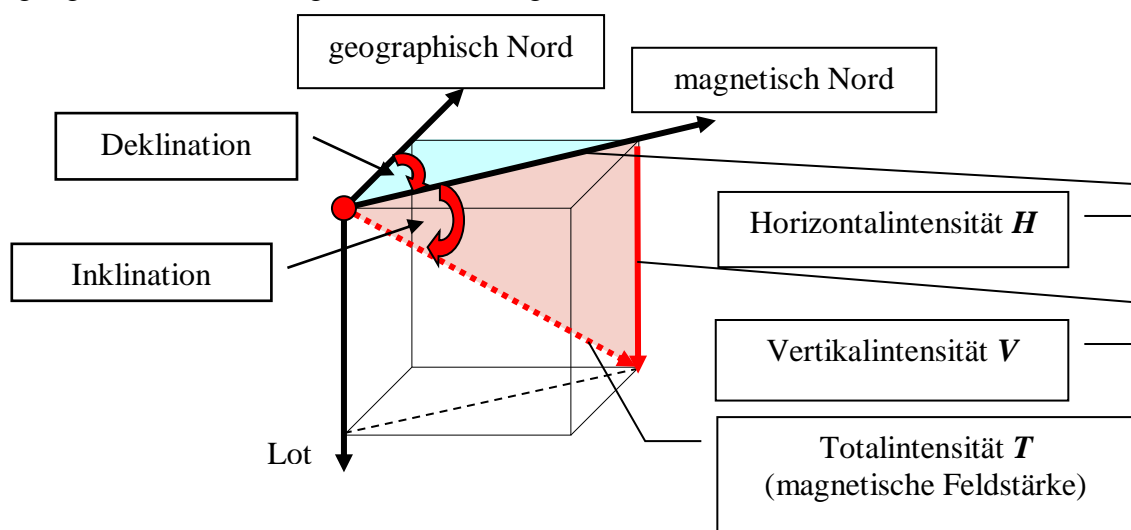


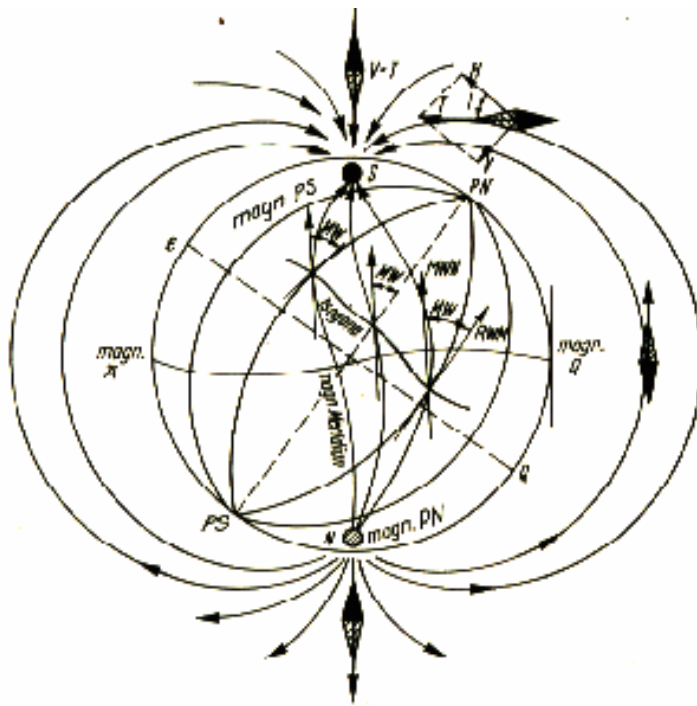
Der Erdmagnetismus

Der Erdmagnetismus ist ein die gesamte Erde umgebende Energiefeld, das mit unseren menschlichen Sinnen nicht direkt erfasst werden kann. Es ist für das Leben auf der Erde so notwendig, wie der Sauerstoff. Denn es ist ein Schutzschild gegen den ständig auf die Erde einfallenden Sonnenwind. Würde es dieses Schutzschild nicht geben, so könnte kein Leben auf unseren Planeten erhalten bleiben. Die energetischen Teilchen, im wesentlichen Protonen und Elektronen, des Sonnenwindes treffen mit einer Geschwindigkeit von 400 Meter pro Sekunde auf die Erde ein und zerstören organische Zellen. Ursprung dieses Sonnenwindes sind die kühleren Gasregionen der Sonnenkorona (koronalen Löcher) der ansonsten 1 Million Grad heißen Sonnenatmosphäre. Der frontal auf die Erde auftreffende Teilchenwind verformt das magnetische Energiefeld derart, dass sich auf der Nachseite der Erde ein langer Magnetschweif bildet. Dieses Schweifende zieht sich dabei einige Millionen Kilometer ins All hinaus. In Richtung zur Sonne hat die Magnetosphäre dagegen nur eine Stärke von ca. 60 000 km, so dass die Magnetosphäre die Gestalt eines Tropfens annimmt, der sich sehr dynamisch dem Druck des Sonnenwindes anpasst und die Erde umschließt. Die Magnetosphäre lenkt also den Sonnenwind um die Erde herum ab. Ein sehr geringer Teil von einigen Millionen Tonnen dringt aber doch durch das Schutzschild der Magnetosphäre hindurch und erreicht in unregelmäßigen Stößen die Erde.

