



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik

Müller, Johann Heinrich Jacob

Braunschweig, 1894

285. Theorie des Erdmagnetismus

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96939](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96939)

valle der Inclinationskarte von Bayern einer Inclinationsänderung von zehn Minuten. Auf den Intensitätskarten von Bayern entspricht das Intervall je zweier auf einander folgender Curven einer Aenderung der absoluten horizontalen Intensität von 0,001.

Bei einem solchen Maassstab treten dann auch locale Störungen deutlich hervor. Während z. B. im Durchschnitt der Abstand je zweier benachbarter Declinationscurven ungefähr vier Meilen beträgt, rücken etwas westlich von Karlsruhe die Curven $+ 1^{\circ} 50'$ und $+ 2^{\circ}$ bis auf eine Meile zusammen; dagegen rücken die Declinationscurven $+ 1^{\circ} 30'$ und $1^{\circ} 40'$ bei Darmstadt, welches zwischen denselben liegt, bis auf acht Meilen aus einander. Eine ähnliche Erweiterung zeigt sich zwischen Bamberg und Baireuth, und eine noch bedeutendere zwischen Salzburg und dem westlichen Ende des Chiemsees.

Die Inclinations- und Intensitätscurven zeigen die grössten Unregelmässigkeiten in der bayerischen Pfalz, namentlich in der Nähe von Pirmasenz. Ganz besonders grosse Störungen in dem Verlaufe der magnetischen Curven finden sich ausserdem an der ostpreussischen Ostseeküste.

285 **Theorie des Erdmagnetismus.** Die einfachste und älteste Hypothese, welche zur Erklärung der Erscheinungen des Erdmagnetismus aufgestellt wurde, ist die, einen kleinen Magneten im Mittelpunkte der Erde anzunehmen, oder vielmehr anzunehmen, der Magnetismus sei in der Erde so vertheilt, dass die Gesamtwirkung nach aussen der Wirkung eines fingirten kleinen Magneten im Mittelpunkte der Erde gleich sei. Dass eine solche Annahme sich mit den Beobachtungen nicht verträgt, sieht man auf den ersten Blick. Nach dieser Hypothese wären die magnetischen Pole diejenigen Punkte der Erdoberfläche, in welchen dieselbe von der verlängerten Axe des Centralmagnets getroffen wird; in diesen Polen müsste zugleich die Intensität ein Maximum sein; der magnetische Aequator wäre ein grösster Kreis, und alle isoklinischen Linien mit demselben parallel u. s. w. Tobias Mayer hat diese Hypothese dadurch modificirt, dass er den fingirten Magneten um den siebenten Theil des Erdhalbmessers von dem Mittelpunkte der Erde entfernt annahm; Hansteen versuchte, die Erscheinungen durch die Annahme von zwei kleinen Magneten von ungleicher Lage und Stärke zu erklären. Alle diese Versuche gaben jedoch keine genügenden Resultate.

Gauss hat endlich einen anderen Weg eingeschlagen, indem er nicht, wie seine Vorgänger, von einer einfachen Hypothese über die magnetische Vertheilung in der Erde ausging und dann die Resultate dieser Hypothese mit der Erscheinung verglich, sondern er suchte gleich die Frage zu beantworten: wie muss dieser grosse Magnet beschaffen sein, um den Erscheinungen Genüge zu leisten?

Die Gauss'sche Theorie lässt sich ohne Hülfe höherer Rechnung nicht entwickeln, da es sich hier darum handelt, das Zusammenwirken

aller magnetischen Kräfte, die keineswegs gleichförmig und regelmässig vertheilt sind, in mathematischen Formeln darzustellen; wir müssen uns also darauf beschränken, die Grundideen dieser Theorie anzudeuten.

Die Grundlage der Gauss'schen Theorie ist die Voraussetzung, dass die erdmagnetische Kraft die Gesamtwirkung der magnetisirten Theile des Erdkörpers ist. Das Magnetisirtsein stellt er sich als eine Scheidung der magnetischen Flüssigkeit in der Weise vor, wie dies im Lehrbuche der Physik, 9. Aufl., Bd. III, S. 20 entwickelt wurde. Eine Vertauschung dieser Vorstellungsart mit der Ampère'schen würde in den Resultaten nichts ändern. Dies vorausgesetzt, wird die Gesamtheit aller magnetisirten Theile des Erdballs auf jeden Punkt im Raume eine bestimmte Wirkung ausüben, und diese Wirkung wird von einem Punkte des Raumes zum anderen sich ändern müssen. Wir haben hier nur diejenigen Punkte des Raumes zu betrachten, welche auf der Erdoberfläche liegen. Zunächst ist demnach klar, wie auch der freie Magnetismus im Inneren der Erde vertheilt sein mag, die Wirkung in verschiedenen Punkten der Erdoberfläche nicht dieselbe sein wird, sie wird von der geographischen Länge und Breite des Ortes abhängen, den man gerade betrachtet. Die Wirkungen des Erdmagnetismus müssen sich also durch Gleichungen ausdrücken lassen, in denen die Länge und die Breite die veränderlichen Grössen sind; die Constanten dieser Gleichungen aber hängen von der Art und Weise ab, wie der freie Magnetismus in der Erde vertheilt ist.

