

Erdmagnetismus zur Zeit der Seefahrer

Historische Messungen des Erdmagnetfelds boten nicht nur Grundlage für frühe Theorien zum Erdmagnetfeld, sie erlauben auch heute noch aufschlussreiche Erkenntnisse.

Art R. T. Jonkers

Das veränderliche Erdmagnetfeld machte bereits den Seeleuten vergangener Zeiten zu schaffen. So bedeutete die Entdeckung des Unterschieds zwischen wirklichem und magnetischem Norden ein ganz praktisches Problem bei der Navigation. Die Naturphilosophen versuchten indes die Beobachtungen mit immer komplexeren Modellen zu erklären. Die Veränderungen des Erdmagnetfeldes haben dabei ihren unverwischbaren Stempel in den Aufzeichnungen der Navigatoren und Forscher hinterlassen. Sie gestatten Geophysikern und Historikern auch heute noch wichtige Einsichten.

Während Sie diese Worte lesen, umkreisen zwei moderne europäische Satelliten, Ørsted und Champ, unsere Erde. Ununterbrochen beobachten sie das Erdmagnetfeld mit höchster Genauigkeit und Auflösung. Sie führen fort, was 1979 mit Magsat begann, dem ersten Satelliten, der den kompletten Vektor des geomagnetischen Feldes F (bestehend aus den konstituierenden Vektoren X , Y , und Z) messen konnte (Abb. 1). Seitdem sind detaillierte Karten vom Erscheinungsbild und den Änderungen des Erdmagnetfeldes erstellt worden, nicht nur an der Oberfläche, sondern auch in 2885 km Tiefe, also an der Obergrenze des äußeren Erdkerns, wo das Feld erzeugt wird.¹⁾

Carl Friedrich Gauß war es, der die entscheidenden Grundlagen für die modernen geophysikalischen Messungen gelegt hat, insbesondere durch seine Beschreibung des Erdmagnetfeldes. Er ging davon aus, dass sich das Magnetfeld aus einem skalaren Potential heraus entwickeln lässt. Indem er die an der Erdoberfläche gemessenen magnetischen Komponenten nach Kugelfunktionen entwickelte, gelang es ihm, zwischen den Anteilen des Feldes aus dem Inneren der Erde und denen aus dem Außenraum zu unterscheiden. Gauß entwickelte auch das erste Totalmagnetometer. Zusammen mit Alexander von Humboldt und Wilhelm Weber begründete er das erste

Auszug des Logbuchs der King George vom 2. Juli 1719; der Eintrag für 5 Uhr nachmittags verzeichnet eine Messung der magnetischen Deklination. Rechts ist ein Kompass von J. Fowler aus dem 18. Jahrhundert zu sehen. (Quelle: The British Library; National Maritime Museum, London)



internationale Netzwerk erdmagnetischer Observatorien, den Göttinger Magnetischen Verein. Erstmals wurde dabei nach standardisierten Verfahren und zu festgelegten Zeiten das Erdmagnetfeld gemessen. Das bedeutet jedoch, dass die von (Geo)Physikern gesammelten geomagnetischen Daten weniger als zweihundert Jahre abdecken. Dies stellt durchaus ein großes Problem dar, denn die relevanten Zeitskalen für Veränderungen sind viel größer.

Der Geodynamo, der das Erdmagnetfeld erzeugt, entsteht durch Wechselwirkungen zwischen Konvektions-, Rotations- und elektromagnetischen Kräften. Das leitende, strömende Eisen, das diese komplexe Dynamik produziert, fließt mit einer Geschwindigkeit von 15 bis 30 km pro Jahr. Daraus folgt, dass ein halber Konvektionszyklus im Mittel etwa ein halbes Jahrtausend dauert, viel länger also als spezielle geophysikalische Instrumente existieren. Um die wahre Natur des Geodynamos verstehen zu können, braucht man somit viel längere, kontinuier-

liche Datenserien der Säkularvariation, d. h. der Feldänderungen in historischen Zeiträumen.

Zwar fehlen uns Vektormessungen aus früheren Zeiten, doch hilft uns ein genauerer Blick in die Geschichte. Denn lange bevor Maxwells Gesetze die Grundlagen der Vektorfelder beschrieben, erklärten die Naturphilosophen das anziehende Potential der Erde im Zusammenhang mit dem Ferromagnetismus und auf Grundlage von Richtungsdaten (magnetische Deklination und Inklination, s. Abb. 1), die auf hoher See mit Schiffskompass und Inklinationsbussole gemessen wurden.