Wenn jenseits des südlichen bzw. nördlichen Polarkreises die Nacht für ein halbes Jahr eingeleuchtet ist, beginnt das Zauberspiel der Polarlichter. Im nördlichen Polbereich als „*Aurora Borealis*“ und südlichen Polbereich als „*Aurora Australis*“ bezeichnet, erstrahlen sie in meist grünen (50 bis 200 km Höhe), aber auch (oberhalb 200 km) in blauen, weißen und roten Farben. Als 1901 der norwegische Physiker *Kristian Olaf Birkeland* die Entstehung des Polarlichtes im Labor experimentell nachwies, war ein langes Rätsel der Menschheit endlich wissenschaftlich gelöst. Es ist ein Wechselspiel zwischen der Magnetosphäre und in dieses Magnetfeld eindringender Sonnenwindteilchen. Schon im alten China (um 120 v. u. Z.), aber auch im griechischen und römischen Altertum (um 100 v.u.Z.) kannte man die Wirkung des Eisens am Magnetstein. Wahrscheinlich ist dass, der Name *Magnet* sich auf die kleinasiatische Stadt *Magnesia* bezieht, in der Erz (Magnetit, Fe_2O_4) gefunden wurde. Nun ist es der Entdeckung der magnetischen Richtkraft zu verdanken, wenn bald einfache Richtungsweiser in die Seefahrt überkamen und die Anwendung dieser Richtungsweiser durch die arabische Seefahrt (um 1200 n.u.Z.) über das Mittelmeer in das mittelalterliche Europa gelangte. Erste Untersuchungen des Magnetismus wurden um 1200 durch *P. de Maricourt* und um 1600 durch *W. Gilbert* vorgenommen, bei der Magnete zur Richtungsbestimmung zur Anwendung kamen. Etwa 98% der gesamten magnetischen Feldenergie entsteht im Erdinnern, während etwa 2% dieser Feldenergie in der Ionosphäre in 100 bis 1000 km Höhe entsteht, in dem Bereich also in dem auch die Polarlichter vorkommen. Da das flüssige Erdinnere in einer Tiefe von 2900 bis 5100 km schneller rotiert, als die

