

Technische Daten

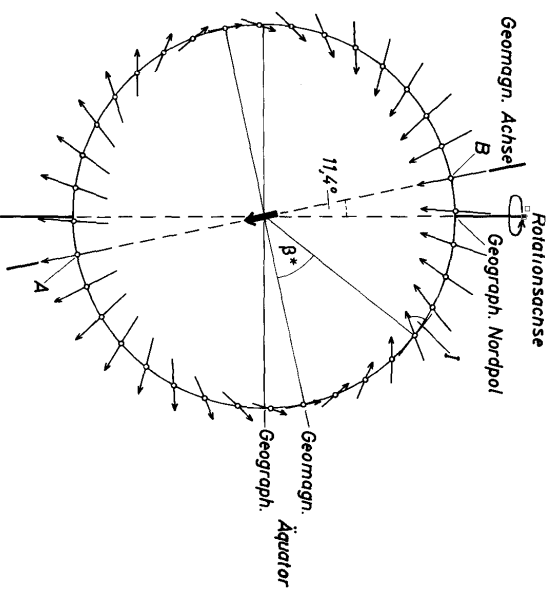
Meßbereiche:	0-60 μ T, 60-120 μ T, 120-240 μ T (\pm 5% bei 20°C)
max. Meßbereich:	240 μ T
Nullpunktdrift:	< 2 nT/K
Temperaturbereich	0 bis 40°C
Stromversorgung:	9 Volt-Blockbatterie
Maße und Gewicht:	Anzeigegerät 85mm x 117mm x 55mm; ca. 300g Sensor 135x25 mm; ca. 170 g

MFM-2**Bedienungsanleitung**

Meßgrößen und Maßeinheiten

Meßgröße	Symbol	Maßeinheit
Magnetische Permeabilität im Vakuum	μ_0	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$

Das Dipolfeld der Erde

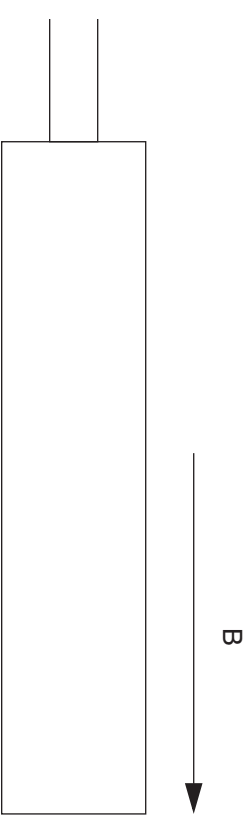


Zur Darstellung des an der Erdoberfläche gemessenen magnetischen Feldes bedient man sich der Vektorrechnung. Man zerlegt den Feldvektor **F** in verschiedene Komponenten.

Der 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.

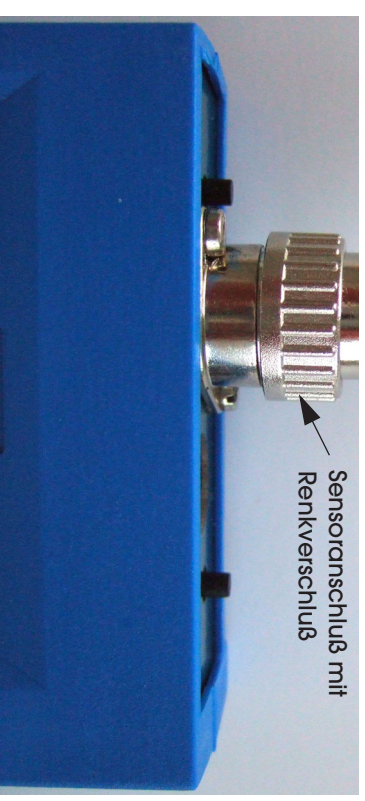


Üblicherweise wird der Sensor bei Bodenmessungen wie ein Lot am Kabel gehalten. Achten Sie darauf, daß sich während der Messung der Sensor nicht bewegt. Bewegungen des Sensors werden Sie als Meßwertschwankungen registrieren.

Inbetriebnahme

Falls noch nicht geschehen, einen geladenen 9 V-Akku (oder Batterie) in das Batteriefach auf der Rückseite einlegen.

