

HF58B-r Hochfrequenz-Analyser

Hochfrequenz-Analyser für Frequenzen von 800MHz bis 2,5GHz (3,3GHz mit erhöhter Toleranz)



Bedienungsanleitung

Revision 4.5
Diese Anleitung wird kontinuierlich aktualisiert, verbessert und erweitert. Unter www.gigahertz-solutions.de finden Sie immer die aktuellste Fassung zum download.

Bitte lesen Sie diese Bedienungsanleitung unbedingt vor der ersten Inbetriebnahme aufmerksam durch.

Sie gibt wichtige Hinweise für den Gebrauch, die Sicherheit und die Wartung des Gerätes.

Außerdem enthält sie wichtige **Hintergrundinformationen**, die Ihnen eine aussagefähige Messung ermöglichen.

Professionelle Technik

Die Feldstärkemessgeräte von GIGAHERTZ SOLUTIONS® setzen **neue Maßstäbe** in der Messtechnik für hochfrequente Wechselfelder: Messtechnik professionellen Standards wurde mit einem weltweit einmaligen Preis-Leistungs-Verhältnis realisiert. Möglich wurde dies durch den konsequenten Einsatz innovativer und teilweise zum Patent angemeldeter Schaltungselemente sowie durch modernste Fertigungsverfahren.

Dieses Gerät ermöglicht eine qualifizierte Messung hochfrequenter Strahlung von 800MHz bis 2,5GHz (3,3GHz). Dieser Bereich wird aufgrund der großen Verbreitung digitaler, meist gepulster Funkdienste wie des Mobilfunks, schnurloser Telefone, von Mikrowellenherden und den Zukunftstechnologien UMTS und Bluetooth als biologisch besonders relevant angesehen.

Wir danken Ihnen für das Vertrauen, das Sie uns mit dem Kauf des HF58B-r bewiesen haben und sind überzeugt, dass Ihnen dieses Gerät nützliche Erkenntnisse bringen wird.

Über diese Anleitung hinaus bieten wir zusammen mit unseren Partnerunternehmen **Anwenderseminare** zur optimalen Nutzung unserer Messtechnik sowie zu wirksamen Schutzlösungen an.

Bei Problemen bitten wir Sie, uns zu kontaktieren! Wir helfen Ihnen schnell, kompetent und unkompliziert.

© beim Herausgeber: GIGAHERTZ SOLUTIONS GmbH, D-90579 Langenzenn. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Broschüre darf in irgendeiner Weise ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers reproduziert oder verbreitet werden.

Inhaltsverzeichnis

Funktions- und Bedienelemente	2
Vorbereitung des Messgerätes	3
Eigenschaften hochfrequenter Strahlung ...	4
...und Konsequenzen für die - Durchführung der Messung	5
Schritt-für-Schritt-Anleitung zu den Geräteeinstellungen und zur Durchführung der Messung	6
Grenz-, Richt- und Vorsorgewerte	12
Audio-Frequenzanalyse	13
Benutzung der Signalausgänge	14
Weiterführende Analysen	14
Akkumanagement	15
Abschirmung	16
Garantie	17
Serviceadresse	17
Messbereiche / Umrechnungstabellen	18

Sicherheitshinweise:

Bitte lesen Sie diese Bedienungsanleitung unbedingt vor der ersten Inbetriebnahme aufmerksam durch. Sie gibt wichtige Hinweise für die Sicherheit, den Gebrauch und die Wartung des Gerätes.

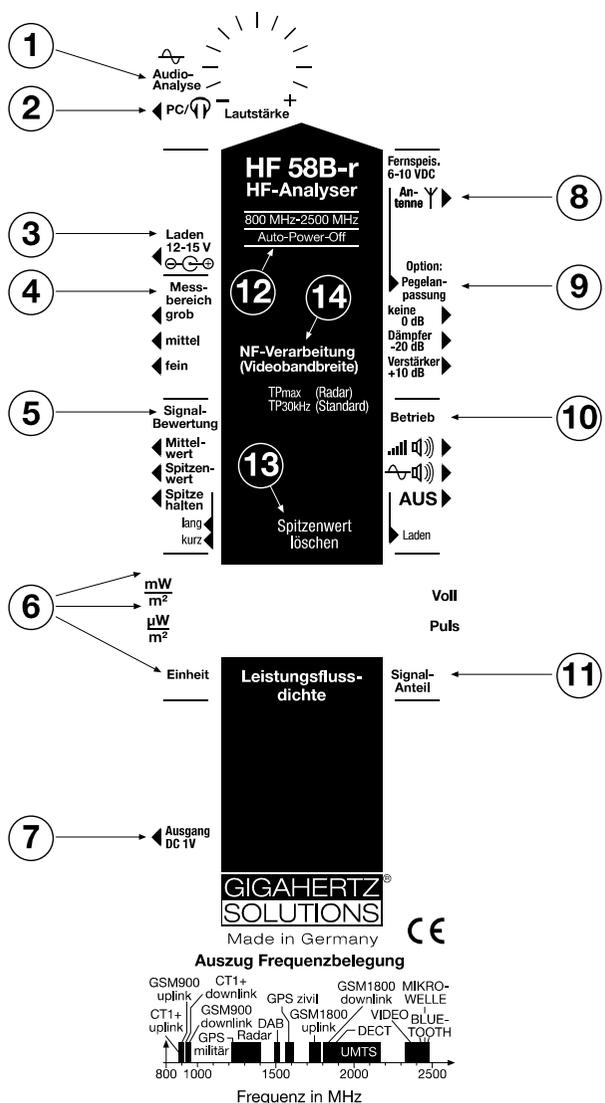
Das Messgerät nicht in Berührung mit Wasser bringen oder bei Regen benutzen. Reinigung nur von außen mit einem schwach angefeuchteten Tuch. Keine Reinigungsmittel oder Sprays verwenden.

Vor der Reinigung oder dem Öffnen des Gehäuses das Gerät ausschalten und alle mit dem Gerät verbundenen Kabel entfernen. Es befinden sich keine durch den Laien wartbaren Teile im Inneren des Gehäuses.

Aufgrund der hohen Auflösung des Messgerätes ist die Elektronik hitze-, stoß- und berührungsempfindlich. Deshalb nicht in der prallen Sonne oder auf der Heizung o.ä. liegen lassen, nicht fallen lassen oder im geöffnetem Zustand an den Bauelementen manipulieren.

Dieses Gerät nur für die vorgesehenen Zwecke verwenden. Nur mitgelieferte oder empfohlene Zusatzteile verwenden.

Funktions- und Bedienelemente



Der HF-Teil des Gerätes ist durch ein internes Blechgehäuse am Antenneneingang gegen Störeinstrahlung geschirmt (Schirmungsmaß ca. 35 - 40 dB)

- 1) **Lautstärkereger** für die Audioanalyse (Ein-/Ausschalter).
- 2) 3,5mm Klinkenbuchse: AC-Ausgang des modulierten Signals zur Audioanalyse (PC-Audiokarte oder Kopfhörer (mono)).
- 3) Ladebuchse 12-15 Volt DC zur Verwendung mit dem mitgelieferten Netzteil. Nur bei Akkubetrieb verwenden!
- 4) Wahlschalter für den **Messbereich**:
grob = 19,99 mW/m² (=19.990µW/m²)
mittel = 199,9 µW/m²
fein = 19,99 µW/m²
Zu beachten: Mit Vorverstärker und Dämpfer verändert sich die Skalierung.
- 5) Wahlschalter für die **Signal-Bewertung**. **Standardeinstellung = „Spitzenwert“**. Wenn „Spitze halten“ („peak hold“) eingestellt ist, so kann mit dem kleinen Serviceschalter schräg rechts darunter noch zusätzlich die Zeitkonstante eingestellt werden, d.h. ob der Spitzenwert langsamer oder schneller „zurückläuft“. **Standardeinstellung = „lang“**. Mit dem Taster 13 kann der Spitzenwert manuell zurückgesetzt werden.
- 6) Die Einheit der angezeigten Zahlenwerte wird durch kleine Balken links im Display angezeigt:
Balken oben = mW/m² (Milliwatt/m²)
Balken unten = µW/m² (Mikrowatt/m²)
- 7) Gleichspannungsausgang z.B. für Langzeitaufzeichnungen.
1 Volt DC bei Vollausschlag.
- 8) Anschlussbuchse für das Antennenkabel. Die Antenne wird in den Kreuzschlitz auf der Gerätestirnseite gesteckt.

- 9) **Pegelanpassungsschalter** nur bei Verwendung der optional erhältlichen Zwischenstecker zur Verstärkung und Dämpfung (nicht im Standardlieferungsumfang) . Bei direktem Anschluss des Antennenkabels ist die **Standardeinstellung „0 dB“** richtig. Ohne die entsprechenden Zwischenstecker führt jede andere Einstellung nur zu einem Kommafehler, nicht etwa einer realen Pegelanpassung.
- 10) **Ein-/Ausschalter**. In der mittleren Schalterstellung (**Standard**) ist die Audioanalyse aktiviert. In der obersten Schalterstellung ist zusätzlich ein feldstärkeproportionales Tonsignal zugeschaltet¹.
- 11) **Signalanteil**: In der Schalterstellung „Voll“ wird die gesamte Leistungsflussdichte aller Signale im betrachteten Frequenzbereich dargestellt, in der Schalterstellung „Puls“ nur der amplitudenmodulierte (gepulste) Anteil.
- 12) Das Gerät ist mit einer Auto-Power-Off-Funktion² ausgestattet.
- 13) Taster zur Rücksetzung d. Spitzenwertes. (so lange drücken, bis der Wert nicht weiter zurückgeht!)
- 14) Schiebeselector zur Wahl der **Videobandbreite** für die NF-Signalverarbeitung. **Standardeinstellung = „TP30kHz“**.

Standardeinstellung wichtiger Funktionen ist gelb markiert.

¹ „Geigerzählereffekt“. Bei Verwendung sollte der Lautstärkereger für die Audioanalyse ganz nach links gestellt werden.

² Nach ca. 30 Min. schaltet es sich automatisch ab, um ungewolltes Entladen zu vermeiden. Wenn ein zu geringer Ladezustand des Akkus durch „low Batt.“ angezeigt wird, schaltet sich das Gerät bereits nach zwei bis drei Minuten ab um eine Tiefentladung zu vermeiden.

Längere und kürzere Schalterknöpfe

Längere Schalterknöpfe: Standardfunktionen.

Kürzere Schalterknöpfe: Um ein versehentliches Umschalten zu vermeiden, sind Schalter, die seltener oder nur mit optionalem Zubehör benötigt werden, kürzer ausgeführt.

Inhalt der Verpackung

Messgerät

Aufsteckbare Antenne mit Antennenkabel

NiMH-Akkublock (im Gerät)

Netzgerät

Adapter 2,5 mm Klinkenstecker auf 3,5 mm Klinkenbuchse

Adapter 3,5 mm Klinkenstecker auf BNC

2,5 mm Klinkenstecker für eigene Kabelkonfektionierungen

Ausführliche Bedienungsanleitung (deutsch)

Hintergrundinformationen zum Thema „Elektrosmog“

Vorbereitung des Messgerätes

Anschluss der Antenne

Der Winkelstecker der Antennenzuleitung wird an der Buchse rechts oben am Basisgerät angeschraubt. Festziehen mit den Fingern genügt - ein Gabelschlüssel sollte nicht verwendet werden, weil damit das Gewinde überdreht werden kann.

Diese SMA-Verbindung mit vergoldeten Kontakten ist die hochwertigste industrielle HF-Verbindung in dieser Größe.

Vorsichtig den festen Sitz der Steckverbindung an der Antennenspitze überprüfen. Die Steckverbindung an der Antennenspitze sollte nicht geöffnet werden.

An der Antennenspitze befinden sich zwei Leuchtdioden zur Funktionsdiagnose bei eingeschaltetem Messgerät. Die rote LED leuchtet, wenn die Antenne richtig angeschlossen ist und die Stecker und die Antennenleitung in Ordnung sind. Die grüne LED überprüft die Leitungen und Lötstellen auf der Antenne selbst und leuchtet, wenn hier alle Kontakte ordnungsgemäß sind.

Antenne in den kreuzförmigen Schlitz in der abgerundeten Gerätestirnseite stecken. Damit sich das Antennenkabel „entspannt“ in einem Bogen unter dem Messgeräteboden zwischen Antenne und Antennenbuchse des Messgerätes ausrichten kann, ggf. für die Ausrichtung des Kabels die Schraubverbindung an der Buchse etwas lockern.

Wichtig: Antennenkabel nicht knicken!

Die Antenne kann sowohl an der Stirnseite des Messgerätes „eingesteckt“, als auch

freihändig verwendet werden. Bei der freihändigen Verwendung ist darauf zu achten, dass die Finger nicht den ersten Resonator oder Leiterbahnen auf der Antenne berühren. Es empfiehlt sich also, möglichst weit hinten anzufassen. Für Präzisionsmessungen sollte die Antenne nicht mit den Fingern gehalten werden, sondern in der Halterung an der Stirnseite des Messgerätes verwendet werden. Eine (sehr massive) Klemmzange zur Stativmontage ist beispielsweise direkt beim Hersteller unter www.berlebach.de erhältlich.

Auf den Schaft der beiden Stecker des Antennenkabels sind Ferrittröhrchen zur Verbesserung der Antenneneigenschaften aufgesteckt³.

Überprüfung der Akkuspannung

Wenn die „Low Batt.“-Anzeige senkrecht in der Mitte des Displays angezeigt wird, so ist keine zuverlässige Messung mehr gewährleistet. In diesem Falle Akku laden.

Falls gar keine Anzeige auf dem Display erscheint, Kontaktierung des Akkus prüfen bzw. versuchsweise eine 9 Volt E-Block-Batterie (Alkalimangan) einsetzen. (Siehe Kapitel „Akkuwechsel“)

Vorsicht: Bei temporärem Batteriebetrieb darf keinesfalls das Netzteil angeschlossen werden!

³ Sollten sich diese Ferritrollchen im Laufe der Zeit lösen, so können sie problemlos mit jedem Haushaltskleber wieder angeklebt werden.

Hinweis

Jeder Schaltvorgang (z.B. Messbereichswechsel) führt systemimmanent zu einer kurzen Übersteuerung, die auf dem Display dargestellt wird.

Das Messgerät ist nun einsatzbereit.

Im nächsten Kapitel sind einige essentielle Grundlagen für eine belastbare HF-Messung kurz zusammengefasst. Wenn Ihnen diese nicht geläufig sind, so sollten Sie dieses Kapitel keinesfalls überspringen, da sonst leicht gravierende Fehler in der Messung unterlaufen können.

Eigenschaften hochfrequenter Strahlung...

Vorab: Für Hintergrundinformationen zum Thema „Elektrosmog durch hochfrequente Strahlung“ verweisen wir auf die umfangreiche Fachliteratur zu diesem Thema. In dieser Anleitung konzentrieren wir uns auf diejenigen Eigenschaften, die für die Messung im Haushalt von besonderer Bedeutung sind.

Wenn hochfrequente Strahlung des betrachteten Frequenzbereichs auf irgendein Material auftrifft, so

1. durchdringt sie es teilweise
2. wird sie teilweise reflektiert
3. wird sie teilweise absorbiert.

Die Anteile hängen dabei insbesondere vom Material, dessen Stärke und der Frequenz der HF-Strahlung ab. So sind z.B. Holz, Gipskarton, Dächer und Fenster oft sehr durchlässige Stellen in einem Haus.

Eine sehr gut recherchierte und visualisierte Übersicht über die Dämpfungswirkung verschiedener Baustoffe sowie umfangreichen Tipps zur Reduktion der Belastung findet sich in dem Internetportal www.ohne-elektrosmog-wohnen.de.

Die umfangreichste Sammlung von genauen Daten zur Abschirmwirkung verschiedener Baustoffe liefert die ständig aktualisierte Studie „Reduzierung hochfrequenter Strahlung - Baustoffe und Abschirmmaterialien“ von Dr. Moldan / Prof. Pauli (www.drmoldan.de).

Mindestabstand

Erst in einem bestimmten Abstand von der Strahlungsquelle („Fernfeld“) kann Hochfrequenz in der gebräuchlichen Einheit „Leistungsflussdichte“ (W/m^2) quantitativ zuverlässig gemessen werden.

Auch in der Fachliteratur findet man unterschiedliche Angaben darüber, wo die Fernfeldbedingungen beginnen, wobei die Angaben zwischen dem 1,5-fachen und dem 10-fachen der Wellenlänge liegen. Als einfach zu merkende Faustregel können Sie von folgenden Untergrenzen ausgehen: (entsprechend etwa der 2,5-fachen Wellenlänge)

- Bei 27 MHz ab ca. 27 Metern
- Bei 270 MHz ab ca. 2,7 Metern
- Bei 2700 MHz ab ca. 27 Zentimetern
- Die Untergrenzen verhalten sich also umgekehrt proportional

Hintergrund: Im Nahfeld müssen die elektrische und magnetische Feldstärke des HF-Feldes separat ermittelt werden (d.h. sie sind nicht ineinander umrechenbar); während man diese im Fernfeld ineinander umrechnen kann und in Deutschland meist als Leistungsflussdichte in W/m^2 (bzw. $\mu W/m^2$ oder mW/m^2) ausdrückt.

Polarisation

Wenn hochfrequente Strahlung gesendet wird, so bekommt sie eine „Polarisation“ mit auf den Weg, d.h. die Wellen verlaufen entweder in der horizontalen oder der vertikalen Ebene. Im besonders interessanten Mobilfunkbereich verlaufen sie zumeist vertikal oder unter 45 Grad. Durch Reflexion und dadurch, dass die Handys selbst irgendwie liegen können oder gehalten werden, sind auch andere Polarisationsebenen möglich. Es sollte deshalb immer zumindest die vertikale und die 45° Ebene gemessen werden. Die aufgesteckte Antenne misst die vertikal polarisierte Ebene, wenn die Oberseite (Display) des Messgerätes waagrecht positioniert ist. Ein besonderes Merkmal der mitge-

lieferten logarithmisch-periodischen Antenne ist die besonders gute Entkopplung zwischen vertikaler und horizontaler Ebene (auch wenn der Aufbau mit dem waagerechten „Flügel“ eine gleichzeitige Messung der horizontalen und vertikalen Ebenen suggeriert – das Gegenteil ist der Fall!).

Örtliche und zeitliche Schwankungen

Durch - teilweise frequenzselektive – Reflexionen kann es besonders innerhalb von Gebäuden zu punktuellen Verstärkungen oder Auslöschungen der hochfrequenten Welle kommen. Außerdem strahlen die meisten Sender und Handys je nach Empfangssituation und Netzbelegung über den Tag bzw. über längere Zeiträume mit unterschiedlichen Sendeleistungen.

Alle vorgenannten Punkte haben Einfluss auf die Messtechnik und in besonderem Maße auf das Vorgehen beim Messen und die Notwendigkeit mehrfacher Messungen.

... und Konsequenzen für die Durchführung der Messung

Wenn Sie ein Gebäude, eine Wohnung oder ein Grundstück HF-technisch „vermessen“ möchten, so empfiehlt es sich immer, die Einzelergebnisse zu **protokollieren**, damit Sie sich im nachhinein ein Bild der Gesamtsituation machen zu können.

Ebenso wichtig ist es, die **Messungen mehrere Male zu wiederholen**: Erstens zu unterschiedlichen Tageszeiten und Wochentagen, um die teilweise erheblichen Schwankungen nicht zu übersehen. Zweitens aber sollten die

Messungen auch über längere Zeiträume hinweg gelegentlich wiederholt werden, da sich die Situation oft quasi „über Nacht“ verändern kann. So kann schon die versehentliche Absenkung der Sendeantenne um wenige Grad, z.B. bei Montagearbeiten am Mobilfunkmast, gravierenden Einfluss haben. Insbesondere aber wirkt sich selbstverständlich die enorme Geschwindigkeit aus, mit der die Mobilfunknetze heute ausgebaut werden. Dazu kommt noch der geplante Ausbau der UMTS-Netze, der eine starke Zunahme der Belastung erwarten lässt, da systembedingt das Netz an UMTS-Basisstationen deutlich dichter gewebt sein muss als bei den heutigen GSM-Netzen.

