor.

⁹⁶ (S. 139.) S. meine magnetischen Beobachtungen in der *Asie centr.* T. III. p. 460.

⁹⁷ (S. 139.) Erman, *Astron. und Magnet. Beobachtungen* (Reise um die Erde Abth. II. Bd. 2.) S. 532.

⁹⁸ (S. 139.) Hansteen in *Poggend. Ann.* Bd. XXI. S. 371.

⁹⁹ (S. 141.) Sabine, *Magn. and Meteor. Observ. at the Cape of Good Hope* Vol. I. p. LX.

¹⁰⁰ (S. 141.) Bei der Beurtheilung so naher Epochen des Durchganges der Linie ohne Abweichung und der Priorität dieses Durchganges darf nicht vergessen werden, wie leicht bei den damals angewandten Instrumenten und Methoden ein Irrthum von 1° vorkommen konnte.

¹ (S. 141.) *Kosmos* Bd. I. S. 430 Anm. 20.

² (S. 141.) Euler in den *Mém. de l'Acad. de Berlin* 1757 p. 176.

³ (S. 141.) Barlow in den *Phil. Tr.* for 1833 P. II. p. 671. Ueber die älteren Magnet-Beobachtungen in St. Petersburg aus der ersten Hälfte des 18^{ten} Jahrhunderts herrscht große Unsicherheit.

Die Abweichung soll von 1726 bis 1772 immer $3^{\circ} 15'$ oder $3^{\circ} 30'$ gewesen sein! Hansteen, Magnetismus der Erde S. 7 und 143.

⁴ (S. 142.) Kosmos Bd. I. S. 198 — 210 und Dove in Poggend. Ann. Bd. XIX. S. 388.

⁵ (S. 143.) Die verdienstvolle Arbeit von Lottin, Bravais, Gilliehöf und Siljeström, welche vom 19 Sept. 1838 bis 8 April 1839 in Finnmarken zu Bossfop (Br. $69^{\circ} 58'$) und zu Jupvig (Br. $70^{\circ} 6'$) die Erscheinungen des Nordlichts beobachteten, ist erschienen in der 4^{ten} Abtheilung der Voyages en Scandinavie, en Laponie, au Spitzberg et aux Feroë, sur la Corvette la Recherche (Aurores boréales). Es sind diesen Beobachtungen beigelegt: die 1837—1840 von englischen Bergbeamten in den Kupfergruben zu Kalfjord (Br. $69^{\circ} 56'$) erlangten wichtigen Resultate, p. 401—435.

⁶ (S. 143.) Vergl. über das Segment obscure de l'Aurore boréale die eben angeführte Schrift p. 437—444.

⁷ (S. 143.) Schweigger's Jahrbuch der Chemie und Physik 1826 Bd. XVI. S. 198 und Bd. XVIII. S. 364. Das dunkle Segment und das unbestreitbare Aufsteigen schwarzer Strahlen oder Streifen, in denen (durch Interferenz?) der Lichtproceß vernichtet ist, erinnern an Quet's Recherches sur l'Electrochimie dans le vide, und an Ruhmkorff's feine Versuche, bei denen im luftverdünnten Raume die positive Metallkugel von rothem, die negative von violetterem Lichte strahlte, aber die stark leuchtenden parallelen Strahlenschichten regelmäßig durch ganz dunkle Schichten getrennt waren. »La lumière répandue entre les boules terminales des deux conducteurs électriques se partage en tranches nombreuses et parallèles, séparées par des couches obscures alternantes, et régulièrement distinctes.« Comptes rendus de l'Acad. des Sc. T. XXXV. 1852 p. 949.

⁸ (S. 143.) Voyages en Scandinavie (Aurores bor.) p. 558. Ueber die Kronen und Zelte der Nordlichter s. die vortrefflichen Untersuchungen von Bravais p. 502—514.

⁹ (S. 144.) M. a. D. (draperie ondulante, flamme d'un navire de guerre déployée horizontalement et agitée par le vent, crochets, fragments d'ares et de guirlandes) p. 35, 37, 45, 67 und

481. Eine interessante Sammlung solcher Gestalten hat der ausgezeichnete Künstler der Expedition, Herr Bevalet, geliefert.

¹⁰ (S. 144.) Vergl. *Voy. en Scand. (Aur. bor.)* p. 523 bis 528 und 557.