Danach den Sensor in das Handgerät einstecken und die Verbindung mit dem Renkverschluß sichern.



DC-Ausgang (analoger Schreiberausgang)

Der Meßwert wird als elektrische Spannung im Bereich von 0 Volt bis 2,5 Volt ($R_{min} \Rightarrow > 10 \text{ k}\Omega$) bereitgestellt.

Baubiologische Empfehlungen

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

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

Meßtipp

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

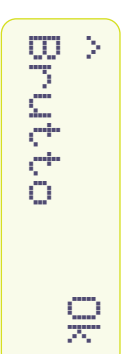
1. Lage und Größe des Untersuchungsgebietes
2. Profilstand
3. Meßpunktstand
4. Orientierung der Profile
5. Berücksichtigung von Leitungsplänen (Wasser, Gas, Strom, Post,...)
6. Auswahl eines ungestörten Basispunktes und ggf. weitere Bezugspunkte
7. Mindestzahl der Wiederholungspunkte
8. Festlegung des 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.

Menüpunkte sind:

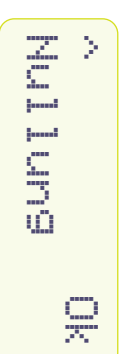
Brutto



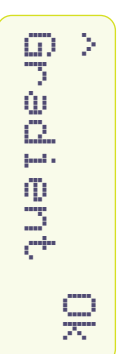
Min-Max



Nulllung



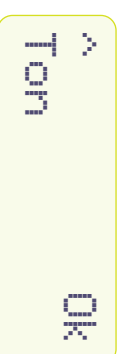
Gradient



Auflösung



Ton



In der unteren LCD-Zelle wird der Gradient graphisch als Balken dargestellt. Der angezeigte Bereich ist maximal 20 $\mu\text{T/s}$. Überschreitet der Gradient diesen Bereich so wird dies durch die Meldung „G.>20 $\mu\text{T/s}$ “ angezeigt.

2345 $\mu\text{T/s}$ 1235
G.>20 $\mu\text{T/s}$

Während des Messens wird laufend der grösste und der kleinste Messwert erfasst. Und aufgrund der Zeitdifferenz dieser beider Werte der Gradient als Absolutwert berechnet.

Ein Druck auf die linke Taste beendet Gradientenmessung und der aktuelle Gradient wird angezeigt.

Gradient ist
7580 $\mu\text{T/s}$

Ein Druck auf die rechte Taste beendet Gradient-Modus und die Anzeige wechselt in den Brutto-Modus.

Auflösung:

^ Auflös. ^
 μT NT

Im Menue Auflösung wird mit der linken Taste μT und mit der rechten Taste NT als anzuzweigenden Messwert im Modus Brutto gewählt.

Ton:

JA NEIN
Tonausgabe

Im Menu Ton wird mit der linken Taste der Ton eingeschaltet und mit der rechten Taste der Ton ausgeschaltet.

Beim Einschalten des Geräts ist der Ton ausgeschaltet.

Nullung:

Nullstellung

0.0 μT
0.0 <^< 0.0

Bei der Nullung wird automatisch das Format der Min-Max Anzeige gewählt, da diese Anzeige die sinnvollste Information nach einer Nullung bietet. Nach der Nullung wird der zum Zeitpunkt der Nullung gemessene Wert als neuer Basiswert betrachtet. Alle weitere, kleinere Werte, werden negativ und alle grössere Werte positiv dargestellt.

In der ersten LCD-Zelle wird der aktuell genullte Messwert angezeigt.

In der zweiten LCD-Zelle wird links die maximale negative und rechts die maximale positive Abweichung vom Nullpunkt angezeigt.

Ein Druck auf die rechte Taste hebt die Nullung auf und der aktuell anliegende Messwert wird in der oberen Zeile angezeigt. Der Minimal- & Maximalwert gleichen sich diesem Wert an.

Gradient:

2345 $\mu\text{T/s}$ 1235
■■■■■■■■■■

Einleitung

Mit dem Erscheinen des Buches "De Magnete" von William Gilbert begann um 1600 die wissenschaftliche Untersuchung des Erdmagnetismus.