Alte Daten und Theorien

Stellen Sie sich magnetische Messungen einmal wie kleine Lichtquellen vor. Der größte Teil der historischen Zeiten wäre dann stockfinster, mit einem winzigen Funkeln, das kurz an jeder Stelle aufleuchtet, an der eine Kompassmessung notiert wurde. Nur in einigen europäischen Großstädten wäre dann über die Jahrhunderte hinweg

1) vgl. Physikal. Blätter, Oktober 2000, S. 33, www.pro-physik.de/Phy/pdfs/ger_luehr.pdf

Dr. Art R. T. Jonkers, Department of Earth & Ocean Sciences, University of Liverpool, 4 Brownlow Street, Liverpool, L69 3GP, Großbritannien

ein mehr oder weniger beständiges Flackern wahrzunehmen; die übrigen Kontinente blieben beinahe völlig dunkel. Vom 16. Jahrhundert an würden jedoch die Ozeane anfangen, einen sehr bemerkenswerten Anblick zu bieten, durch immer heller leuchtende Korridore im atlantischen und indischen Ozean sowie durch einzelne Spuren entlang ferner Küsten, Inseln umkreisend und manchmal den Stillen Ozean überquerend (Abb. 2).

In der frühen Neuzeit war das Erdmagnetfeld noch rätselhafter als heute. Auf See war es gleichzeitig Freund und Feind: Einerseits leitete es den nützlichen Magnetkompass, aber andererseits verwirrte es die Seefahrer auch durch ständige Änderungen. Darum musste man zu jeder Zeit wachsam bleiben, zum Beispiel durch ständige Messungen, die dann im Schiffstagebuch notiert wurden.

Zusätzlich mussten bei der Schiffssteuerung Zugeständnisse an die Nadelablenkung, das geißte Besteck²⁾ und die Position des wahren Nordens gemacht werden. Andererseits konnte das seltsame Verhalten der Nadel aber auch eine Möglichkeit bieten, die Nähe und Richtung geografischer Kennzeichen zu schätzen, etwa durch bestimmte Deklinationswerte zu gewissen Zeiten.

Ab etwa 1600 stellten die von den Ostindien-Gesellschaften oder den Seefloten angestellten Hydro-

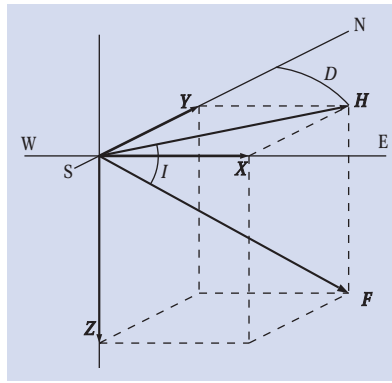


Abb. 1: Komponenten des geomagnetischen Feldes im topozentrischen Bezugssystem: Die Vektoren X , Y , und Z sind die östliche, nördliche bzw. radiale Komponente; H ist der horizontale Vektor, und F der komplette magnetische Vektor (Totalintensität). Die Deklination D entspricht dem horizontalen Winkel zwischen Y und H ; die Inklination I dem vertikalen Winkel zwischen H und F .

graphen in den Heimathäfen große Tabellen mit Messwerten zusammen und aktualisierten ihre Segelanweisungen, um die Magnetfeldänderungen zu berücksichtigen und so die Navigation zu verbessern. Die seefahrenden Großmächte sammelten dadurch ein riesiges Archiv von Daten, die einen signifikanten Teil der Ozeane überdeckten. Es waren hauptsächlich diese Daten, die eine große Zahl von Theorien hervorbrachten, welche die Ursachen der verblüffenden Phänomene des Erdmagnetfelds erklären sollten.

Die Entwicklung der „geomagnetischen Disziplin“ vom Mittelalter

bis zum frühen neunzehnten Jahrhundert lässt sich dabei in vier, sich teilweise überschneidende Phasen von wachsender Komplexität aufteilen (Abb. 3):

► Bis ins 16. Jahrhundert ging man davon aus, dass das Erdmagnetfeld von einem „axialen Dipol“ erzeugt wird, also gewissermaßen von einem Stabmagneten in Richtung der Erd-Drehachse.

► Abgelöst wurde dies von der Vorstellung „geneigter Dipole“ (eines oder mehrerer) mit einem gewissen Winkel zur Drehachse.

► Die Entdeckung der Säkularvariation 1634 kündigte die dritte Phase an, die (sehr langsam um die geographischen Pole) „präzessierende Dipole“ einführte.

► Schließlich, ab Mitte des 18. Jahrhunderts, wurde der Begriff der diametral entgegengesetzten Pole ausdrücklich aufgegeben, was den kurzen Aufstieg und Untergang „getrennter Dipole“ einleitete.

