

# HF58B / HF58B-r / HF59B

## Hochfrequenz-Analyser

27 MHz (HF59B) / 800Mhz bis 2,5 GHz

(3,3 Ghz mit erhöhter Toleranz)



# Bedienungsanleitung

Revision 1.0

Die Geräte der Profibaureihe HF5xx sind sehr ähnlich ausgestattet. Das HF58B-r besitzt ein umschaltbare Videobandbreite und das HF59 zusätzlich einen erweiterten Frequenzbereich bis auf 27Mhz herab.

Diese Anleitung wird kontinuierlich aktualisiert, verbessert und erweitert.

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.

## Danke!

Wir danken Ihnen für das Vertrauen, das Sie uns mit dem Kauf dieses Gerätes bewiesen haben. Es erlaubt Ihnen professionelle Analyse der Belastung mit hochfrequenter („HF“) Strahlung in Anlehnung an die Empfehlungen der Baubiologie.

Über diese Anleitung hinaus bieten wir Schulungsvideos (auf unserer website) und Anwenderseminare zur optimalen Nutzung unserer Messtechnik an.

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

## Inhaltsverzeichnis

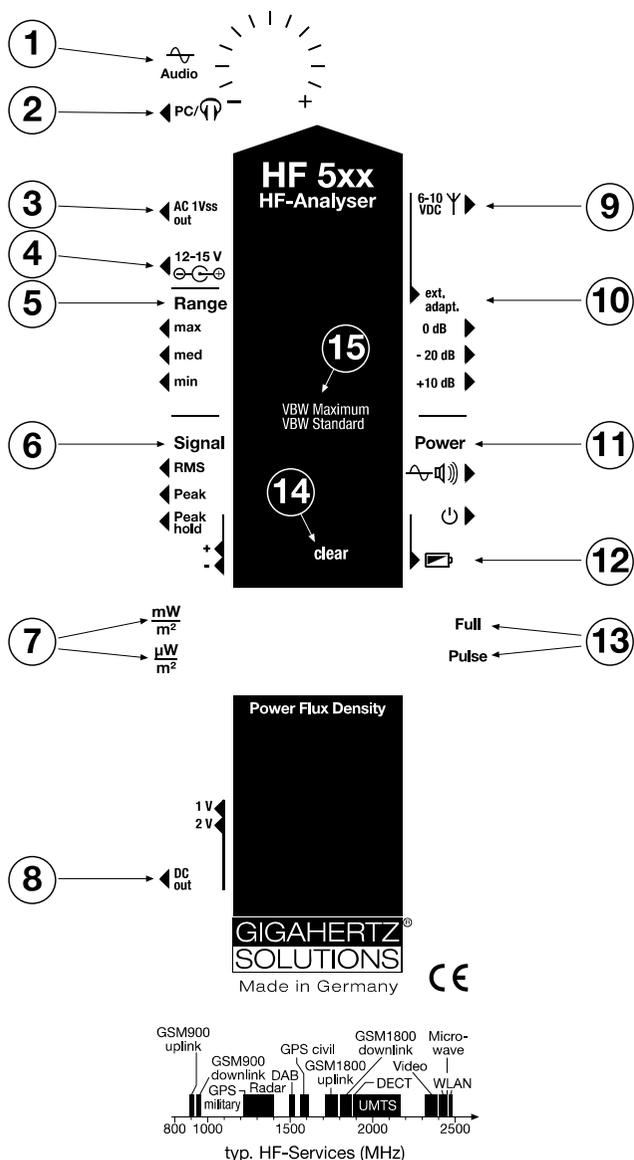
Funktions- und Bedienelemente	2
Vorbereitung des Messgerätes	3
Eigenschaften hochfrequenter Strahlung ...	4
...und Konsequenzen für die - Durchführung der Messung	5
Schritt-für-Schritt-Anleitung zu den Geräteeinstellungen und zur Durchführung der Messung	6
Grenz-, Richt- und Vorsorgewerte	12
Frequenzanalyse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

### Sicherheitshinweise:

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.

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.