Das Magnetfeld fehlt im natürlichen Erfahrungsschutz 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 eigenem gefertigten Instrumenten (Kompas, Magnetometer) erlangt haben.

Das ROM-Elektronik Magnetometer MFM-2 wurde primär entwickelt, um Anomalien des Erdmagnetfeldes zu erfassen. Besonderes Augenmerk wurde auf die analoge Meßwertdarstellung gelegt.

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.

Das Magnetfeld

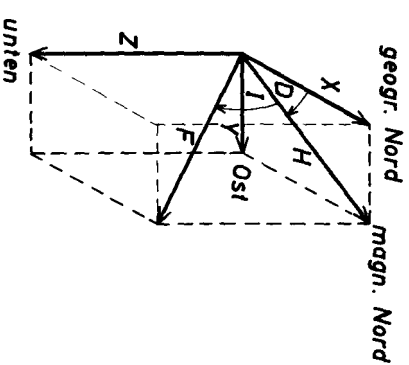
Die Einheit für die Magnetfeldstärke H ist A/m (Ampere pro Meter)! Nach Einführung des SI-Einheitensystems und im täglichen Gebrauch hat sich die Angabe der Messwerte in der magnetischen Flußdichte B in "Tesla" (T) durchgesetzt. Die magnetische Flußdichte leitet sich aus der magnetischen Feldstärke und der Permeabilität des Mediums (z. B. Luft, Vakuum, Eisen) her: $B \approx \mu_0 H$

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 Erdoberfläche.

In der Baubiologie gelten Abweichungen von 2 μT (=2000 Nanotesla, nT) als gerade noch akzeptable Anomalien.

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.

Einschalten

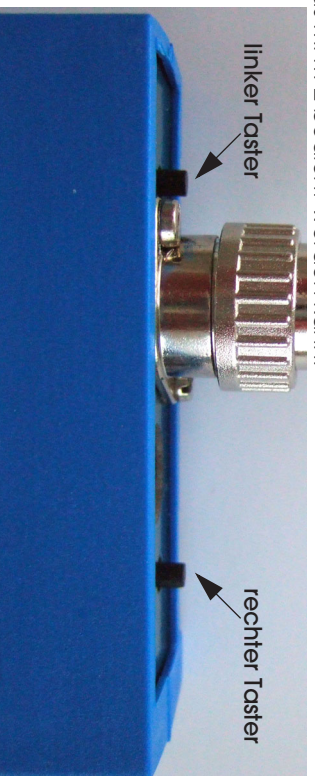


Nach dem Einschalten des MFM-2 erscheint die **Bruito** Anzeige.

38.5 uT

Bedienung

An der Stirnseite des MFM-2 sind zwei Taster angebracht, mit deren Hilfe das MFM-2 bedient werden kann.



Bei Druck auf **Taste 1** (linke obere Taste am Gerät) wird in der unteren LCD-Zelle der gewünschte Menüpunkt angezeigt.

Erdmagnetische Einheiten

Ein paar Worte müssen noch über die erdmagnetischen Einheiten ange-merkt 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 offiziell 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 Gebruchsgröße (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:

$$1 \text{ gamma entspricht } 10^9 \text{ Tesla} = 1 \text{ Nanotesla} = 1 \text{ nT}$$

Gebräuchliche Einheiten der Magnetfeldmessung

$$\begin{aligned} 1 \text{ nT (Nanotesla)} &= 1 \gamma (\text{gamma}) \\ 1 \text{ G (Gauß)} &= 10^5 \gamma = 100000 \gamma \\ 1 \text{ A/m} &= 4\pi \times 10^{-3} \text{ Oe (Oerstedt)} \\ 1 \text{ T (Tesla)} &= 10\,000 \text{ G (Gauß)} \\ 1 \text{ mG (Milligauß)} &= 0,1 \mu\text{T} = 100 \text{ nT} \end{aligned}$$

Meßgrößen und Maßeinheiten

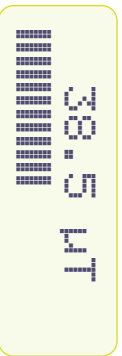
Meßgröße	Symbol	Maßeinheit
Magnetische Feldstärke	H	A/m
Magnetische Fluiddichte oder Induktion	B	Tesla (T) = Vs/m ² ; 1 T = 1 Wb/m ²

In der oberen LCD-Anzeige zeigt ganz links ein kleiner Pfeil, dass mit der linken Taste durch die Menüpunkte geschaltet werden kann.

