Geheimnisvoller Magnetismus

Wer im 20. Jahrhundert mit einem magnetischen oder elektrischen Kompass hantiert, der weiss in aller Regel, dass sein Gerät nicht ganz genau die geografische Nordrichtung anzeigt. Die Differenz zwischen dem angezeigten Wert und der präzisen Nordrichtung wird als Deklination oder Missweisung bezeichnet.

Zwar steht eine solche Frage nicht im «Blauen Schreck» des CCS; aber die Antwort wäre, dass ein gewisser Monsieur Cain (mitnichten der Bruder des Abel) einmal definiert hat; eine westliche Missweisung liege dann vor, wenn die Kompassnadel auf der westlichen Seite der Nordrichtung stehen bleibe.

Im heutigen Zeitpunkt ist es in der Westschweiz zu einem eher seltenen Ereignis gekommen. Denn die aktuelle Deklination auf dem Genfersee beträgt beinahe Null. Diese Konstellation ist letztmals etwa im Jahr 1650 eingetreten. Es wird allgemein angenommen, dass die Missweisung sich in Mitteleuropa um etwa ein Grad alle zehn Jahre ändert; um 1800 wich die Nadel in der Region des Genfersees um 20 Grad von der korrekten Nordrichtung ab!

Das Magnetfeld der Erde

Die Veränderungen im Magnetfeld der Erde werden vor allem durch die interne Massen-Konstellation unseres Planeten bewirkt. Es wird indessen noch gezeigt werden, dass auch andere Einflüsse zu berücksichtigen sind.

Die Intensität des Magnetfeldes kann in einer horizontalen und einer vertikalen Komponente ausgedrückt werden. In der Tat richtet sich eine Kompassnadel, die frei balanciert, in erster Linie nach der Magnetlinie aus, weicht aber auch ganz leicht von der Horizontalen ab. Man nennt diese Abweichung auf der Nordhalbkugel positiv – weil sich die Spitze der Nadel gegen die Erdoberfläche richtet – und südlich des Äquators negativ – weil die nördliche Spitze der Nadel hier in den Himmel zeigt.

Die Stärken der beiden Komponenten, der horizontalen und der vertikalen, variieren je nach dem Standort auf der Erdoberfläche; sie variieren aber auch am gleichen Standort, aber bloss sehr langsam in der zeitlichen Entwicklung.

Es leuchtet ein, dass das Verhältnis der beiden Komponenten zueinander wichtig ist für die Präzision der Richtungsanzeige eines Kompasses; je mehr die Nadel in die Vertikale gezogen wird, desto weniger Horizontalkraft ist übrig, um die magnetische Nordrichtung anzuzeigen.