## 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) Nur HF59B: Genormter AC Ausgang 1 Volt Spitze-Spitze, feldstärkeproportional.
- 4) Ladebuchse 12-15 Volt DC zur Verwendung mit dem mitgelieferten Netzteil. Nur bei Akkubetrieb verwenden!
- 5) Wahlschalter für den **Messbereich**:  
 max = 19,99 mW/m<sup>2</sup> (=19.990µW/m<sup>2</sup>)  
 med = 199,9 µW/m<sup>2</sup>  
 min = 19,99 µW/m<sup>2</sup>  
 Zu beachten: Mit Vorverstärker und Dämpfer verändert sich die Skalierung.
- 6) Wahlschalter für die **Signal-Bewertung**. **Standardeinstellung** = „Peak hold“ (Spitzenwert halten). Wenn „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** = „+“. Mit dem Taster 13 kann der Spitzenwert manuell zurückgesetzt werden.
- 7) Die Einheit der angezeigten Zahlenwerte wird durch kleine Balken links im Display angezeigt:  
 Balken oben = mW/m<sup>2</sup> (Milliwatt/m<sup>2</sup>)  
 Balken unten = µW/m<sup>2</sup> (Mikrowatt/m<sup>2</sup>)
- 8) Gleichspannungsausgang z.B. für Langzeitaufzeichnungen.  
 1 Volt DC bei Vollausschlag. ( HF59B : Skalierbar auf 2 Volt DC bei Vollausschlag )

- 9) Anschlussbuchse für das Antennenkabel. Die Antenne wird in den Kreuzschlitz auf der Gerätestirnseite gesteckt.
- 10) **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.
- 11) **Ein-/Ausschalter**. In der oberen Schalterstellung ist die Audioanalyse aktiviert.
- 12) **Ladeanzeige**
- 13) **Signalanteil**: In der Schalterstellung „Full“ wird die gesamte Leistungsflussdichte aller Signale im betrachteten Frequenzbereich dargestellt, in der Schalterstellung „Pulse“ nur der amplitudenmodulierte (gepulste) Anteil.
- 14) Taster zur Rücksetzung d. Spitzenwertes. (so lange drücken, bis der Wert nicht weiter zurückgeht!)
- 15) Nur HF58B-r + HF59B :Schiebeschalter zur Wahl der **Videobandbreite**. **Standardeinstellung** = „**VBW Standard**“.

**Die Standardeinstellung wichtiger Funktionen ist gelb markiert.**

## 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

Ausführliche Bedienungsanleitung

## Vorbereitung des Messgerätes

### Anschluss der LogPer-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 erhältlich.

Auf den Schaft der beiden Stecker des Antennenkabels sind Ferrittröhrchen zur Verbesserung der Antenneneigenschaften aufgesteckt<sup>1</sup>.

Der Anschluss der horizontal isotropen Antenne UBB27 (optional beim HF59B, inkl. beim HF E59B) ist in deren Bedienungsanleitung beschrieben.

## 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-

<sup>1</sup> Sollten sich diese Ferritrollchen im Laufe der Zeit lösen, so können sie problemlos mit jedem Haushaltskleber wieder angeklebt werden.

Batterie (Alkalimangan) einsetzen. (Siehe Kapitel „Akkuwechsel“)

Vorsicht: Bei temporärem Batteriebetrieb darf keinesfalls das Netzteil angeschlossen 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 „Elektromog 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.

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.

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 einfache 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 Messungen mit dieser Antenne nicht durch darunterliegende Strahlungsquellen verfälscht werden, ist in das HF58B und HF58BB-r ein zusätzlicher Hochpassfilter bei 800MHz integriert, d.h. niedrigere Frequenzen werden unterdrückt.

Da das HF59B auch Frequenzen unter 800 MHz empfängt ist dieser Filter hier nicht integriert, sondern als HP800 extern vorschaltbar. Dieser kleine Filter wird als Durchgangstecker zwischen Antenneneingang und das Antennenkabel geschraubt (er sollte ständig an der LogPer-Antenne verbleiben).

Zusätzlich gibt es **für das HF59B** besonders im unteren HF-Bereich viele nicht amplitudenmodulierte („ungepulste“) Sender. Diese können durch die Audioanalyse prinzipiell nicht hörbar gemacht werden, was die Interpretation der Messergebnisse zusätzlich erschwert. Deshalb werden solche Strahlungsanteile durch das Messgerät mit einem gleichmäßigen **Knatterton** „markiert“, welcher in der Lautstärke der Audioanalyse proportional zum Anteil am Gesamtsignal ist. Die „Markierung“ hat eine Frequenz von 16 Hz (also sehr tief). Ein Hörbeispiel ist auf unserer homepage zu finden. In der Schalterstellung „Pulse“ rechts neben dem Display werden

diese Sender und somit auch das „Knattern“ ausgeblendet.

Um **mit dem HF59B** auch Frequenzen unter 800 MHz quantitativ zu messen, ist aus dem Hause Gigahertz Solutions eine aktive, horizontal isotrope Ultrabreitbandantenne (auch „Omni-Antenne“) von 27 MHz aufwärts erhältlich, welche am HF59B einfach direkt an den Antenneneingang geschraubt wird: Die UBB27\_G3.

