

# Über die langfristige Änderung des erdmagnetischen Feldes

Leopold Stadler

Nimmt man sich als Physiklehrer gelegentlich Zeit, auf Randgebiete der Physik einzugehen, so kann man sich über erhöhte Aufmerksamkeit der Schüler freuen. Dieses Phänomen konnte ich etwa beobachten, wenn ich im Rahmen des Themas "Magnetostatik" auf des Magnetfeld der Erde einging und an Hand von SW-Dias geomagnetische Weltkarten erläuterte.

Da diese Karten älteren Lehrbüchern entstammen, ist die Anmerkung fällig, daß sich seither die Linien etwas verlagert haben, insbesondere, daß sich bei uns die magnetische Mißweisung von einer schwach westlichen zu einer leicht östlichen verwandelt hat. Da auch Fachkollegen und Geographen i. a. nicht mehr bekannt ist als die bloße Tatsache, daß sich unser erdmagnetisches Feld eben langsam ändert, bin ich der Sache auf den Grund gegangen. Besonders interessant war es auszuforschen, wie weit sich die diesbezüglichen Verhältnisse in unserer Heimat geschichtlich zurückverfolgen lassen.

Die magnetische Feldstärke bzw. Induktion ist an jedem Punkt der Erdoberfläche ein Vektor, zu dessen Festlegung drei unabhängige Bestimmungsstücke nötig sind. Abb. 1 zeigt die Situation bezüglich einer genordeten und horizontalen Windrose auf: betragsmäßig kann man die Totalintensität  $T$  oder deren horizontalen bzw. vertikalen Anteil (Horizontalintensität  $H$  und Vertikalintensität  $Z$ ) messen, richtungsmäßig bestimmt man die Deklination  $D$ , das ist der Winkel zwischen geographisch und magnetisch Nord und andererseits die Inklination  $I$ ; unter dieser versteht man die Neigung des Magnetfeldes gegen die Horizontalebene. Entlang dem sogenannten magnetischen Äquator beträgt also  $I = 0^\circ$ , an den Magnetpolen  $I = 90^\circ$ .

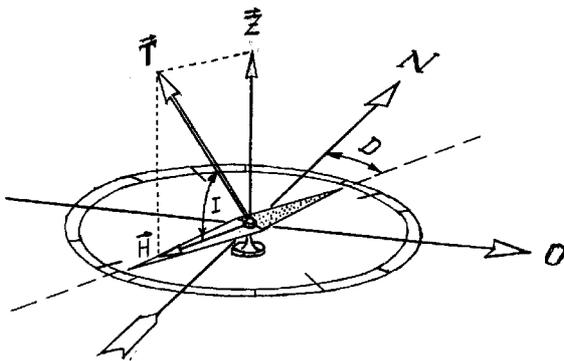


Abb. 1: Magnetischer Feldstärkevektor  $r$

Am einfachsten läßt sich die Deklination messen und sie war auch für die Navigation der Seefahrer von größter Bedeutung. Für mindere Genauigkeitsansprüche genügt ein genordet aufgestellter Kompaß. Dann folgt der Inklinationswinkel, während die absolute Erfassung der Feldstärke erst viel später möglich war (C. F. Gauß, J. Lamont, 1841). Wir Mitteleuropäer der Mitte und zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts sind in-

soferne verwöhnt, als die Deklination hier und in diesem Zeitraum sehr klein war und daher etwa beim Wandern nach dem Kompaß vernachlässigt werden kann. Jedoch unterliegt das terrestrische Magnetfeld mehreren zeitlichen Schwankungen, über deren Ausmaß nur die wenigsten Leute im Klaren sind.

Seit vielen Jahrzehnten halten magnetische Observatorien (z.B. am Wiener Cobenzl hinter der Meierei) weltweit diese zeitlichen Verläufe fest, wobei sich mehrere verschiedene, einander überlagernde Zyklen herausfiltern lassen: ein täglicher Gang (durch die Rückwirkung der täglich zuerst erwärmten, dann abkühlenden Atmosphäre sowie deren damit synchrone gezeitenmäßige Deformation im Verein mit der Ionisierung höherer Luftschichten), ein jahreszeitlicher Zyklus (aus analogen Gründen), ein elfjähriger Gang im Gleichtakt mit dem Sonnenflecken-Zyklus (wegen der Einwirkung des Sonnenwindes auf das erdmagnetische Feld) und eine sogenannte Säkularvariation. Letztere ist sowohl groß genug als ausreichend langsam verlaufend, daß sie Niederschlag auf der eingetragenen Mißweisung eines Kompasses finden kann. Vorweg sei die Größenordnung dieses Effektes für Europa genannt: die Periodendauer umfaßt etwa 540 Jahre, die Richtung von magnetisch Nord überstreicht dabei  $32^\circ$  bis  $36^\circ$  (!). Die tägliche Schwankung umfaßt jedoch nur maximal  $\pm 6'$ .