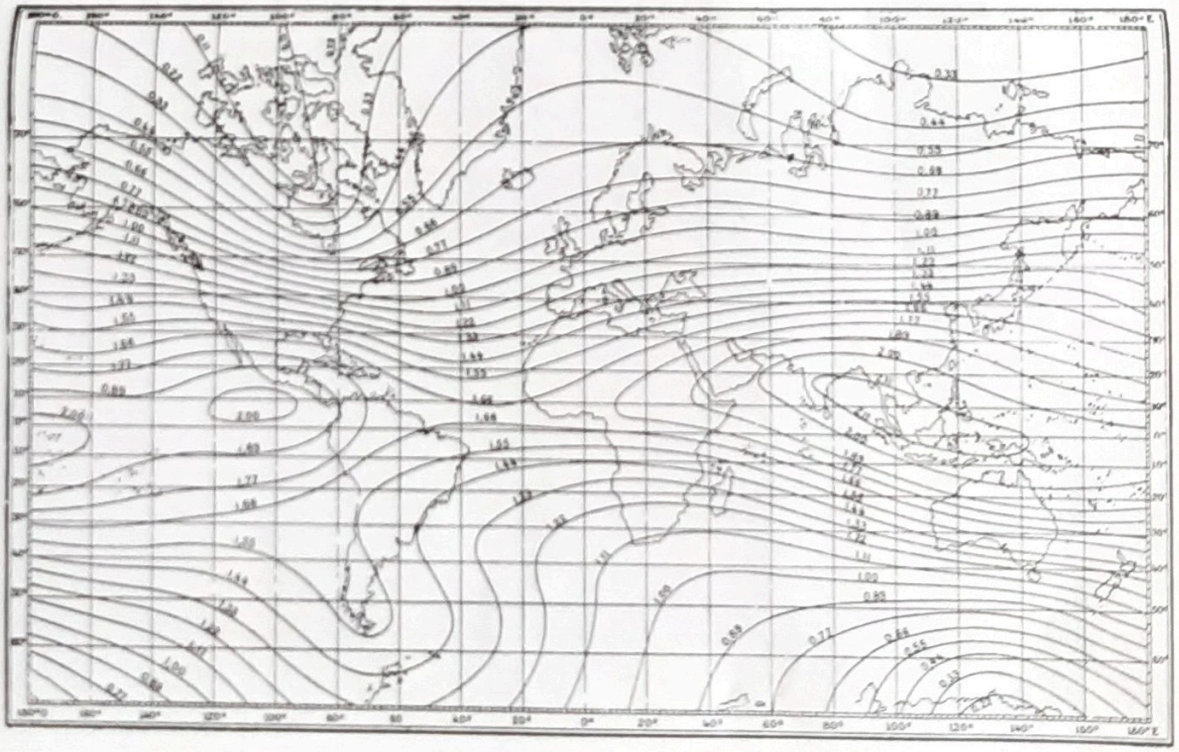
Auf einer Karte werden die Orte mit identischer Deklination als «Isogonische Linien» bezeichnet; Linien mit identischen Komponenten werden «isoklinische Linien» genannt (siehe Illustration).

