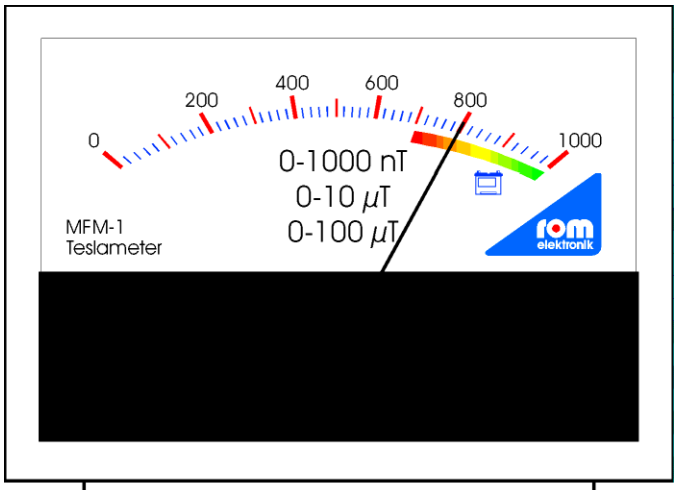
Anleitung MFM-1

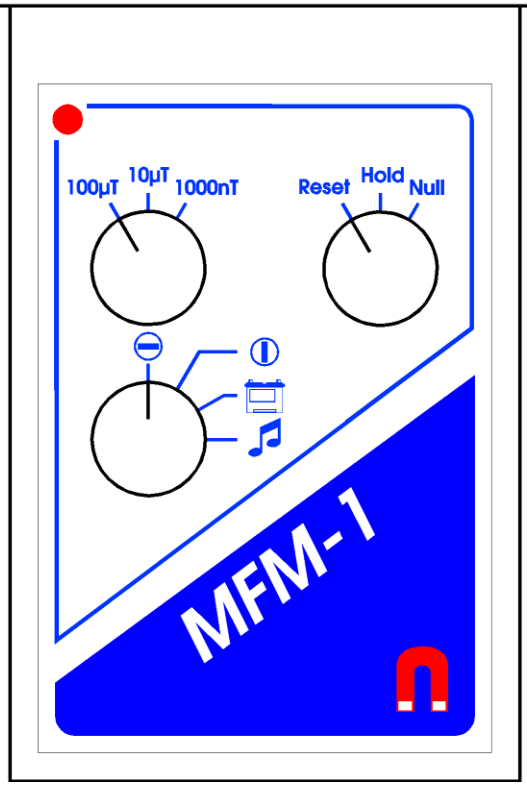
Mit dem Erscheinen des Buches “De Magnete“ von William Gilbert begann um 1600 die wissenschaftliche Untersuchung des Erdmagnetismus.
Das Magnetfeld fehlt im natürlichen Erfahrungsschatz des Menschen. Er besitzt weder Sinnesorgan, mit dem er Magnetfelder wahrnehmen kann, noch beeinflußt das ihn umgebende Erdmagnetfeld irgendwelche Vorgänge in seiner Erlebniswelt in ähnlich auffälliger Weise, wie es z. B. das elektrische Feld während eines Gewitters tut. Die grundlegenden Erfahrungen stammen alle von Beobachtungen her, die wir mit Hilfe von eigens angefertigten Instrumenten (Kompaß, Magnetometer) erlangt haben.

Das ROM-Elektronik Magnetometer MFM-1 wurde primär entwickelt, um Anomalien des Erdmagnetfeldes zu erfassen. Besonderes Augenmerk wurde auf die analoge Meßwertdarstellung mittels Zeigerinstrument gelegt. Es wurde bewußt auf eine digitale Anzeige verzichtet. Digitale Anzeigen sind oftmals schwer abzulesen, besonders bei nicht konstanten Meßwerten und gaukeln eine Meßgenauigkeit vor, die nicht immer vorhanden ist.
In der angewandten Geomagnetik haben Magnetometer zur Messung der Intensität (des Betrages) des Gesamtfeldes ***F*** (Totalintensität) die weiteste Verbreitung gefunden. Bestimmt wird das Anomalienfeld

$$\Delta F = F - F_0.$$

ΔF ist in guter Näherung die Projektion von ΔF auf F_0
Das magnetische Anomalienfeld hat seine Ursachen in lokalen und regionalen Unterschieden der Magnetisierung der Gesteine und anderer wirksamer Materialien.