**Hinweise zur Antenne UBB27** (für das HF59B als Zubehör erhältlich; beim HFE59B im Lieferumfang)

Frequenzen unter 800 MHz können mit der isotropen (d.h. mit „Rundumempfangseigenschaften“ ausgestatteten) Antenne UBB27 zuverlässig gemessen werden. Ihr Frequenzgang erfasst Frequenzen ab 27 MHz bis weit über die obere Frequenzbegrenzung des HF59B hinaus.

### LogPer- oder isotrope Antenne?

Eindeutig ist die Entscheidung für zwei spezielle Fragestellungen:

- unter 800 MHz gibt es keine Alternative zur isotropen UBB-Antenne, da derzeit nur eine passende LogPer-Antenne bis hinunter zu 800 MHz verfügbar ist
- Für Langzeitaufzeichnungen macht i.d.R. nur eine isotrope Antenne Sinn.
- Für die *orientierende* „Immissionsmessung“ (Messung der Gesamtbelastung) hat die isotrope Antenne klare Vorteile.
- Für die Festlegung von Sanierungsmaßnahmen („Emissionsmessung“) ist die LogPer-Technik klar überlegen.

Bei der quantitativen „Immissionsmessung“ (Messung der Gesamtbelastung) sind Vor-

und Nachteile beider Antennentypen gegeneinander abzuwägen:

- Die Messunsicherheit der isotropen Antenne ist im messtechnischen Alltag höher und die Interpretation der Ergebnisse schwieriger aber dafür geht die Messung schneller und ist umfassender.
- Umgekehrt ist es bei der LogPer-Antenne: Die Messunsicherheit ist im messtechnischen Alltag geringer und die Interpretation der Ergebnisse einfacher aber dafür ist die Messung aufwändiger und der Frequenzbereich eingeschränkt.

Mangels geeigneten, preiswerten isotropen Antennen vor dem Erscheinen der UBB27 beziehen sich die gängigen baubiologischen Messanleitungen jeweils auf die Verwendung von LogPer-Antennen. Es bleibt abzuwarten, wie sich das in den nächsten Jahren entwickelt.

### 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 („Power“-Schalter auf Stellung: ) , Lautstärkeregler ganz nach links gedreht)

Vorgehen zur orientierenden Messung:

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

Dann den Messbereich (Schalter „Range“) auf „max“ einstellen. Für die orientierende Messung sind kleinere Übersteuerungen in

diesem 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 „med“ oder ggf. sogar in den Messbereich „min“ umschalten.

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

Den Schalter „Signal“ auf „Peak“ 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 man für die orientierende Messung nicht auf das Display sehen, sondern nur auf das **Tonsignal** hören muss, kann man problemlos langsamen Schrittes 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: „Range“ (Messbereich)

Schaltereinstellung wie im Kapitel „Orientierende Messung“ beschrieben: Zunächst den Schalter „Range“ auf „max“ einstellen. Nur wenn ständig sehr kleine Werte angezeigt werden, in den Messbereich „med“ oder ggf. sogar in den Messbereich „min“ 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 „med“ nach „max“ einem Faktor 100, d.h. beispielsweise ein Messwert im Bereich „med“ von  $150.0 \mu\text{W}/\text{m}^2$  entspricht theoretisch  $0.15 \text{ mW}/\text{m}^2$  im Bereich „max“. Aus technischen Gründen muss im Grenzbereich zwischen diesen beiden Messbereichen aber mit relativ großen Toleranzen gerechnet werden.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Der Bereich von wenigen hundert  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ , angezeigt als 0.01 bis ca.  $0.30 \text{ mW}/\text{m}^2$  im „groben“ Messbereich, ist der Bereich der größten Toleranzen dieses Messbereichs. Andererseits wird in der Schalterstellung „med“ (und „min“) 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 „med“ annähernd die maximale

### Faustregeln zur Messwertinterpretation:

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

Displayanzeigen unter  $0,05 \text{ mW}/\text{m}^2$  im *groben* Messbereich („max“) 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 „max“ 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

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 „med“  $150.0 \mu\text{W}/\text{m}^2$ . Im „grob“ Bereich könnte die Anzeige im Extremfall zwischen 0.6 und  $0.03 \text{ mW}/\text{m}^2$  liegen (der exakte Sollwert wäre  $0.15 \text{ mW}/\text{m}^2$ ). In der Praxis ist die Toleranz allerdings ganz deutlich kleiner.