Auch wenn Sie eigentlich die Innenräume vermessen möchten, so empfiehlt es sich, zunächst auch außerhalb des Gebäudes eine Messung in **alle Richtungen** durchzuführen. Ggf. aus dem geöffneten Fenster messen. Dies erlaubt erste Hinweise auf die „HF-Dichtigkeit“ des Gebäudes einerseits und auf mögliche gebäudeinterne Quellen andererseits (z.B. DECT-Telefone, auch von Nachbarn).

Außerdem sollte man bei einer Innenraummessung immer beachten, dass diese über die spezifizierte Genauigkeit der verwendeten Messtechnik hinaus eine zusätzliche Messunsicherheit durch die aus den beengten Verhältnissen resultierenden „stehenden Wellen“, Reflexionen und Auslöschungen mit sich bringt. Nach der „reinen Lehre“ ist eine quantitativ genaue HF-Messung prinzipiell nur unter so genannten „Freifeldbedingungen“ reproduzierbar möglich. Dennoch wird in der Realität selbstverständlich auch in Innenräumen Hochfrequenz gemessen, da dies

die Orte sind, von denen die Messwerte benötigt werden. Um diese systemimmanente Messunsicherheit möglichst gering zu halten, sollte man aber genau die Hinweise zur Durchführung der Messung beachten.

Wie bereits in den Vorbemerkungen erwähnt, können die Messwerte schon durch geringe Veränderung der Messposition relativ stark schwanken (meist deutlich stärker als im Bereich der Niederfrequenz). **Es ist sinnvoll, das lokale Maximum im betreffenden Raum für die Beurteilung der Belastung heranzuziehen**, auch wenn dieser Ort nicht exakt mit dem zu untersuchenden Punkt, z.B. dem Kopfende des Bettes übereinstimmt.

Der Grund liegt in der Tatsache begründet, dass oft schon kleinste Veränderungen der Umgebung zu recht großen Veränderungen der lokalen Leistungsflussdichte führen können. So beeinflusst bereits die messende Person den genauen Ort des Maximums. Insofern kann also ein zufällig geringer Messwert am relevanten Platz am nächsten Tag schon wieder viel höher sein. Das Maximum im Raum aber verändert sich meist nur, wenn sich an den Strahlungsquellen etwas ändert, ist also repräsentativer für die Beurteilung der Belastung.

Die folgenden Beschreibungen beziehen sich auf die **Immissionsmessung**, d.h. auf die Ermittlung der für den Grenzwertvergleich relevanten, summarischen Leistungsflussdichte.

Eine zweite messtechnische Anwendung des vorliegenden Gerätes ist diejenige, die Verursacher dieser Belastung zu identifizieren bzw. – noch wichtiger - geeignete Abhilfe- bzw. Abschirmungsmaßnahmen festzulegen,

also letztlich eine **Emissionsmessung**. Hierfür ist die mitgelieferte LogPer-Antenne prädestiniert. Das Vorgehen zur Festlegung geeigneter Abschirmmaßnahmen wird am Ende dieses Kapitels in einem speziellen Abschnitt beschrieben.

Schritt-für-Schritt-Anleitung zur Durchführung der Messung

Vorbemerkung zur Antenne

Grundsätzlich gibt es logarithmisch-periodische Antennen in zwei Ausführungen:

- Optimiert als Peilantenne (schmaler Öffnungswinkel – optimale Peilcharakteristik / schlechtere Messeigenschaften) oder
- optimiert als Messantenne (breiter Öffnungswinkel – optimale Messcharakteristik / mäßige Peileigenschaften).

Die mitgelieferte Antenne stellt einen ausgewogenen Kompromiss aus einer hervorragenden Messcharakteristik und gleichzeitig noch sehr guten Peileigenschaften dar. Somit kann die Richtung des Strahlungseinfalls zuverlässig ermittelt werden - eine Grundvoraussetzung für eine zielgerichtete Sanierung.

Wichtig: Da die Antenne zur Reduktion des Erdinflusses nach unten abgeschirmt ist, sollte man mit der Antennen"spitze" etwa 10° unter das eigentliche Messobjekt zielen, um Verfälschungen im Grenzübergang zu vermeiden (bei leicht erhöhten Zielen, z.B. Mobilfunkmast, ggf. einfach horizontal peilen. Siehe Zeichnung).



Wenn man als „Zielhilfe“ von der oberen Vorderkante des Messgerätes über die Spitze des kleinsten Resonators peilt hat man diese 10° recht gut erreicht. Plus/Minus ein paar Grad machen dabei keinen wesentlichen Unterschied. Die „Ziellinie“ ist auf der Antenne markiert.

Das konkrete Vorgehen für eine aussagefähige Messung wird weiter hinten noch detailliert beschrieben.

Die ungewöhnliche Ausprägung der Ihnen hier vorliegenden logarithmisch-periodischen Antenne ist Gegenstand einer unserer Patentanmeldungen. Sie erlaubt eine sehr gute Trennung der horizontalen und vertikalen Polarisationssebene und hat einen deutlich günstigeren Frequenzverlauf (geringere „Welligkeit“) als herkömmliche logarithmisch-periodische Antennen. (Für Profis: Bei der technisch schwierigeren Messung der vertikalen Polarisationssebene ist sie zudem deutlich besser gegen den verfälschenden Erdinfluss abgeschirmt.)

Auf dem Display wird immer die Leistungsflussdichte am Messort angezeigt, in die Richtung, auf welche die Antenne zeigt (genauer: Bezogen auf das Raumintegral der „Antennenkeule“).

Die mitgelieferte logarithmisch-periodische Antenne ist auf den Frequenzbereich von ca. 800 MHz bis 2500 MHz (=2,5 GHz) optimiert, mit einer etwas erhöhten Minustoleranz reicht der Frequenzbereich sogar bis über 3,3 GHz. Er umfasst die Mobilfunkfrequenzen GSM900 und GSM1800 (in Deutschland: D1, D2, E-plus, O2), schnurlose Telefone nach dem DECT-Standard, Mobilfunkfrequenzen nach

dem UMTS-Standard, WLAN und Bluetooth, einige Radarfrequenzen sowie weitere kommerziell genutzte Frequenzbänder (natürlich können auch Mikrowellenherde damit auf Dichtigkeit überprüft werden). Bis auf letztere Verursacher sind alle genannten Strahlungsquellen digital gepulst und werden von kritischen Medizinern als biologisch besonders relevant betrachtet.

Damit diese kritischen Strahlungsverursacher optimal gemessen werden können, ist der Frequenzbereich der Antenne bewusst nach unten begrenzt (bei ca. 800 MHz), d.h. niedrigere Frequenzen werden unterdrückt. Verstärkt wird diese Unterdrückung niedriger Frequenzen durch ein internes Hochpassfilter bei 800 MHz. Auf diese Weise werden Verfälschungen der Messergebnisse durch darunter liegende Strahlungsquellen wie Rundfunk, Fernsehen oder Amateurfunk weitestgehend vermieden.

Um auch Frequenzen unter 800 MHz quantitativ zu messen, sind aus dem Hause Gigahertz Solutions die Geräte HFE35C und HFE59B mit aktiven, horizontal isotropen Ultrabreitbandantennen von 27 MHz aufwärts erhältlich.

Orientierende Messung

Bei der orientierenden Messung geht es darum, einen groben Überblick über die Situation zu gewinnen. Die echten Zahlenwerte sind dabei von untergeordnetem Interesse, so dass es in der Regel am einfachsten ist, nur anhand des feldstärkeproportionalen Tonsignals vorzugehen („Betrieb“-Schalter auf Stellung: ) , Lautstärkereglern ganz nach links gedreht)

Vorgehen zur orientierenden Messung:

Messgerät und Antenne gemäß dem Kapitel: „Vorbereitung des Messgerätes“ überprüfen.

Dann den Messbereich (Schalter „Messbereich“) auf „grob“ einstellen. Für die orientierende Messung sind kleinere Übersteuerungen im groben Bereich unerheblich, da das Tonsignal noch bis über 60000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ feldstärkeproportional verläuft. Nur wenn ständig sehr kleine Werte angezeigt werden, in den Messbereich „mittel“ oder ggf. sogar in den Messbereich „fein“ umschalten.

Zu beachten: Beim Umschalten von „grob“ auf „mittel“ wird das Tonsignal deutlich lauter; Zwischen „mittel“ und „fein“ ist kein Unterschied in der Lautstärke.

Den Schalter „Signal-Bewertung“ auf „Spitzenwert“ einstellen.

An jedem Punkt und aus allen Richtungen kann die Strahlungseinwirkung unterschiedlich sein. Wenngleich sich die Feldstärke bei der Hochfrequenz im Raum sehr viel schneller ändert als bei der Niederfrequenz, ist es kaum möglich und auch nicht notwendig, in jedem Punkt in alle Richtungen zu messen.

Da es nicht um eine quantitative, sondern um eine orientierende, qualitative Einschätzung der Situation geht, kann man die Antenne aus der Aufnahme auf der Stirnseite des Messgerätes entnehmen (ganz hinten anfassen) und so aus dem Handgelenk die Polarisierungsebene der Antenne (vertikal oder 45° polarisiert) verändern. Man kann aber genauso gut das ganze Messgerät mit montierter Antenne drehen.

Da man für die orientierende Messung nicht auf das Display sehen, sondern nur auf das **Tonsignal** hören muss, kann man problemlos langsamen Schritten und unter ständigem Schwenken der Antenne bzw. des Messgerätes mit aufgesteckter Antenne in alle Himmelsrichtungen die zu untersuchenden Räume bzw. den Außenbereich abschreiten, um einen schnellen Überblick zu bekommen. Gerade in Innenräumen kann auch ein Schwenken nach oben oder unten erstaunliche Resultate zeigen.

Wie weiter oben bereits erwähnt: Es geht bei der orientierenden Messung nicht um eine exakte Aussage, sondern lediglich darum, diejenigen Zonen zu identifizieren, in denen es örtliche Spitzenwerte gibt.

Quantitative (zahlenmäßige) Messung

Wenn mit Hilfe des im vorigen Abschnittes beschriebenen Vorgehens die eigentlichen Messstellen identifiziert sind, kann die quantitativ präzise Messung beginnen.

Geräteeinstellung: „**Messbereich**“

Schaltereinstellung wie im Kapitel „Orientierende Messung“ beschrieben: Zunächst den Messbereich (Schalter „Messbereich“) auf „grob“ einstellen. Nur wenn ständig sehr kleine Werte angezeigt werden, in den Messbereich „mittel“ oder ggf. sogar in den Messbereich „fein“ umschalten. Grundsatz für die Wahl des Messbereichs: So grob wie nötig, so fein wie möglich.

Zu beachten:

Um möglichst große Leistungsflussdichten noch ohne Dämpfungsglied darstellen zu können entspricht der „Sprung“ von „mittel“ nach „grob“ einem Faktor 100, d.h. beispielsweise ein Messwert im Bereich „mittel“ von 150.0 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ entspricht theoretisch 0.15 mW/m^2 im „groben“ Bereich. Aus technischen Gründen muss im Grenzbereich zwischen diesen beiden Messbereichen aber mit relativ großen Toleranzen gerechnet werden.⁴

⁴ Der Bereich von wenigen hundert $\mu\text{W}/\text{m}^2$, angezeigt als 0.01 bis ca. 0.30 mW/m^2 im „groben“ Messbereich, ist der Bereich der größten Toleranzen dieses Messbereichs. Andererseits wird in der Schalterstellung „mittel“ (und „fein“) eine zusätzliche Verstärkerstufe zugeschaltet, welche im Vergleich zur Schalterstellung „grob“ eine zusätzliche „Welligkeit“ über die Frequenz in Höhe von ca. +/- 1 dB mit sich bringt.

Beide Faktoren zusammen können beim Umschalten zwischen „grob“ und „mittel“ annähernd die maximale

Faustregeln zur Messwertinterpretation:

Wenn in den beiden Messbereichen „grob“ und „mittel“ unterschiedliche Werte angezeigt werden, so sollte jeweils der größere davon zur Beurteilung herangezogen werden.

Displayanzeigen unter 0,05 mW/m² im *groben* Messbereich liegen im Bereich von dessen möglichen Nullpunkt-Abweichung, so dass in diesem Falle immer die Anzeige des *feineren* Bereichs verwendet werden sollte.

Bei relationalen Messung, d.h. vergleichenden Messungen (z.B. „vorher – nachher“) sollte man möglichst im selben Messbereich bleiben.

Wenn das Messgerät auch im Messbereich „grob“ übersteuert (Anzeige „1“ links im Display), können Sie das Messgerät um den Faktor 100 unempfindlicher machen, indem Sie das als Zubehör erhältliche **Dämpfungsglied** DG20_G3 einsetzen. Die Pegelanpassung der Displayanzeige (d.h. Indikation der Einheit und Anzeige der richtigen Komma-stelle) erfolgt dabei über den serienmäßig im HF58B-r vorhandenen Schalter „Pegelanpassung - 20 dB“.

Erhältlich sind auch HF-Vor**verstärker** um den Faktor 10 und 1.000 als Zwischenstecker

Gerätetoleranz von +/- 3 dB ausschöpfen, d.h. es kann maximal ein Faktor 4 zwischen der Anzeige im „grob“ und im „mittleren“ Messbereich liegen.

Beispiel: Anzeige im Bereich „mittel“ 150,0µW/m². Im „grob“ Bereich könnte die Anzeige im Extremfall zwischen 0.6 und 0.03 mW/m² liegen (der exakte Sollwert wäre 0.15 mW/m²). In der Praxis ist die Toleranz allerdings ganz deutlich kleiner.

für den Antenneneingang⁵. Damit erreicht das HF58B-r eine (theoretische) minimale Auflösung von 0,00001 µW/m², angezeigt als 0,01 Nanowatt/m². Die *real* minimale Auflösung hängt von der eingestellten Videobandbreite zur NF-Verarbeitung ab und beträgt in der

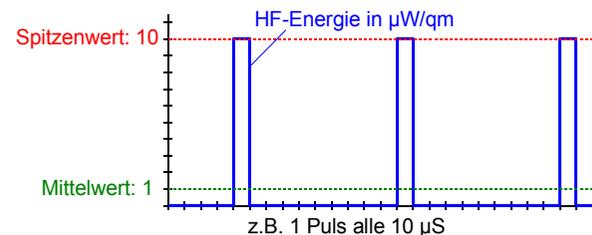
- Schalterstellung TPmax: ca. 1nW/m²
- Schalterstellung TP30kHz: ca. 0,1nW/m²

Eine **Übersichtstabelle über alle Anzeigemöglichkeiten** finden Sie auf der letzten Seite dieser Anleitung.

Geräteeinstellung:
„Signal-Bewertung“

Spitzenwert / Mittelwert

Folgendes symbolisches Beispiel zeigt anschaulich die unterschiedliche Bewertung desselben Signals in der Mittel- und Spitzenwertanzeige:



⁵ Für den „Faktor 10 Verstärker“ ist eine Pegelanpassung am Messgerät vorgesehen, für den „Faktor 1000 Verstärker“ nicht, weil Sie einfach die normalen Anzeigen verwenden können, nur dass jeweils anstatt µW/m² die Einheit nW/m² zu verwenden ist (bzw. µW/m² statt mW/m²).

In der Schalterstellung „**Spitzenwert**“ zeigt das Gerät die volle **Leistungsflussdichte** des Pulses an (im Beispiel also 10 µW/m²). In der Schalterstellung „**Mittelwert**“ wird die Leistungsflussdichte des Pulses über die gesamte Periodendauer gemittelt. Angezeigt wird also 1 µW/m² (= ((1 x 10) + (9 x 0)) / 10).

Der in der Schalterstellung „Spitzenwert“ ermittelte Messwert der HF-Analyser von Gigahertz Solutions wird in der Baubiologie oft plastisch als „Mittelwert des Spitzenwertes“ umschrieben und entspricht somit genau der geforderten Messwertdarstellung.

Trotzdem ist auch die Kenntnis des „echten“ Mittelwertes eine nützliche Information⁶:

- Die „offiziellen“ Grenzwerte basieren auf einer Mittelwertbetrachtung. Zur Einschätzung „offizieller“ Messergebnisse, z.B. auch durch Mobilfunkbetreiber, ist also eine Vergleichsmöglichkeit nützlich.
- Verschiedene Funkdienste zeigen unterschiedliche Verhältnisse von Mittel- zu Spitzenwerten. Dieses Verhältnis kann bei einer DECT-Basisstation 1 : 100 erreichen. Beim GSM-Mobilfunk sind Verhältnisse zwischen 1 : 1 und 1 : 8 theoretisch denkbar (in der Praxis ist die Bandbreite der Möglichkeiten im Falle von GSM kleiner).
- Auch Rückschlüsse auf die Auslastung von Mobilfunk-Basisstationen sind prinzipiell

⁶ Wichtiger Hinweis für die Benutzer von Messgeräten anderer Hersteller: Die o.g. Rückschlüsse sind nur möglich bei einer echten Mittelwertaufzeichnung. Sie sind nicht gültig, wenn anstelle des Mittelwertes nur der Momentanwert des modulierten HF-Signals angezeigt wird, was bei den meisten Geräten auf dem Markt der Fall ist, auch wenn lt. Spezifikation der Mittelwert angezeigt wird.

denkbar, jedoch sind hierzu noch weitere Analysen und Überlegungen nötig. Diese werden wir, sobald sie vorliegen, in spätere Revisionen dieser Anleitung einarbeiten (siehe www.gigahertz-solutions.de).

Hinweis für Benutzer von professionellen Spektrumanalysatoren:

- Die HF-Analyser von Gigahertz Solutions zeigen für gepulste Strahlung in der Schalterstellung „Spitzenwert“ denjenigen Wert auf dem Display an, welcher sich aus dem mit der „Max Peak“ - Funktion eines modernen Spektrumanalysators als äquivalenter Wert in $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ergibt (bei älteren Spektrumanalysatoren hieß die am ehesten vergleichbare Funktion meist „positive peak“ oder ähnlich).
- Die Schalterstellung „Mittelwert“ entspricht der „true RMS“ – Einstellung eines modernen Spektrumanalysators (bei älteren Spektrumanalysatoren arbeitet man meist mit der Funktion „normal detect“ o.ä. und einer der Pulsung sinnvoll angepassten Einstellung der Videobandbreite).

Spitze halten

In der Praxis wird sehr häufig mit dieser Funktion gearbeitet. Dazu den Schalter „Signal-Bewertung“ auf „Spitze halten“ einstellen. Dann mit dem Taster „Spitzenwert löschen“ eventuelle „Pseudospitzen“ durch den Umschaltimpuls löschen. Bei gedrücktem Schalter „Spitzenwert löschen“ geht die Messung in eine reine Spitzenwertmessung über. Mit dem Loslassen des Tasters der Beginn des Zeitraumes festlegen, in welchem der höchste Messwert ermittelt werden soll. Durch erneutes Drücken des Tasters „Spitzenwert löschen“ (ein bis zwei Sekunden gedrückt halten) beginnt der Zeitraum für die Spitzenwertermittlung von Neuem (im Moment des Loslassens.)

Die Funktion „Spitze halten“ ist in der Praxis von großem Nutzen, da, wie weiter unten noch genauer ausgeführt werden wird, der Spitzenwert derjenige ist, der für die Beurteilung der Situation herangezogen wird. Da aber in der Praxis die Messwerte oft über die Zeit, die Einstrahlrichtung, die Polarisierung und die konkrete Messstelle stark schwanken, kann man bei der reinen Spitzenwertbetrachtung, die an sich auch der relevanten Größe entspricht, leicht einzelne Spitzen übersehen. Mit der Funktion „Spitze halten“ kann man mit dem weiter unten unter der Überschrift „Eigentliche Messung“ beschriebenen Vorgehen einfach und schnell den echten Spitzenwert „einsammeln“.

Das Tonsignal ist unabhängig von der Funktion „Spitzenwert halten“ proportional zur aktuell gemessenen Leistungsflussdichte. Dies erleichtert das Auffinden der Stellen, Einstrahlrichtungen und Polarisierungsebenen, an denen Maxima erreicht werden, wobei dennoch deren Maximum gespeichert bleibt.

Die Geschwindigkeit, mit der die „Spitze halten“-Funktion „zurückläuft“, kann mit dem Schalter „kurz“ und „lang“ eingestellt werden. Auch nach Minuten ist der Wert, trotz des langsamen „Rücklaufs“ noch innerhalb der spezifizierten Toleranz. Dennoch sollte man mit dem Ablesen nicht zu lange warten um einen möglichst genauen Wert zu erhalten. Bei sehr hohen, extrem kurzen Spitzen braucht die Haltekapazität der Funktion „Spitze halten“ einige Augenblicke (unter einer Sekunde) bis sie voll geladen ist. Zum Umschalten ggf. einen Kugelschreiber o.ä. verwenden.