Zunächst entwickelte Gauss auf diese Weise eine Gleichung für den Werth des magnetischen Potentials, einer Grösse, aus welcher sich die Werthe der nördlichen, westlichen und verticalen Componente der erdmagnetischen Kraft und aus diesen dann wieder Declination, Inclination und totale Intensität leicht berechnen lassen.

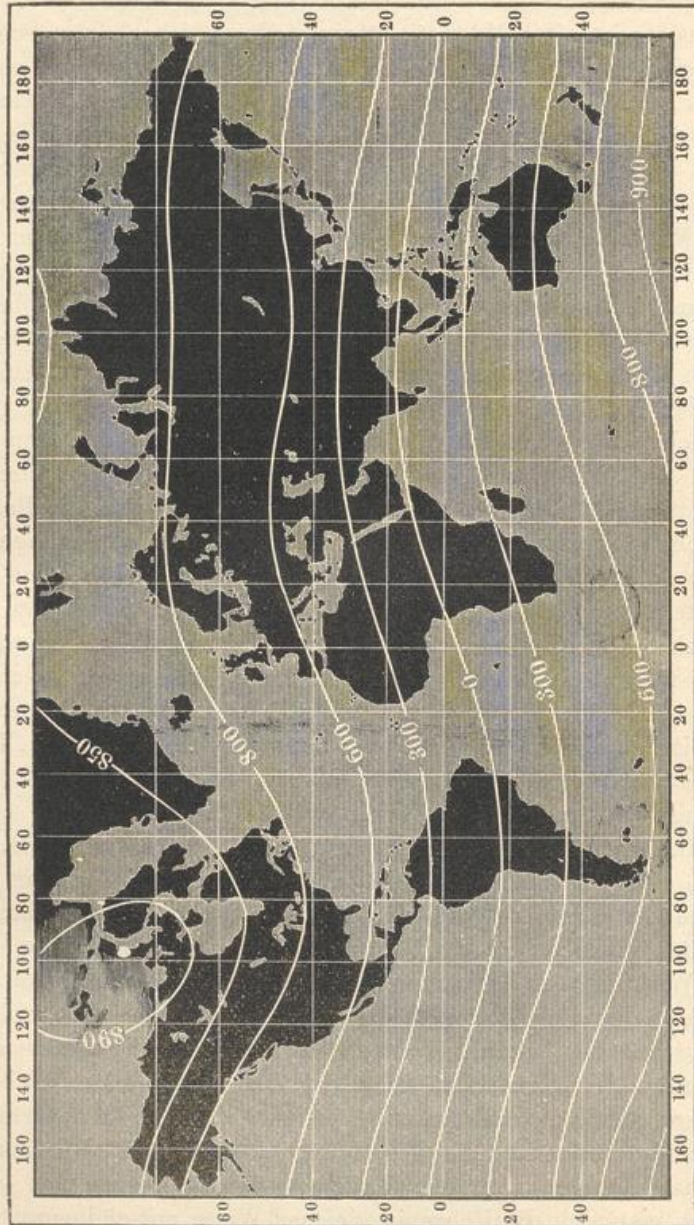
Das magnetische Potential, welches also zunächst als eine wichtige Hilfsgrösse für die Berechnung des Erdmagnetismus dient, hat aber auch eine physikalische Bedeutung. Denken wir uns an irgend einer Stelle der Erdoberfläche eine verticale Röhre angebracht, deren Querschnitt 1 qmm beträgt, und diese Röhre bis zu einer Höhe, in welcher die Wirkung des Erdmagnetismus unmerklich wird, mit nordmagnetischem Fluidum in der Weise gefüllt, dass jedes Cubikmillimeter ein Maass (nach der bekannten absoluten Einheit des Fluidums) enthält, so stellt uns das magnetische Potential den Druck dar, welchen der Boden dieser Röhre dadurch auszuhalten hat, dass der Erdmagnetismus die in der Röhre enthaltene Flüssigkeit anzieht; da, wo das nordmagnetische Fluidum von dem Erdmagnetismus abgestossen werden würde, hat man sich die Röhre in gleicher Weise mit südmagnetischem Fluidum gefüllt zu denken.