**Abhilfe: Vorverstärker HV10 verwenden!**

HF59B vorhandenen Schalter „ext. adapt. - 20 dB“.

Erhältlich sind auch HF-Vor**verstärker** um den Faktor 10 und  $1.000^3$  als Zwischenstecker für den Antenneneingang Damit erreicht das Gerät eine (theoretische) minimale Auflösung von  $0,00001 \mu\text{W}/\text{m}^2$ , angezeigt als  $0,01 \text{ Nanowatt}/\text{m}^2$ .

Nur HF58B-r / HF59B:

Die *real* minimale Auflösung hängt von der eingestellten Videobandbreite ab und beträgt in der

- Schalterstellung TPmax: ca.  $1 \text{ nW}/\text{m}^2$
- Schalterstellung TP30kHz: ca.  $0,1 \text{ nW}/\text{m}^2$

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

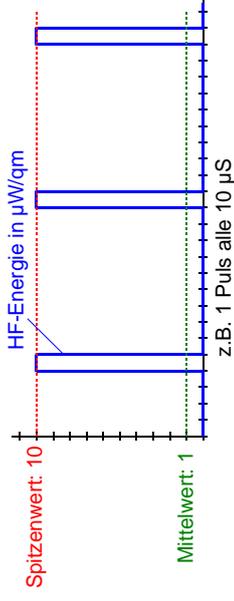
Geräteeinstellung:

**„Range“**

Peak / RMS

Folgendes symbolisches Beispiel zeigt anschaulich die unterschiedliche Bewertung desselben Signals in der Mittel- und Spitzenwertanzeige („RMS“ und „Peak“:

<sup>3</sup> 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  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  die Einheit  $\text{nW}/\text{m}^2$  zu verwenden ist (bzw.  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  statt  $\text{mW}/\text{m}^2$ ).



In der Schalterstellung „Peak“ zeigt das Gerät die volle **Leistungsflussdichte** des Pulses an (im Beispiel also  $10 \mu\text{W}/\text{m}^2$ ). In der Schalterstellung „RMS“ wird die Leistungsflussdichte des Pulses über die gesamte Periodendauer gemittelt. Angezeigt wird also  $1 \mu\text{W}/\text{m}^2$  ( $= (1 \times 10) + (9 \times 0) / 10$ ).

Der in der Schalterstellung „Peak“ 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 Information<sup>4</sup>:

- 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.

<sup>4</sup> Hinweis für die Benutzer von Messgeräten anderer Hersteller: Die o.g. Rückschlüsse sind nur möglich bei einer echten Mittelwertfassung. 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.

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 denkbar, jedoch sind hierzu noch weitere Analysen und Überlegungen nötig. Diese werden wir, sobald sie vorliegen, in spätere Revisionen dieser Anleitung einarbeiten

Hinweis für Benutzer von professionellen Spektrumanalysatoren:

- Die HF-Analyser von Gigahertz Solutions zeigen für gepulste Strahlung in der Schalterstellung „Peak“ 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 „RMS“ 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 „Range“ auf „Peak hold“ einstellen. Dann mit dem Taster „clear“ eventuelle „Pseudospitzen“ durch den Umschaltimpuls löschen. Bei gedrücktem Schalter „clear“ 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 „clear“

(ein bis zwei Sekunden gedrückt halten) beginnt der Zeitraum für die Spitzenwertermittlung von Neuem (im Moment des Loslassens).

Die Funktion „Peak hold“ 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 Polarisation 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 „Peak hold“ 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 „Peak hold“ proportional zur aktuell gemessenen Leistungsflussdichte. Dies erleichtert das Auffinden der Stellen, Einstrahlrichtungen und Polarisationsebenen, an denen Maxima erreicht werden, wobei dennoch deren Maximum gespeichert bleibt.

Die Geschwindigkeit, mit der die „Peak hold“-Funktion „zurückläuft“, kann mit dem Schalter „+“ und „-“ eingestellt werden. Auch nach Minuten ist der Wert, trotz des langsame „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 „Peak hold“ einige Augenblicke (unter einer Sekunde) bis sie

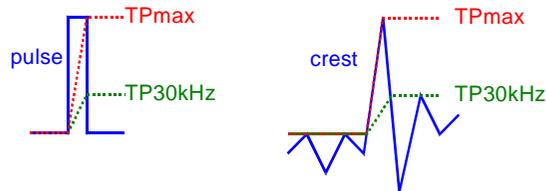
voll geladen ist. Zum Umschalten ggf. einen Kugelschreiber o.ä. verwenden.