Mit dem optional erhältlichen Digitalmodul wird der volle Spitzenwert ohne jede Verzö-

gerung sofort angezeigt und auf Wunsch beliebig lang beim vollen Pegel gehalten.

Geräteeinstellung:
„NF-Verarbeitung / Videobandbreite“

Begriffserklärung:

Die eigentliche Hochfrequenzverarbeitung macht nur einen kleinen Teil eines Hochfrequenzmessgerätes aus. Ausgangsprodukt dieses HF-Teils ist ein der Leistungsflussdichte proportionales Signal mit der Modulations- bzw. Pulsfrequenz des HF-Trägersignals, also im weitesten Sinne ein niederfrequentes Signal.

Die sogenannte „Videobandbreite“ beschreibt nun, innerhalb welcher Frequenzgrenzen dieses Signal liegen darf um noch verzerrungsfrei verstärkt zu werden. Zugleich beschreibt deren obere Frequenzgrenze, wie rasch Signaländerungen im NF-Teil des Messgerätes noch verarbeitet werden können. Im Grunde gilt also: „je mehr desto besser“ („universeller“) ist das Messgerät einsetzbar. Die nicht nur in dieser Geräteklasse herausragende 2-MHz-Videobandbreite des HF59B und des HF58B-r übertrifft sogar viele moderne Spektrumanalysen. Sie ermöglicht die verzerrungsfreie Messung auch kürzester Radarpulse im betrachteten Frequenzbereich. Neben der Radarmessung ist die hohe Videobandbreite auch Grundvoraussetzung für die qualifizierte Messung von rauschähnlichen Signalen, wie z.B. UMTS.

Allerdings hat eine hohe Videobandbreite auch einen Haken: Physikalisch zwingend steigt das „Weiße Rauschen“ eines Messgerätes mit zunehmender Videobandbreite an.

Die Zusammenhänge sind in folgender Abbildung anschaulich illustriert:



Die Videobandbreite qualifiziert also entscheidend die Möglichkeiten und Grenzen eines Hochfrequenzmessgerätes.

Dieser HF-Analyser verfügt über zwei Einstellungsmöglichkeiten zur NF-Signalverarbeitung („Videobandbreite“):

- **TPmax (Radar):** In dieser Schalterstellung beträgt die Videobandbreite volle 2 MHz. Diese Schalterstellung ist zu wählen, wenn Sie über die akustische Analyse ein Radar- oder ein UMTS-Signal identifiziert haben. Sie messen in dieser Schalterstellung nicht ausschließlich Radar- und UMTS-Signale, sondern auch diese Signale neben allen anderen Verursachern im Frequenzbereich. **Das Rauschen kann in der Schalterstellung „TPmax“ und „Messbereich: fein“ 30 bis 120 Digits betragen!** Die Videobandbreite und das damit verbundene Rauschen in dieser Schalterstellung unterliegt einer großen Toleranz (beträgt aber mindestens 2 MHz). Ein besonders hohes Rauschen ist also ein Indiz für eine besonders hohe Videobandbreite beim jeweiligen Gerät⁷.

⁷ In der Schalterstellung „Spitzenwert halten - lang“ steigt der Anzeigewert zunächst einige Sekunden oder Minuten, weil auch winzigen stochastische Spitzen registriert und dann auch gehalten werden, die in der „normalen“ Anzeige einfach „weggemittelt“ würden. Nach einer Weile stellt sich ein nur noch leicht schwankender, statistischer Gleichgewichtswert ein.

Zu beachten: Aufgrund des systemimmanent höheren Rauschens sollte man die Schalterstellung TPmax nicht als Standardeinstellung verwenden.

- **TP30kHz (Standard):** Wie der Name sagt: Eine optimale Standardeinstellung. Die Videobandbreite beträgt etwas über 30 kHz, somit werden die kürzesten kontinuierlich gepulsten Signale (DECT) noch verzerrungsfrei dargestellt. Zugleich ist das Rauschen im feinsten Messbereich signifikant geringer als in der anderen Schalterstellung.

Quantitative Messung:

Bestimmung der Gesamtbelastung

Die Antenne wird wieder auf das Messgerät aufgesteckt, da auch die Masseanordnung hinter dem Messgerät einen Einfluss auf das Messergebnis hat. Das Gerät sollte nun **am locker ausgestreckten Arm** gehalten werden, die Hand hinten am Gehäuse.

Nun wird im Bereich eines **lokalen Maximums** die Positionierung des Messgerätes verändert, um die effektive Leistungsflussdichte (also den zahlenmäßig interessanten Wert) zu ermitteln. Und zwar

- durch **Schwenken** „in alle Himmelsrichtungen“ zur Ermittlung der Haupt-Einstrahlrichtung. In Mehrfamilienhäusern ggf. auch nach oben und unten. Dabei darf man nach rechts und links aus dem Schultergelenk schwenken, für die Einstrahlung von hinten muss man sich selbst aber wieder hinter das Messgerät bringen.
- durch **Drehen** um bis zu 90° nach links oder rechts um die Messgerätelängsachse,

um die Polarisationssebene der Strahlung zu berücksichtigen

- durch Veränderung der **Messposition** (also des „Messpunktes“), um nicht zufällig genau an einem Punkt zu messen, an dem lokale Auslöschungen auftreten.

Einzelne Messgeräteanbieter verbreiten die Meinung, dass die effektive Leistungsflussdichte durch Messung in drei Achsen und Bildung der resultierenden gebildet werden sollten. Das ist bei Verwendung von logarithmisch-periodischen Antennen Unfug. Umso mehr übrigens auch bei Stab- oder Teleskopantennen.

Allgemein anerkannt ist die Auffassung, den höchsten Wert aus der Richtung des stärksten Feldeinfalls zum Grenzwertvergleich heranzuziehen.

Im Einzelfall, wenn z.B. von einer DECT-Telefonanlage im Haushalt eine ähnlich hohe Belastung ausgeht, wie von einem Mobilfunkmast außerhalb des Hauses, könnte es sinnvoll sein, zunächst den Wert „von außen“ bei ausgeschalteter DECT-Anlage zu ermitteln, dann denjenigen von der DECT-Anlage und für den Vergleich dann die Summe aus beiden Werten heranzuziehen. Ein offiziell definiertes Vorgehen gibt es derzeit nicht, da nach Auffassung der nationalen Normungsinstitutionen, wie bereits weiter oben ausgeführt, ohnehin eine quantitativ zuverlässige, gerichtete und reproduzierbare Messung nur unter „Freifeldbedingungen“ möglich ist.

Um beim Grenzwertvergleich ganz sicher zu gehen, können Sie den angezeigten Wert mit dem Faktor 3 multiplizieren und das Ergebnis

als Basis für den Vergleich heranziehen. Diese Maßnahme wird von vielen Baubiologen ergriffen, um auch in dem Fall, dass das Messgerät die spezifizierte Toleranz nach unten vollständig ausnutzt, keinesfalls von einer niedrigeren Belastung ausgegangen wird, als real vorliegt. Man muss dabei allerdings wissen, dass bei einer eventuellen Ausnutzung der Toleranz nach oben ein deutlich zu hoher Wert errechnet wird.

Dieser Faktor für die Messunsicherheit erscheint auf den ersten Blick sehr hoch, relativiert sich jedoch vor dem Hintergrund, dass sogar bei professionellen Spektrumanalysen von einem Faktor 2 ausgegangen wird.

Das Verhältnis zwischen minimaler und maximaler Auslastung einer Mobilfunk-Basisstation beträgt in der Regel 1 : 4. Da man nie genau weiß, wie stark eine Mobilfunk-Basisstation zum Zeitpunkt der Messung ausgelastet ist, kann man, um die Maximalauslastung abzuschätzen, zu einer sehr auslastungsarmen Zeit messen (sehr früh am Morgen, z.B. zwischen 3 und 5 Uhr, am Sonntagmorgen auch etwas später) und den Wert dann mit 4 multiplizieren. Wie im vorigen Absatz beschrieben, kann man auch für das „Auslastungsrisiko“ einen generellen Sicherheitszuschlag einkalkulieren, jedoch ebenfalls mit der Möglichkeit verbunden, insgesamt die Belastung unrealistisch zu hoch einzuschätzen.

Quantitative Messung:

Sonderfall UMTS

Das UMTS-Signal hat in vielerlei Hinsicht ähnliche Eigenschaften wie das „Weiße Rauschen“ und erfordert deshalb eine besondere Betrachtung. Wenn durch die akustische Analyse ein UMTS-Signal identifiziert wird,

sollte der Schalter „NF-Verarbeitung“ auf „TPmax (Radar)“ eingestellt werden. Zur Messung des UMTS-Signals wird das Messgerät ca. 1 bis 2 Minuten lang in der Hauptstrahlrichtung des UMTS-Signals gehalten. Diese Messdauer ist für eine realistische Messung sinnvoll, da aufgrund der Signalcharakteristik des UMTS-Signals Schwankungen von +/- einem Faktor 3 bis 6 innerhalb kürzester Zeit auftreten können.

Bitte beachten: Bei der UMTS-Messung macht die Schalterkombination „Mittelwert“ und „Puls“ technisch keinen Sinn.

Quantitative Messung:

Sonderfall Radar

Für die Flugzeug- und Schiffsnavigation wird von einer langsam rotierenden Sendeantenne ein eng gebündelter „Radarstrahl“ ausgesendet. Deshalb ist dieser - bei ausreichender Signalstärke - nur alle paar Sekunden für Bruchteile von Sekunden messbar, was zu einer besonderen Messsituation führt.

Um ganz sicher zu gehen, ist bei akustischer Identifikation eines Radarsignals (ein kurzes „piep“, das sich im Extremfall nur alle etwa 12 Sekunden wiederholt, durch Reflexionen evtl. häufiger) folgendes Vorgehen anzuraten:

Schalter „NF-Verarbeitung“ auf TPmax (Radar) einstellen. Schalter „Signal-Bewertung“ auf „Spitzenwert“ einstellen. In dieser Schalterstellung die Haupteinstrahlrichtung identifizieren. Der Radarpuls ist jeweils so kurz, dass nur sehr kurz ein eher stochastischer Messwert angezeigt wird.

Schalter „Signal-Bewertung“ auf „Spitze halten - lang“ einstellen und mehrere Durchläufe

des Radarsignals bei geringfügig veränderte Messgeräteposition aufnehmen um den quantitativ richtigen Messwert aufzunehmen.

Das genaue Orten der Strahlungsquelle mit einer LogPer-Antenne ist aufgrund der langen Zwischenzeiten zwischen den einzelnen Radarpulsen relativ zeitaufwändig.

Bitte beachten Sie, dass es auch Radarsysteme gibt, die mit noch höheren Frequenzen betrieben werden, als sie mit diesem Gerät gemessen werden können.

Quantitative Messung:

Identifikation der HF-Einfallstellen

Zunächst sind - naheliegend - Quellen im selben Raum zu eliminieren (DECT-Telefon, o.ä.). Die danach verbliebene HF-Strahlung muss also von außen kommen. Für die Festlegung von Abschirmmaßnahmen ist es wichtig, diejenigen Bereiche von Wänden (mit Türen, Fenstern, Fensterrahmen), Decke und Fußboden zu identifizieren, durch welche die HF-Strahlung eindringt. Hierzu sollte man nicht mitten im Raum stehend rundherum messen, sondern nahe an der gesamten Wand- / Decken- / Bodenfläche nach außen gerichtet messen⁸, um genau die durchlässigen Stellen einzugrenzen. Denn neben der bei hohen Frequenzen zunehmend eingeschränkten Peilcharakteristik von LogPer-Antennen machen in Innenräumen kaum vorhersagbare Überhöhungen und Auslöschungen eine genaue Peilung von der Raummitte aus schwierig, wenn nicht gar unmöglich. Die

⁸ Zu beachten: In dieser Position ist nur ein *relationaler* Messwertvergleich möglich!

Vorgehensrichtlinie illustriert die folgende Skizze.

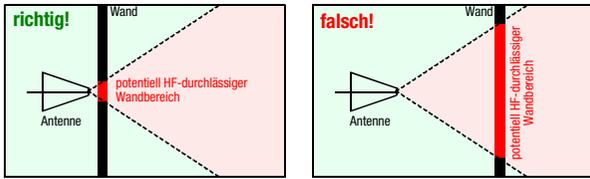


Abbildung: Illustrationsskizze zur Ortungsunsicherheit bei Messantennen

Die Abschirmungsmaßnahme selbst sollte durch eine Fachkraft definiert und begleitet werden und jedenfalls großflächig über die Bereiche hinaus erfolgen.

Grenz-, Richt- u. Vorsorgewerte

Vorsorgliche Empfehlungen
für Schlafplätze bei gepulster Strahlung:

Unter 0,1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

(Standard der baubiologischen Messtechnik SBM 2003: „Keine Anomalie“)

unter 1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ („für Innenräume“)
(Landessanitätsdirektion Salzburg)

Die „offiziellen“ Grenzwerte in Deutschland liegen sehr weit über den Empfehlungen von Umweltmedizinern, Baubiologen, vielen wissenschaftlich arbeitenden Institutionen und auch denen anderer Länder. Sie befinden sich deshalb zwar in heftiger Kritik, gelten aber als Grundlage für Genehmigungsverfahren etc. Der Grenzwert ist frequenzabhängig und beträgt im betrachteten Frequenzbereiche etwa 4 bis 10 Watt pro Quadratmeter ($1\text{W}/\text{m}^2 = 1.000.000\mu\text{W}/\text{m}^2$) und basiert auf einer –aus baubiologischer Sicht verharmlo-

senden - Mittelwertbetrachtung der Belastung. Derselbe Kritikpunkt betrifft auch die offiziellen Grenzwerte anderer Länder und der ICNIRP (International Commission on Non-ionizing Radiation Protection) und vernachlässigt - wie diese - die sogenannten nicht-thermischen Wirkungen. Dies wird in einem Kommentar des schweizerischen Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft vom 23.12.1999 sozusagen „von offizieller Seite“ erläutert. Diese Werte liegen weit über dem Messbereich dieses Gerätes, da es darauf hin optimiert ist, insbesondere die Messwerte im Bereich baubiologischer Empfehlungen möglichst genau darzustellen.

Der „Standard der baubiologischen Messtechnik“, kurz SBM 2003 unterscheidet die folgenden Stufen:

Baubiologische Richtwerte gem. SMB-2003

© Baubiologie Maes / IBN

Angaben in $\mu\text{W}/\text{m}^2$	keine Anomalie	schwache Anomalie	starke Anomalie	extreme Anomalie
gepulst	< 0,1	0,1 - 5	5 - 100	> 100
ungepulst	< 1	1 - 50	50 - 1000	> 1000

Der "Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V." (BUND) schlägt einen Grenzwert von 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ im Außenbereich vor, woraus angesichts üblicher Abschirmwirkungen von Baustoffen (außer Trockenbaumaterialien) für den Innenbereich resultiert, dass hier deutlich geringere Werte angestrebt werden sollten.

Im Februar 2002 wurde von der Landessanitätsdirektion Salzburg aufgrund von "empirischen Erkenntnissen der letzten Jahre" eine Senkung des geltenden „Salzburger Vorsorgewertes“ von 1.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ vorgeschlagen,

nämlich für Innenräume ein Wert von 1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ und im Freien ein Höchstwert von 10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$.

Das ECOLOG-Institut in Hannover gibt nur eine Empfehlung für den Außenbereich ab, nämlich 10.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. Dieser Wert liegt deutlich höher als die Empfehlungen der Baubiologie und stellt eine Kompromissformel des Instituts mit dem Ziel dar, auch in der Industrie Akzeptanz zu finden und eine Chance auf Niederschlag in der Festlegung öffentlicher Grenzwerte zu finden. Einschränkung wird von den Autoren festgestellt,

- dass dieser Wert für maximal mögliche Emissionen von verursachenden Sendeanlagen ausgeht. Reale Messwerte sollten also deutlich kritischer bewertet werden, da die reale Auslastung der Sendeanlagen in der Regel nicht bekannt ist,

- dass von einer einzelnen Sendeanlage nicht mehr als ein Drittel dieses Wertes ausgehen sollte,

- dass auch umfangreiche Erfahrungen und Erkenntnisse einzelner Umweltmediziner und Baubiologen über die negative Wirkung deutlich geringerer Belastungen nicht bei der Grenzwertfestlegung berücksichtigt werden konnten, weil keine hinreichende Dokumentation dieser Ergebnisse vorhanden ist. Die Autoren schließen: „Eine wissenschaftliche Überprüfung dieser Hinweise ist dringend erforderlich.“

- dass nicht alle in der Literaturoswertung aufgeführten Effekte [...] auf zellulärer Ebene berücksichtigt werden konnten, da deren Schadenspotenzial noch nicht sicher abgeschätzt werden kann.

In Summe also eine Bestätigung von deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten liegenden Vorsorgewerten.

Hinweis für Handybesitzer:

Ein problemloser Handy-Empfang ist auch noch bei deutlich geringeren Leistungsflusdichten als dem strengen Richtwert des SBM für gepulste Strahlung möglich, nämlich Werten um $0,01 \mu\text{W}/\text{m}^2$.

Audio-Frequenzanalyse

Innerhalb des betrachteten Frequenzbandes von 800 MHz bis 2,5 GHz werden vielerlei Frequenzen für unterschiedliche Dienste genutzt. Zur **Identifizierung der Verursacher** von HF-Strahlung dient die Audioanalyse des amplitudenmodulierten Signalanteils.

Wichtig: Für die Audioanalyse sollte der kleine Schalter rechts neben dem Display „Signalanteil“ auf „Puls“ geschaltet sein. Falls auch ungepulste Anteile im Signal sind, erschwert nämlich deren akustische „Markierung“ (16 Hz „Knattern“) die Audioanalyse. Näheres im nächsten Kapitel.

Vorgehen:

Zunächst die Lautstärke am Drehknopf für die Audioanalyse rechts oben auf der Geräteoberseite ganz nach links („-“) drehen, da es beim Umschalten während eines sehr hohen Feldstärkepegels plötzlich sehr laut werden kann. Der Drehknopf ist nicht festgeklebt um ein Überdrehen des Potis zu vermeiden. Sollten Sie versehentlich über den Anschlag hinausdrehen, so können Sie durch Drehen

über den Anschlag in der anderen Richtung den Versatz wieder ausgleichen.

„Betrieb“-Schalter auf  stellen.

Geräusche sind schriftlich sehr schwer zu beschreiben. Am einfachsten ist es, sehr nahe an bekannte Quellen heranzugehen und sich das Geräusch anzuhören. Ohne detailliertere Kenntnisse kann man leicht das **charakteristische Tonsignal** der folgenden Verursacher ermitteln: DECT-Telefon (Basisstation und Mobilteil) und Mobiltelefon (Handy), jeweils unterschieden zwischen „während des Gesprächs“, im „Standby-Modus“ und, insbesondere beim Handy, dem „Einloggen“. Auch die charakteristischen Audiosignale eines Mobilfunksenders lassen sich so ermitteln. Dabei sollte man zu Vergleichszwecken eine Messung während der Hauptbelastungszeit und irgendwann nachts machen, um die unterschiedlichen Geräusche kennen zu lernen.

Mit dem „Lautstärke“-Drehknopf kann während der Messung die Lautstärke so reguliert werden, dass das charakteristische Tonsignal gut zu identifizieren ist. Nach der Audioanalyse sollte die Lautstärke dann wieder ganz heruntergeregelt werden, da dieser viel Strom verbraucht.

Die Audioanalyse lässt sich mit den variablen Frequenzfiltern VF2 oder VF4 aus unserem Hause nochmals deutlich vereinfachen und präzisieren, indem damit einzelne Frequenzen ausgeblendet werden können und so auch kleinere Signalanteile anderer Verursacher deutlich unterscheidbar werden.

Eine CD mit einer Vielzahl von Klangbeispielen unterschiedlicher modulierter Signale (u.a. die der neuen Technologien UMTS und WLAN/Bluetooth) ist von Herrn Dr. Ing. Mar-

tin H. Virnich, Baubiologe aus Mönchengladbach, in Arbeit und wird, sobald sie verfügbar ist, im Programm von Gigahertz Solutions erhältlich sein. Voraussichtlich in 2006.