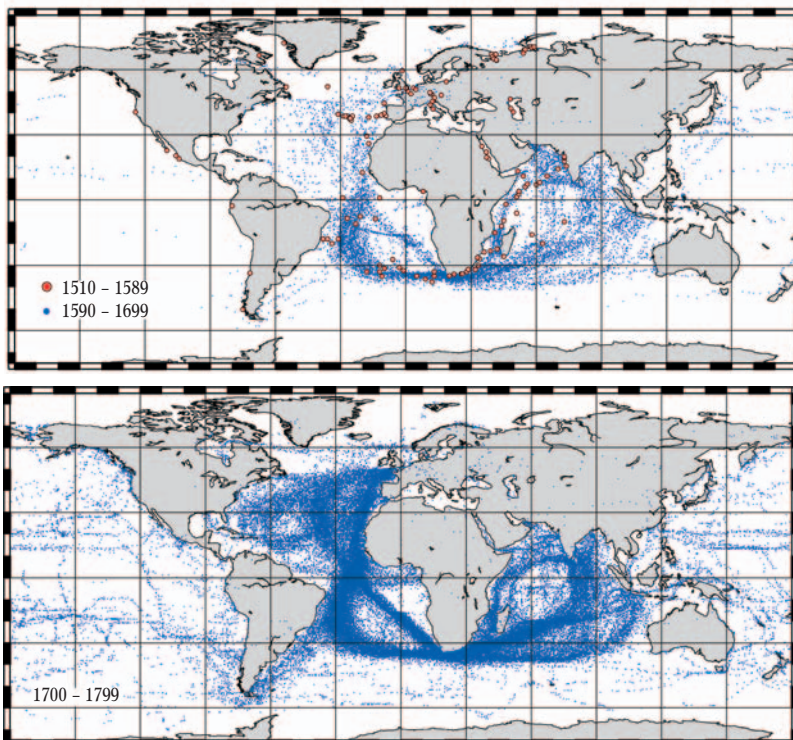
Vom Himmel ...

Die Polarität und Orientierung des Erdmagnetfeldes und ihr praktischer Nutzen wurden zuerst im Mittelalter entdeckt: Vom 13. Jahrhundert an benutzten sowohl asiatische als auch europäische Navigatoren bereits häufig den Magnetkompass, zumeist dann, wenn bedeckter Himmel astronomische Beobachtungen verhinderte. Die Eisennadel des Kompasses trieb dabei zuerst in einer Wasserschale und musste häufig mit einem Segelstein „gestrichen“ werden. Im Jahre 1269 beschrieb der französische Ingenieur De Maricourt (Peregrinus) den ersten trockenen Amplitudenkompass, bei dem die Nadel auf einer Pinne in einem hölzernen oder metallischen Gehäuse balancierte, ausgestattet mit einem Gradmesser und einem Visier. Als nächster Schritt folgte im 14. Jahrhundert die Kompassrose. Auf dieser waren die 8, 16, oder 32 Kompassstriche dargestellt, mit denen sich alle Himmelsrichtungen gleichzeitig identifizieren ließen.

In den folgenden Jahrhunderten blieb der Unterschied zwischen dem magnetischen und dem wahren Nordpol unbemerkt – außer als ein Fehler des Instruments oder der Messung. Gemäß der aristotelischen Kosmologie ging man davon aus, dass die Nadel die unveränderliche Perfektion der „supralunaren Sphäre“ respektierte. Die Magnetpole fielen also mit den Himmelspolen zusammen, die einzigen Fixpunkte

2) Unter „Besteck“ versteht man den nach geographischer Breite und Länge festgelegten Schiffsort; „gissen“ bedeutet „schätzen, vermuten“. Man spricht also von einem „geißtem Besteck“ im Gegensatz zum „beobachteten“.

Abb. 2: Mit dem Anwachsen des weltweiten Seeverkehrs wuchs auch die Zahl der Magnetfeld-Messungen. Dies wird sehr deutlich, wenn man sich etwa die geographische Verteilung der Beobachtungen der magnetischen Deklination zu verschiedenen Zeitperioden anschaut. (zylindrisch längentreue Projektion).



in einem sich täglich um die Erde drehenden Universum. Dadurch wären der magnetische und der wahre Meridian immer derselbe und die Deklination somit überall null. Die Inklination würde als eine Funktion geographischer Breite variieren. Einige Gelehrte in der Renaissance schrieben die Magnetkraft jedoch dem Polarstern zu, ausgehend von der klassischen Vorstellung einer „Sympathie“, durch die Kompass und Stern auf geheimnisvolle Weise miteinander verbunden wären.