1. Das Magnetfeld

Die Einheit für die Magnetfeldstärke **H** ist A/m (Ampere pro Meter)! Nach Einführung des SI-Einheitensystems und im täglichen Gebrauch hat sich die Angabe der Messwerte in der magnetischen Flußdichte **B** in “Tesla“ (T) durchgesetzt. Die magnetische Flußdichte leitet sich aus der magnetischen Feldstärke und der Permeabilität des Mediums (z. B. Luft, Vakuum, Eisen) her: $\mathbf{B} \approx \mu_0 \mathbf{H}$
In der Praxis werden Flußdichten von einigen Tesla nur in der Umgebung von Elektromagneten (Computer Tomograph, Kranmagnete, etc.) erreicht. Das Erdmagnetfeld beispielsweise hat eine magnetische Flußdichte von 40 - 60 Mikrotesla (abgek. µT), je nach geografischem Ort auf der Erdkugel.
In der Baubiologie gelten Abweichungen von 2 µT (=2000 Nanotesla, nT) als gerade noch akzeptable Anomalien.

ROM-Elektronik GmbH
Grasiger Weg 12
86488 Nattenhausen
Tel.: +49 (0) 8282-7385 Fax:+49 (0) 8282-7305
www.rom-elektronik.com

2. Vorbereitungen

Das MFM-1 benötigt eine handelsübliche 9 Volt Batterie zur Energieversorgung. Das Batteriefach befindet sich auf der Rückseite. Vergewissern Sie sich, daß sich eine frische 9 Volt-Batterie im Batteriefach befindet und die Batterieclipse korrekt sitzen.

Den Sensor verbinden Sie mit der dafür vorgesehene Buchse an der Frontseite. Der Stecker hat einen Renkverschluß, der versehentliches lösen des Steckers verhindert.
Das MFM-1 wird über die drei Bedienknöpfe bedient. Es gibt je einen Knopf für den Meßbereich, die Art der Messung (absolut oder relativ) und einen Knopf zum Einschalten.

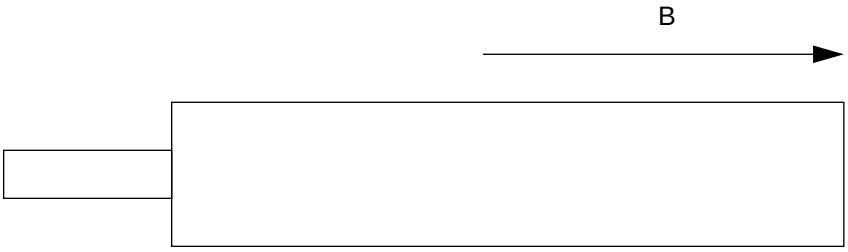
Bedeutung der Symbole

Symbol	Bedeutung
	Aus
	Ein
	Batteriekontrolle
	Ton wird zugeschaltet, Tonhöhe ändert sich mit dem Meßwert

Die Funktionen des Einschaltknopfes sind weitgehend selbsterklärend. Schalten Sie das MFM-1 ein, indem, Sie den Knopf in die entsprechende Position drehen.
Ist der Meßbereich “100 µT“ gewählt, so sollte jetzt der Zeiger im Instrument zwischen “300“ und “500“ stehen. Dies entspricht ca. 30 µT bis 50 µT. Sie müssen sich bei den angezeigten Zahlen ein Komma vor der letzten Null denken.

3. Sensor

Als Sensor wird ein eindimensionaler hochauflösender Fluxgate-Sensor verwendet. Der Meßwertwandler im Sensor hat die Aufgabe, das magnetische Feld in eine elektrische Größe (z. B. el. Spannung) zu wandeln.
Der Sensor ist nur empfindlich für magnetische Felder in Richtung der Längsachse.



Üblicherweise wird der Sensor bei Bodenmessungen wie ein Lot am Kabel gehalten. Achten Sie darauf, daß sich während der Messung der Sensor nicht bewegt. Bewegungen des Sensors werden Sie als Meßwertschwankungen registrieren.

4. Meßbereiche

Mit dem Knopf für die Meßbereiche wählen Sie den für Sie richtigen aus. Es stehen drei Bereiche zur Verfügung: 0-100 µT, 0-10 µT und 0-1 µT (bzw. 0-1000 nT). Empfohlen wird, immer vom größten Meßbereich in den nächst kleineren zu schalten um eine mögliche Beschädigung des Sensors bzw. Instrumentes auszuschließen.
Die Skala des Instrumentes reicht von 0 bis 1000! Diese stimmt dann für den kleinsten Meßbereich 0-1000 nT. Bei den anderen Meßbereichen müssen Sie sich immer ein Komma vor der letzten Ziffer bzw. zwei Ziffern denken, damit Ihre Ablesung stimmt.