Einen link zu einigen typischen Klangbeispielen finden Sie als MP3-Audiodateien auf unserer homepage (www.gigahertz-solutions.de).

Zur „akustischen Markierung“ von ungepulsten Signalen mehr im nächsten Abschnitt.

Analyse des modulierten / gepulsten Signalanteils („Voll“/„Puls“)

Aufgrund der um den Faktor 10 niedrigeren Grenzwerte für gepulste Strahlung (gemäß SBM 2003) kommt dieser Unterscheidung größte Bedeutung zu, da ohne sie nicht klar ist, auf welchen Anteil des Messwertes der höhere und auf welchen der niedrigere Grenzwert anzuwenden ist.

Eine quantitative Unterscheidungsmöglichkeit wurde in den HF-Analysern von Gigahertz Solutions erstmalig in Breitbandmessgeräten dieser Preisklasse realisiert. Dies ist ein großer Vorteil gegenüber teuren Spektrumanalysatoren, bei denen diese Unterscheidung vergleichsweise aufwändig ist.

Der kleine Schalter rechts des Displays ermöglicht die oben beschriebene, quantitative Unterscheidung zwischen dem Gesamtsignal und dem gepulsten bzw. modulierten Anteil.

In der Schalterstellung „Voll“ wird die gesamte Leistungsflussdichte aller Signale im betrachteten Frequenzbereich dargestellt, in der Schalterstellung „Puls“ nur der amplitudenmodulierte Anteil. Im Falle von GSM- (Mobilfunk-), DECT-, Radar- und WLAN / Bluetooth- und anderen digital gepulsten Signalen können die Werte in beiden Schalterstellungen ähnlich hoch sein (im Rahmen der Toleranzen), da es sich um ein rein amplituden-(speziell: puls-) modulierte Signale ohne Trägeranteil handelt. Durch Überlagerungen und Hintergrundstrahlung ergibt sich jedoch häufig zumindest ein kleiner Unterschied.

„Markierung“ von Gleichsignalen

Ungepulste Signale können bei der Audioanalyse systemimmanent nicht hörbar gemacht werden, sind also leicht zu übersehen. Deshalb werden etwaige ungepulste Signalanteile mit einem gleichmäßigen Knatterton „markiert“, welcher in der Lautstärke proportional zum Anteil am Gesamtsignal ist. Die „Markierung“ hat eine Grundfrequenz von 16 Hz und ist als Hörprobe (MP3-File) auf unserer homepage downloadbar.

Logischerweise wird diese Markierung nur in der Signalbewertungs-Schalterstellung „Voll“ angezeigt, da es gerade die generische Eigenschaft der Schalterstellung „Puls“ ist, den ungepulsten (also mit dem Knattern markierten) Anteil nicht zu berücksichtigen.

Hinweis zur Schalterstellung „Puls“:

Bei der Einstellung „Puls“ kann unter Laborbedingungen ein Signal erzeugt werden, welches eine zusätzliche Abweichung vom Istwert in Höhe von maximal -3 dB verursacht. In der Praxis jedoch treten z.B. bei DECT- und GSM-Signalen nur minimale zusätzliche Toleranzen auf.

Benutzung der Signalausgänge

Der AC-Ausgang „PC/Kopfhörer“ (3,5mm Klinkenbuchse) dient zur weitergehenden Analyse des amplitudenmodulierten / gepulsten Signalanteils z.B. über Kopfhörer oder eine PC-Audiokarte mit entsprechender Software.

Der DC-Ausgang (2,5mm Klinkenbuchse) dient zur (Langzeit-) Aufzeichnung der Displayanzeige oder zum Anschluss einer exter-

nen Displayeinheit (im Lieferprogramm; siehe Kontaktadresse am Ende dieser Anleitung).

Bei „Vollausschlag“ auf dem Display liegt hier ein Volt DC an.

Die reguläre Funktion Auto-Power-Off wird mit dem Einstecken des Steckers automatisch deaktiviert. Die Funktion tritt – ebenso automatisch – nur dann wieder in Kraft, wenn durch weiteren Betrieb eine Tiefentladung droht.

Weiterführende Analysen

Zur Erweiterung der Messbereiche nach unten und oben sind für dieses Gerät entsprechende Vorsatzverstärker und -dämpfer erhältlich (siehe Kapitel „Quantitative Messung“)

Weiterhin gibt es ein externes variables Frequenzfilter („Bandsperrfilter“ oder „Trap“) zur quantitativen Unterscheidung der Strahlungsquellen. Lieferbar sind zwei Varianten: Das VF2 mit 20 dB Sperrtiefe und das VF4 mit 40 dB Sperrtiefe

In Vorbereitung sind für dieses Gerät:

1. Ein digitales, internes Erweiterungsmodul u.a. zur Anzeige in anderen Einheiten (z.B. V/m, zur Erweiterung des Messbereichs auf 49990 statt 19990.
2. Ein digitales, internes Erweiterungsmodul zur Aufzeichnung von einzelnen Messwerten oder zur Langzeitaufzeichnung von Messreihen („Datenlogger“). Inklusive Auswertungssoftware für den PC.

Messgeräte für niedrigere (Hoch-)frequenzen

Zur Messung von Frequenzen ab 27 MHz (u.a. CB-Funk, analoges und digitales Fernsehen und Radio, TETRA etc.) sind die Geräte HFE35C und HFE59B erhältlich.

Messgerät für Frequenzen bis 6 GHz

Für die Analyse noch höherer Frequenzen (bis ca. 6 GHz, also WLAN, WIMAX sowie einige Richtfunk- und Flugradar-Frequenzen) ist ein neues Breitbandmessgerät in Vorbereitung (Anfang 2006).

Messgeräte für die Niederfrequenz

Auch im Bereich der Niederfrequenz (Bahn- und Netzstrom inkl. künstlichen Oberwellen) fertigen wir eine breite Palette preiswerter Messtechnik professionellen Standards.

Bitte wenden Sie sich bei Interesse an uns. Kontaktinformationen finden Sie am Ende dieser Anleitung.

Akkumanagement

Das Gerät ist **ab Werk** mit einem hochwertigen **NiMH-Akkupack** ausgestattet. Dieses erreicht seine volle Kapazität erst nach einer „Konditionierung“.

Zur **Akkukonditionierung** gehen Sie bitte folgendermaßen vor:

1. Stecken Sie den mitgelieferten Klinkenstecker in den DC-Ausgang (dies deaktiviert die reguläre Auto-Power-Off-Funktion). Schalten Sie das Gerät ein und lassen Sie es an, bis es sich ausschaltet (dies erfolgt automatisch kurz bevor der Akku ungewollt tiefentladen wird).
2. Schalten Sie das Gerät aus und schließen Sie nun das Netzteil an (die grüne Leuchtdiode „Laden“ leuchtet. Nach einer Ladedauer von etwa 10 bis 13 Stunden wird die Ladung automatisch beendet (die grüne Leuchtdiode erlischt).
3. Wiederholen Sie diesen Zyklus noch ein- oder zweimal und dann idealerweise alle ein- bis zwei Monate nochmals.

Der Akku wird es Ihnen danken! Ohne diese Maßnahme erreicht der Akku bei weitem nicht die spezifizierte Kapazität und altert schneller. Kleiner Tipp am Rande: Das gilt übrigens für alle Akkus, auch diejenigen, die Sie sonst so im Einsatz haben (elektrische Zahnbürste etc.)

Das reguläre **Laden** erfolgt analog zu obigem Punkt 2.

Akkuwechsel

Das Akkufach befindet sich auf der Geräteunterseite. Zum Öffnen im Bereich des gerill-

ten Pfeils fest eindrücken und den Deckel zur unteren Stirnseite des Geräts hin abziehen. Durch den eingelegten Schaumstoff drückt der Akku gegen den Deckel, damit er nicht klappert. Das Zurückschieben muss also gegen einen gewissen Widerstand erfolgen.

Auto-Power-Off

Diese Funktion dient zur Verlängerung der realen Nutzungsdauer.

1. Wird vergessen, das Messgerät auszuschalten oder wird es beim Transport versehentlich eingeschaltet, so schaltet es sich nach einer Betriebsdauer von durchgehend ca. 40 Minuten automatisch ab.
2. Erscheint in der Mitte des Displays ein senkrecht „LOW BATT“ zwischen den Ziffern, so wird das Messgerät bereits nach etwa 3 Minuten abgeschaltet, um Messungen unter unzuverlässigen Bedingungen zu verhindern und daran zu erinnern, den Akku möglichst bald nach zu laden.
3. Die reguläre Funktion Auto-Power-Off wird mit dem Einstecken des Steckers automatisch deaktiviert. Die Funktion tritt – ebenso automatisch – nur dann wieder in Kraft, wenn durch weiteren Betrieb eine Tiefentladung droht.

Netzbetrieb

Der HF-Analyser lässt sich auch direkt über das Netzteil mit Strom versorgen (z.B. für Langzeitmessungen). Der Lautstärkeregler sollte dabei aber ganz auf „-“ gestellt werden, weil sonst das 50 Hertz-Brummen der Netzspannung zu hören ist.

Fachgerechte Abschirmung ist eine zuverlässige Abhilfemaßnahme

Physikalisch nachweisbar wirksam sind fachgerecht ausgeführte Abschirmungen. Dabei gibt es eine große Vielfalt von Möglichkeiten. Eine individuell angepasste Abschirmung ist in jedem Falle empfehlenswert.

Ein breites Sortiment an hochwertigen baubiologischen Abschirmmaterialien (Farben, Tapeten, Vliese, Gewebe, Gewirke, Folien etc.) führt die Firma Biologa, einer der Pioniere auf dem Gebiet der Abschirmung schon seit den Anfängen der Baubiologie. Hier bekommen Sie fachkundige Beratung und detaillierte Informationen.

Die Schirmdämpfung unterschiedlicher Abschirmmaterialien wird in der Regel in „-dB“ angegeben, z.B. „-20dB“.

Umrechnung Schirmdämpfung in Reduktion der Leistungsflussdichte:

„-10dB“ entspricht „Messwert durch 10“
“-15dB“ entspricht „Messwert durch ~30“
“-20dB“ entspricht „Messwert durch 100“
“-25dB“ entspricht „Messwert durch ~300“
“-30dB“ entspricht „Messwert durch 1000“
usw.

Bitte beachten Sie die Herstellerhinweise zu real *in der Praxis* erreichbaren Dämpfungswerten, die bei Teilschirmungen meist deutlich unter den Werten liegen, die mit einer Vollschirmung zu erreichen sind. Teilschirmungen sollten insofern immer möglichst großflächig angelegt sein.

Zusammen mit der Firma Biologa, mit der wir in Sachen Abschirmung / Schutzlösungen kooperieren, bieten wir **Produktschulungen und Seminare** zum Thema „Hoch- & Niederfrequenz – Messtechnik & Schutzlösungen“.

Für Informationen zu Terminen und Veranstaltungsorten nutzen Sie bitte die Kontaktmöglichkeiten weiter am Ende der Anleitung.

Eine umfangreiche Studie über die Abschirmwirkung verschiedener Materialien können Sie über die website von Herrn Dr. Dietrich Moldan bestellen.

(www.drmoldan.de)

Eine sehr informative Seite zum Thema Elektromog der Hoch- und Niederfrequenz und dessen Vermeidung finden Sie unter www.ohne-elektromog-wohnen.de

Garantie

Auf das Messgerät, die Antenne und das Zubehör gewähren wir zwei Jahre Garantie auf Funktions- und Verarbeitungsmängel. Danach gilt eine großzügige Kulanzregelung.

Antenne

Auch wenn die Antenne filigran wirkt, so ist das verwendete FR4-Basismaterial dennoch hochstabil und übersteht problemlos einen Sturz von der Tischkante. Als zusätzliche Sicherheit dienen die Leuchtdioden an der Antennenspitze, welche im eingeschalteten Zustand die durchgängige Kontaktierung aller Antennenelemente signalisieren. Im Falle eines mechanischen Schadens verlöscht eine oder beide LEDs. Die Garantie umfasst auch solche Sturzschäden, sollte doch einmal einer auftreten.

Messgerät

Das Messgerät selbst ist ausdrücklich nicht sturzsicher: Aufgrund des schweren Akkupacks und der großen Zahl bedrahteter Bauteile können Schäden in diesem Falle nicht ausgeschlossen werden. Sturzschäden sind daher durch die Garantie nicht abgedeckt.

Kontakt- und Serviceadresse:

Gigahertz Solutions GmbH
Am Galgenberg 12
90579 Langenzenn
Deutschland

Telefon 09101 9093-0
Telefax 09101 9093-23

www.gigahertz-solutions.de
info@gigahertz-solutions.de

Messbereiche HF58B-r

Messbereich	Balken im LCD	Auslieferungszustand, d.h. ohne Vorverstärker oder Dämpfungsglied ("Pegelanpassung" auf "keine; 0 dB") Anzeigewert u. -einheit
grob	█	0.01 - 19.99 mW/m²
mittel	█	00.1 - 199.9 µW/m²
fein	█	0.01 - 19.99 µW/m²
einfach ablesen - kein Korrekturfaktor		

Messbereich	Balken im LCD	Mit ext. Dämpfungsglied DG20, ("Pegelanpassung" auf "Dämpfer -20dB") Anzeigewert u. -einheit
grob	█	1 - 1999 mW/m²
mittel	█	0.01 - 19.99 mW/m²
fein	█	.001 - 1.999 mW/m²
einfach ablesen - kein Korrekturfaktor		

Messbereich	Balken im LCD	Mit externem Verstärker HV10, ("Pegelanpassung" auf "Verstärker +10dB") Anzeigewert u. -einheit
grob	█	00.1 - 1999 µW/m²
mittel	█	0.01 - 19.99 µW/m²
fein	█	.001 - 1.999 µW/m²
einfach ablesen - kein Korrekturfaktor		

Messbereich	Balken im LCD	Mit externem Verstärker HV30, ("Pegelanpassung" auf "keine; 0 dB") Anzeigewert u. -einheit	Ist-Einheit
grob	█	0.01 - 19.99 mW/m²	µW/m²
mittel	█	00.1 - 199.9 µW/m²	nW/m²
fein	█	0.01 - 19.99 µW/m²	nW/m²
Kommastelle bleibt - "nächst kleinere Einheit"			

Umrechnungstabelle W/m² und V/m

	nW/m²	µW/m²	mW/m²	W/m²	mV/m	V/m
	0,01	0,00001	0,000000001	0,000000000001	0,0614	0,0000614
	0,1	0,0001	0,00000001	0,0000000001	0,194	0,000194
	1	0,001	0,000001	0,000000001	0,614	0,000614
	10	0,01	0,00001	0,00000001	1,94	0,00194
	100	0,1	0,0001	0,0000001	6,14	0,00614
	1.000	1	0,001	0,000001	19,4	0,0194
	10.000	10	0,01	0,00001	61,4	0,0614
	100.000	100	0,1	0,0001	194	0,194
	1.000.000	1.000	1	0,001	614	0,614
	10.000.000	10.000	10	0,01	1.940	1,94
	100.000.000	100.000	100	0,1	6.140	6,14
	1000.000.000	1.000.000	1.000	1	19.400	19,4
	10.000.000.000	10.000.000	10.000	10	61.400	61,4

mV/m und V/m - Angaben gerundet, siehe auch Tabelle in der nächsten Spalte

Umrechnungstabelle (µW/m² zu V/m)

µW/m ²	mV/m	µW/m ²	mV/m	µW/m ²	mV/m
0,01	1,94	1,0	19,4	100	194
-	-	1,2	21,3	120	213
-	-	1,4	23,0	140	230
-	-	1,6	24,6	160	246
-	-	1,8	26,0	180	261
0,02	2,75	2,0	27,5	200	275
-	-	2,5	30,7	250	307
0,03	3,36	3,0	33,6	300	336
-	-	3,5	36,3	350	363
0,04	3,88	4,0	38,8	400	388
0,05	4,34	5,0	43,4	500	434
0,06	4,76	6,0	47,6	600	476
0,07	5,14	7,0	51,4	700	514
0,08	5,49	8,0	54,9	800	549
0,09	5,82	9,0	58,2	900	582
0,10	6,14	10,0	61,4	1000	614
0,12	6,73	12,0	67,3	1200	673
0,14	7,26	14,0	72,6	1400	726
0,16	7,77	16,0	77,7	1600	777
0,18	8,24	18,0	82,4	1800	824
0,20	8,68	20,0	86,8	2000	868
0,25	9,71	25,0	97,1	2500	971
0,30	10,6	30,0	106	3000	1063
0,35	11,5	35,0	115	3500	1149
0,40	12,3	40,0	123	4000	1228
0,50	13,7	50,0	137	5000	1373
0,60	15,0	60,0	150	6000	1504
0,70	16,2	70,0	162	7000	1624
0,80	17,4	80,0	174	8000	1737
0,90	18,4	90,0	184	9000	1842

Warum keine Spalte: „dBm“?

Grenzwerte für Hochfrequenz werden in W/m² (ggf. auch V/m) angegeben, also genau in der von diesem Messgerät angezeigten Dimension. Eine Anzeige in dBm, wie beispielsweise auf einem Spektrumanalyser, muss erst frequenz- und antennenspezifisch mittels einer komplizierten Formel in diese Einheiten umgerechnet werden, eine „Rückrechnung“ ist also unsinnig.

ME 3951A

mit F1B2H31 (Frequenzfiltermodul 16 Hz Bandpaß/50Hz Hochpaß/2kHz Hochpaß)



Technische Referenz

- Funktionsumfang
- Bedienung und Wartung
- Meßanleitung
- Feldtheorie

Bitte lesen Sie diese Bedienungsanleitung **unbedingt** vor der ersten Inbetriebnahme aufmerksam durch.
Sie gibt wichtige Hinweise für die Sicherheit, den Gebrauch und die Wartung des Geräts.

Die Feldstärkemeßgeräte der Baureihe ME 3 von GIGAHERTZ SOLUTIONS[®] setzen neue Maßstäbe in der Meßtechnik für niederfrequente Wechselfelder. Professionelle Meßtechnik wurde mit einem weltweit einmaligen Preis-Leistungsverhältnis realisiert. Möglich wurde dies durch den konsequenten Einsatz innovativer und teilweise zum Patent angemeldeter Schaltungselemente sowie modernste Fertigungsverfahren.

Das von Ihnen erworbene Gerät ermöglicht eine qualifizierte Aussage zur Belastung mit elektrischen und magnetischen Wechselfeldern gemäß den international anerkannten Richtlinien für Bildschirmarbeitsplätze (TCO / MPR) in der vollen Bandbreite von 5 Hz bis 400 KHz.

Wir danken Ihnen für das Vertrauen, daß Sie uns mit dem Kauf des ME 3951A bewiesen haben. Wir sind überzeugt, daß es Ihre Erwartungen voll erfüllen wird und wünschen Ihnen nützliche Erkenntnisse mit dem Gerät.

© beim Herausgeber: GIGAHERTZ SOLUTIONS[®] GmbH, D-90579 Langenzenn. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Broschüre darf in irgendeiner Weise ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers reproduziert oder verbreitet werden.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Sicherheitshinweise	3
Funktions- und Bedienelemente	4
Vor Inbetriebnahme /Funktionsprüfung	6
Meßanleitung	8
Akkuwechsel	16
Akkumanagement (Laden, low batt., Auto-Power-Off, Überprüfung des Ladezustandes)	18
Feldtheorie	20
Grenzwertempfehlungen, Literaturhinweise	28
Konformitätserklärung	29
Technische Daten	32

Sicherheitshinweise:

Bitte lesen Sie diese Bedienungsanleitung unbedingt vor der ersten Inbetriebnahme aufmerksam durch. Sie gibt wichtige Hinweise für die Sicherheit, den Gebrauch und die Wartung des Geräts.

Netzteil nur mit dem vorgeschriebenen, wiederaufladbaren Akku verwenden. Keinesfalls versuchen, nicht wiederaufladbare Primärbatterien (z.B. Zink-Kohle oder Alkalimangan) über die Ladebuchse aufzuladen: Explosionsgefahr!

Die für die Messung des elektrischen Feldes notwendige Erdung des Meßgeräts mit dem beigefügten Erdungskabel sollte an einem blanken Wasser-, Gas- oder Heizungsrohr durchgeführt werden. Wenn keine andere Erdungsmöglichkeit besteht, kann der Elektrofachmann behelfsweise auch am Schutzleiter der Schukosteckdose erden. In diesem Fall besteht die Gefahr von Stromschlägen, wenn die Erdungsklemme mit der stromführenden Phase in Berührung kommt.