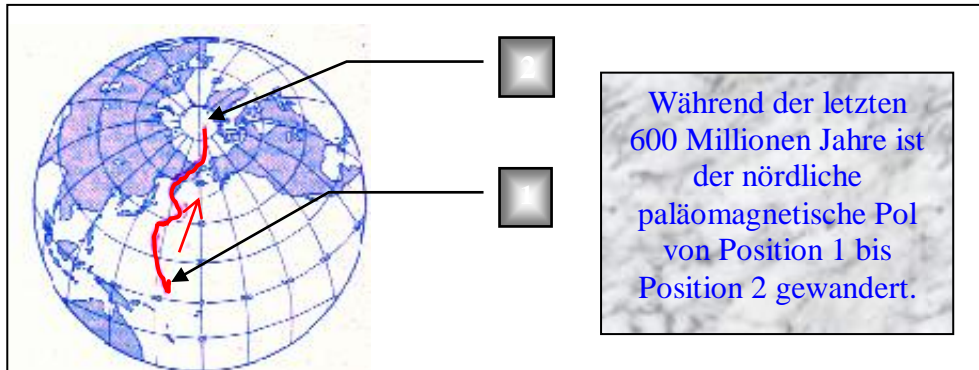
äußeren festen Erdschichten, entsteht ein Wärmeaustausch durch Reibung. Dieser Wärmetransport und die Rotation der Erde um ihre Achse bewirken nach der Dynamotheorie das Entstehen von ionisierter Materie mit einer radialen Strömungsrichtung am äußeren Rand des flüssigen Erdkerns. Die Ursache der Entstehung von Magnetfeldern sind somit elektrische Ströme. Die Bewegungen der elektrischen Ladungen führt so zur Bildung von Magnetfeldern. Die Bewegung von elektrischen Ladungen ist in der Ionosphäre besonders groß und führt zu relativ schnellen Veränderungen der Magnetfelder (Variationen). Der magnetische Wirkung (Ferro-Magnetismus) wird erkennbar, wenn die Metalle Fe, Ni Co oder auch Verbindungen dieser Metalle andere Körper, die auch aus diesen eben genannten Metallen oder Metallverbindungen bestehen, in die gegenseitige Nähe gebracht, sich gegenseitig anziehen. Diese magnetische Anziehungskraft wirkt durch nichtmagnetische Stoffe hindurch, kann aber auch durch magnetische Stoffe abgeschirmt werden. Ein Magnet kennzeichnet durch zwei Gebiete stärkster Anziehungskraft, Pole genannt. Aufgrund der Wirkung der Anziehungskräfte stellt sich ein Stabmagnet in magnetische Nord - Südrichtung der Erde ein. Wird nichtmagnetisches Eisen von einem Magneten angezogen, so spricht man von magnetischer Influenz. Das nichtmagnetische Eisenstück wird dabei selbst zum Magneten. Magnete besitzen nur Dipole niemals Einzelpole. Bricht man einen Magneten auseinander, so entstehen in den jeweiligen Teilen ebenfalls Dipole (Nord- und Südpol). Diese Gesetz führt zur Vorstellung eines Elementarmagneten, wobei ein Magnet viele kleine Dipole besitzt. Tritt bei einem Magneten nach außen kein Magnetismus auf, befinden sich die Dipole in einer ungeordneten Struktur, wobei sich die viele kleinen Anziehungskomponenten gegenseitig aufheben. Werde diese Dipole jedoch durch Influenz geordnet, so tritt die Anziehungskraft nach außen, weil die Feldlinienstruktur in den Enden des Magneten als Süd- bzw. Nordpol konzentriert. Die magnetischen Feldlinien verlaufen außerhalb eines freien und gleichmäßig in Dichte und Form gestalteten Magneten parallel zueinander vom Nord- zum Südpol, wobei die magnetische Anziehungskraft tangential zu den Feldlinien wirkt. Soll ein Magnet entmagnetisiert werden, so muss die geordnete Struktur der Feldlinien in eine ungeordnete Struktur zurückgeführt werden. Der Einfluss großer Hitze (Ausglühen) veranlasst diese Bewegung der Elementarmagnete in einen ungeordneten Zustand.





Die Oberfläche der Erde weist in den verschiedenen Gebieten eine verschiedenartige Zusammensetzung auf. Dies wirkt sich auf die zum Teil recht unterschiedliche Magnetisierung der oberen Erdkruste aus. Die Magnetosphäre ist somit das erdmagnetische Außenfeld des gesamten Magnetismus der Erde. Die erdmagnetischen Variationen lassen sich in regelmäßig periodische, säkulare und unregelmäßig periodische Variationen unterscheiden. Am häufigsten sind die regelmäßig periodischen Variationen, die in

den täglichen und jährlichen Schwankungen ihren Ausdruck finden. Die täglichen Schwankungen hängen entscheidend vom Sonnenwind ab, der an Tag stärker auf die sonnenzugewandte Seite der Erde einströmt, als bei Nacht auf der sonnenabgewandten Seite. Geographisch nimmt die Stärke des Magnetfeldes der Erde vom geographischen Äquator zu den Erdpolen hin zu. Auch zeigen die jährliche periodischen Schwankungen in den Gebieten, in denen Sommer herrscht, einen größeren Wert, als während der Winterzeit in den gleichen Gebieten. Dies hängt augenscheinlich mit der Neigung der Erdachse gegenüber der Ekliptik zusammen, weil der Sonnenwind aus der gleichen Richtung einfällt, wie auch das Sonnenlicht. Die Säkularvariationen verlaufen dagegen innerhalb einiger Jahre fast linear. Werden jedoch größere Zeitspannen betrachtet, so ist feststellbar, dass beträchtliche Schwankungen der erdmagnetischen Elemente auftreten, die ihre Auswirkungen in den Verlagerungen der magnetischen Pole haben.