Jeder weitere Druck auf die **Taste 1** (linke Taste) wechselt den Menüpunkt. Ein Druck auf **Taste 2** (rechte Taste) bestätigt die Menüauswahl und wechselt zur gewählten Anzeige.

Brutto Anzeige:

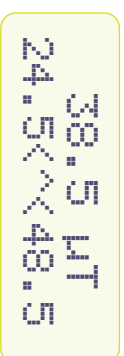
In der oberen LCD-Zeile wird der aktuelle Messwert in μTesla oder nTesla angezeigt (Kann unter Aufloesung gewechselt werden).



In der unteren LCD-Zeile wird der absolute Messwert graphisch als Balken dargestellt. Der Messbereich wechselt bei Überschreitung des jeweiligen Maximalwerts automatisch zwischen 60, 120 und 240 μTesla .

Nach dem Einschalten ist der Messbereich 60 μTesla .

Min-Max Anzeige:



In der oberen LCD-Zeile wird der aktuelle Messwert in μTesla angezeigt.

In der unteren LCD-Zeile steht ganz links der jeweils aktuelle Minimalwert und ganz rechts der jeweils aktuelle Maximalwert in μTesla .

Der kleine Pfeil in der Mitte der Anzeige zeigt auf den aktuell gemessenen Wert in μTesla .

Ein Druck auf die rechte Taste veranlasst, dass der Minimalwert und der Maximalwert an den aktuellen Messwert angepasst werden.

Batteriewechsel:

Falls folgende Meldung auf ihrem Display erscheint,

**Batterie
wechseln**

sollten Sie die eingelegte Batterie gegen eine volle wechseln, um das Gerät wieder nutzen zu können.

Serielle Schnittstelle:

Während das Gerät in Betrieb ist werden die gemessenen Meßwerte (in μTesla) laufend über die serielle Schnittstelle ausgegeben. Jeder Messwert wird dabei mit CR & LF abgeschlossen.

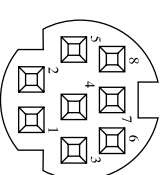


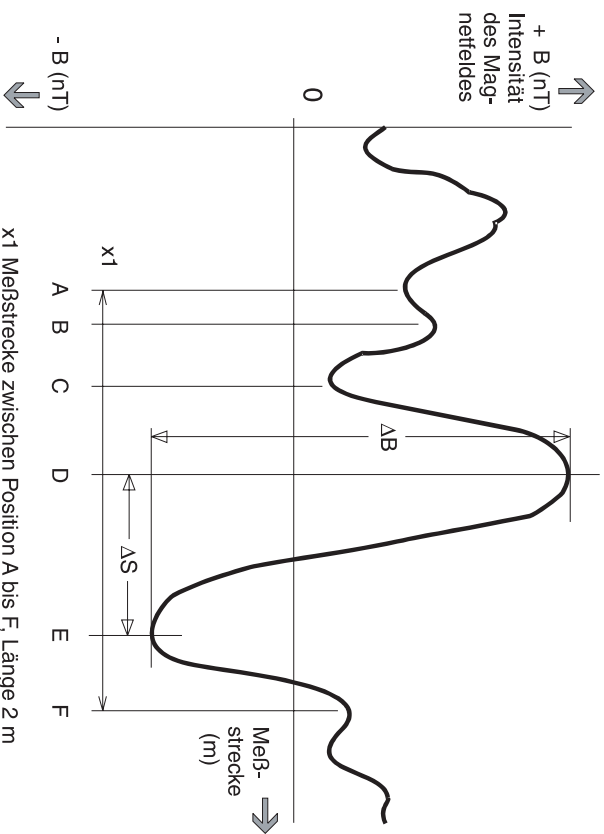
Optionen

Das MFM-2 kann mit einem Schreiber Ausgang (0-2.5 V) geliefert werden. Auch eine Nachrüstung ist möglich.