Weder das Meßgerät noch das Netzteil in Berührung mit Wasser bringen um einen elektrischen Schlag oder die Zerstörung des Meßgerätes zu vermeiden. Vor allem das Eindringen von Wasser ins Gehäuse kann zur Zerstörung der Elektronik führen. Die Geräte nicht im Freien aufbewahren oder bei Regen benutzen. Reinigung nur von außen mit einem schwach angefeuchteten Tuch. Keine Reinigungsmittel oder Sprays verwenden.

Vor der Reinigung des Geräts oder dem Öffnen des Gehäuses ausschalten und alle mit dem Gerät verbundenen Kabel entfernen. Es befinden sich keine durch den Laien wartbaren Teile im Inneren des Gehäuses.

Aufgrund der hohen Auflösung des Meßgeräts ist die Elektronik hitze-, stoß- und berührungsempfindlich. Deshalb nicht in der prallen Sonne oder auf der Heizung o.ä. liegen lassen, nicht fallen lassen oder im geöffnetem Zustand an den Bauelementen manipulieren.

Dieses Gerät nur für die vorgesehenen Zwecke verwenden sowie nur mitgelieferte oder empfohlene Zusatzteile verwenden.

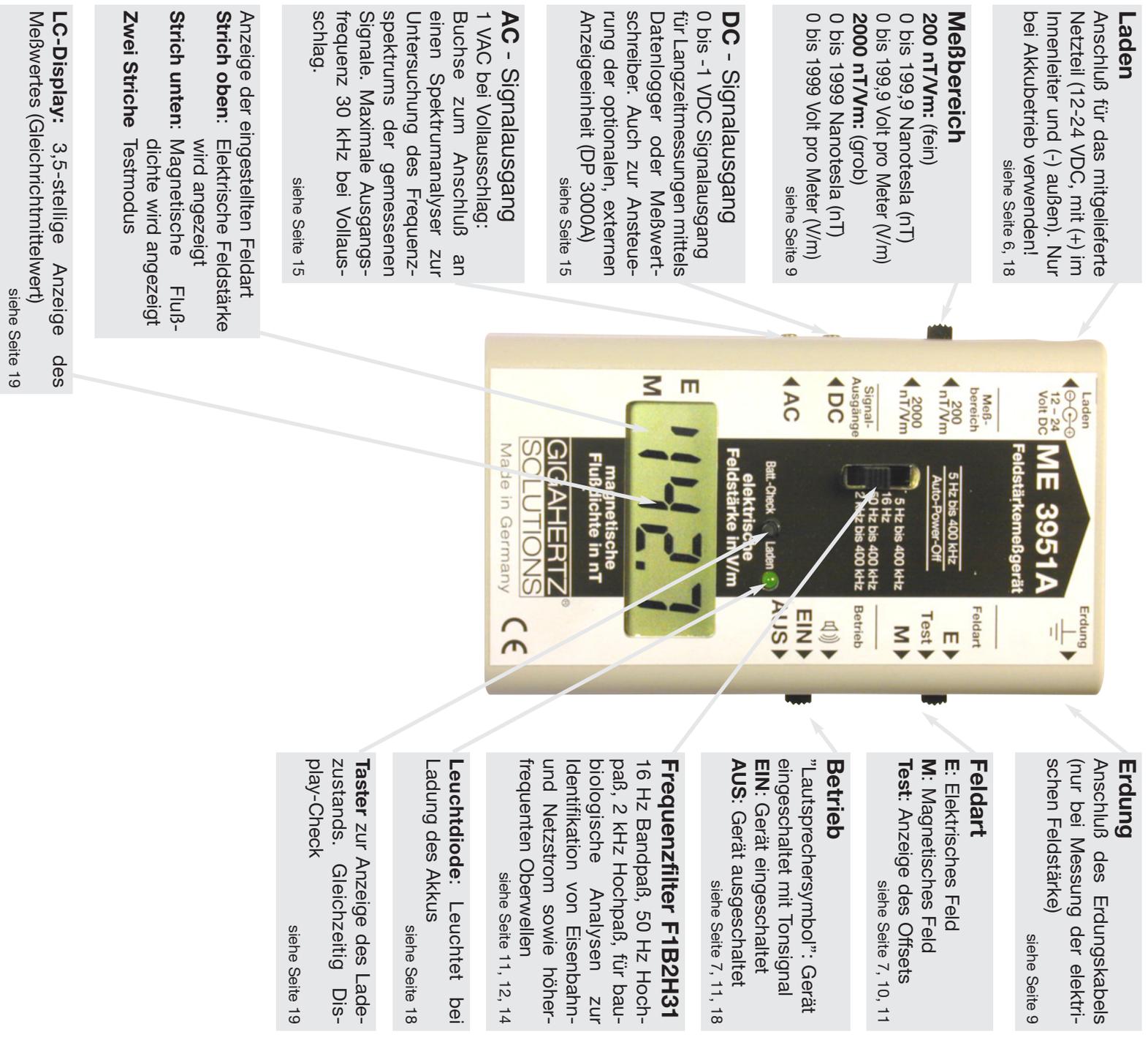


Abb. 01

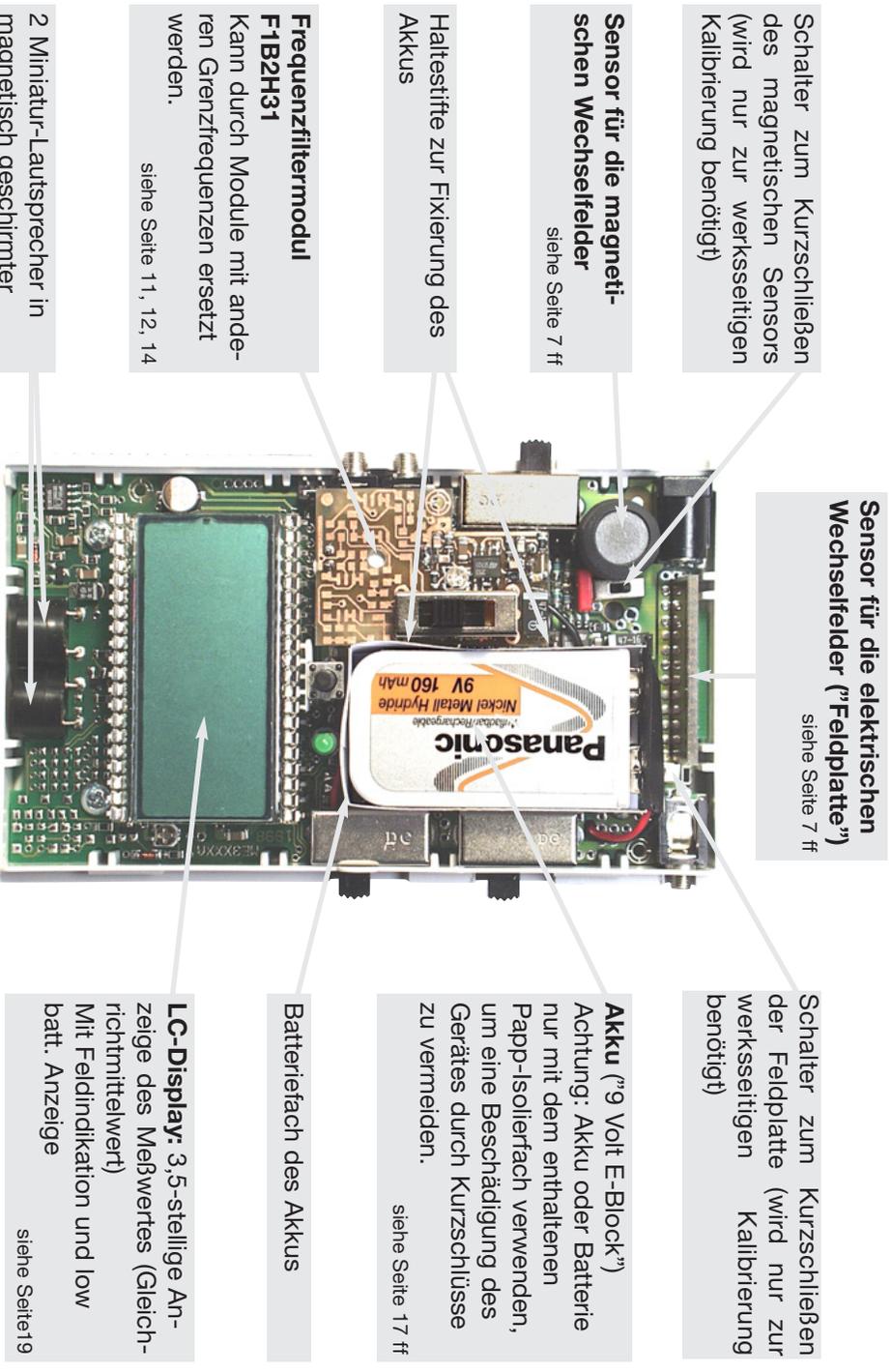


Abb. 02

Inhalt der Verpackung:

- | | | |
|---|---|---|
| 1.)  | 2.)  | 3.)  |
| 4.)  | 5.)  | 6.)  |
| 7.)  | 8.)  | 9.)  |

- 1.) Meßgerät
- 2.) Steckernetzteil mit Fremdspannungsstecker (2,0 mm)
- 3.) Erdungskabel (5 m) mit Klinkenstecker (2,5 mm, mono) und Krokoklemme
- 4.) Erdungsklammer
- 5.) Meßadapter BNC-Buchse auf Klinkenstecker (3,5 mm, mono)
- 6.) Meßadapter Klinkensteckbuchse (3,5 mm, mono) auf Klinkenstecker (2,5 mm, mono)
- 7.) Klinkenstecker (2,5 mm, mono) zur Herstellung eigener Meßadapter
- 8.) Keil zum Öffnen des Gehäuses (zum Wechseln des Akkus oder des Frequenzfiltermoduls)
- 9.) Akkublock 9 V Nominalspannung (kann je nach Versandform auch bereits eingebaut sein).

Vor Inbetriebnahme**Einschalten**

Falls keine Anzeige auf dem Display erscheint, Akku oder Batterie einsetzen. (siehe Kapitel "Akkuwechsel")

Laden

Falls low batt.-Zeichen im Display sichtbar sind, Akku laden oder Batterie ersetzen. (siehe Kapitel "Akkumanagement")

Funktionsprüfung - Anzeige der magnetischen Flußdichte:



Abb. 03

1. Einstellungen am Gerät:
Feldart = "M", Meßbereich = "200 nT/Vm", Frequenzbereich = "5 Hz - 400 KHz", Betrieb = "Lautsprechersymbol"
2. Das Meßgerät mit schnellen, kurzen Bewegungen um die Längsachse hin und her drehen, wie in Abb. 03 angedeutet.

Hierdurch wird aus dem statischen Erdmagnetfeld ein "Quasi-Wechselfeld" erzeugt, und zwar je schneller und größer die Bewegungen, desto stärker das erzeugte Wechselfeld. Dies wird durch höhere Meßwerte im Display und ein schnelleres "Knattern" des feldstärkeproportionalen Tonsignals angezeigt.

Funktionsprüfung - Anzeige der elektrischen Feldstärke:

Hier Klopfen!



Abb. 04

1. Einstellungen am Gerät:
Feldart = "E", Meßbereich = "200 nT/Vm", Frequenzbereich = "5 Hz - 400 KHz", Betrieb = "Lautsprechersymbol"
2. Das Meßgerät ruhig halten und vorne mit den Fingern auf das Gehäuse klopfen wie in Abb. 04 angedeutet.

Durch das Massepotential der Finger entsteht ein elektrisches "Quasi-Wechselfeld", dessen Stärke durch höhere Meßwerte im Display und ein schnelleres "Knattern" des Tonsignals angezeigt wird.

Offset ermitteln:



Abb. 05

Gerät einschalten und Schalter "Feldart" auf "Test" stellen. In der Anzeige erscheint links eine "1" (als Zeichen für den Test-Modus) und rechts "00.0" bzw. "000" (je nach gewähltem Meßbereich)

Wird statt "000" bzw. "00.0" ein höherer Zahlenwert angezeigt, ist dies die momentan herrschende Nullpunktabweichung.

Diese kann aufgrund der aktuellen Umgebungsbedingungen auftreten (Temperatur, Luftfeuchtigkeit etc.). Um den angezeigten Wert erhöht sich die Toleranz des späteren Meßergebnisses bei einer E- oder M-Feldmessung.

Meßanleitung

Vorbemerkungen zu den Eigenschaften elektrischer und magnetischer Wechselfelder

In der Regel kann man elektrische und magnetische Wechselfelder nicht mit den menschlichen Sinnesorganen wahrnehmen. Sie sind unter bestimmten Voraussetzungen "einfach da" und verlaufen nach sehr komplexen Gesetzmäßigkeiten im dreidimensionalen Raum. Ausführliche physikalische Erklärungen hierzu finden sich im Kapitel "Feldtheorie". Für die praktische Durchführung der Messung sind besonders die folgenden Eigenschaften von Wechselfeldern von Bedeutung:

1. Eine Messung ist immer orts- und richtungsgebunden, d.h. schon eine geringe Veränderung des Orts bzw. der Ausrichtung des Meßgerätes kann gravierende Auswirkungen auf den Meßwert haben - besonders bei magnetischen Wechselfeldern.
2. Elektrische und magnetische Felder dringen in feste Materialien, also auch Wände, Glas etc. ein, beziehungsweise durchdringen diese sogar. Dies gilt ganz besonders für magnetische Felder, die sich nur durch sehr aufwendige Maßnahmen abschirmen lassen.
3. Elektrische Wechselfelder bestehen überall dort, wo eine Wechselspannung anliegt, d.h. im Haushalt beispielsweise um alle Stromkabel bis zum angeschlossenen Elektrogerät bzw. dessen Schalter. *Und zwar auch, wenn dieses Gerät ausgeschaltet ist!* Magnetische Wechselfelder entstehen *zusätzlich* ab dem Moment, in dem ein Elektrogerät *eingeschaltet* wird, also sobald der Strom fließt.
4. Neben der Feldstärke definiert sich ein elektrisches oder magnetisches Wechselfeld noch durch dessen Frequenz. Man unterscheidet den hier betrachteten, erweiterten Niederfrequenzbereich, der von der MPR bzw. TCO für die Beurteilung von Bildschirmarbeitsplätzen auf 5 Hertz bis 400 Kilohertz definiert wurde und Hochfrequenzfelder, die alle noch höheren Frequenzen umfassen. Daneben gibt es noch statische- oder Gleichfelder, für die, ebenso wie für die hochfrequente Strahlung eine gänzlich andere Meßtechnik erforderlich ist.

Vorbemerkungen zur Meßtechnik

Für eine aussagekräftige Messung wurden im Ökotest 6/96 folgende Mindestanforderungen an die Meßtechnik für niederfrequente Wechselfelder aufgestellt:

1. Separate Messung elektrischer Wechselfelder (definiert gegen Erdpotential) *und* magnetischer Wechselfelder.
2. Reproduzierbare, hohe Genauigkeit.
3. Kompensierter Frequenzgang über den gesamten spezifizierten Frequenzbereich, der zumindest von der Bahnstromfrequenz mit 16,67 Hz bis in den Kilohertzbereich gehen sollte.
4. Hohe Auflösung: 10 nT bzw. 1 V/m oder besser.

Die Meßgeräte von GIGAHERTZ SOLUTIONS® können alle diese Anforderungen erfüllen.

Vorbereitung der Messung

1. Meßgerät gemäß den Hinweisen im Kapitel "Vor Inbetriebnahme" überprüfen.
2. Vorab ist eine Messung der elektrischen und magnetischen Wechselfelder im Freien durchführen um die Grundbelastung festzustellen. Wird eine Grundbelastung über 5 V/m oder 5 nT angezeigt, so kann man vorab eine Einordnung der Grundbelastung durchführen. Durch Abschalten der Stromkreise mittels der Sicherungsautomaten im eigenen Haussicherungskasten wird festgestellt, welche Felder davon vom Haus und welche von anderen Feldgeneratoren, z.B. von Hochspannungsleitungen, Eisenbahnstrom, Trafohäuschen oder Installationen angrenzender Nachbarwohnungen erzeugt werden. Sind externe Feldgeneratoren verantwortlich so kann deren Quelle durch Veränderung des eigenen Standortes zu höheren Feldstärken hin lokalisiert werden.
3. Für eine Haus- oder Arbeitsplatzmessung sollten alle typischen Verbraucher eingeschaltet sein, auch solche, die sich nur manchmal selbsttätig einschalten, z.B. Kühlschrank, elektrische Speicherheizung (auch in Nebenräumen). Durch Ein- und Abschalten einzelner Verbraucher kann man die wesentlichen Verursacher eingrenzen.
4. Eine Skizze des zu vermessenden Ortes und mitprotokollierte Meßwerte erlauben eine nachträgliche Analyse der Situation. Auf diese Weise können zweckmäßige Abhilfemaßnahmen abgeleitet werden.
5. Im Meßbereich "200 nT/Vm" mit der Messung beginnen und nur wo die Anzeige aufgrund zu großer Feldstärken überläuft in den groben Bereich "2000 nT/Vm" umschalten.
6. Alle Messungen sollen an unterschiedlichen Tageszeiten und Wochentagen wiederholt werden um Schwankungen zu ermitteln.
7. Das zuschaltbare, feldstärkenproportionale Tonsignal vereinfacht eine sondierende Messung.

Meßanleitung - elektrische Wechselfelder

1. Erdung des Meßgeräts und der messenden Person

Für zuverlässige, reproduzierbare Ergebnisse gemäß den einschlägigen Richtlinien (TCO, MPR II, TÜV) muß vor der Messung elektrischer Wechselfelder das Meßgerät mittels des beigefügten Erdungskabels mit Erdpotential verbunden werden. *Eine zuverlässige Aussage über elektrische Wechselfelder ist ohne vorschriftsmäßige Verbindung zum Erdpotential nicht möglich.*



Abb. 06

Zur Erdung mit dem beiliegenden Erdungskabel eignet sich besonders ein ein *metallisches* Wasser-, Gas- oder Heizkörperrohr *ohne Lackierung* ggf. mit Hilfe der Erdungsklammer. Alternativ kann der Elektrofachmann auch mit der Krokoklemme direkt am Schutzleiter einer Schukosteckdose erden (Vorsicht: in diesem Fall Gefahr durch Stromschlag bei Berührung der Phase!).

Den Klinikenstecker des Erdungskabels in die dafür vorgesehene Buchse ("Erdung", "Erddungssymbol") stecken und das Kabel an der Seite des Gehäuses *nach hinten* führen. Mit einem Finger die "AC"- oder "DC"-Buchse berühren, um den eigenen Körper ebenfalls auf Erdpotential zu bringen. Abb.07



Abb. 07



Abb. 08



Abb. 09



Abb. 10

Achtung: Befindet sich das Erdungskabel *vor* der Vorderkante des Meßgeräts oder ein Finger zwischen DC-Buchse und Vorderkante des Meßgeräts so verfälscht dies den Meßwert. (Siehe auch Fußnote 1)).

2. Ausrichtung des Meßgerätes bei der Messung elektrischer Wechselfelder

Das Meßgerät ist auf eine körpernahe Messung elektrischer Wechselfelder kalibriert (Abb. 11). Mit dem Körper werden hinter dem Meßgerät liegende Störquellen abgeschirmt und eine verfälschende Konzentration von Feldlinien auf den E-Feldsensor vermieden. Deshalb ist eine Messung am ausgestreckten Arm zu vermeiden. Sie wird i. d. R. zu hohe Werte anzeigen (Abb. 12). Die Verfälschung läßt sich verringern bzw. vermeiden, wenn hinter dem Meßgerät eine leitfähige Fläche gehalten wird (Abb. 13, siehe auch Fußnote 1)).