Die erste implizite Bestätigung dafür, dass die Deklination existierte, findet man auf deutschen tragbaren Sonnenuhren aus dem zweiten Viertel des 15. Jahrhunderts. Augsburger und Nürnberger Handwerker markierten lokale Nadelablenkungen neben einem kleinen Kompass im Fuß des Instruments, um die Sonnenuhren unterwegs auf den geographischen Meridian auszurichten. Ähnliche Zeichen erschienen in dieser Zeit auch neben den Windrosen auf manchen deutschen Karten (z. B. von Etzlaub, Waldseemüller, Ziegler und Murer). Es dauerte jedoch noch ein weiteres Jahrhundert, bevor es unwiderlegbar klar wurde, dass das Erdmagnetfeld räumlich variiert und Kausalhypothesen notwendig sind, um den Geomagnetismus global beschreiben zu können.

Mit dem Aufkommen der Navigation auf offener See, ohne sichtbares Land, Lotungen oder eine praktische Methode zur Messung der Länge, wurde es für die Seefahrer unumgänglich, sich mehr denn je auf ihren Kompass und ihre astronomischen Beobachtungen zu verlassen. Als die Portugiesen und Spanier den Atlantischen und Indischen Ozeanen erforschten, notierten und verglichen sie deshalb sorgfältig ihre Kompass. Dadurch fanden sie heraus, dass die Nadel auf weiten Strecken des Atlantiks nach Osten abwich („osterte“), während in indischen Gewässern eine variable „Westerung“ die Regel war. Außerdem stellten sie dabei fest, dass die Deklination in der Nähe von Inseln im Mittelatlantik (etwa die Kanaren und Kap Verde), Südafrika, Südostasien und Mittelamerika verschwand.

Da die lokale Deklination direkt auf den Magnetpol hinweisen sollte, deuten diese frühen Daten anschaulich auf einen Dipol mit einem Winkel zur Drehachse der Erde hin. Mit Hilfe der sphärischen Trigo-

metrie lieferten zwei bestimmte, geographisch weit entfernte Deklinationen eine Kreuzpeilung zweier Großkreise; die zwei Schnittpunkte wären demnach die Positionen der Magnetpole. Sobald diese bekannt waren, ließ sich mit einer ähnlichen Berechnung die Länge bestimmen, bei der die Breite und Deklination gemessen wurde – so dachte man zumindest. Mit anderen Worten: Bei einem feststehenden, geneigten Dipol würde ein Weltreisender auf gleich bleibender Breite seine Kompassnadel in Abhängigkeit von der geographischen Länge abgelenkt sehen. Nur auf dem Großkreis durch die Magnetpole und geographischen Pole gäbe es dann null Grad Deklination. In der Nähe der Azoren wurden solche Nullwerte tatsächlich beobachtet und somit als ein „natürlicher“ Nullmeridian interpretiert. Solche geomagnetischen Überlegungen haben die frühneuzeitliche Kartografie stark beeinflusst.

Die Idee eines geneigten Dipols ließ sich auch mit der älteren Vorstellung von einem „magnetischen Berg“ in Einklang bringen. Diesen dachte man sich als großen Felsen, Berg oder auch als Insel aus Magnetstein, manchmal in arktische Regionen lokalisiert. Der Magnetberg sollte nicht nur Kompass auf der ganzen Welt beeinflussen, sondern der Legende nach auch in der Lage sein, ganze Schiffe, die zu nahe daran vorbeisegelten, anzuziehen, ja sogar festzuhalten oder zu versenken, indem seine magnetische Anziehung alle eisernen Nägel aus dem Schiffsholz zog. Mehrere Gelehrte haben versucht, die präzisen Koordinaten dieses Berges zu berechnen, unter ihnen der Kartograph Gerhard Mercator und der Astronom Johannes Kepler.

Der Übergang vom himmlischen zum irdischen Magnetismus erhielt weitere Unterstützung von der magnetischen Inklination (s. Abb. 1). Im qualitativen Sinn war der deutsche Mathematiker und Instrumentenhersteller Georg Hartmann 1544 ihr Entdecker; es dauerte aber noch bis 1580, bis der Londoner Kompassmacher Robert Norman die erste Inklinationsbussole konstruierte, d. h. eine sich in der Vertikalebene drehende magnetische Nadel, mit der die ersten quantitativen Beobachtungen gemacht wurden. Die Inklination („Dip“) wurde kurzzeitig auch als nützlich für die praktische Navigation angesehen. Etwa 1598 nahm der Mathematiker Henry

Briggs einen Axialdipol an um eine Dip-Tabelle für jeden Breitengrad zu konstruieren (Abb. 4).