Entdeckt wurde die Säkularvariation 1634 durch den englischen Mathematiker und Astronomen H. Gellibrand (1597 - 1637) an der abnehmenden östlichen Deklination zu London: 1580:  $11,3^\circ$  östl., 1622:  $6,2^\circ$  und 1634 nur mehr  $4,0^\circ$  östl.. Über die innere Ursache des Magnetfeldes der Erde und somit auch über diese Art Schwankung hat man in den letzten Jahren viel dazugelernt, indem der dynamo-elektrische Ursprung aufgeklärt werden konnte. Sie ist als Begleiterscheinung der gewaltigen Konvektionszyklen im Inneren der Erde aufzufassen; der Prozeß ist elektrodynamisch einem Gleichstromgenerator mit Selbsterregung verwandt, wobei die Konvektionsströme dem rotierenden Anker entsprechen. Langsame, quasi-periodische Verlagerung dieser Konvektionszellen bewirkt offenbar die säkulare Schwankung des Magnetfeldes. Noch dazu sind diese an die Kontinentalschollen gekoppelt, so daß die Säkularvariation kein weltweit einheitlicher Effekt ist, sondern nur quasi regional-kontinental konform verläuft. Beispielsweise lassen die ältesten Meßreihen in Nordamerika einen 270-jährigen Zyklus erwarten. Auffallend gering ist die Säkularvariation innerhalb des Pazifischen Ozeans.

Nur für wenige europäische Orte reichen die Beobachtungen von  $D$  und  $I$  so weit zurück, daß man sich über einen solchen Zyklus ein hinreichend genaues Bild machen kann. Abb. 2 zeigt die diesbezüglichen Verhältnisse für London und Paris (aus: Kertz, *Einführung in die Geophysik*, ergänzt und modifiziert vom Verf.). Wenn auch die damalige Beobachtungsgenauigkeit keinesfalls mit der heutigen vergleichbar ist, so reicht sie dennoch aus, den Verlauf der Säkularvariation zu kennzeichnen. Beginnend im Jahre 1540 ist in einem Polar-

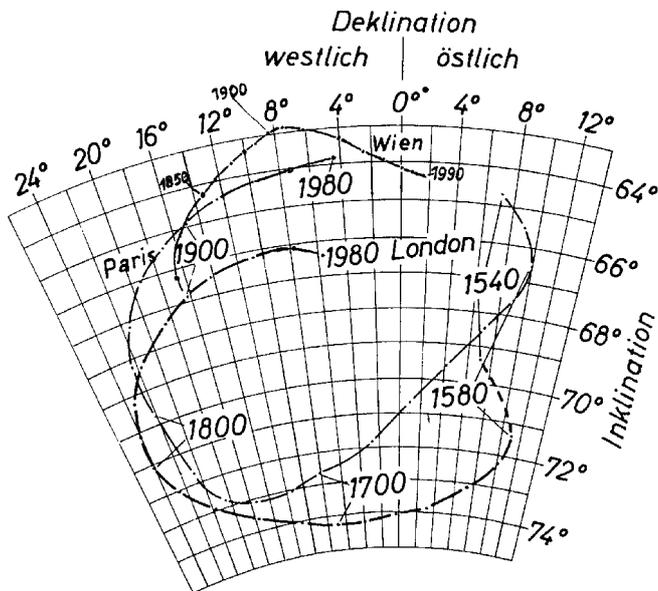
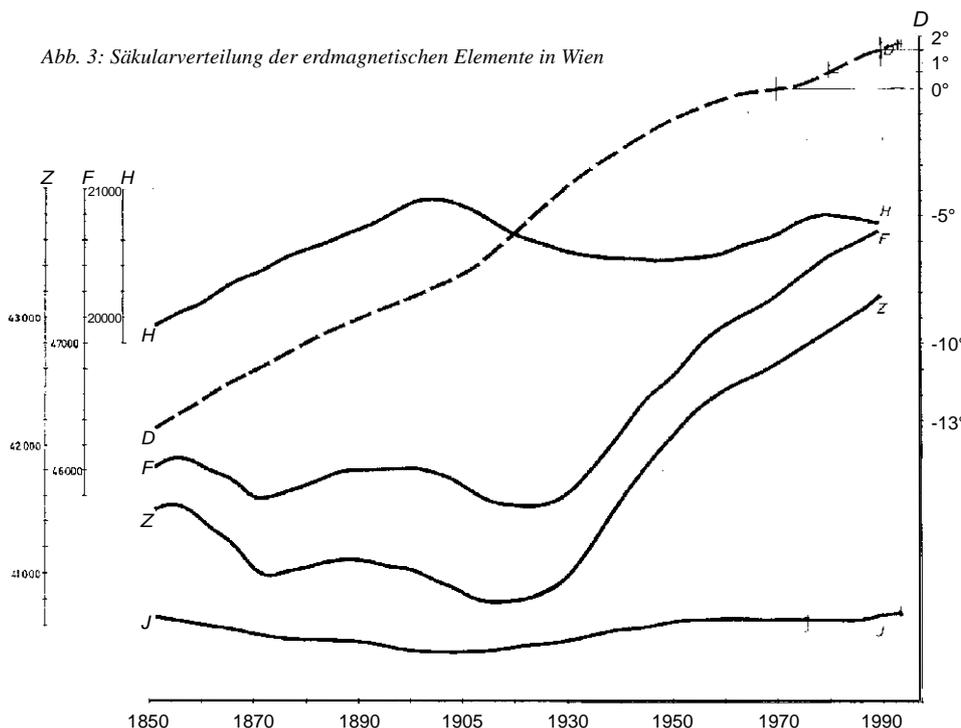