In den Karten Fig. 438 (a. f. S.), 439 (a. S. 849) und 440 (a. S. 850) sind die Linien gleicher Werthe des magnetischen Potentials dargestellt; die beigeschriebenen Zahlen beziehen sich nicht auf absolutes Maass, sondern

auf eine willkürliche Einheit; sie können durch Multiplication mit 0,00034941 auf absolutes Maass reducirt werden.

Die Curven gleicher Werthe des magnetischen Potentials wollen wir Gleichgewichtslinien nennen.

Fig. 438.



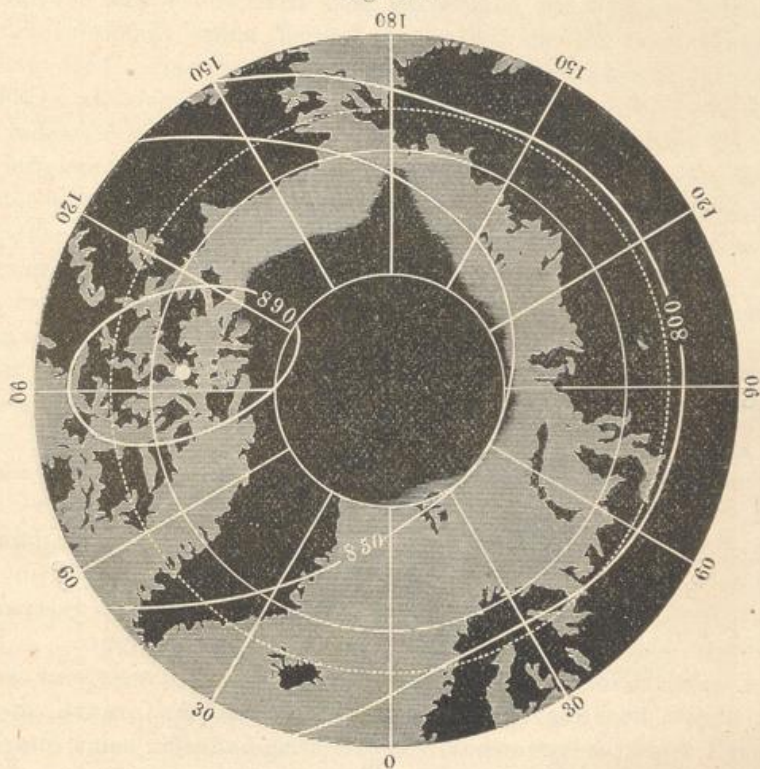
Magnetische Gleichgewichtslinien für 1835.

Aus dem Laufe der Gleichgewichtslinien ergibt sich die Richtung der horizontalen Magnetnadel auf eine sehr einfache Weise, indem, wie Gauss gezeigt hat, die Richtung der Declinationsnadel stets recht-

winklig auf den Gleichgewichtslinien stehen muss. Aus dem Laufe dieser Curven kann man die Richtung der Boussole für jeden Ort der Erdoberfläche auf eine ungleich einfachere und übersichtlichere Weise ableiten, als es mittelst der Declinationskarte möglich ist.

Zwischen den Werthen des magnetischen Potentials und der horizontalen Intensität findet folgende Beziehung statt. Denken wir uns auf einer Karte nur solche Gleichgewichtslinien gezogen, welche gleichen Differenzen des magnetischen Potentials entsprechen, etwa nur solche Curven, welche den immer um 100 wachsenden Werthen des magnetischen Potentials entsprechen, so ist die horizontale Intensität der Ent-

Fig. 439.



fernung der Gleichgewichtscurven umgekehrt proportional; die horizontale Intensität ist also für solche Gegenden am grössten, für welche die Gleichgewichtslinien am dichtesten sind; je weiter die gleichen Differenzen des Potentials entsprechender Curven aus einander rücken, desto kleiner wird die horizontale Intensität.