Ein bisschen Geologie

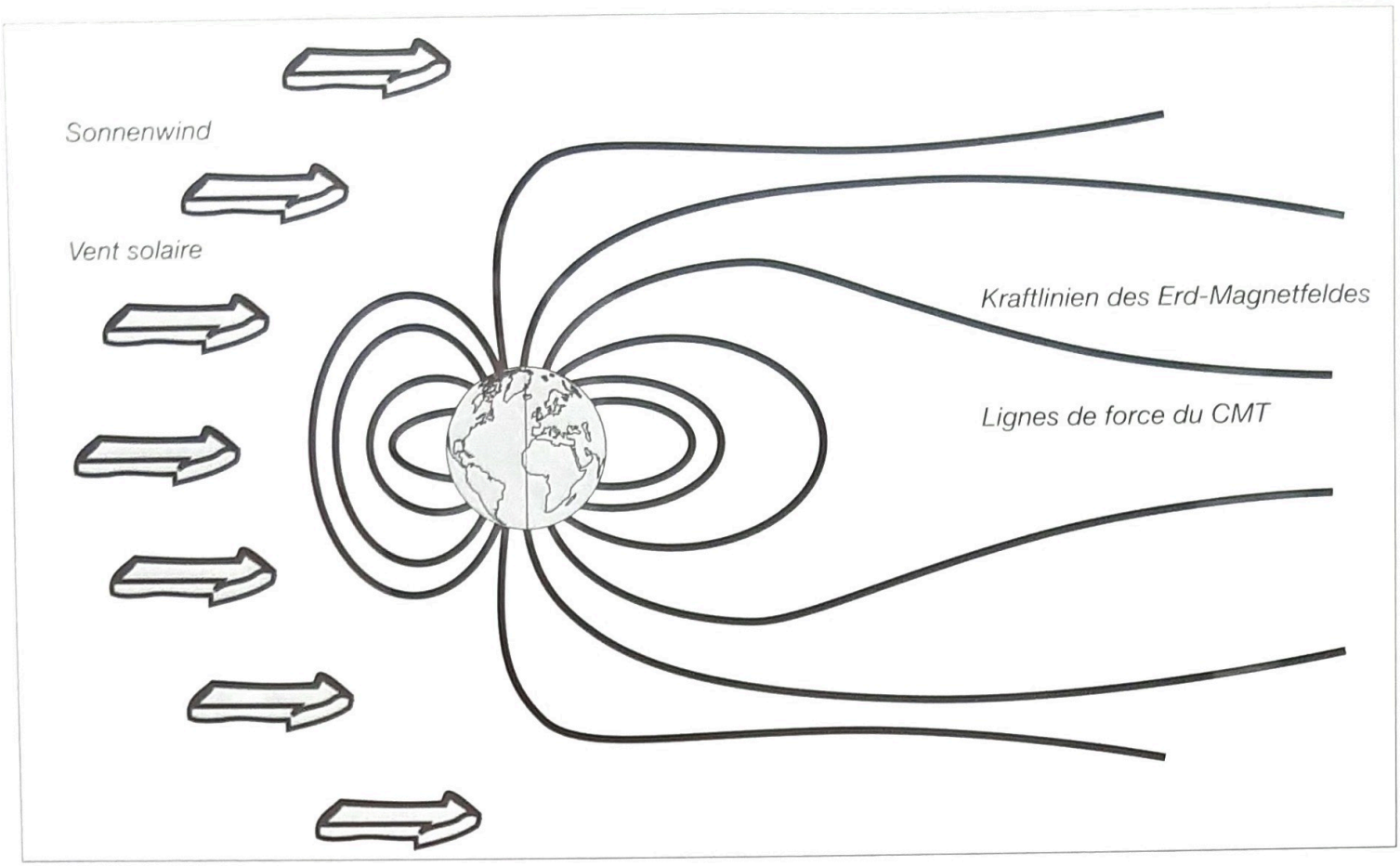
Weil der Radius der Erde rund 6373 Kilometer beträgt, wird ihre Oberfläche mit 510 000 000 km^2 berechnet; 362 000 000 km^2 sind den Seefahrern vorbehalten, die es trotz der immensen Weite der Gewässer noch immer schaffen, Zusammenstösse zu produzieren…

Die durchschnittliche Dichte der Erde beläuft sich auf 5,5. Das ist ein beinahe doppelt so hoher Wert wie derjenige für die Dichte des Felses in der Erdkruste.

Ein rotierender Körper – wie das die Erde ja ist – hat eine sogenanntes Trägheitsmoment, abhängig von der Verteilung der Masse um die Rotationsachse. Je mehr die Masse um diese Achse konzentriert ist, desto geringer ist das Trägheitsmoment – wie bei einem Schwungrad. Es lässt sich nun berechnen, dass die Erde ein Trägheitsmoment von 0,4 MR2 hätte, wäre ihre Masse absolut homogen verteilt. In Tat und Wahrheit hat sie jedoch ein Trägheitsmoment von 0,33 MR2, was nichts anderes bedeutet, als dass im Zentrum der Erde mehr Masse konzentriert ist als an der Peripherie. Erstmals be-



Carte du globe avec lignes isocliniques *Erdkarte mit isoklinischen Linien*



So beeinflusst der Sonnenwind das irdische Magnetfeld.

Influence du vent solaire sur le champ magnétique de la Terre. (Graphics: TopX)

schrieb ein gewisser Emil Wiechert vor gut hundert Jahren das Modell einer Erde mit einem dichteren Kern. Später entdeckte einer seiner Schüler, Beno Gutenberg, in einer Tiefe von 2900 Kilometern eine Art Übergang in der Dichte der Masse, eine Unregelmässigkeit. Es handelt sich dabei in der Tat um die Grenze zwischen dem Kern und dem Mantel der Erde.