Die dauerhafte Auswirkung der Inklination war jedoch die wachsende Überzeugung, dass die Quelle des irdischen Feldes tief im Planeten (statt auf oder über der Kruste) zu suchen war.

Die Betrachtung zusätzlicher Orte (oder Meridiane), an denen die Nadel nicht abgelenkt wurde, brachte iberische und niederländische Kosmographen dazu, komple-

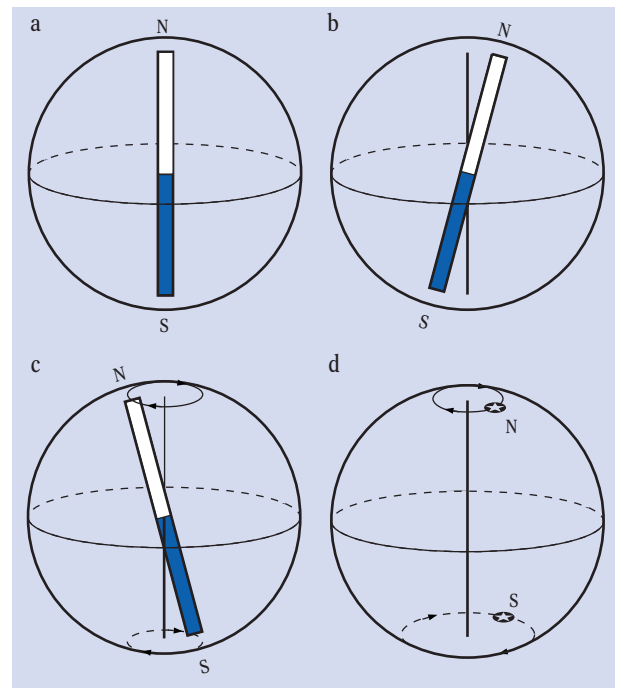


Abb. 3: Die vier Phasen geomagnetischer Hypothesen, die auf der Vorstellung einer direkten Anziehung der Pole beruhen: axialer statischer Dipol (a); geneigter statischer Dipol (b); präzessierender dynamischer Dipol (c); getrennte dynamische Dipole (d).

xere Anordnungen von zwei oder sogar drei sich neigenden Dipolen zu postulieren, die in regelmäßig wechselnden Globussektoren von Osterung und Westerung resultierten. Eine ganz andere Gruppe von Hypothesen, entwickelt von Steuerleuten, schlug ein nur lokal gültiges Verhältnis zwischen den Änderungen in Breite und Deklination vor.

Die Vielfalt der Erklärungen im 16. Jahrhundert zeigt, zusammen mit der geringen Anzahl der Beobachtungen, den schlechten Karten (Unsicherheit der Länge) und dem Mangel an standardisierten Instrumenten und Beobachtungsmethoden, eine ausreichend breite Fehlerspanne, um die große Zahl der Hypothesen zu tolerieren.

Mit dem Wachstum der überseeischen Handelsgesellschaften und besseren Instrumenten stiegen

Qualität und Quantität geomagnetischer Daten im 17. Jahrhundert beträchtlich. Außerdem war diese Periode Zeuge mehrerer offizieller Anstrengungen, die Beobachtungen zu verarbeiten und zu veröffentlichen, z. B. durch die neu gegründeten wissenschaftlichen Gesellschaften (Royal Society, Académie Royale des Sciences) und den

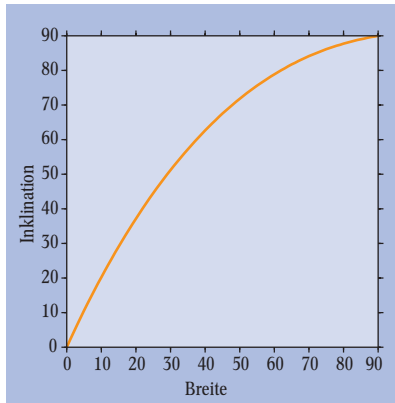


Abb. 4: Die Inklination in Abhängigkeit von der Breite, nach der Dip-Tabelle von Henry Briggs (1598).

jesuitischen Orden. Deklinationen und Inklinationen erschienen auch in gedruckten Zusammenstellungen, manchmal geordnet nach der Breite oder der Länge, gleichermaßen zum Nutzen von Seefahrenden und Gelehrten. Dieser Strom von Messungen von nah und fern zeigte immer deutlicher, wie unzulänglich und vereinfacht das Modell eines geneigten Dipols war.