Anschlussbelegung Schnittstelle

- 1 = nicht belegt
- 2 = nicht belegt
- 3 = TXD (Daten senden)
- 4 = Masse
- 5 = Rx/D (Daten empfangen)
- 6 = DC-Ausgang 0 - 2.5 Volt
- 7 = nicht belegt
- 8 = nicht belegt





Messpunkt	Intensität	Angaben zur Berechnung des Störungsgrades
A	40.000 nT	
B	45.000 nT	
C	28.000 nT	
D	85.000 nT	Maximumwert
E	39.000 nT	Minimumwert
		Abstand zwischen den Positionen D bis E = 0,6 m

In dem Messmodus **Gradient** wird die Stärke der Anomalie des Magnetfeldes berechnet. Der Gradient ist ein Maß für den Grad der Steigung der Messwertänderung zwischen dem Maximum und dem Minimumwert.

Nach Beendigung der Messung wird aus dem Messkurvenverlauf der Maximum- und Minimumwert mit den zugehörigen Messpositionen ermittelt.

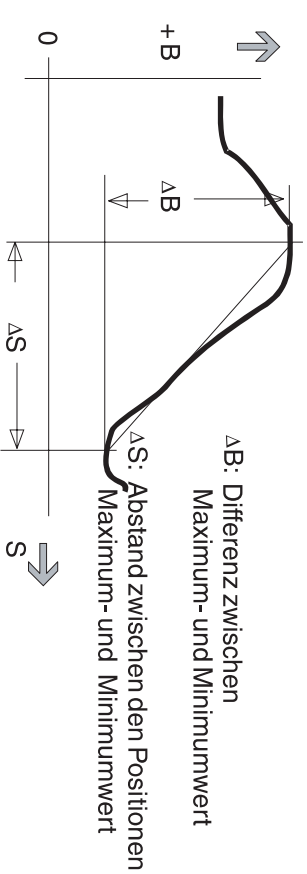
Als Synonym zu der Bezeichnung **Gradient (G)** wird auch der Begriff **Störungsgrad** verwendet.

Störungsgrad

Der Störungsgrad (G) ist definiert als das Verhältnis der Messwertdifferenz (ΔB) zwischen Maximumwert und Minimumwert im Verhältnis zur Distanz (ΔS), die die Länge der Messstrecke zwischen den beiden Positionen vom Mini-

imum und Maximumwert besteht ($G = \Delta B / \Delta S$).

Normiert wird die Angabe des Störungsgrades auf die Messstreckenlänge von 1 m. Die Maßeinheit des Störungsgrades ist nT/m.



Beispiel:

Aus den Werten der oben dargestellten Grafik wird der **Störungsgrad** berechnet. Der Abstand (ΔS) zwischen den Positionen des Maximumwertes (D) und des Minimumwertes (E) beträgt 0,6 m. Die Messwertdifferenz ist 124.000 nT.

Der Störungsgrad (G) wird aus dem Verhältnis $\Delta B / \Delta S$ berechnet. Mit den Beispielwerten 124.000 nT / 0,6 m ergibt die Berechnung einen Störungsgrad von 206.666 nT/m, der eine große Störung kennzeichnet.

Messung Gradient

Durch den Messmodus Gradient wird aus den Messwerten, die über die Messstreckenlänge (von z. B. 2 m; = Länge eines Bettplatzes) gemessen wurden, der Gradient (G) berechnet. Die Geschwindigkeit der Messsondenführung sollte konstant über die gesamte Länge der Messstrecke gehalten werden.

Da das MFM-2 nicht weiß, wie groß die vermessene Strecke ist, wird bei der Wahl des Gradienten jede Sekunde ein Wert gemessen!

In der oberen Zeile wird links der jeweils aktuell berechnete Gradient in nT/s und rechts die laufenden Sekunden angezeigt. Bei 999 Sekunden hört die Messung automatisch auf und der aktuelle Gradient wird angezeigt. Ein

Gradient ist
7580 nT/s

Druck auf die rechte Taste beendet Gradientenmessung und die Anzeige wechselt in den Brutto-Modus. Wenn der Gradient 999 nT/s überschreitet, wird er als $\mu\text{T/s}$ dargestellt.