Abb. 11



Abb. 12



Abb. 13

1) Die elektrische Feldstärke gegen Erdpotential hängt immer von der Geometrie der Feldquelle und des Sensors, vom Abstand des Sensors von der Feldquelle, sowie von den umgebenden Potentialverhältnissen ab. Das Gerät wurde auf den Meßwert eines gemäß den Richtlinien der TCO kalibrierten Meßgerätes (Radians Innova - Environmentor EMM-4, Ser. Nr. 4348) im Abstand von 50 cm von einer mit 50 Hz und 270 V angesteuerten, 4 qm großen Kupierplatte abgeglichen. Anstelle der messenden Person, die bei einer Freihandmessung auf Erdpotential gelegt wird, wurde für die Kalibrierung eine quadratische Kupierplatte mit 50 cm Kantenlänge hinter dem Meßgerät positioniert und ebenfalls auf Erdpotential gelegt. Dies ist auch für eine reproduzierbare Stativmessung sinnvoll. Eine gute Übereinstimmung des Meßergebnisses mit dem original TCO-Sonde ist erst bei einem Abstand > 30 cm von der Feldplatte zu erwarten. Die gemessene Feldstärke stellt ein Raumintegral über die Meßeinrichtung dar, was im Resultat dazu führt, daß in der praktischen Anwendung die Vereinfachung "Meßwert in der Richtung der stärksten Anzeige = resultierende Feldstärke" eine recht gute Näherung darstellt.

3. Durchführung der Messung elektrischer Wechselfelder



Abb. 14

Gerät einschalten und Schalter "Feldart" auf "E" für elektrisches Wechselfeld stellen. (Abb. 14)

Schalter für den Frequenzfilter auf "50 Hz bis 400 KHz" stellen. Dadurch werden Eigeninduzierungen durch Mikrobewegungen (Zittern der Hand) unterdrückt. (Abb. 14)

Bei der Messung immer darauf achten, daß das Erdungskabel *nach hinten* weggeführt wird und daß sich die messende oder andere anwesende Personen *hinter* dem Meßgerät aufhalten.

Das Meßgerät nahe vor dem Körper halten (je weiter das Meßgerät vom Körper weg gehalten bzw. sogar abgelegt wird, desto mehr wird die Anzeige i. d. R. nach oben verfälscht). Auf die vermuteten Feldquellen "zielen" bzw., wenn keine konkreten Feldquellen bekannt sind, systematisch den Raum untersuchen. Dabei folgendermaßen vorgehen:

- für einen ersten Überblick langsam durch den Raum gehen
- dabei häufig stehenbleiben und die Feldstärke nach hinten, links, rechts und oben messen und immer darauf achten, daß das Erdungskabel jeweils nach hinten weggeführt wird.
- die Messung in die Richtung der stärksten Anzeige fortsetzen um die Feldquelle zu identifizieren, oder,
- wenn eine typische Stelle für längere Aufenthalte, z.B. das Bett oder der Arbeitsplatz erreicht ist, gemäß obiger Anleitung alle Richtungen überprüfen und das Gerät in der Position der höchsten Anzeige festhalten. In dieser Position möglichst körpernah eine Referenzmessung des Absolutwertes aufnehmen.
- der Meßwert, der in der Richtung der höchsten Anzeige gemessen wird, kann in erster Näherung als die resultierende Feldstärke herangezogen werden.¹⁾

Auch bei einer Messung auf dem Stativ oder bei abgelegtem Meßgerät muß sich für eine genaue Messung eine Person oder für eine reproduzierbare Messung eine Metallplatte (50 cm x 50 cm) orthogonal und zentriert 5 cm hinter dem Meßgerät befinden.

Für eine Schlafplatzuntersuchung sollte in jedem Falle auch unter "Schlafbedingungen", d.h. mit ausgeschalteter Nachtschlampe gemessen werden. Das elektrische Feld kann beim Ausschalten unter bestimmten Bedingungen sogar ansteigen.

Grenzwertempfehlung bis zu 2 kHz:
unter 10 V/m, möglichst sogar unter 1 V/m.
 (Für Frequenzen über 2 kHz generell unter 1 V/m)

Messung magnetischer Wechselfelder:

Gerät einschalten und Schalter "Feldart" auf "M" für magnetisches Wechselfeld stellen. (Abb. 15)

Schalter für den Frequenzfilter auf "50 Hz bis 400 KHz" stellen. Dadurch werden Eigeninduzierungen durch Mikrobewegungen (Zittern der Hand) unterdrückt. (Abb. 15)



Abb. 15

Für eine zuverlässige Messung der magnetischen Wechselfelder braucht das Gerät oder die messende Person nicht geerdet zu werden. Die Messung wird auch nicht durch anwesende Personen oder Massepotentiale vor der Gerätevorderseite beeinflusst.

Mit dem Meßgerät auf die vermuteten Feldquellen "zielen" bzw., wenn keine konkreten Feldquellen bekannt sind, systematisch den Raum untersuchen. Dabei folgendermaßen vorgehen:

- für einen ersten Überblick langsam durch den Raum gehen. Der Sensor ist so im Meßgerät positioniert, daß die häufigsten Feldverursacher im Haushaltsbereich bei etwa waagrecht gehaltenem Gerät gemessen werden. Zusätzlich können immer wieder alle drei Dimensionen überprüft werden, wie in den Abbildungen 16-18 zu sehen.
- Praktisch ist es sinnvoll, für die Identifikation der Feldquelle zunächst diejenige Ausrichtung des Geräts zu ermitteln, in welcher der höchste Meßwert angezeigt wird. Die Messung ist dann in diejenige Richtung fortzusetzen, in welche die Anzeige weiter ansteigt. Die Ausrichtung des Geräts ist dabei vorläufig beizubehalten! Für eine exakte Messung sollte das Gerät ruhig gehalten oder an der relevanten Stelle abgelegt werden.
- an den entscheidenden Stellen, wie z.B. dem Arbeits-, Sitz- oder Schlafplatz sollte die Messung in jedem Falle in alle drei Dimensionen erfolgen, wie nachfolgend beschrieben.

Exakte Bestimmung der magnetischen Feldstärke bei mehreren Feldquellen

Hierzu müssen zunächst drei separate Messungen durchgeführt und der jeweilige Meßwert notiert werden. Das Gerät ist dabei gemäß den Abbildungen auszurichten: nach vorne (Abb. 16), nach oben (Abb. 17) und nach vorne um 90 Grad seitwärts verdreht (Abb. 18).

Um die resultierende, d.h. tatsächliche Gesamtbelastung mit magnetischen Wechselfeldern zu ermitteln, können die nach den Abbildungen folgenden Faustformeln verwendet werden.

Faustformeln zum Abschätzen des resultierenden Gesamtfeldes

Meßwerte:

resultierendes Gesamtfeld entspricht:

- Ein hoher, zwei niedrige Werte ~ größter Wert
- Zwei hohe, ein niedriger Wert ~ größter Wert + halber zweitgrößter Wert
- Drei ähnliche Werte ~ eininhalb mal größter Einzelwert

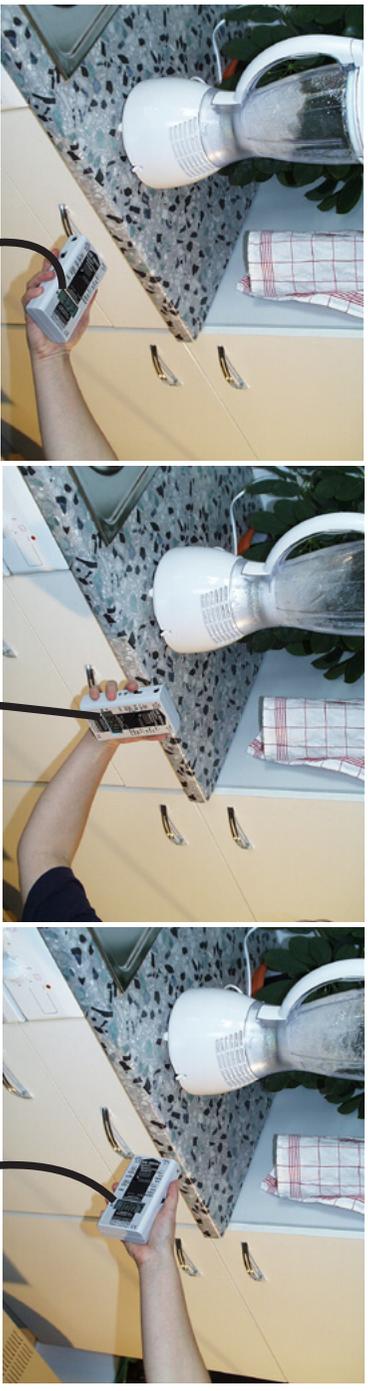


Abb. 16

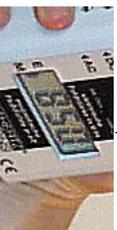


Abb. 17



Abb. 18

**Grenzwertempfehlung bis zu 2 kHz:
unter 200 nT, möglichst sogar unter 20 nT.**
(Für Frequenzen über 2 kHz unter 20 nT, möglichst sogar unter 2 nT

Das resultierende Gesamtfeld (die "Summe" der Einzelfeldstärken, "3-D-Meßwert") läßt sich anhand folgender Formel auch exakt ermitteln

$$\text{resultierende Feldstärke} = \text{Wurzel aus } (x^2 + y^2 + z^2)$$

Abb. 19 illustriert die Richtung des resultierenden Feldes (auch als Ersatzfeld bezeichnet). Die Abbildungen 16 - 18, auf denen die Einzelmessungen der drei Dimensionen gezeigt wurden sowie die Abbildung Abb. 20 wurden in einer typischen Meßsituation in der Küche fotografiert. Wenn man die angezeigten Werte der Einzelmessungen in obige Formel einsetzt kommt tatsächlich (fast) genau derjenige Wert heraus, der in der Abb. 20 angezeigt wird, bei dem das Gerät senkrecht zum resultierenden Feld gehalten wird.

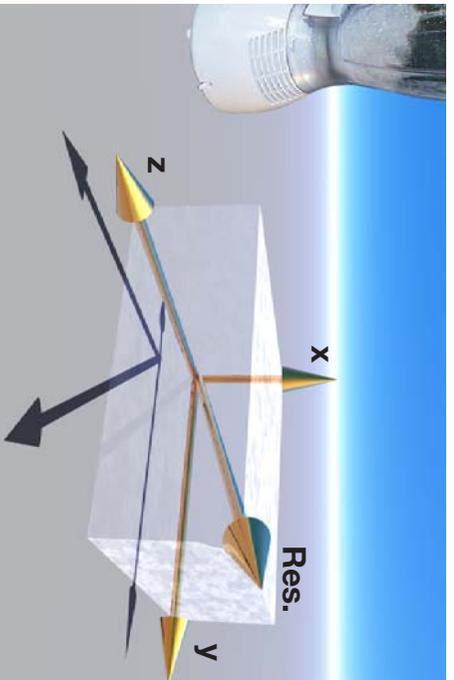


Abb. 19



Abb. 20

Frequenzanalyse (elektrischer und magnetischer Wechselfelder)

Ein elektrisches oder magnetisches Wechselfeld definiert sich nicht nur durch seine Feldstärke sondern auch durch die Frequenz, mit der sich die Polarität des Feldes ändert. Dabei treten verschiedene, typische Frequenzen auf:

- Die Oberleitungen der Eisenbahn werden mit 16,7 Hz betrieben.
- Der Netzstrom (Haushalt, Hochspannungsleitungen etc.) hat eine Frequenz von 50 Hz, wobei auch sog. natürliche Oberwellen als Vielfache von 50 Hz entstehen.
- Zusätzlich erzeugt man im Haushalt eine Vielzahl von höherfrequenten Feldern im kHz-Bereich ("künstliche" Oberwellen) z.B. durch getaktete Schaltnetzteile ("Trafos"), Vorschaltgeräte von Leuchtstoffröhren und Energiesparlampen, Dimmer mit sog. Phasenanschnittsteuerungen u.ä.

Für die Analyse der Situation vor Ort und insbesondere für zielgerichtete Abhilfemaßnahmen ist es nützlich zu wissen wieviel diese unterschiedlichen Frequenzen zur Gesamtbelastung beitragen. So ist z.B. eine Belastung mit Bahnstrom nicht durch eigene Installationsmaßnahmen zu beheben. Dagegen können festgestellte höherfrequente Feldanteile durch die Wahl von Geräten vermieden werden, die keine solchen Anteile erzeugen (z.B. Glühbirne statt Leuchtstoffröhre).

Mit dem ME 3951A gibt es verschiedene Möglichkeiten, Frequenzanalysen durchzuführen:

Frequenzanalyse mittels Frequenzfiltermodul F1B2H31

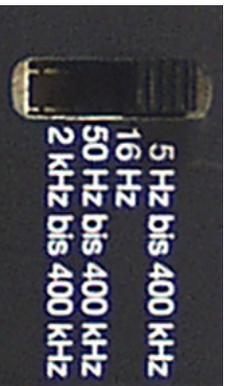


Abb. 21



Abb. 22

Von GIGAHERTZ SOLUTIONS[®] sind mehrere, auf unterschiedliche Bedarfssituationen ausgelegte Frequenzfiltermodule für das ME 3951A erhältlich. Das in dem Meßgerät bereits eingebaute Frequenzfiltermodul F1B2H31 (Abb. 21/22) ist besonders auf die Belange der Baubiologie abgestellt. Es umfaßt folgende Schaltpositionen:

- 1) 5 Hz bis 400 KHz = volle TCO-Bandbreite, nur für Stativmessungen sinnvoll
- 2) 16,7 Hz = Bandpassfilter 4. Ordnung Q-Faktor 10 für die Frequenz des Eisenbahnstroms
- 3) 50 Hz bis 400 KHz = Hochpassfilter, 5. Ordnung für den Netzstrom und dessen Oberwellen
- 4) 2 KHz bis 400 KHz = Hochpassfilter, 5. Ordnung für die sogenannten "künstlichen" Oberwellen oberhalb von 2 Kilohertz. Dieser Frequenzbereich entspricht dem Band 2 der TCO-Norm.

Zur Messung des Eisenbahnstroms und der Oberwellen muß zunächst das entsprechende Filter am Gerät eingeschaltet werden. Der Ablauf der Messung erfolgt genau analog zu dem im Kapitel "Meßanleitung" für die Netzstromfrequenz beschriebenen Vorgehen. Zu beachten sind allerdings

zwei Besonderheiten:

- Die Quelle des Bahnstroms ist normalerweise außerhalb des Hauses. Trotzdem ist es sinnvoll, zumindest eine grobe Messung im ganzen Hause durchzuführen, da durch die sogenannte "Überkopplung" auch Bahnstromfrequenzen z.B. über Wasser- oder Gasrohre oder auch die Hauptstromversorgung in das Haus getragen werden können. Diese möglichen Quellen sollten also vorsichtshalber überprüft werden, zumindest bei einem Meßort, der näher als ca. zwei bis drei Kilometer von einer elektrifizierten Bahnlinie entfernt liegt.
- Die "künstlichen" Oberwellen weisen aus energetischen Gründen meist geringere Meßwerte auf, als die Netz- oder Bahnstromfrequenzen. Die Grenzwertempfehlungen aller renommierten Institute liegen hierfür auch nochmals um den Faktor 10 niedriger als für den Netzstrom. Zumeist ist deshalb der Meßbereich "200 nT/Vm" ausreichend.

Hinweis: Durch höheres 1/f- und weißes Rauschen, Filtertoleranzen, Mikrobewegungen des Geräts und Frequenzen außerhalb der gefilterten Frequenzbänder kann der Messwert in der Position 5 Hz bis 400 KHz von der Summe der gefilterten Werte abweichen.

Frequenzanalyse mittels AC-Ausgang

Auch im "normalen" Arbeits- oder Wohnumfeld können sehr unterschiedliche Frequenzen zusätzlich zur Netzstromfrequenz von 50 Hertz auftreten. Für deren genauere Analyse kann an der AC-Buchse des Meßgeräts ein Spektrumanalyser mittels der beiliegenden Adapter direkt angeschlossen werden. Am AC-Ausgang liegt ein DC-Offset von max. 50 mV an. In Oszilloskopen und Spektrumanalysern wird dieser DC-Offset i.d.R. standardmäßig durch C-Kopplung unterdrückt. Beim Anschluß von netzstrombetriebenen Auswertungsgeräten mit Schutzerde darf die Funktionserde des Feldmeßgerätes nicht angeschlossen werden um Erdschleifen zu vermeiden!

Die Spezifikation des Meßgerätes bezieht sich konventionsgemäß auf die Displayanzeige; gemäß dieser strengen Spezifikation ist die Bandbreite des AC-Ausgangs auf 30 KHz begrenzt. Bei einem Meßwert, der kleiner ist als 1/20 des Vollausschlags (das entspricht beispielsweise im Meßbereich 2000 nT einem Meßwert von 100 nT) wird aber noch ein sinusförmiges Eingangssignal bis 400 KHz mit einer Nichtlinearität von < 1 % am AC-Ausgang bereitgestellt. Derart hohe Feldstärken treten im normalen Wohn- und Arbeitsumfeld allerdings praktisch nicht auf, so daß der Ausgang im realen Umfeld durchaus bis 400 KHz verwendbar ist.

Mit einem *Mono*-Kopfhörer (regelbare Lautstärke ist sinnvoll) kann an der AC-Buchse eine orientierende **akustische Frequenzanalyse** der hörbaren Frequenzbereichs (ca. 16 Hz bis 20 KHz) durchgeführt werden. (ggf. Adapterstecker verwenden). Als Zubehör ist der Kopfhörer LS0002 von GIGAHERTZ SOLUTIONS® erhältlich.

Langzeitmessungen mittels DC-Ausgang

Die Feldstärke an einem Punkt verändert sich normalerweise über einen längeren Zeitraum. Für ein vollständiges Bild der Situation ist deshalb eine Langzeitaufzeichnung der Feldstärken (d.h. des DC-Wertes) sinnvoll, z.B. über 24 Stunden. Zu diesem Zweck hat das Meßgerät Ausgänge zum Anschluß von Datenaufzeichnungs- bzw. Auswertungsgeräten. In der Regel wird man den DC-Aus-

gang (= Gleichstromausgang) für eine Langzeitaufzeichnung, z. B. mittels Datenlogger oder Meßschreiber verwenden.

Am DC-Ausgang liegt ein meßwertproportionales Gleichspannungssignal an. Es entspricht minus 0,5 mV pro digit, d.h. beispielsweise minus 1 Volt bei Vollausschlag ("2000 nT/Vm") bzw. ("200 nT/Vm"). Das negative Signal wurde zugunsten einer gegenüber einem positiven Signal deutlich besseren Linearität und Übereinstimmung mit dem Displaywert gewählt. Aufzeichnungsgeräte können das Eingangssignal meist intern auf den richtigen Absolutwert umwandeln. Falls dies nicht möglich ist, ggf. die Stecker am Aufzeichnungsgerät verpolen um positive Werte aufzuzeichnen. Die Schirmung der Meßleitung bei Verwendung des BNC-Adapters liegt auf Masse. Während das Display eine Maximalanzeige von 2000 nT bzw. 2000 V/m hat, verhält sich das Gleichspannungssignal an der DC-Buchse noch bis zu einer Feldstärke von 5000 nT bzw. 5000 V/m weitestgehend linear. Die spezifizierten Eigenschaften des Geräts beziehen sich auf Werte bis zur Maximalanzeige des Displays.

Während ein Klinkenstecker in der DC-Buchse steckt, ist die "Auto-Power-Off"-Funktion deaktiviert, um eine Langzeitaufzeichnung möglich zu machen. Achtung: Falls im Laufe der Messung die Akkukapazität soweit erschöpft wird, daß das Gerät "low Batt." anzeigt wird "Auto-Power-Off" wieder aktiviert, um eine Tiefentladung des Akkus zu verhindern. Diese kann nämlich den Akku zerstören.

Für eine 24-Stunden-Messung kann die Stromversorgung über das Netzteil oder eine 12 V Batterie erfolgen. Im Falle eines Stromausfalls während der Langzeitmessung übernimmt automatisch der Akku wieder die Stromversorgung. Sobald die Netzspannung wieder anliegt erfolgt die Stromversorgung wieder über das Netzteil. Positionieren Sie das Netzteil aber möglichst weit vom Meßgerät entfernt, um den davon verursachten Feldanteil, der selbstverständlich mit aufzeichnet wird, gering zu halten. Durch Ein- und Ausstecken des Netzteils kann dieser Feldanteil ermittelt und als Korrekturwert von den aufgezeichneten Meßwerten abgezogen werden.

Akkuwechsel

Öffnen des Gehäuses



Abb. 23

Gerät ausschalten und alle in das Gerät eingesteckten Kabel entfernen. Nehmen Sie das Gerät mit der beschriebenen Seite nach oben in die Hand oder legen Sie es auf einem Tisch ab.