¹¹ (S. 145.) *Kosmos* Bd. I. S. 201 und 441 (Anm. 44). Vergl. Franklin, *Narrative of a journey to the shores of the Polar Sea, in 1819—1822*, p. 597; K ä m h, *Lehrbuch der Meteorologie* Bd. III. (1836) S. 488—490. Die ältesten Vermuthungen über den Verkehr des Nordlichts und der Wolkenbildung sind wohl die von Frobesius (s. *Aurorae borealis Spectacula*, Helmst. 1739 p. 139).

¹² (S. 145.) Ich entlehne ein einziges Beispiel aus meinem handschriftlichen Tagebuche der sibirischen Reise: „Die ganze Nacht vom 5 zum 6 August (1829), von meinen Reisebegleitern getrennt, in freier Luft zugebracht, in dem Kosaken-Vorposten Krasnaja Jarfi: dem östlichsten am Irtysh, längs der Grenze der chinesischen Dzungarei, und deshalb von einiger Wichtigkeit für die astronomische Ortsbestimmung. Nacht von großer Heiterkeit. Am östlichen Himmelsgewölbe bildeten sich plötzlich vor Mitternacht Polar-Cirrusstreifen (de petits moutons également espacés, distribués en bandes parallèles et polaires). Größte Höhe 35°. Der nördliche Convergenzpunkt bewegt sich langsam gegen Osten. Sie verschwinden, ohne den Zenith zu erreichen; und es bilden sich wenige Minuten darauf ganz ähnliche Polar-Cirrusbanden am nordöstlichen Himmelsgewölbe. Diese bewegen sich während eines Theils der Nacht fast bis zum Aufgang der Sonne wieder sehr regelmäßig bis N 70° O. In der Nacht ungewöhnlich viele Sternschnuppen und farbige Ringe um den Mond. Keine Spur von eigentlichem Nordlichte. Etwas Regen bei gestörtem Gewölk; dann am 6 August Vormittags heiterer Himmel mit den aufs neue gebildeten Polarbanden von NNW in SEW unbeweglich und das Azimuth nicht verändernd, wie ich in Quito und Mexico so oft gesehen.“ (Die Magnet-Abweichung im Altai ist östlich.)

¹³ (S. 145.) Bravais, der, gegen meine Erfahrungen, die Cirrus-Häufchen in Vasekof fast immer wie Nordlicht-Bogen rechtwinklig gegen den magnetischen Meridian gerichtet fand (*Voyages en Scandinavie (Phénomène de translation dans les pieds de l'arc des aurores boréales* p. 534—537), beschreibt mit gewohnter Genauigkeit die Drehungen der wahren Nordlicht-Bogen

p. 27, 92, 122 und 487. Auch in der südlichen Hemisphäre hat Sir James Ross solche progressive Veränderungen der Nordlicht-Bogen (Fortschreiten von NNW — OSO in NNW — OSO) in Südlichern beobachtet; Voyage in the Southern and Antarctic Regions Vol. I. p. 311. Farbenlosigkeit scheint den Südlichern oft eigen zu seyn; Vol. I. p. 266, Vol. II. p. 209. Ueber nordlichtlose Nächte in Lapland s. Bravais a. a. D. p. 545.

¹⁴ (S. 146.) Kosmos Bd. I. S. 440 Anm. 43. Die am hellen Tage gesehenen Nordlicht-Bogen erinnern an die Lichtstärke der Kerne und Schweife der Cometen von 1843 und 1847, welche in Nordamerika, in Parma und London nahe bei der Sonne erkannt wurden; Kosmos Bd. I. S. 390 Anm. 13, Bd. III. S. 563.

¹⁵ (S. 146.) Comptes rendus de l'Acad. des Sciences T. IV. 1837 p. 589.

¹⁶ (S. 146.) Voyages en Scandinavie, en Laponie etc. (Aurores boréales) p. 559; und Martins, Trad. de la Météorol. de Kaemtz p. 460. Ueber die vermuthete Höhe des Nordlichts s. Bravais a. a. D. p. 549 und 559.

¹⁷ (S. 147.) A. a. D. p. 462.

¹⁸ (S. 147.) Sabine, Unusual Magnet. Disturbances P. I. p. XVIII, XXII, 3 und 54.

¹⁹ (S. 147.) Dove in Poggend. Ann. Bd. XX. S. 333 bis 341. Die ungleiche Wirkung, welche ein Nordlicht auf die Declinations-Nadel an Erdpunkten ausübt, die unter sehr verschiedenen Meridianen liegen, kann in vielen Fällen auf die Ortsbestimmungen der wirkenden Ursach führen, da der Ausbruch des leuchtenden magnetischen Ungewitters keinesweges immer in dem Magnetpol selbst zu suchen ist und, wie schon Argelander behauptet und Bravais bekräftigt hat, der Gipfel des Lichtbogens bisweilen mehr als 11° vom magnetischen Meridian abweicht.