Die sich entfaltende geomagnetische Disziplin suchte darum emsig nach einer passenden Alternative, unter dem wachsenden Einfluss gegensätzlicher Naturphilosophien. Dies begann 1600 mit der Veröffentlichung von „De Magnete“, geschrieben vom elisabethanischen Hofarzt William Gilbert. Dieses Buch enthält die berühmte (falsche) Folgerung: „Die Erde ist selber ein großer [Ferro-]Magnet.“ Gilbert dachte, dass das grundlegende Feld eines Axialdipols von der

Anziehung der eisenreichen kontinentalen Landmassen und anderer kleinerer lokaler Quellen verzerrt wurde. Dieses Modell, das einen einzigen arktischen Magnetpol mit der global unterschiedlichen Kruste kombinierte, verzichtete somit auf jede Regularität.

... in die Hölle

Im kosmologischen Rahmen nahm Gilbert an, dass die geomagnetische Kraft für die Ausrichtung und die tägliche und jährliche Drehung der Planeten verantwortlich sei. Diese Meinung brachte ihn in Konflikt mit jesuitischen Autoren wie Nicolo Cabeo (1629), Athanasius Kircher (1639) und Jacques Grandamy (1645), die stattdessen behaupteten, dass Erdmagnetismus die Erde im Zentrum der Schöpfung festhielte. Sie postulierten völlig andere magnetische Quellen, wie zum Beispiel quasi-organische magnetische Adern, Eisenerzminen, unterirdische Hitze sowie chemische Prozesse. Über die Zusammensetzung des tiefen Erdinneren wurde auch an anderen Stellen viel spekuliert: Galileo Galilei postulierte einen riesigen Druck im Kern, während andere sich einen Höllenofen vorstellten, der heißen Schwefeldampf durch ein ausgebreitetes System von Höhlen trieb.

Die erste Serie von Beobachtungen, die Anlass zur Vorstellung gab, dass sich das Erdmagnetfeld auch über (längere) Zeiten veränderte, wurde in Ost-London von William Borough, John Marr, Edmund Gunter und Henry Gellibrand vorgenommen. Es war schließlich Gellibrand, der alle Aufzeichnungen 1635 veröffentlichte und daraus auf eine wahrnehmbare Abnahme („a sensible diminution“) der Deklination in London von etwa sieben Grad weniger nach Osten über die Zeit 1580–1634 schloss (s. Tabelle). Die-

se wissenschaftliche Folgerung war eine der ersten, die auf Mittelwerten von Beobachtungsserien gegründet war, eine Technik, mit der sich der Messfehler stark verringerte.

Es dauerte etwa zwei Jahrzehnte bevor die Säkularvariation von den meisten Gelehrten in Europa akzeptiert wurde, eine Entwicklung, die eine Neubeurteilung aller früheren Arbeiten erforderte. Alte gesammelte Messungen ohne Datierung wurden plötzlich wertlos, ebenso alle zeitunabhängigen geomagnetischen Hypothesen. Damit wurde die dritte Phase dieser (Proto-)Wissenschaft eingeleitet, die nun eine zeitliche Dimension enthielt. In Frankreich postulierten die Naturphilosophen René Descartes und Pierre Gassendi, dass die magnetische Kraft der Erde von turbulenten Wirbeln winziger magnetischer Teilchen, die durch die Atmosphäre und das Erdinnere hindurchgingen, produziert würde. In England wurde diese so genannte „magnetic philosophy“ circa 1680 in umfassenderen Theorien des Äthers untergebracht.

In der Royal Society (London) schlugen Henry Bond (1639), Henry Phillipps (1659), Robert Hooke (1674), Peter Perkins (1680), Edmond Halley (1683 und 1692) und Edward Harrison (1696) inzwischen Dipole vor, die in hunderten von Jahren um die Drehachse der Erde präzessierten. Zusätzlich zu den Parametern, die benötigt wurden, um diese Modelle mathematisch zu definieren (Periode, Drehrichtung, Breite und Länge des Dipols zu bestimmten Zeiten), fügten manche Leute auch physikalische Grundlagen hinzu, z. B. Halleys magnetischer Kern, der bezogen auf die Kruste rotiert, mit einer flüssigen oder gasförmigen Mittelschicht dazwischen. Noch mehr Parameter brauchte man für die Multipolvariante des 18. Jahrhunderts (mehrere

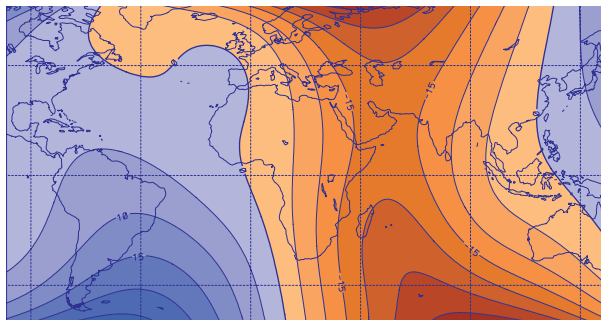


Abb. 5: Modellierte magnetische Deklination an der Erdoberfläche für das Jahr 1650: blau (positiv) = Ostabweichung; orange (negativ) = Westabweichung. (Konturintervall = 5 Grad, zylindrisch-längentreue Projektion.)