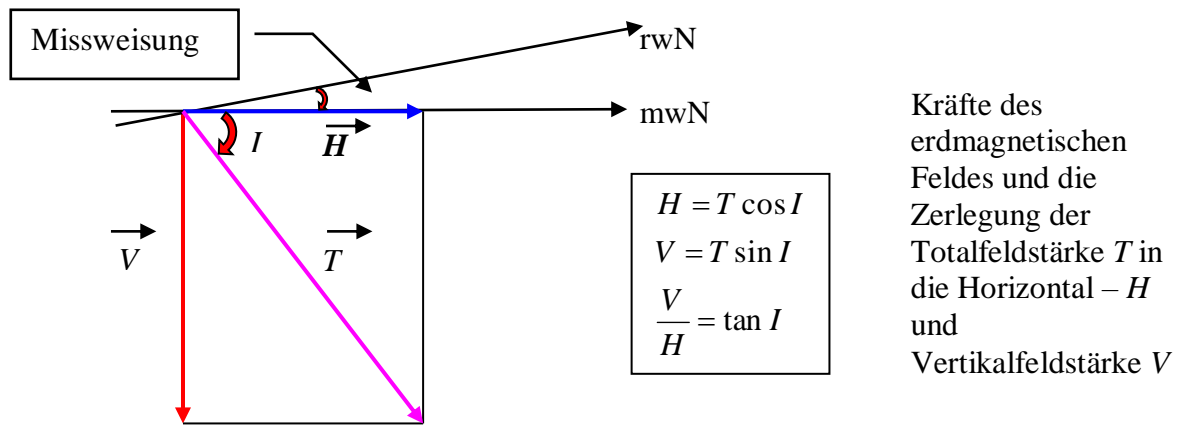
Die regelmäßig periodischen Schwankungen erreichen nie Werte größer, als $0,2^\circ$. Unregelmäßige Variationen, die wegen der verschiedenen Sonnenwindstärken auftreten, werden als magnetische Gewitter oder magnetische Stürme bezeichnet. Sie zeigen Werte, die kurzzeitig auch Deklinationswerte von 3° überschreiten können. Durch die verschiedenen zeitlichen und räumlichen Variationen des Magnetfeldes muss das erdmagnetische Feld zu einem Zeitpunkt und für jeden geographischen Ort sehr differenziert betrachtet werden. Die auf der Welt vorhandenen magnetischen Observatorien (Deutschland: Fürstfeldbruck, Niemegk bei Potsdam und das zwischen Stade und Wilhelmshaven gelegene Wings) führen nun mit hochpräzisen Messinstrumenten die verschiedensten Messungen der magnetischen Kenngrößen aus. Neben den durch die Rotation der Erde hervorgerufenen Tagschwankungen bzw. den durch Sonnenwindeinfluss ausgelösten nichtperiodischen Schwankungen wird auch die langfristige Änderung, die aufgrund der westlichen Drift des globalen Magnetfeldes eintritt, ständig gemessen und analysiert. In London hat beispielsweise der Deklinationswert von 24° West im Jahr 1820 auf 8° West im Jahr 1956 abgenommen. Insgesamt bleibt festzustellen, dass derzeit die Deklinationswerte (Missweisungen) in Europa gegen Null gehen. Für Kiel (deutsche Ostseeküste) beträgt z. B. die Missweisung im Jahre 2000 in 0° , während sie 1990 noch einen Wert von $0^\circ 12'$ West aufwies. Extrapoliert man z. B. für Paris die stetige Abnahme der magnetische Missweisung für letzten ca. 100 Jahre, so zeigt folgende Tabelle den Verlauf auf. Die Missweisung hat somit in einem Jahrhundert um ca. 12° abgenommen.