Beispiel:

Meßbereich	abgelesener Skalenwert	Meßwert
100 µT	440	44 µT
10 µT	820	8,20 µT
1000 nT	260	260 nT

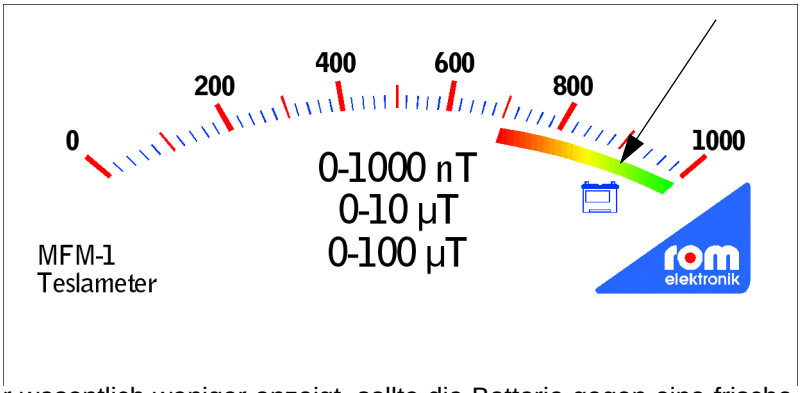
5. Meßart

Mit dem Knopf für die Meßarten kann zwischen absoluter und relativer Messung gewählt werden. Für die Absolutmessung muß der Knopf in der Stellung “Reset“ stehen.

Relativmessungen sind sinnvoll, wenn man nur die Abweichungen des Magnetfeldes messen möchte. Hierzu wird zuerst der gewünschte Meßbereich gewählt. In den Meßbereichen 10 µT und 1000 nT wird der Zeiger am rechten Anschlag des Instrumentes sein.
Jetzt wird der Meßartenschalter in die Stellung “Null“ gebracht. Der Zeiger des Instrumentes sollte auf den Wert 0 zurückkehren. Wenn sich der Zeiger und der Sensor beruhigt hat, schaltet man in die Stellung “Hold“. Nun werden nur die Abweichungen des Magnetfeldes gemessen.
Diese “Nullung“ ist ggf. öfters zu wiederholen, da es mit der Zeit zu unvermeidlichen Drifterscheinungen kommen kann. Diese führen dazu, daß der Zeiger mit der Zeit eine von Null abweichende Position einnimmt, obwohl der Sensor nicht bewegt wird.

6. Batteriekontrolle

Ab und zu sollte der Zustand der Batterie kontrolliert werden. Ist zuwenig Energie in der Batterie vorhanden, können größere Meßfehler die Folge sein. Zur Batteriekontrolle schaltet man den Einschaltknopf in die Stellung “Batterie“. Der Zeiger des Meßinstrumentes sollte zwischen 800 bis 1000 anzeigen (entsprechend 80% bis 100%, gelb-grüner Bereich).



Falls der Zeiger wesentlich weniger anzeigt, sollte die Batterie gegen eine frische getauscht werden.

ROM-Elektronik GmbH
Grasiger Weg 12
86488 Nattenhausen
Tel.: +49 (0) 8282-7385 Fax:+49 (0) 8282-7305
www.rom-elektronik.com

7. Baubiologische Empfehlungen

Nach dem Standard der baubiologischen Meßtechnik (SBM 2000) nach Wolfgang Maes gelten folgende Empfehlungen:

	keine Anomalie	schwache Anomalie	starke Anomalie	extreme Anomalie
Flußdichteabweichung in µT	**<1**	**1-2**	**2-10**	**>10**