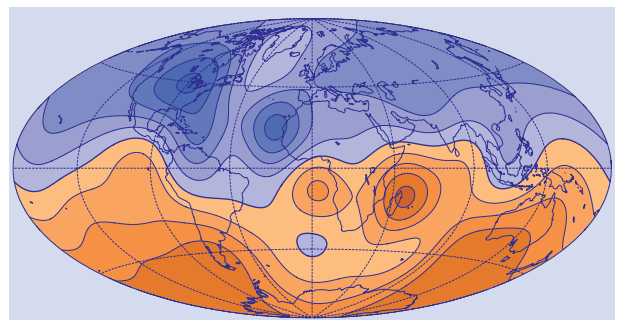


Abb. 6: Modellierte magnetische Radialintensität an der Kern-Mantelgrenze für das Jahr 1800: blau = Fluss nach innen; orange = Fluss nach außen. (Konturintervall = 125000 Nanotesla. Mollweide-Projektion.)

hohle Sphären, die einen geteilten Kern umfassten), die es den Dipolen erlaubte, in verschiedenen Tiefen mit verschiedenen Geschwindigkeiten zu präzessieren. Diese Möglichkeiten vergrößerten die Spanne, die wahrgenommene asymmetrische globale Verteilung der Deklination an der Oberfläche in neuen Hypothesen unterbringen zu können.

Im 18. Jahrhundert brachte der wachsende Schiffsverkehr auf den Ozeanen zehntausende von Beobachtungen, gesammelt und studiert von Naturphilosophen, Hydrographen und interessierten Laien.

Deklinationmessungen in London (1571–1634), der Entdeckung der Säkularvariation vorangehend

Jahr	Beobachter	Ort	Osterung
1571	Digges	London	11°15'
1576	Hall	Gravesend	11°30'
1580	Borough	Limehouse	11°18'53"
1622	Gunter	Deptford	6°13'
1622	Gunter, Marr	Limehouse	5°56'38"
1633	Marr	Whitehall	„weniger“
1633	Gellibrand, Marr	Deptford	4°04'49"
1634	Gellibrand	St Paul's Cray	4°01'25"

Die größere Genauigkeit des neu erfundenen Azimutalkompasses und eine bessere Infrastruktur für die Verarbeitung und Verbreitung magnetischer Daten gestatteten zudem eine höhere Auflösung über größere Teile der Erde, die von 1700 an wie ein Feld mittels Isolinien dargestellt wurde. London, Paris und andere Großstädte produzierten beinahe einen ununterbrochenen Strom von jährlichen geomagnetischen Beobachtungen an Sternwarten. Dazu boten erschöpfende täglich oder stündlich vorgenommene Messungen an bestimmten Orten erstmals die Möglichkeit, neue Phänomene wie die tägliche Variation, säkulare Beschleunigung und den Zusammenhang zwischen unregelmäßig funktionierender Nadel und dem Polarlicht zu untersuchen.

Zu dieser Zeit gab es in vielen Ländern ein weites Spektrum geomagnetischer Hypothesen, mit Elementen statischer und dynamischer geneigter Dipole und Multipole. Trotzdem wichen Daten und Theorien noch immer merklich voneinander ab. 1732 schlug Servington Savery, Mitglied der Royal Society, als erster vor, dass eine unebene Topographie des Magnetkerns für diese Abweichung verantwortlich sein könnte. Mathematische Arbeiten

von Leonhard Euler (1757) führten endlich zu der ausdrücklichen Ablehnung von diametral entgegengesetzten Polpaaren, wodurch lebhaftere Diskussionen über die Lage, Tiefe und Bewegung jedes Pols aufkamen. In den extremsten Fällen (von den 1790er Jahren an) wurden diesen abgetrennten Polen unterschiedliche Koordinaten, Richtungen und Geschwindigkeiten zugeschrieben. Jedoch erwiesen sich letztlich sogar abgetrennte Dipole als ungeeignet, dem erbarmungslosen Druck der sich ansammelnden empirischen Daten standzuhalten. Die Überzeugung, dass die Kompassnadel nur von der Anziehung einer kleinen Anzahl weit entfernter, allmächtiger geomagnetischer Pole regiert wurde, fand so ihr Ende. Abermals ergab sich die Natur fremdartiger als von der (Natur-)Philosophie gedacht.