²⁰ (S. 147.) „Am 20 Dec. 1806: Himmel azurblau, ohne Spur von Gewölk. Gegen 10° erschien in NNW der röthlich gelbe Lichtbogen, durch den ich im Nacht-Fernrohr Sterne 7^{ter} Größe unterscheiden konnte. Durch Wega, die fast unter dem höchsten Punkt des Bogens stand, fand ich dieses Punktes Azimuth. Es war dasselbe etwas westlicher als die Vertical-Ebene durch die magnetische Abweichung gelegt. Das Nordlicht, welches in Nord-Nord-Westen stand, stieß den Nordpol der Nadel ab; denn statt nach Westen, wie das

Azimuth des Bogens, fortzuschreiten, ging die Nadel nach Osten zurück. Die Veränderungen in der Magnet-Declination, welche in diesem Monate Nachts gewöhnlich 2' 27" bis 3' betragen, stiegen während des Nordlichts progressiv und ohne große Oscillationen auf 26' 28". Die Abweichung war am kleinsten, als das Nordlicht um 9° 12' am stärksten war. Die horizontale Kraft fanden wir während des Nordlichts 1' 37",73 für 21 Schwingungen; um 21° 50', also lange nach dem Nordlichte, das um 14° 10' ganz geendigt hatte, 1' 37",17 bei derselben Zahl der Schwingungen. Temperatur des Zimmers, wo die Schwingungen der kleinen Nadel gemessen wurden, im ersten Falle 3°, 2; im zweiten 2°, 8. Die Intensität war also während des Nordlichts um ein Weniges vermindert. Mond ohne alle farbige Ringe." (Aus meinem magnetischen Tagebuche.) Vergl. Hansteen S. 459.

²¹ (S. 148.) Sabine on days of unusual magn. Disturbances P. I. p. XVIII. »Mr. Bravais conclut des observations de Laponie que l'intensité horizontale diminue pendant la période la plus active du phénomène de l'aurore boréale« (Martins p. 461).

²² (S. 148.) Delessé sur l'association des minéraux dans les roches qui ont un pouvoir magnétique élevé, in den Comptes rendus de l'Acad. des Sc. T. XXXI. 1850 p. 806; und Annales des Mines, 4^{me} Série T. XV. (1849) p. 130.

²³ (S. 148.) Reich über Gebirgs- und Gesteins-Magnetismus in Poggend. Ann. Bd. 77. S. 35.

²⁴ (S. 149.) Als ich im Jahr 1796 am fränkischen Fichtelgebirge, wo ich die Stelle eines Oberbergmeisters bekleidete, den so merkwürdigen polarischen Serpentinberg (Haidberg) bei Grefess auffand, welcher in einzelnen Punkten bis in 22 Fuß Entfernung auf die Abweichung der Nadel wirkt (Intelligenz-Blatt der allgem. Jenaer Litteratur-Zeitung Dec. 1796 No. 169 S. 1447 und März 1797 No. 38 S. 323—326; Gren's Neues Journal der Physik Bd. IV. 1797 S. 136; Annales de Chimie T. XXII. p. 47); wurde diese Frage besonders angeregt. Ich hatte zu finden geglaubt, daß die Magnet-Achsen des Berges gegen die Erdpole gänzlich invertirt liegen; aber nach Untersuchungen von Bischoff und Goldfuß (Beschreibung des Fichtelgebirges Bd. I. S. 196) sind für 1816 zwar auch magnetische