Abb. 2: Inklination-Deklinationsdiagramm

koordinaten-Diagramm (nach L. A. Bauer) radial die Inklination, azimuthal die Deklination aufgetragen; die Meßpunkte auf den Kurven sind normaler Weise in 20-Jahres-Schritten gesetzt. Eindrucksvoll sieht man, wie sich in relativ naher Zukunft ein Zyklus (mehr oder weniger genau) schließen wird. Auch die unvermutete Größe dieses Effektes wird deutlich; in London etwa herrschte um 1810 eine westliche Mißweisung von über  $24^\circ$ !

Diese alten Meßwerte verdanken wir dem Umstand, daß diese Länder wegen ihrer Stellung als Seemacht für die weltweite Navigation ihrer Schiffe daran Interesse haben mußten. Die Vernachlässigung solcher wissenschaftlicher Grundlagen brachte z.B. den Spaniern beim Versuch der Nordwest-Passage ein Debakel ein. Eine ähnlich alte Beobachtungsreihe gibt es leider nur noch für Rom, offenbar infolge der Förderung der Wissenschaften durch den Vatikan.

Abb. 3: Säkularverteilung der erdmagnetischen Elemente in Wien



Im folgenden sei über die Ergebnisse meiner Bemühungen berichtet, Licht in die diesbezüglichen Verhältnisse in Österreich zu bringen. Die Meßreihen unserer Zentralanstalt auf der Hohen Warte setzen erst mit dem Jahre 1851 ein. Abb. 3 zeigt den zeitlichen Verlauf der erdmagnetischen Elemente in Wien für die Periode seither. Derzeit beträgt die Wiener Deklination  $1^\circ 50'$  östl., während die Agone (Kurve mit  $D = 0$ ) über den Arlberg verläuft und mit etwa 20 km/Jahr nach Westen driftet. Ich habe die Wiener Daten in das Diagramm nach Bauer umgesetzt; der dabei erhaltene Kurvenbogen ist in Abb. 2 ersichtlich. Ebenso ersichtlich ist leider, daß eine Fortsetzung des Kurvenzuges in die vergangenen Jahrhunderte hinein nicht in seriöser Weise möglich ist.

Die älteste geomagnetische Karte unserer Gegend stammt von K. Kreil (1797 - 1862) aus 1851 und umfaßt das ehemalige Kaiserreich, den Balkan und seine Umgebung (Abb. 4). Kreil war vorher Direktor der Prager Sternwarte gewesen, betrieb dort auch eine anerkannt gute magnetische Beobachtungsstation und bereiste selbst weite Teile Österreichs und Südost-Europas, um geomagnetische Messungen anzustellen; per Oktober 1851 wurde Kreil zum ersten Direktor der Wiener "K.k. Centralanstalt für meteorologische und erdmagnetische Beobachtungen" bestellt. U.a. kann man seiner Karte entnehmen, daß damals in Wien eine westliche Deklination von  $13,5^\circ$  geherrscht hat. Noch ältere Messungen der erdmagnetischen Elemente gibt es hierzulande nur noch aus dem Benediktinerstift zu Kremsmünster, aufgezeichnet im Buch *Über das magnetische Observatorium zu Kremsmünster* von Pater Augustin Reslhuber, Wien 1854. Demnach stammen vier Messungen von  $D$  aus dem Zeitraum 1744 bis 1775, ausgeführt von einem Herrn Frank, "Ingenieur an der hiesigen Academia nobilium": sie sind aber von fragwürdiger Genauigkeit. Just zur Zeit der maximalen westlichen Deklination, im Jahre 1815, beginnen regelmäßige Beobachtungen, ausgeführt vorerst im astronomischen Turm des Stiftes, dann ab 1841 in einem eisenfrei errichteten Gartengebäude. Die  $D$ -Werte stagnieren daher anfangs bei  $18^\circ 04'$  westl. und nehmen bis 1850 auf  $14^\circ 40'$  ab.