Verwenden Sie zum Öffnen des Gerätes den beigegefügtten Keil.

1. Zum Öffnen des Gerätes halten Sie es mit der einen Hand gut fest. Mit der anderen Hand führen Sie den Keil in die Seitennut ca. 1 cm unterhalb der oberen Ecke ein und drücken den Keil am dicken Ende nach unten. Der Deckel hebt sich dort ein wenig. Abb. 23

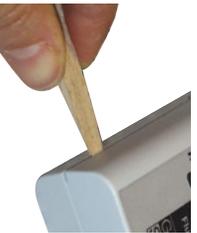


Abb. 24



Abb. 25

2. Dieser Vorgang wird auf der selben Seite ca. 1 cm oberhalb der unteren Ecke in oben beschriebener Weise durchgeführt. Abb. 24

Der Deckel ist jetzt auf einer Seite offen.



Abb. 26

3. Die Punkte 1. und 2. werden auf der gegenüberliegenden Seite wiederholt. Abb. 25 und Abb. 26

Jetzt kann der Deckel einfach abgenommen werden.

Schließen des Gehäuses



Abb. 27

Den Deckel bündig und mit der Öffnung auf dem Display auf das offene Gerät legen. Achten Sie darauf, daß der "Batt.-Check"-Taster, die Leuchtdiode und der Schalter für den Frequenzfilter in die dafür vorgesehenen Öffnungen des Deckels gleiten. Dann mit Daumen und Zeigefinger beider Hände gleichmäßig leichten Druck von oben auf den Deckel ausüben. Dieser schnappt dann auf beiden Seiten ein. Abb. 27

Entfernen des Akkus



Abb. 28

Keinesfalls an den Anschlußleitungen oder der Plastikhülle der Kontakte ziehen, sie können sonst leicht abreißen.

Einlegen des Akkus

Der Clip wird auf den neuen Akku gesteckt und dieser zurück in das Batteriefach gelegt. Beim Ein-

legen in das Gehäuse darauf achten, daß keines der Akku-Anschlußkabel zwischen Akku und einem höheren Bauteil auf der Leiterplatte eingeklemmt wird. In diesem Fall läßt sich der Gehäusedeckel nicht mehr richtig schließen.

Um das mitgelieferte **Frequenzfiltermodul** gegen ein anders von GIGAHERTZ SOLUTIONS[®] lieferbares Filtermodul auszutauschen gehen Sie bitte anhand der dem neuen Frequenzfiltermodul beiliegenden Dokumentation vor.

Akkumanagement

Betriebsdauer:

Der mitgelieferte Akku reicht unmittelbar nach einem vollständigen, 11-stündigen Ladezyklus für ca. 8 Stunden Dauerbetrieb.

Akku laden:

Mitgeliefertes oder entsprechendes Steckernetzteil in die Steckdose stecken. Den Fremdspannungsstecker des Netzteils in die dafür vorgesehene Buchse (oben links) stecken.

Achtung: Auf die richtige Polung des Steckernetzteils (+) auf dem Innenleiter und (-) auf dem Außenleiter) und auf entsprechende Spannung (12-24 VDC) achten!

Zum Starten des Ladevorgangs Gerät einmalig ein- und ausschalten. Dann ausgeschaltet lassen.

Die grüne Leuchtdiode leuchtet während des Ladevorgangs. Nach der Ladezeit, ca. 11 Stunden, schaltet sich der Ladevorgang automatisch ab.

Low Batt.:



Abb. 29

1. Erscheinen im eingeschalteten Zustand in der Mitte des Displays zwei Punkte (low batt.), so muß mit einem Meßfehler gerechnet werden. Abb. 29
Durch die Ladekontrolle mit dem Batt. Check - Taster kann schon vor dem Auftreten der low batt.-Anzeige festgestellt werden, daß die Akkukapazität langsam zur Neige geht.

Auto-Power-Off

Diese Funktion dient zur Verlängerung der realen Nutzungsdauer.

1. Sollte man vergessen haben das Meßgerät auszuschalten oder wird es beim Transport verse-

hentlich eingeschaltet, so wird es nach einer Betriebsdauer von durchgehend 40 Minuten abgeschaltet.

2. Erscheinen in der Mitte des Displays zwei Punkte (low batt.), so wird das Meßgerät bereits nach 3 Minuten abgeschaltet, um eine schädliche Tiefentladung des Akkus zu verhindern.

Um das Meßgerät nach einem Auto-Power-Off erneut in Betrieb zu versetzen, aus- und wieder einschalten.

Achtung: Befindet sich im Signalausgang "DC" ein Anschlussstecker so ist die normale Auto-Power-Off Funktion deaktiviert. Dadurch ist eine Langzeitmessung von bis zu 8 Stunden mit dem mitgelieferten Akku möglich. Die Abschaltung nach drei Minuten im low batt. Betrieb wird zum Schutz des Akkus vor schädlichen Tiefentladungen jedoch trotzdem durchgeführt.

Mit einer Alkalimangan-Primärbatterie kann auch eine 24-Stunden-Messung durchgeführt werden.

Achtung: Mit einer Primärbatterie darf keinesfalls das Netzteil angeschlossen werden. Die Batterie kann so explodieren.

Überprüfung des Ladezustandes und Display-Check



Gedrückt halten!

Abb. 30

Da der integrierte Akku nicht immer voll ist, kann mit Hilfe des Tasters "Batt.-Check" die noch verfügbare Betriebsdauer und die fehlerfreie Funktion aller Anzeigesegmente festgestellt werden.

1. Hierzu schalten Sie das Meßgerät ein, drücken den Taster und halten diesen gedrückt. Erscheint im Display "1999" oder "1888" so ist das Gerät optimal mit Strom versorgt und alle Displayelemente funktionieren einwandfrei. Abb. 30.



Gedrückt halten!

Abb. 31

2. Erscheinen im eingeschalteten Zustand, während der Taster gedrückt ist, in der Mitte des Displays zwei Punkte (low batt.), so reicht die Akkukapazität unter normalen Bedingungen nur noch für weniger als 1 Stunde kontinuierliche Meßzeit. Abb. 31

Gegebenenfalls das Gerät neu laden oder abschalten.

Feldtheorie

Das elektrische Feld

Nimmt man zwei elektrische Ladungen Q1 und Q2 und nähert diese einander an, so daß sie den Abstand r voneinander haben, stellt man fest:

Die beiden Ladungen stoßen sich bei gleicher Polarität ab und ziehen sich bei gegensätzlicher Polarität an. Es treten also Kräfte (F) zwischen den Ladungen auf.

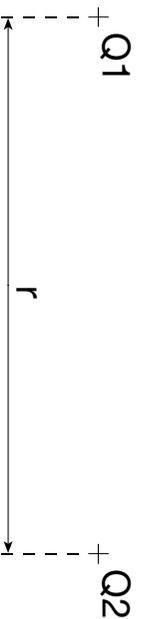


Abb. 32

Durch Versuche wurde ermittelt, daß die Kraft F zwischen diesen beiden Ladungen

1. proportional der Größe der beiden Ladungen, sowie
2. umgekehrt proportional dem Quadrat des Abstandes der beiden Ladungen ist.

$$F \sim (Q1 * Q2)/r^2$$

Um für die elektrische Kraft eine Größengleichung schreiben zu können, braucht man eine Proportionalitätskonstante. Diese wurde zweckmäßigerweise als $1/(4 * \pi * \epsilon)$ gewählt. ϵ wird als Dielektrizitätskonstante (Permittivität) bezeichnet. Somit kann man die elektrische Kraftgleichung schreiben zu

$$F = 1/(4 * \pi * \epsilon) * (Q1 * Q2)/r^2 \quad (F1)$$

Mit $\epsilon = \epsilon_0 * \epsilon_r$

ϵ_r : Dielektrizitätszahl, dimensionslos, Materialkonstante

ϵ_0 : Dielektrizitätskonstante des freien Raumes (im Vakuum)

$$\epsilon_0 = 10^{-9}/(36 * \pi) \text{ As/(Vm)} = 8,854187818 * 10^{-12} \text{ F/m}$$

Aus der Mechanik ist bekannt, daß die Kraft F immer nur eine Richtung hat. Man sagt auch: Die Kraft F hat Vektorcharakter.

Nimmt man die Ladung Q2 weg, besteht aber noch weiterhin die Möglichkeit der Ladung Q1 eine Kraft F auf eine andere Ladung auszuüben, d.h. um die Ladung Q1 herum besteht ein Kraftfeld. Dieses läßt sich beschreiben zu

$$E = F/Q1 \quad (\text{Kraft / Ladung}) \quad (F2)$$

Dieses Vektorfeld heißt elektrische Feldstärke.

Anschaulich kann man die Wirkung dieses Vektorfeldes durch Feldlinien (früher auch als Kraftlinien bezeichnet) darstellen.

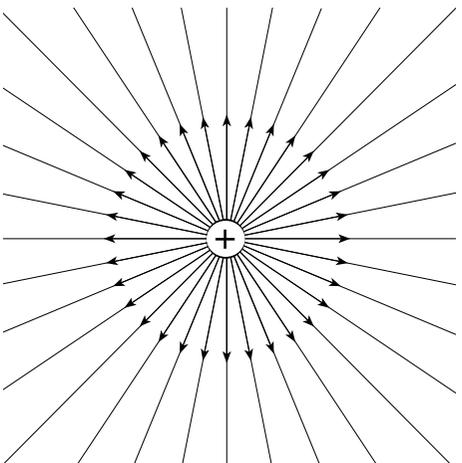


Abb. 33

Achtung:

Die Feldlinien um eine Ladung sind keine physikalische Realität, sondern gedachte Linien. Sie vermitteln als Hilfsvorstellung ein anschauliches Bild der Richtung des Feldes in jedem Punkt eines felderfüllten Raumes.

In weiteren Versuchen wurde bei zwei Punktladungen unterschiedlicher Polarität das folgende Feldlinienbild ermittelt.

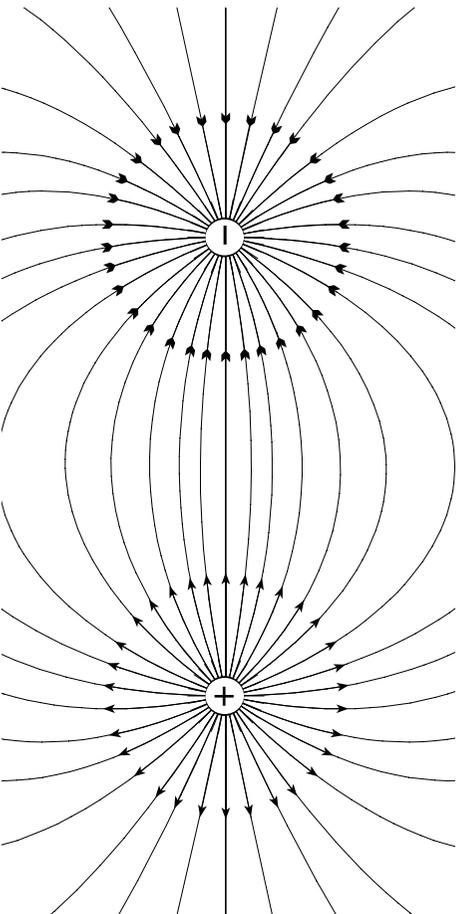


Abb. 34

Daraus lassen sich zwei wichtige Tatsachen entnehmen:

- 1. Feldlinien verlaufen von positiver zu negativer Ladung**
- 2. Feldlinien stehen senkrecht auf der Oberfläche der Ladungen.**

Aus den Formeln (F1) und (F2) läßt sich die Einheit der Feldstärke ermitteln:

$$\mathbf{E} = \mathbf{F}/\mathbf{Q1} = 1/(4 * \pi * \epsilon) * (\mathbf{Q1} * \mathbf{Q2})/(r^2 * \mathbf{Q2}) = \mathbf{Q1}/(4 * \pi * \epsilon * r^2)$$

$$E \text{ (Einheit): } As/(AsVm) * m^2 = (As * Vm)/(As * m^2) = V/m$$

Diese Einheit deutet schon auf einen Zusammenhang zwischen elektrischer Feldstärke E und der elektrischen Spannung U hin.

Betrachtet man einen ganz kleinen Bereich zwischen den beiden Punktladungen im obigen Bild, ähnelt dieser näherungsweise einem Plattenkondensator. Diese Betrachtung ist an jeder beliebigen Stelle möglich.

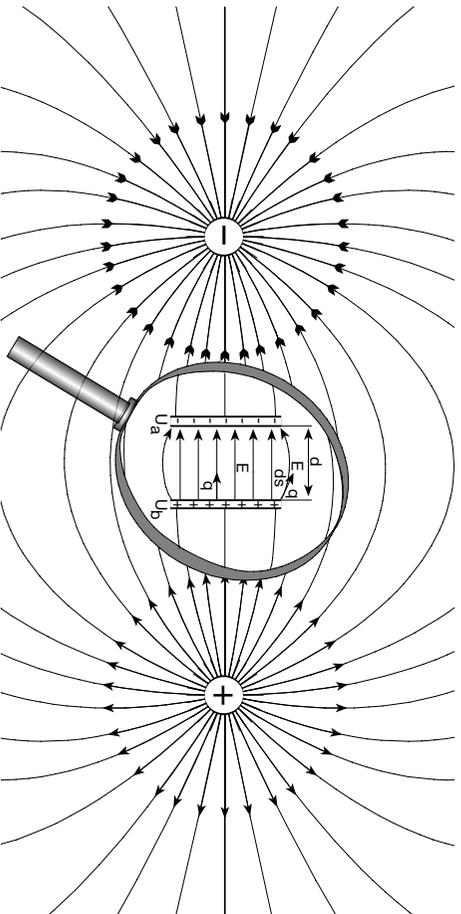


Abb. 35

Aus der Physik oder der allgemeinen Elektrotechnik sind die folgenden Punkte bekannt:

1. Legt man zwischen zwei Platten a und b unterschiedliche Spannungen U_a und U_b an, so entsteht zwischen den Platten ein elektrisches Feld E, welches von der höheren Spannung (hier U_a) zur niederen Spannung (hier U_b) gerichtet ist.

2. Die zwischen den Platten herrschende elektrische Feldstärke E ist abhängig von der Spannungsdifferenz U_{ab} zwischen den beiden Platten und deren Abstand d.

$$E = (U_a - U_b)/d = U_{ab}/d \quad (F3)$$

3. Will man eine Ladung q von der Platte a nach Platte b bringen, so muß man Arbeit W_{ab} verrichten. Im Innern des Plattenkondensators (homogener Bereich) ergibt sich somit:

$$W_{ab} = \text{Kraft} * \text{Weg} = F * d = E * q * d \quad (F4)$$

Am Rande des Kondensators (im inhomogenen Bereich) ergibt sich die Arbeit W_{ab} aus Kraft F mal Wegstück ds, aufsummiert über den gesamten Weg zu:

$$W_{ab} = \int_a^b \mathbf{F} * \mathbf{ds} = q * \int_a^b \mathbf{E} * \mathbf{ds} \quad (F5)$$

Aus den Formeln (F4) und (F5) ergibt sich

$$W_{ab} = U_{ab} * q \quad (F6)$$

Verbindet man (F5) und (F6) erhält man

$$U_{ab} = \int_a^b \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} \quad (F7)$$

Damit herrscht also zwischen zwei Punkten a und b in einem elektrischen Feld eine elektrische Spannung, als auch Potentialdifferenz Φ_{ab} bezeichnet.

Die elektrische Spannung U_{ab} oder Potentialdifferenz Φ_{ab} ergibt sich aus der Differenz der Potentiale Φ_a und Φ_b .

$$U_{ab} = \Phi_{ab} = \Phi_a - \Phi_b$$

Berechnet man das Potential einer Punktladung Φ_a aus der elektrischen Feldstärke, so ergibt sich:

$$\Phi_a - \Phi_b = \int_a^b \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = \int_a^b \frac{Q1/4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot r^2}{r^2} \cdot \epsilon_r \cdot d\mathbf{s} = \frac{Q1/4 \cdot \pi \cdot \epsilon}{1/r_a - 1/r_b}$$

Geht man zweckmäßigerweise davon aus, daß bei der Beschreibung einer Punktladung Φ_a der zweite Potentialpunkt $\Phi_b = 0$ und sehr weit entfernt ($r_b = \infty$) ist, so ergibt sich für das Potential einer Punktladung

$$\Phi = \frac{Q1/4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot r}{r^2}$$

Damit hat man eine zweite Beschreibungsmöglichkeit für das elektrische Feld. Zusammenfassend gesagt kann das elektrische Feld also

1. mit der Kraftwirkung, den Feldlinien und
2. mit Linien gleichen Potentials, den Äquipotentiallinien, eindeutig beschrieben werden.

Schematische Darstellung der Feldlinien und Äquipotentiallinien bei zwei gegenpoligen Punktladungen

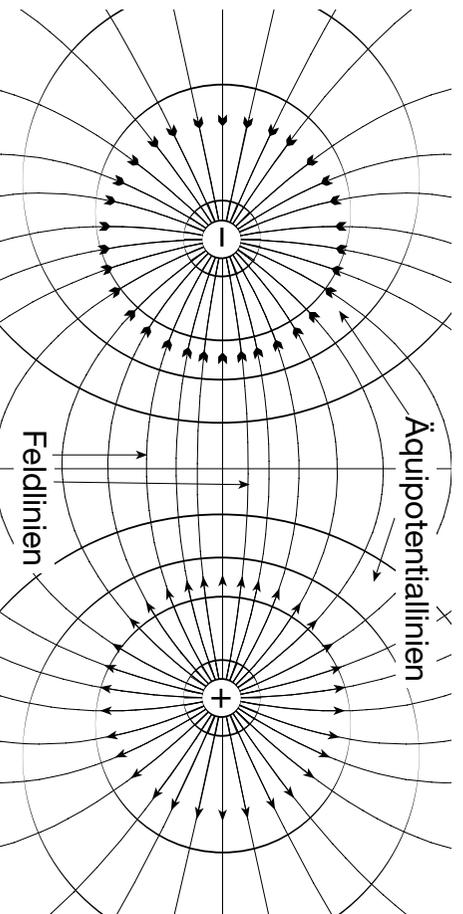


Abb. 36

Das magnetische Feld

Bereits im Altertum war die Eigenschaft von Dauermagneten bekannt eisenhaltige Körper zu beeinflussen. Auch heute noch macht man sich die Kraftwirkung zwischen Nord- und Südpol beim Kompaß zunutze. Im Unterschied zum elektrostatischen Feld, in dem es einzelne Punktladungen gibt, kann man die beiden Pole eines Dauermagneten nie trennen. So erhält man beim Auseinanderbrechen eines Magneten in zwei Teile zwei kleinere Magneten mit jeweils wieder einem Nord- und einem Südpol. Es gibt keine magnetischen Monopole. Zur besseren Anschauung läßt sich auch hier die Kraftwirkung durch Feldlinien beschreiben (Abb. 37).

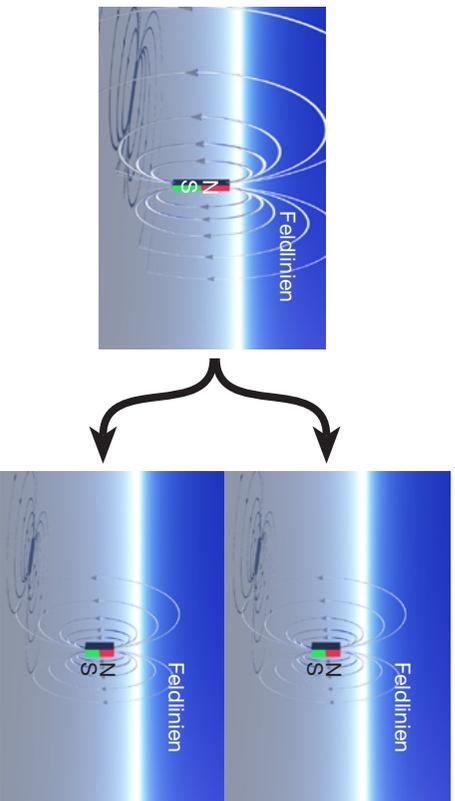


Abb. 37

Anfang des 18. Jahrhunderts entdeckte man, daß sich um einen stromdurchflossenen Leiter ein Magnetfeld ausbildet (Abb. 38). Die Ursache dafür blieb aber bis ins 20. Jahrhundert unbekannt.