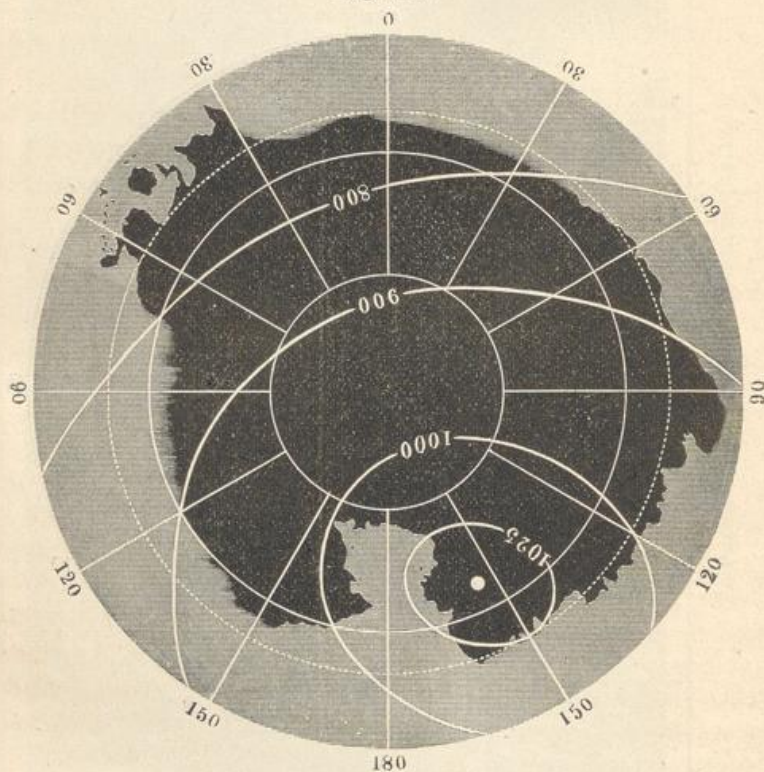
Aus der horizontalen Intensität ergibt sich leicht die nördliche und westliche Componente, da ja durch den Lauf der Gleichgewichtslinien auch die Richtung der horizontalen magnetischen Kraft bestimmt ist.

Aus den Werthen des magnetischen Potentials ergeben sich ferner die Werthe der verticalen Intensität; doch können wir diesen Zusammen-

hang hier nicht weiter verfolgen. Sind aber erst die drei Componenten der erdmagnetischen Kraft bestimmt, so kann man auch noch leicht die Grösse und Richtung der ganzen Intensität ermitteln.

Wenn man in den Werthen für das magnetische Potential und die drei Componenten der erdmagnetischen Kraft nur diejenigen Glieder noch berücksichtigt, welche mit den vierten Potenzen der veränderlichen Grössen (Länge und Breite) behaftet sind, die höheren Potenzen aber vernachlässigt, so bleiben in den Werthen noch 24 constante Coëfficienten zu bestimmen. Diese Coëfficienten können wir nun nicht a priori aus der Vertheilung des freien Magnetismus in der Erde ableiten, weil wir

Fig. 440.



ja noch nichts über die Art wissen, wie der freie Magnetismus vertheilt ist; die 24 Coëfficienten müssen demnach durch die Combination von 24 verschiedenen Beobachtungen bestimmt werden. Die genaue Bestimmung der drei Elemente des Erdmagnetismus an acht verschiedenen Orten der Erdoberfläche würde also hinreichen, um die 24 Coëfficienten zu ermitteln.

Sind einmal die constanten Coëfficienten bekannt, so kann man nach den erwähnten Gleichungen die Werthe der drei Componenten der erdmagnetischen Kraft und folglich auch die Declination, die Inclination und die ganze Intensität für jeden Ort der Erdoberfläche berechnen,

wenn man für die Länge und Breite die diesem Ort entsprechenden Zahlenwerthe in die Gleichungen setzt.

Da es an einer hinlänglich genauen Bestimmung aller drei Elemente des Erdmagnetismus für acht weit genug von einander entfernte Orte der Erdoberfläche fehlt, so muss man mehr Beobachtungen zu Hülfe nehmen, als eigentlich zur Bestimmung der Coëfficienten nöthig sind. Auf diese Weise werden sich für denselben Coëfficienten mehrere verschiedene Werthe ergeben, und man hat alsdann nach der Methode der kleinsten Quadrate den wahrscheinlichsten Mittelwerth für jeden Coëfficienten zu ermitteln.

Gauss selbst hat nach dem Erscheinen der Sabine'schen Karte für die Intensität einen Versuch gemacht, die 24 Coëfficienten, aus welchen die Constanten des Erdmagnetismus für jeden Punkt der Erdoberfläche abzuleiten sind, zu ermitteln. Das von ihm benutzte Material war indessen ein sehr mangelhaftes, und namentlich liegt die Hauptschwierigkeit darin, dass es meist an gleichzeitigen über die Erdoberfläche genähert gleichmässig vertheilten Beobachtungen fehlt. Um die Beobachtungen auf dieselbe Epoche zu reduciren, bedarf man der sogenannten säcularen Aenderungen der Elemente, von denen später die Rede sein wird, und diese kann man nur gewinnen, wenn man für denselben Ort zeitlich weit aus einander liegende Beobachtungen besitzt. Ferner ist es auch durchaus nicht feststehend, dass die fünften und höheren Potenzen der veränderlichen Grössen in den Ausdrücken für das magnetische Potential und die drei Componenten der magnetischen Kraft vernachlässigt werden können. Nimmt man aber die fünfte Potenz noch hinzu, so steigt die Zahl der zu ermittelnden Coëfficienten bereits auf 35, und die Arbeit ihrer Berechnung wird eine so übermässig grosse, dass von ihr mit Rücksicht auf die Ungewissheit, ob damit wirklich ein wesentlicher Gewinn erzielt wird, bisher Abstand genommen ist.