8. Meßtipps

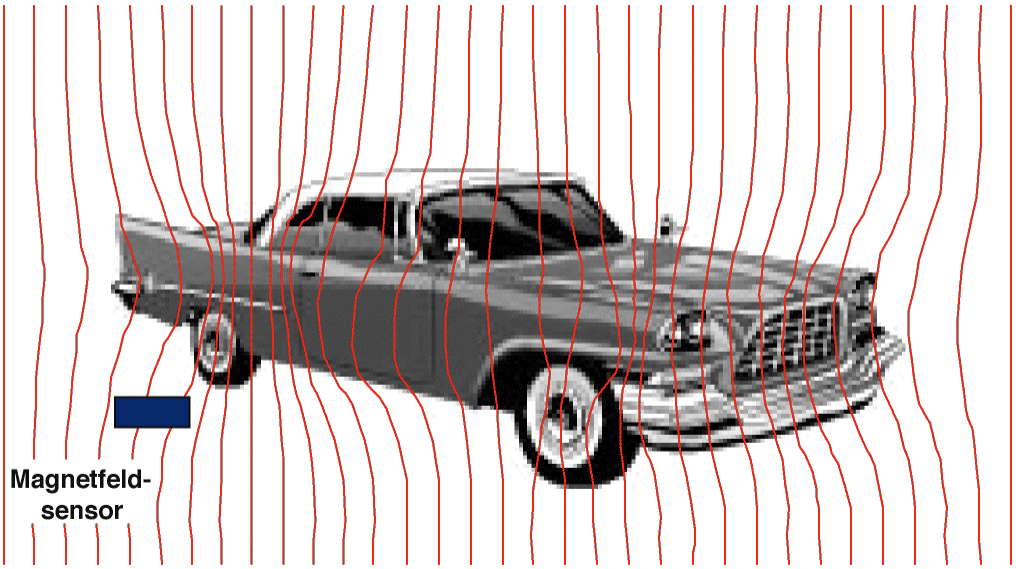
Für die optimale Anlage und Durchführung der Feldarbeiten ist eine genaue Festlegung der oder des Erkundungsziele(s) notwendige Voraussetzung.
Von Bedeutung sind auch Vorkenntnisse und die Geländesituation (Zugänglichkeit, Festpunkte, Störquellen). Danach werden die Parameter für die Feldarbeiten gewählt:

Anlage des Meßpunktnetzes

- Lage und Größe des Untersuchungsgebietes
- Profilabstand
- Meßpunktabstand
- Orientierung der Profile
- Berücksichtigung von Leitungsplänen (Wasser, Gas, Strom, Post,...)
- Auswahl eines ungestörten Basispunktes und ggf. weitere Bezugs- und Kontrollpunkte
- Mindestzahl der Wiederholungspunkte
- Festlegung des Meßablaufs

Besonderes Augenmerk ist auf die Haltung des Sensors zu legen. Der Sensor reagiert schon auf kleinste Positionsveränderungen. Um vor allem reproduzierbare Messungen zu machen, ist eine ruhige Sensorposition unerläßlich. Beim Ausmessen von größeren Flächen, ist der Sensor **immer** in der selben Position zu halten. Also drehen des Kabels, oder drehen des ganzen Körpers sind absolut zu vermeiden!
Alle Ferromagnetischen Metalle (Eisen, Nickel, Kobalt) verzerren das Magnetfeld. Diese Störeinflüsse sind bei der Messung zu berücksichtigen.

Magnetfeldverzerrung durch einen Pkw



ROM-Elektronik GmbH
Grasiger Weg 12
86488 Nattenhausen
Tel.: +49 (0) 8282-7385 Fax:+49 (0) 8282-7305
www.rom-elektronik.com

9. Technische Daten

Meßbereiche:	0-100 µT, 0-10 µT und 0-1 µT (±5% bei 20 ºC)
max. Meßbereich:	100 µT
Nullpunktdrift:	< 2 nT/K
Temperaturbereich	-40 - +85 ºC
Stromversorgung:	9 Volt-Blockbatterie
Maße und Gewicht:	Anzeigegerät 250 x140 x 60 mm; ca. 640 g Sensor 135x25 mm; ca. 170 g

10.Erdmagnetische Einheiten

Ein paar Worte müssen noch über die erdmagnetischen Einheiten angemerkt werden. Hier spielen die Geophysiker eine unrühmliche Rolle. Nicht nur, daß sie immer noch an den (elektromagnetischen) cgs-Einheiten festhalten, sie verstoßen auch gegen mehrere Normen.

- Der Erdmagnetiker benutzt als Arbeitsgröße die magnetische Feldstärke H in der Einheit A/m (Ampere pro Meter) anstatt der physikalisch sinnvolleren magnetischen Induktion B (in der Einheit Tesla).
- Die cgs-Einheit der magnetischen Feldstärke wird weiter Gauß genannt, obwohl sie seit 1930 ofiziell Oerstedt heißt. Die Geophysiker haben diese Umbenennung nicht mitvollzogen, um den Namen von Gauß, dem der Erdmagnetismus soviel verdankt, nicht zu eliminieren.
- Ein Gauß wird unterteilt in 10^5 (statt 10^6) Untereinheiten, gamma (γ) genannt. Diese Einheit wurde von M. Eschenhagen 1896 eingeführt.