Moderne Nutzung

Waren alle diese Arbeiten also vergeblich und zwecklos? Nicht im Geringsten. Sie beleuchten nicht nur die Wissenschaftsgeschichte im Allgemeinen und die Wurzeln des Geomagnetismus im Besonderen. Sehr wertvoll sind die historischen Daten selbst, versteckt in staubigen Schiffstagebüchern in den Archiven seefahrender Nationen. Der mühevollen Kampf der Navigatoren, die grundsätzlich unvorhersehbaren Launen der Magnetnadel im Auge zu behalten, hat eine detaillierte Spur der Feldänderungen durch das historische Zeitalter hinterlassen.

Nachdem die verschiedenen Fehlerquellen, die diese Messungen verfälschen, identifiziert und quantifiziert wurden (Beobachtungsfehler, Schiffspositionsfehler und Magnetisierung der Kruste), haben diese Daten das erste zeitabhängige geomagnetische Modell hervorgebracht, das vier Jahrhunderte überdeckt (1590–1990, Abb. 5 und 6). Das bedeutet eine deutliche Verbesserung im Vergleich zu früheren Versuchen.

Dieses Modell gibt nicht nur den Geophysikern, welche die Prozesse im Inneren der Erde erforschen, wichtige Denkanstöße, sondern auch den Historikern, da es ein Prüfstein ist, um die Fähigkeit der Hydrographen statistisch zu quantifizieren, die Feldänderungen auf der ganzen Welt vorherzusagen zu können, so dass die Seefahrenden die richtigen Anpassungen vornehmen.

Das ermöglicht eine ganz neue Art historischer Forschung, die sub-

stanzielle Unterschiede zwischen den Entwicklungen der verschiedenen Länder, Zeiten oder Arten maritimer Organisationen ans Licht gebracht hat. Insbesondere hat diese wissenschaftliche Kreuzbestäubung für beide betreffenden Disziplinen reiche Früchte getragen.

Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle Peter Thomas von der Philipps-Universität Marburg dafür danken, dass er den Anstoß zu diesem Artikel gegeben hat, sowie Dr. Christine Thomas (Universität Liverpool) für die Verbesserung meines „Rudimentär-Deutsch“. Außerdem danke ich der Johns Hopkins University Press für die Erlaubnis, die Abbildungen 1 und 3 aus meinem Buch „Earth's Magnetism in the Age of Sail“ hier verwenden zu können.

Literatur

- ▶ *H. Balmer*, Beiträge zur Geschichte der Erkenntnis des Erdmagnetismus, Veröffentlichungen der Schweizerischen Gesellschaft für die Geschichte der Medizin und Naturwissenschaften 20, Aarau (1956)
- ▶ *G. Hellmann*, Die Anfänge der magnetischen Beobachtungen, Acta Cartographica 6, 174 (1969)
- ▶ *G. Hellmann*, Rara Magnetica 1269–1599, Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorologie und Erdmagnetismus 10, Berlin 1898 und erneut Nendeln (1969)
- ▶ *A. R. T. Jonkers*, Earth's Magnetism in the Age of Sail, Johns Hopkins University Press, Baltimore (2003)
- ▶ *H.-G. Körber*, Zur Geschichte der Konstruktion von Sonnenuhren und Kompassen des 16. bis 18. Jahrhunderts, Veröffentlichungen des Staatlichen Mathematisch-Physikalischen Salons 3, Berlin (1965)
- ▶ *A. Radl*, Magnetstein in der Antike: Quellen und Zusammenhänge, Stuttgart (1988)
- ▶ *H. R. Winter*, Seit wann ist die Missweisung bekannt?, Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie, Zeitschrift für Seefahrt- und Meereskunde (hrsg. von der Deutschen Seewarte Hamburg) 416, 352 (1935)
- ▶ *A. Wolkenhauer*, Beiträge zur Geschichte der Kartographie und Nautik des 15. bis 17. Jahrhunderts, Acta Cartographica 13, 392 (1972)
- ▶ *A. Wolkenhauer*, Der Nürnberger Kartograph Erhard Etzlaub, Acta Cartographica 20, 504 (1975)
- ▶ *A. Wolkenhauer*, Der Schiffskompaß im 16. Jahrhundert und die Ausgleichung der magnetischen Deklination, in: *W. Köberer*, Das rechte Fundament der Seefahrt: Deutsche Beiträge zur Geschichte der Navigation, Hamburg (1982)