Achsen, welche den Haidberg durchsetzen und an entgegengesetzten Abhängen entgegengesetzte Pole darbieten, erkannt worden: doch war die Orientirung der Achsen verschieden von der, welche ich angegeben. Der Haidberg selbst besteht aus lauchgrünem Serpentinstein, der theilweise in Chlorit- und Hornblend-Schiefer übergeht. Bei dem Dorfe Boysaco in der Andeskette von Pasto haben wir Geschiebe von Thonporphyr, bei der Besteigung des Chimborazo Gruppen säulenförmigen Trachyts gefunden, welche die Nadel in 3 Fuß Entfernung beunruhigten. Auffallend war es mir, daß ich in den schwarzen und rothen Obsidianen des Quinche nördlich von Quito, wie in den grauen des Cerro de las Navajas von Mexico große Fragmente mit bestimmten Polen gefunden habe. Sämmtliche große Magnetberge des Ural-Gebirges, wie der Blagodat bei Kuschwa, die Wysokaja Gora bei Nishne Tagilsk, der Katschanar bei Nishne Turinsk, sind aus Augit- oder vielmehr aus Uralit-Porphyr hervorgebrochen. In dem großen Magnetberge Blagodat, welchen ich mit Gustav Rose auf der sibirischen Expedition 1829 untersuchte, scheint die Gesamtwirkung der einzelnen polarisirenden Theile schlechterdings keine bestimmte, erkennbare Magnet-Achsen hervorgebracht zu haben. Nahe neben einander liegen, unregelmäßig vermengt, entgegengesetzte Pole. So hatte es auch vor uns schon Erman gefunden (Reise um die Erde Bd. I. S. 362). Ueber den Intensitäts-Grad der polarischen Stärke im Serpentin, Basalt und Trachyt-Gestein, verglichen mit der Quantität der diesen Gesteinen eingemengten Theile von Magneteisen und Eisen-Oxydul, wie über den schon von Smelin und Gibbs behaupteten Einfluß der Luftberührung auf Entwicklung der Polarität s. die zahlreichen und sehr beachtenswerthen Versuche von Zaddach in dessen Beobachtungen über die magnetische Polarität des Basalt's und der trachytischen Gesteine 1851 S. 56, 65—78 und 95. Aus Vergleichung vieler Basalt-Steinbrüche in Hinsicht auf die Polarität der lange schon einzeln stehenden Säulen, oder solcher Säulenwände, die jetzt erst in Berührung mit der Atmosphäre kommen, aus Entblößung von Erde einzelner Massen gegen die Tiefe hin glaubt Dr. Zaddach folgern zu können (S. 74 und 80): daß die polarische Eigenschaft, welche bei freiem Zutritt der Atmosphäre und in einem von offenen Spalten durchsetzten Gestein immer am intensivsten erscheint, „sich von außen nach innen und

gewöhnlich von oben nach unten zu verbreitet“. Smelin sagt von dem großen Magnetberg Ulu-utasse-Tau, im Lande der Kaschkiren, nahe am Jaik: „die Seiten, welche dem Tage ausgekehrt sind, haben die stärkste magnetische Kraft; diejenigen aber, welche in der Erde liegen, sind viel schwächer.“ (Reise durch Sibirien 1740—1743 Bd. IV. S. 345.) Auch mein großer Lehrer Werner äußerte die Meinung „von dem Einfluß der Luftberührung, welche nicht auf dem Wege einer vermehrten Oxydation die Polarität und die Anziehung verstärkt haben könnte“, wenn er in seinen Vorträgen vom schwedischen Magneteisen sprach. Von der Magneteisen-Grube bei Succassuny in New-Jersey behauptet Oberst Gibbs: »the ore raised from the bottom of the mine has no magnetism at first, but acquires it after it has been some time exposed to the influence of the atmosphere.« (On the connexion of Magnetism and Light, in Silliman's American Journal of Science Vol. I. 1819 p. 89.) Eine solche Behauptung sollte wohl zu genauen Versuchen anregen! — Wenn ich oben in dem Texte (S. 149) darauf aufmerksam gemacht habe, daß nicht die Quantität der, einer Gebirgsart eingemengten kleinen Eisentheile allein, sondern zugleich ihre relative Vertheilung (ihre Stellung) auf die Intensität der Polarität als Resultante wirkt; so habe ich die kleinen Theile als eben so viele kleine Magnete betrachtet. Vergleiche neue Ansichten über diesen Gegenstand in einer Abhandlung von Melloni, die dieser große Physiker im Januar 1853 in der königl. Akademie zu Neapel verlesen hat (Esperienze intorno al Magnetismo delle Rocche. Mem. I. sulla polarità). — Des, besonders im mittelländischen Meere so alt verbreiteten Vorurtheils, daß das Reiben eines Magnetstabes mit Zwiebeln, ja schon die Ausdünstung der Zwiebel-Esser die Nichtkraft vermindere und den Compaß im Steuern verwirre; findet man erwähnt in Procli Diadochi Paraphrasis Ptolem. libri IV de siderum affectionibus 1635 p. 20 (Delambre, Hist. de l'Astronomie ancienne T. II. p. 545). Es ist schwer die Veranlassung eines so sonderbaren Volksglaubens zu errathen.