Herausgekommen ist trotz aller Regelverstöße eine Gebrauchsgröße (gamma), mit der man so verschiedene Größen wie die zeitlichen Variationen am Erdboden, lokale Anomalien, Magnetisierungen von Gesteinen, aber auch interplanetare Magnetfelder gleich gut beschreiben kann. Deshalb hält man auch noch immer an ihr fest. Schließlich genügt es zu wissen, daß beim Übergang auf B in MKSA-Einheiten gilt:

1 gamma entspricht 10^9 Tesla = 1 Nanotesla = 1 nT

Gebräuchliche Einheiten der Magnetfeldmessung

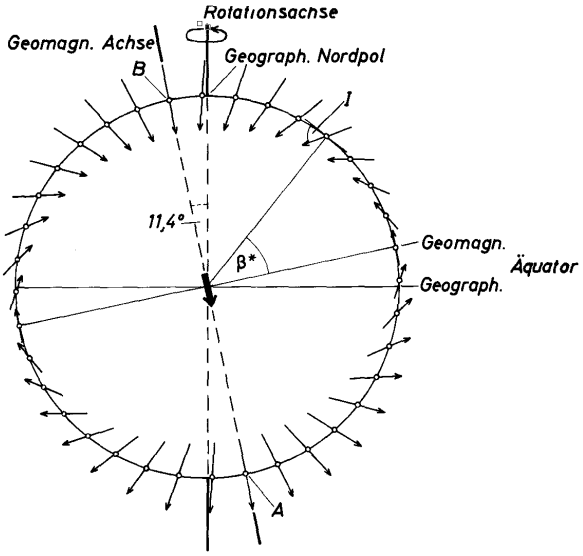
1 nT (Nanotesla)	=	1 γ (gamma)
1 G (Gauß)	=	10^5 γ = 100000 γ
1 A/m	=	$4\pi x10^{-3}$ Oe (Oerstedt)
1 T (Tesla)	=	10 000 G (Gauß)
1 mG (Milligauß)	=	0,1 µT = 100 nT

Meßgrößen und Maßeinheiten

Meßgröße	Symbol	Maßeinheit
Magnetische Feldstärke	***H***	A/m
Magnetische Flußdichte oder Induktion	***B***	Tesla (T)=Vs/m^2; 1T = 1 Wb/m^2
Magnetische Permeabilität im Vakuum	μ_0	$\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ Vs/Am

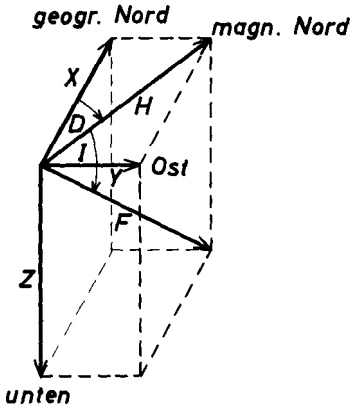
ROM-Elektronik GmbH
Grasiger Weg 12
86488 Nattenhausen
Tel.: +49 (0) 8282-7385 Fax:+49 (0) 8282-7305
www.rom-elektronik.com

11.Das Dipolfeld der Erde



Zur Darstellung des an der Erdoberfläche gemessenen magnetischen Feldes bedient man sich der Vektorrechnung. Man zerlegt den Feldvektor ***F*** in verschiedene Komponenten.
In einem karthesischen Koordinatensystem sind dies:

X = Nordkomponente, Y = Ostkomponente, Z = Vertikalintensität



Die Vertikalintensität weist auf der Nordhalbkugel fast immer nach unten. Damit die Z-Werte auch auf der Südhalbkugel positiv werden, rechnet man dort häufig Z nach oben positiv.

In einem Zylinderkoordinatensystem (Z-Achse als Zylinderachse):

H = Horizontalintensität, D = Deklination Z.

In einem Kugelkoordinatensystem (mit ausgezeichneten Achsen Z, X):

F = Totalintensität, I = Inklination, D

Das Erdmagnetfeld entspricht in erster Näherung dem Feld eines Dipols im Erdmittelpunkt, dessen Achse ein wenig gegen die Rotationsachse der Erde geneigt ist. Der Dipol ist dabei nach Süden gerichtet, sodaß an einem Punkt in der Nähe des geografischen Nordpols ein magnetischer Südpol liegt. Der Grund für diese Sprachverwirrung liegt in der seit alters her gebräuchlichen Bezeichnung “Nordpol“ für das Nordende der Kompaßnadel. Man hätte es besser den nordsuchenden Pol nennen sollen.