1936 gelang es dem Seismologen Lehmann nachzuweisen, dass sich ganz innen ein weiterer, noch kompakterer Kern mit einem Radius von 1200 Kilometern befinden müsse, was etwa 4% des Volumens des grösseren Kerns ausmacht. Dieser Körper besteht vorwiegend aus Eisen, welches von einem Druck von 3,3 Mbar komprimiert wird und eine Dichte von 10 g/cm^3 hat. Weitere Elemente sind Nickel (5%), Silizium (7%), Sauerstoff (7%) und Schwefel (2%).

Die Erde hat ein Alter von rund 4,55 Milliarden Jahren; die aus heutiger Sicht relevanten Konstellationen bildeten sich in den letzten 2 Milliarden Jahren.

Ein gigantischer Dynamo

In der Übergangszone vom flüssigen Erdkern zum festen Erdmantel bestehen komplexe Verhältnisse in Bezug auf den Fluss der elektrischen Ströme. Der Erdkern ist rund 1000 Mal besser leitend als der Mantel. Das flüssige Material sorgt für eine ständige Veränderung der Bedingungen. Die Rotation der Erde und die dadurch verursachte Corioliskraft spielen ebenfalls mit; in der stark leitenden Masse entstehen Induktionsströme als Auslöser von elektromagnetischen Phänomenen. Das Ganze funktionert ungefähr wie ein riesiger, einpoliger Dynamo. Weil die Verteilung der elektrischen Ladung unregelmässig ist, muss das auch für das Magnetfeld gelten. Die Dauer der schnellsten Veränderungen werden in Grössenordnungen von 10 bis 100 Jahren angegeben.

In einem sehr interessanten Artikel zeigte Gaston Fischer vom Observatorium Neuenburg, dass neben den hausgemachten Einflüssen auch der Sonnenwind einen komprimierenden Einfluss auf das Magnetfeld der Erde nimmt, und zwar täglich. Der Autor vertritt die Meinung, dass das durch die Rotation der Erde bewirkte Magnetfeld der Erde selber Energie entziehe. Es kann denn auch festgestellt werden, dass sich die Erde langsamer und langsamer dreht: vor 6 Millionen Jahren dauerte ein Tag gerade 21 Stunden. In 20 Jahren reduziert sich die Rotationsdauer der Erde um den millionsten Teil einer Sekunde.

Man kann sich fragen, wie weit die Veränderungen des terrestrischen Magnetfeldes gehen können. Diese Frage hat verschiedene Physiker beschäftigt, insbesondere die Franzosen Brunhes und David, den Schweizer Mercanton und den Japaner Matuyama. Es wird allgemein angenommen, dass sich die Orientierung des Magnetfeldes in den letzten 700 000 Jahren nicht verändert hat, der magnetische Nordpol also immer in der Nähe des geografischen Nordpols gelegen hat. Man bezeichnet dies als die Periode von Brunhes.

Vorher, das zeigen geologische Untersuchungen, lagen die magnetischen Pole umgekehrt, die Kompassnadel zeigte also nach Süden, und zwar wahrscheinlich während etwa 1,8 Mio Jahren, genannt die Matuyama-Periode. Die genaue Ursache dieses Phänomens wird heute noch immer nicht genau verstanden. Eine der Theorien besagt, dass das Magnetfeld der Erde periodisch seine Richtung ändere. Der Vulkanismus der Erde weise im gleichen Rhythmus am Ende einer solchen Periode besonders aktive Phasen auf. Es gäbe alle 150 Mio Jahre eine Phase von einigen zehn Mio Jahren, in denen das Magnetfeld seine Richtung beibehalte.

Wie auch immer: es bleibt in jedem Fall noch etwas Zeit, um die Route zur persönlichen Trauminsel auszurechnen und die Wegpunkte im GPS einzugeben...

P.-A. Reymond

Quellen: J.-P. Poirier, G. Fischer, Y. Gallet.