Dabei wird eine erstaunliche Genauigkeit von  $\pm 2$  Bogenminuten erzielt; dies entnimmt man Doppelmessungen, welche Mitte Juni 1846 durch K. Kreil aus Prag und M. Koller, dem stiftseigenen Observator, gleichzeitig mit Instrumenten verschiedener Bauart angestellt worden waren.

Das Resümee aus diesem Datenmaterial für die Geschichte der Deklination ist der Abb. 5 zu entnehmen. Sie zeigt den zeitlichen Verlauf der magnetischen Mißweisung vom Jahre 1540 bis heute; primär die Verläufe für Paris und London, welche in guter Näherung eine synchrone, sinus-ähnliche Form aufweisen. In der älteren geomagnetischen Literatur wird eine Periodendauer von 470 Jahren vermutet: offenbar wurde

Abb. 4: Kreil: Magn. u. geogr. Ortsbestimmungen im südl. Europa ...  
aus: Denkschriften der k. Akademie d. Wissensch. mathem. naturw. Cl. XX. Bd. 1861

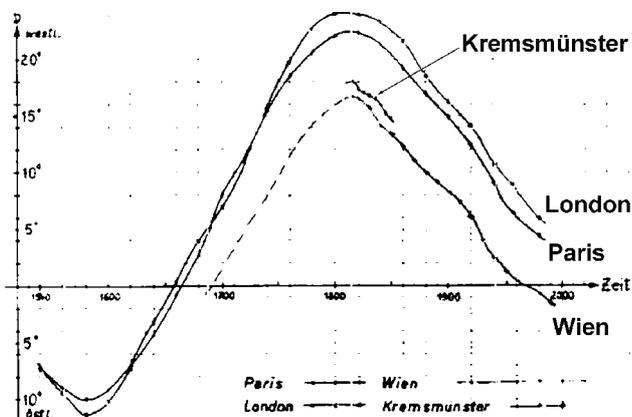


Abb. 5: Deklination von 1540 bis heute

das Zeitintervall zwischen den beiden Extrema von  $D$  (etwa 1580 bzw. 1815) verdoppelt. Die Meßergebnisse der letzten Jahrzehnte lehren jedoch, daß der Rückgang langsamer als der Anstieg erfolgt. So vergingen vom Mittelwert ( $D = 6,5^\circ$ ) um 1695 bis zum Maximum ca. 120 Jahre, der Rückgang auf denselben Wert von  $D$  benötigte aber etwa 150 Jahre. Im  $D$ - $t$ -Diagramm sieht es auch durchaus glaubwürdig aus, daß der Schleifenschluß um das Jahr 2080 stattfinden wird. Der Gang von  $D$  ist für Wien auf Grund der Daten von Kremsmünster bis 1815 rekonstruiert. Weil erstens die Maxima von Kremsmünster, Paris und London zeitlich zusammenfallen und zweitens die Differenz zwischen Wien und Paris ab 1815 im Bereich

von fünf bis sieben Graden konstant blieb, dürfte mit hoher Wahrscheinlichkeit die Kurve für Wien parallel zu den zwei Hauptkurven fortzusetzen sein.

Generalisiert gesagt liefen die Isogonen (Kurven, welche Punkte gleicher Deklination verbinden) in Westeuropa jahrhundertlang etwa nord-südlich, wobei sie mit einer Periode von etwa 540 Jahren hin und her "schwappen" und dabei die Änderung von  $D$  einen Winkelbereich von etwa  $35^\circ$  überstreicht.

## Literatur

- Kertz, Walter (1969, Nachdruck 1992): *Einführung in die Geophysik I*. B.I. Hochschultaschenbuch Band 275, Wissenschaftsverlag Mannheim - Leipzig - Wien - Zürich.
- Reslhuber, P. Augustin (1854): *Über das magnetische Observatorium zu Kremsmünster und die Resultate*. Aus dem VI. Band der Druckschriften der ...kaiserl. Akademie der Wissenschaften, Sonderdruck der k.k. Hof- und Staatsdruckerei. Wien.
- Toperczer, Max (1960), *Lehrbuch der allgemeinen Geophysik*. Springer - Verlag, Wien.
- Toperczer, Max (1975): *Die Geschichte der Geophysik an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik*. - Arbeiten aus der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Heft 17 Wien 1975

Dank für wertvolle Informationen und Literatur schuldet der Verfasser Herrn Dipl.Ing. Peter Melichar von der Zentralanstalt auf der Hohen Warte.