Erst heute fand man heraus, daß sowohl beim Dauermagneten, wie auch beim stromdurchflossenen Leiter bewegte elektrische Ladungen das Magnetfeld verursachen. Im Leiter ist es der induzierte Strom selbst, im Dauermagneten sind Ströme in den Molekülen die Verursacher.

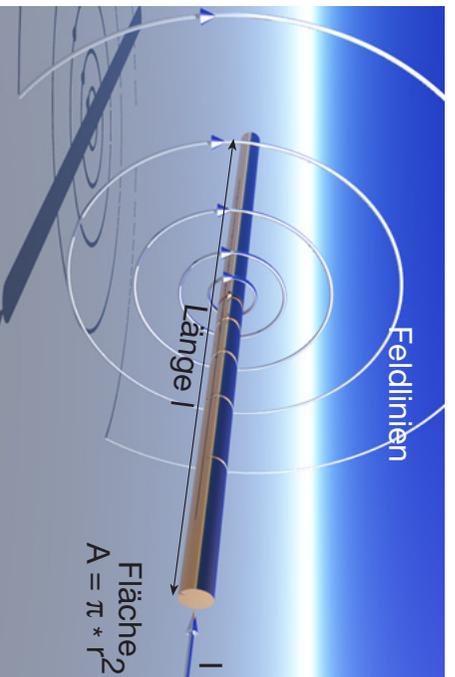


Abb. 38

Weitere bis heute erworbene Entdeckungen und Erkenntnisse lassen sich wie folgt kurz zusammenfassen.

Kraftwirkung zwischen zwei parallelen Leitern (Überlagerungsprinzip)

Läßt man durch zwei lange, sehr dünne (Radius des Leiters \ll Länge des Leiters), zueinander parallel verlaufende Leiter Strom fließen, so stellt man fest:

- Fließt der Strom bei beiden Leitern in die gleiche Richtung, so ziehen sich die Leiter gegenseitig an (Abb. 39).
- Fließt der Strom bei beiden Leitern in die entgegengesetzte Richtung, so stoßen sich die Leiter ab (Abb. 40).

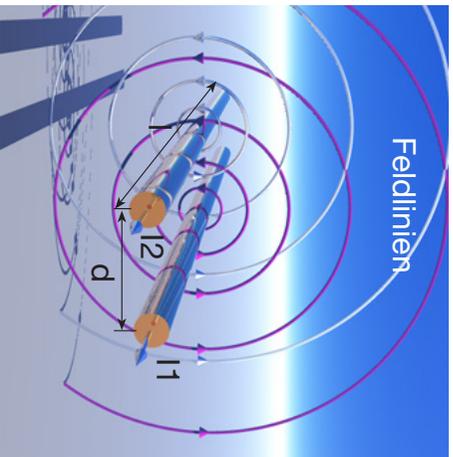


Abb. 39

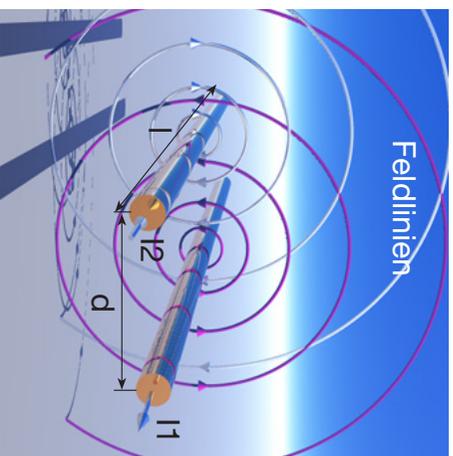


Abb. 40

Die Begründung von Abb. 39 liegt in dem entstandenen Feldlinienmangel zwischen den beiden Leitern. Dieser Defizit entsteht dadurch, daß sich entgegengesetzt gerichtete Feldlinien auslösen. Um den Abstand zwischen den Feldlinien um den Leiter konstant zu halten, bewegen sich die beiden Leiter aufeinander zu. Das resultierende Feld um die beiden Leiter ist annähernd kreisförmig bzw. zylindrisch.

In Abb. 40 entsteht ein Feldlinienüberschuß zwischen den beiden Leitern durch die Überlagerung gleichgerichteter Feldlinien. Da die Entfernung zwischen zwei Feldlinien um den Leiter wenn möglich immer gleich bleibt, drückt es die beiden Leiter auseinander. Das resultierende Feld um die beiden Leiter hat eine ähnliche Geometrie wie die Feldlinien um den Permanentmagneten in Abbildung 37, wenn man sich den Leitungsverlauf waagrecht vorstellt.

In beiden Fällen tritt eine Kraftwirkung auf. Diese läßt sich wie folgt zusammenfassen:

$$F = \mu * I1 * I2 * l/2 * \pi * d \quad (F10)$$

Mit $\mu = \mu_0 * \mu_r$

μ_r : relative Permeabilität, dimensionslos

μ_0 : Permeabilität des Vakuums (und der Luft)

$$\mu_0 = 4 * \pi * 10^{-7} \text{ Vs/(Am)} = 1,256 * 10^{-6} \text{ Vs/(Am)}$$

I1, I2: Stromstärke durch die Leiter

l: Länge der Leiter

d: Abstand zwischen den Leitern

Magnetfeld in einem langen Leiter

Aus der Mechanik ist bekannt, daß eine Kraft immer nur eine Richtung. Man sagt auch, die Kraft F hat Vektorcharakter.

Nimmt man einen Leiter weg, besteht aber weiterhin die Möglichkeit, daß der durch den anderen Leiter fließende Strom I_1 eine kreisförmige Kraft um den Leiter erzeugt. D. h., wie auch im elektrischen Feld, um den Leiter herum besteht ein Kraftfeld. Dies läßt sich beschreiben zu

$$\mathbf{B} = \mathbf{F}/(I_1 * l) \text{ Kraft/(Strom * Länge des Leiters)} \quad (F11)$$

Dieses Vektorfeld heißt magnetische Flußdichte.

Anschaulich kann man die Wirkung dieses Vektorfeldes durch Feldlinien darstellen. Siehe Abbildung Abb. 41.

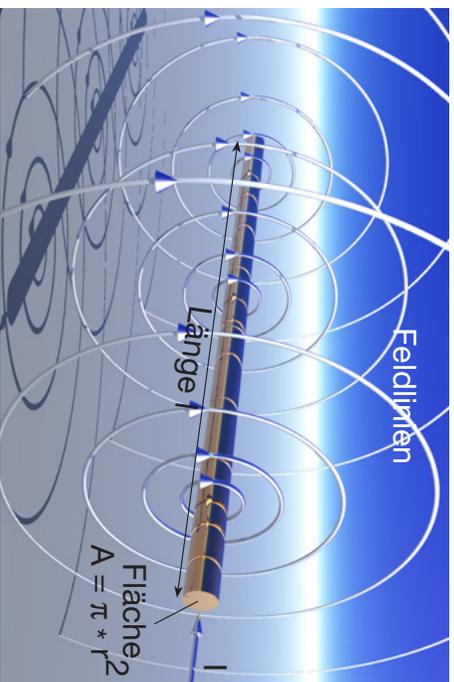


Abb. 41

Hierzu ist, ähnlich dem elektrischen Feld das folgende zu beachten:

Die Feldlinien um eine Ladung sind keine physikalische Realität, sondern gedachte Linien. Sie vermitteln als Hilfsvorstellung ein anschauliches Bild der Richtung des Feldes in jedem Punkt eines felderfüllten Raumes.

Ersetzt man die Kraft F in F11 durch $F10$, so ergibt sich

$$\mathbf{B} = \mu * I_2 / (2 * \pi * d) \quad (F12)$$

$$\mathbf{B} \text{ (Einheit): } Vs * A/(Am * m) = (Vs)/m^2 = \mathbf{T} \text{ Tesla}$$

In den USA ist noch die Einheit "Gauß" für B gebräuchlich, die in Europa nicht mehr verwendet wird. ($1 \text{ Gauß} = 10^{-4} \text{ Tesla}$)

Die magnetische Flußdichte stellt die magnetische Wirkung eines sehr langen Leiters, der vom Strom I_2 durchflossen wird, im Abstand d von dessen Achse dar. Sie hängt nur von d und I ab, nicht von einem Winkel. Es handelt sich somit um ein um den Leiter zylindersymmetrisches Feld.

In welche Richtung B um den Leiter läuft ist willkürlich gewählt. Eingebürgert hat sich zur Richtungsbestimmung die "Rechte-Hand-Regel" (Abb. 42)

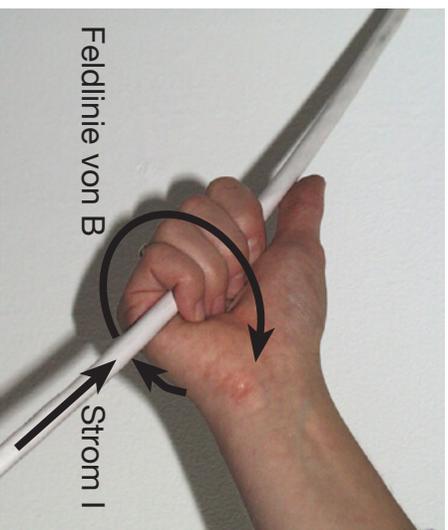


Abb. 42

Der ausgestreckte Daumen symbolisiert die Richtung des Stromes, die restlichen Finger zeigen in Richtung der magnetischen Flußdichte.

B ist eine materialabhängige Größe. In ihr ist durch μ die Materialeigenschaft verschlüsselt.

Die zugehörige materialunabhängige Größe ist die magnetische Feldstärke H . Für einen stromdurchflossenen Leiter gilt

$$H = I / (2 * \pi * d) \quad (F13)$$

H (Einheit): A/m = Henry

Beide Größen sind durch μ miteinander verknüpft.

$$B = \mu * H \quad (F14)$$

Grenzwertempfehlungen, Literaturhinweise**Grenzwertrichtlinien für Bildschirmarbeitsplätze**

Grenzwertempfehlungen im Bereich	MPP II	TCO '92 - '99	TÜV Rheinland
Magnetisches Wechselfeld 5 Hz bis 2 kHz 2 kHz bis 400 kHz	200 nT Effektivwerte 25 nT	200 nT 25 nT	200 nT 25 nT
Elektrisches Wechselfeld 5 Hz bis 2 kHz 2 kHz bis 400 kHz	25 V/m 2,5 V/m	10 V/m 1 V/m	10 V/m 2,5 V/m
bei einem Abstand allgemein von nach vorne	50 cm	50 cm 30 cm	50 cm
Elektrostatistische Aufladung	± 500 V	± 500 V	± 500 V
Stromsparfunktion		ja	?

Grenzwertempfehlungen der Baubiologie

Baubiologische Richtwerte (Niederfrequenz) extreme Anomale > 50	starke Anomale 5 - 50	schwache Anomale 1 - 5	keine Anomale < 1
Baubiologische Richtwerte (Niederfrequenz) extreme Anomale > 0,5	starke Anomale 0,1 - 0,5	schwache Anomale 0,02 - 0,1	keine Anomale < 0,02

aus Wolfgang Maes: Stress durch Strom und Strahlung, IBN-Verlag, Neubauern

aus Wolfgang Maes: Stress durch Strom und Strahlung, IBN-Verlag, Neubauern

Literaturhinweise

Wolfgang Maes: Stress durch Strom und Strahlung, IBN Institut für Baubiologie + Ökologie, Holzham 25, 83115 Neubuern (Durch viele leicht verständliche Praxisbeispiele und einfache Darstellung der technischen Hintergründe besonders für technische Laien zu empfehlen)

Katalyse e. V.: Elektrosmog, C.F. Müller Verlag, Heidelberg (guter Überblick über physikalische Grundlagen, Stand der Forschung sowie die aktuelle Grenzwertdiskussion)

König/Folkerts: Elektrischer Strom als Umweltfaktor, Richard Pflaum Verlag, München (technik-orientiert, viele nachvollziehbare Hinweise zur feldminimierenden Elektroinstallation)

In den oben genannten Büchern finden sich noch umfangreiche weitere Quellen.



Konformitätserklärung

nach ISO/IEC Guide 22

Nr.
KE0001

Anteiler: **Gigahertz Solutions GmbH**
 Anschrift: **Mühlsteig 16**
D-90579 Langenzenn

KOPIE

Produkt: **ME 3951A – Feldstärkemessgerät für elektrische und magnetische NF-Wechselfelder**

Das oben beschriebene Produkt ist konform mit:

Dokument-Nr.	Titel	Ausgabe/ Ausgabedatum
89/336/EWG	Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit	1989-05
92/31/EWG	Richtlinie des Rates zur Änderung der Richtlinie 89/336/EWG zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit	1992-04
EN50082-1	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Fachgrundnorm Störfestigkeit; Teil 1: Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe	1997-11
EN55011	Grenzwerte und Meßverfahren für Funkstörungen von Industriellen, wissenschaftlichen und medizinischen Hochfrequenzgeräten (ISM-Geräten)	1990

Diese Konformitätsbescheinigung gilt für alle Exemplare, die nach den folgenden internen Dokumenten hergestellt sind:

ME3XXX E01-0105-001-0A RA bis ME3XXX E01-0105-010-0A RA	Leiterplatten Daten, Basisplatte (ME3XXX)	1998-06
FELDPL E01-0107-001-0A RA bis FELDPL E01-0107-010-0A RA	Leiterplatten Daten, Feldplatte (FELDPL)	1998-09
F3HPXXX E01-0109-001-0A RA bis F3HPXXX E01-0109-010-0A RA	Leiterplatten Daten, Filter (F3HPXXX)	1998-10
ME3951A E01-0105-008-0A RA, ME3951A E01-0105-008-0B RA	Bestückungsdaten, Basisgerät (ME3951A)	1998-10
F1HP301 E01-0109-008-0A RB bis F1HP301 E01-0109-009-0B RB	Bestückungsdaten, Filter (F1HP301)	1998-10
ME3951A E02-0105-001-0A RA bis ME3951A E02-0105-008-0A RA	Schaltpläne, Basisgerät (ME3951A)	1998-10
F1HP301 E02-0109-001-0A RB	Schaltpläne, Filter (F1HP301)	1998-10
ME3951A E03-0105-001-0A RA, ME3951A E03-0105-002-0A RA	Montageanleitung (ME3951A)	1998-10
ME3951A E04-0105-001-0A RA, ME3951A E04-0105-002-0A RA	Prüfanweisung (ME3951A)	1998-10

Zusätzliche Angaben:

Langenzenn, den 16.10.98

Ort und Datum der Ausstellung

Niels Dermedde, Geschäftsführer

Name, Funktion

N. Dermedde

Unterschrift

ME 3951A

mit F1B2H31

Professionelles Kombimeßgerät für magnetische und elektrische NF-Wechselfelder von 5 Hz bis 400 kHz mit integriertem Frequenzfiltermodul und umfangreichem Zubehör

Technische Daten

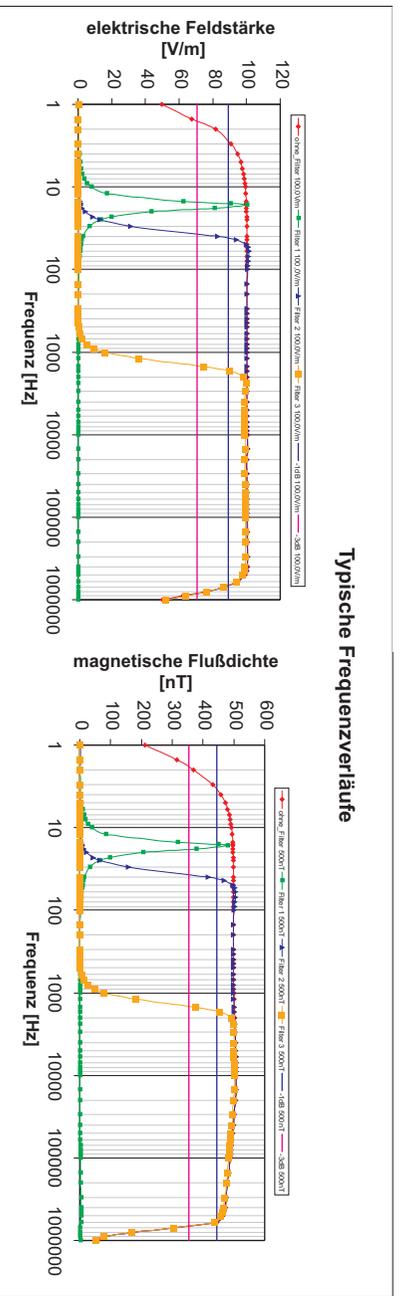
Frequenzgang	magnetische Flußdichte eindimensional in nT	elektrische Feldstärke gegen Erdpotential in V/m
min. 5 Hz bis 400 KHz (-1 dB Grenze)	min. 5 Hz bis 400 KHz (+1 dB Grenze)	
Meßbereich	200,0 nT 2000 nT	200,0 V/m 2000 V/m
Auflösung*	0,1 nT 1 nT	0,1 V/m 1 V/m
Grundgenauigkeit*	± 2 % ± 2 %	± 2 % ± 2 %
(bei 50 Hz vs kalibriertes Normal)		
Linearitätsfehler*	± 0,3 nT ± 3 nT	± 0,2 V/m ± 0,2 V/m
(bei 50 Hz)		
Offset*	± 0,4 nT ± 4 nT	± 0,4 V/m ± 0,4 V/m
(bei 50 Hz)		
Stromverbrauch	15 - 20 mA, abhängig vom Betriebsmodus	

* Bei 20°C und 45% relativer Luftfeuchtigkeit

Meßverfahren entsprechen den international anerkannten Richtlinien für Bildschirmanzeigsplätze TCO und MPR.

Abmessungen 74 x 122 x 31 mm, Gewicht ca. 196 Gramm.

Typische Frequenzverläufe



Stromversorgung

Interner, schwermetaulfreier Nickel-Metalhydrid-Akku mit Akkuschonender **Ladesteuerung**, Tiefentladungs- und Überladungsschutz.

Mittlere Betriebsdauer 8 Stunden.

Fühzeitige **low Batt-Anzeige** und kapazitätsschonende **Auto-Power-Off**-Funktion (Auto-Power-Off deaktiviert bei Langzeitmessungen).

Netzgerät zum Laden des Akkus im Lieferumfang enthalten.

Optionales Zubehör

Kalibrierungszertifikat (empfohlenes Kalibrierungsintervall: 1 Jahr),

Stabiler **Kunststoffkoifer** mit schützender Polsterung.

Externer **Zusatzakku** mit hoher Kapazität für Langzeitaufzeichnungen (> 48 Stunden)

Zusätzliche, **externe Anzeigeeinheit** für Messungen in schwer zugänglichen Bereichen oder zur Beobachtung der Messung durch eine zweite Person.

Nachrüstbares **Frequenzfiltermodul** mit zusätzlichen schaltbaren Grenzfrequenzen.

Weitere Funktionen und Ausstattungen

3,5-digit LCD mit großen, gut lesbaren Ziffern, Anzeige der aktuell gemessenen Feldert sowie low Batt.

Feldstärkeproportionales **Tonsignal** (mit "Geigerzähler-Effekt", zuschaltbar).

Meßausgänge für Wechselfeldsignale bis 30 kHz und Gleichsignale. Zum Anschluß von z.B. Datenlogger, Schreiber oder Kopfhörer zur akustischen Frequenzanalyse.

Testmodus zur **Offsetkorrektur**.

Im **Lieferumfang** enthalten:

- 16 Hz **Bandpassfilter** 4. Ordnung; Q=10, zuschaltbar
- 50 Hz **Hochpassfilter** 5. Ordnung; zuschaltbar
- 2 kHz **Hochpassfilter** 5. Ordnung; zuschaltbar
- Hochflexibles 5m **Erdungskabel** für die Messung der elektrischen Feldstärke
- **BNC-Adapter** zum Anschluß an Spektumanalysen
- **Detaillierte Spezifikation** und **Bedienungsanleitung**

Garantierte Qualität

Innovative Elektronik: mehrere Patente für Verfahren und Schaltungen angemeldet.

Dauerhafte Präzision durch selbstkalibrierende Schaltungselemente.

Made in Germany, hergestellt in modernster SMD-Fertigungstechnologie.

Einsatz hochwertiger Bauteile, FP4-Basismaterial und reproduzierbarer Fertigungsverfahren.

Zwei Jahre Garantie auf Verarbeitungsmängel bei sachgemäßem Einsatz.