Jahr	Mw
1875	$-17,5^\circ$
1900	$-15,0^\circ$
1925	$-11,0^\circ$
1950	$-7,0^\circ$
1975	$-5,5^\circ$
2000	$-2,0^\circ$

Der arktische Magnetpol wandert gegenwärtig um rund 7,5 km nach Norden.

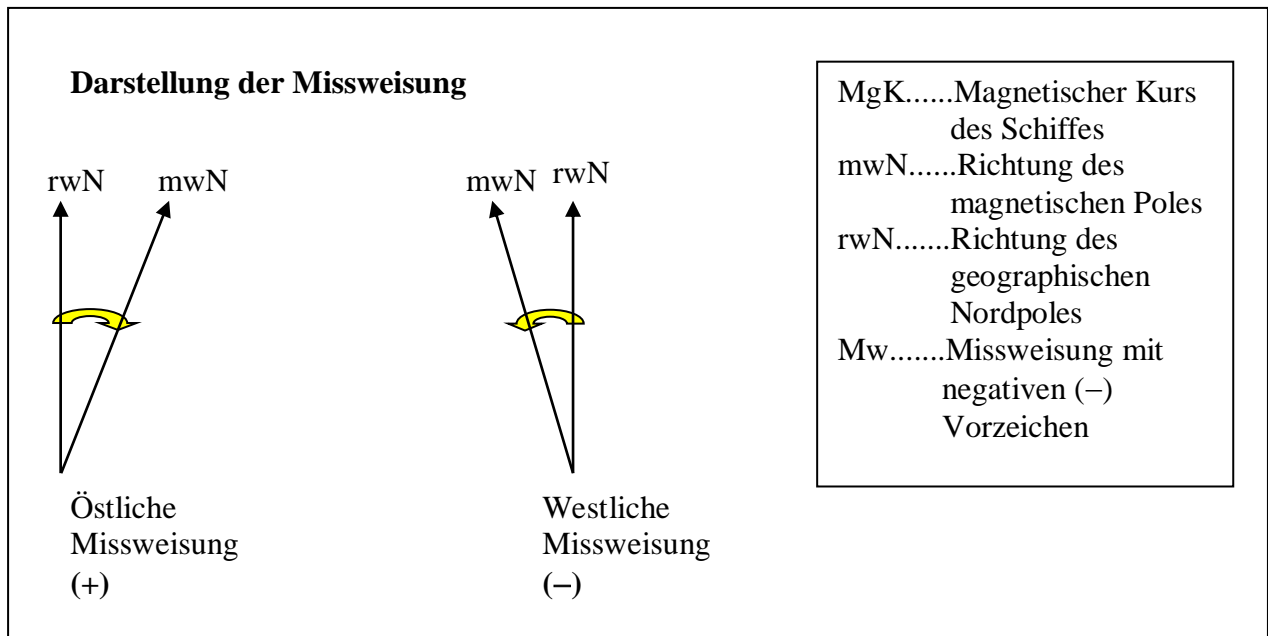
1831 hat der britische Naturforscher *J. C. Ross* die Position des arktischen magnetischen Hauptpols auf der Position $\varphi = 70^\circ 15' N$; $\lambda = 96^\circ 45' W$ verlässlich festgestellt. 1964 wurde durch kanadische Forscher erneut die Position des Magnetpols vermessen. Die ermittelten Koordinaten $\varphi = 75^\circ 30' N$; $\lambda = 100^\circ 30' W$ bestätigten die stete Westdrift des Pols.

Das erdmagnetische Feld ist eine Vektorgröße, die in drei Komponenten zerlegt werden kann.. Die Vektorbeträge der Totalfeldstärke bestimmen die Vertikal- und Horizontalfeldstärken eines magnetischen Punktes auf der Erdoberfläche.