Die genannten 24 Coëfficienten wurden, wie erwähnt, zuerst von Gauss, und zwar für das Jahr 1830 berechnet; zu Grunde gelegt wurden je zwölf Punkte auf sieben Parallelkreisen. Die Arbeit wurde später, auf Grund eines vollständigeren Beobachtungsmaterials, unter Benutzung der bis zum Jahre 1870 angestellten Beobachtungen, von Erman und Petersen wiederholt, und zwar wurden je neun Punkte auf zehn Parallelkreisen benutzt. Eine neue Berechnung der Coëfficienten wurde von Quintus Icilius nach den magnetischen Karten der Seewarte für 1880 ausgeführt, unter Benutzung von zwölf äquidistanten Meridianpunkten auf zehn Parallelkreisen. Die vollständigste Arbeit in dieser Richtung ist aber von Neumayer und Petersen für das Jahr 1885 hergestellt, welcher je 72 Punkte auf 25 Breitenparallelen zu Grunde gelegt wurden.

Dass eine möglichst genaue Berechnung der 24 Gauss'schen Coëfficienten noch nicht dahin führt, selbst nur für eine bestimmte Epoche die erdmagnetischen Elemente für jeden Punkt der Erdoberfläche abzuleiten, steht nach Neumayer's Untersuchungen ausser allem Zweifel. Die

Berechnung hat aber trotzdem einen grossen Werth, weil durch sie zunächst zwar noch nicht das Gesetz der Vertheilung der erdmagnetischen Kräfte auf der Erdoberfläche, wohl aber eine Annäherung an dasselbe gefunden worden ist, die voraussichtlich in späteren Zeiten zu der Erkenntniss des bis jetzt noch unbekanntes Gesetzes führen wird.

286 **Die säcularen Variationen.** Die Elemente des Erdmagnetismus für irgend einen Ort auf der Erdoberfläche sind keineswegs unveränderliche Grössen, wie dies bereits im Lehrbuch der Physik besprochen wurde. Wie bedeutend sich die Declination ändert, ergiebt sich z. B. aus der folgenden Tabelle:

Declination für Paris.

Jahr	Declination	Jahr	Declination
1541	7° östl.	1805	22° 5' westl.
1550	8 "	1814	22 34 "
1580	11° 30' "	1819	22 29 "
1603	8 45 "	1822	22 11 "
1610	8 "	1832	22 3 "
1630	4 30 "	1842	21 25 "
1663	0 "	1850	20 36 "
1770	8 10 westl.	1852	20 20 "
1780	19 55 "	1885	16 15 "

Man sieht aus dieser Tabelle, dass im 16. Jahrhundert in Frankreich die Declination noch eine östliche war, dass sie im Jahre 1580 ihr Maximum erreichte, dann abnahm und im Jahre 1663 Null wurde; in jenem Jahre also zeigte die Declinationsnadel zu Paris genau nach Norden. Von jener Zeit an war die Declination zu Paris eine westliche, und zwar stets zunehmend bis zum Jahre 1814, wo die westliche Declination zu Paris ein Maximum von 22° 34' erreichte. Seit jener Zeit nimmt die westliche Declination zu Paris wieder ab, und im Jahre 1885 betrug sie nur noch 16° 15'.

Solche, Jahrhunderte lang in gleichem Sinne fortdauernde Aenderungen im Stande der Magnetenadel werden mit dem Namen der säcularen Schwankungen bezeichnet. Man übersieht diese Veränderungen am besten, wenn man die magnetischen Karten verschiedener Zeiten, z. B. die Declinationskarten von 1600 bis 1885, mit denjenigen verschiedener Zwischenperioden vergleicht.

Mit dem Laufe der magnetischen Curven ändert sich natürlich auch die Lage der magnetischen Pole. Der magnetische Nordpol, welcher nach Hansteen im Jahre 1600 ungefähr bei *A*, Fig. 428 (a. S. 835), lag, ist allmählich bis *B* vorgerückt.