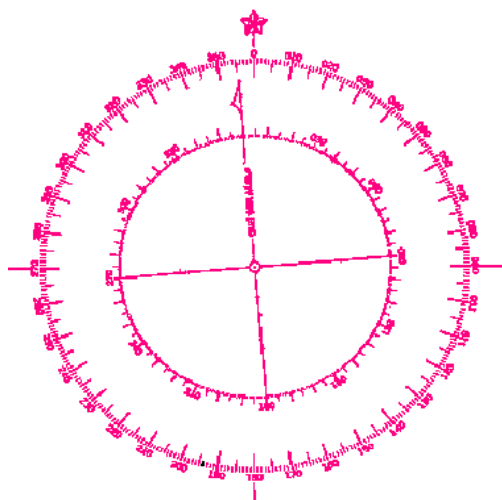
Die Linien gleicher Horizontalfeldstärke werden als Isodynamen bezeichnet. Zwischen dem Vektoren der Horizontalintensität und der Totalintensität bildet sich der Winkel der Inklination (lat. Neigung) am Beobachtungsort. Die Verbindungslinie gleicher Inklinationsmesswerte werden als Isoklinen bezeichnet. Die Deklination (lat. Abweichung) bestimmt sich durch die Richtungen zwischen magnetisch Nord (MgN) und geographisch Nord oder rechtweisend Nord (rwN) und hat ihre Ursache aufgrund der verschiedenen Lage der magnetischen Pole gegenüber den geographischen Polen der Erde. Da auf Stahlschiffen ein Schiffsmagnetismus vorhanden ist, der ebenfalls mit dem Begriff Deklination (δ) bezeichnet ist, wurde für die Abweichung der magnetischen Kompassnadel von der geographischen Polrichtung die Bezeichnung Missweisung oder Ortsmissweisung in der Navigation eingeführt. Durch die Zerlegung der Totalfeldstärken gelingt somit die differenzierte Betrachtung von geographischen Beobachtungsorten. Im Jahr 1965 lag der magnetische Südpol auf der geographischen Position $\varphi = 75,3^\circ \text{ N}$; $\lambda = 100,8^\circ \text{ W}$ (Kanada, Südspitze der Bathurst - Insel) und der magnetische Nordpol auf der geographischen Position $\varphi = 68,2^\circ \text{ S}$; $\lambda = 145,4^\circ \text{ E}$ (Antarktis, Prince - of - Wales - Land). Eine in ihrem Schwerpunkt aufgehängte Magnetnadel stellt sich an den magnetischen Polen senkrecht zur Erdoberfläche ein. An anderen Orten bildet sie gegenüber der Erdoberfläche einen Inklinationwinkel. An geographischen Orten, an denen die Magnetnadel eine waagerechte Stellung zeigt ist der Inklinationwinkel Null. Die Verbindung genau dieser Orte liefert den magnetischen Äquator oder die Null – Isokline. Die Meridianebene an einem Ort, die den Vektor der Totalfeldstärke enthält, wird dagegen als Ebene eines magnetischen Meridians bezeichnet und bestimmt sich aus der Richtung und der Größe des vertikal zur Erdoberfläche stehenden Inklinationswinkels heraus. Gleiche Inklinationswerte beschreiben den Verlauf der Isoklinen. Als Isodynamen werden jene Linie bezeichnet, die Werte gleicher Horizontalfeldstärke aufzeigen. Für die Navigation ist der Deklinationwert, d. h. die Abweichung (Missweisung) einer an einem eisenfreien Ort aufgestellten Kompassnadel von rechtweisend Nord von entscheidender

Bedeutung. Dieser Winkelwert kann als magnetische Abweichung vom geographischen Koordinatensystems der Erde aufgefasst werden und erhält ein positives Vorzeichen, wenn missweisend Nord (mwN) östlich von rechtweisend Nord (rwN) liegt. Liegt mwN westlich von rwN, wird dieser Wert mit einem negativen Vorzeichen versehen.



Die Linien gleicher Missweisungen werden als Isogonen bezeichnet. In Tafel 5 sind die Linien gleicher Ortsmissweisung dargestellt. In den Seekarten werden die Orte der verschiedenen Missweisungen mit der Vorhersage ihrer jährlichen Änderung angegeben.

0° 51' E 2005 (8'E)



Darstellung der Missweisung in den Seekarten

Links: Kompassrose mit missweisender Nordrichtung für das betreffende Gebiet in der Seekarte

Rechts oben: Aufdruck der Missweisung auf der vermessenden Position in der Seekarte

Gebiete unsicherer Missweisung treten auf, wenn das erdmagnetische Feld gestört ist. Sprunghafte Störungen können durch Eisenerzvorkommen, vulkanischer Tätigkeit u. a. verursacht werden.