**HF58B-r / HF59B**

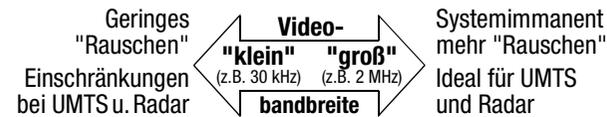
Geräteeinstellung:  
**„VBW Maximum / VBW Standard“**

VBW steht für Videobandbreite. Sie qualifiziert entscheidend die Möglichkeiten und Grenzen eines Hochfrequenzmessgerätes.

Für die meisten Signale ist die Einstellung „VBW Standard“ (30kHz) zu wählen. Um Signale wie Radar („pulse“ in folgender Zeichnung), UMTS/3G oder DVB („crest“ in folgender Zeichnung), UMTS/3G oder DVB („crest“) verfälschungsfrei darzustellen, wird die maximale Videobandbreite (2 MHz) benötigt. Den Grund hierfür erklärt folgender Zeichnung:



Die Vorteile der hohen Videobandbreite werden aber durch ein erhöhtes Rauschen erkauft. Der Zusammenhang ist nachfolgend dargestellt:



Das Rauschen kann in der Schalterstellung „VBW Maximum“ und „Range: min“ 60 bis 120 Digits betragen! Zur Messung sehr kleiner Signale ist also ein Vorverstärker (HV10 oder HV30) nötig.

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. Bei Verwendung der UBB27 ( HF59B ) reicht das Schwenken nach rechts und links, da nur eine Verfälschung des Messergebnisses durch die messende Person vermieden werden soll.
- durch **Drehen** um bis zu 90° nach links oder rechts um die Messgerätelängsachse, um die Polarisationssebene der Strahlung zu berücksichtigen. Bei Verwendung der UBB27 ( HF59B ) ist dieser Schritt nur nötig, wenn Einstrahlungen direkt von oben oder unten zu erwarten sind (mehrstöckige - bzw. Mehrfamilienhäuser).
- durch Veränderung der **Messposition** (also des „Messpunktes“), um nicht zufällig genau an einem Punkt zu messen, an dem lokale Auslöschungen auftreten.

Einzelne Messgerätemanbieter 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. Bei Verwendung der UBB27 entfällt selbstverständlich die Richtungskomponente.**

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 (relevant ist dies nur bei richtungsgebundenen Messungen mit einer LogPer-Antenne, die UBB27 berücksichtigt ohnehin beide Komponenten). 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 2 multiplizieren und das Ergebnis als Basis für den Vergleich heranziehen. Die-

se 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 Spektrumanalysatoren vom selben Faktor 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 „VBW Maximum“ (nur HF58B-r

+HF59B) 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.

Bei der UMTS-Messung macht die Schalterkombination „RMS“ und „Pulse“ technisch keinen Sinn.

Beim HF58B kann das UMTS-Signal in der Schalterkombination „Spitzenwert“ und „voll“ bis zu einem Faktor 5 unterbewertet werden.

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:

HF58B-r +HF59B: „VBW“ Maximum einstellen.

Schalter „Range“ auf „Peak“ einstellen. In dieser Schalterstellung die Haupteinstrahlrichtung identifizieren. Der Radarpuls ist je-

weils so kurz, dass nur sehr kurz ein eher stochastischer Messwert angezeigt wird.

Schalter „Range“ auf „Peak hold“ einstellen und mehrere Durchläufe des Radarsignals bei geringfügig veränderte Messgeräteposition aufnehmen um den quantitativ richtigen Messwert aufzunehmen.

Für die Radarmessung bei unbekanntem Standort der Radarstation ist die Verwendung der quasiisotropen UBB-Antenne besonders empfehlenswert, da das genaue Orten der Strahlungsquelle mit einer LogPer-Antenne aufgrund der langen Zwischenzeiten zwischen den einzelnen Radarpulsen sehr lang ist. Andererseits fehlt bei der quasiisotropen Messung dafür die Richtungsinformation.

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

Nur HF58: Auch mit „Peak hold“ sind mehrere „Radarsignaldurchläufe“ nötig, bis sich ein Gleichgewicht aus Rücklauf und Erhöhung einstellt. Das kann einige Minuten dauern. Dieser Gleichgewichtswert kann je nach Radartyp bis zu 10 dB, also einem Faktor 10 unter dem tatsächlichen Ist-Wert der Leistungsflussdichte liegen, bei bestimmten Radartypen sogar noch darüber. Aus diesem Grunde sollte man gemessene Radarsignale (= Gesamtpegel abzüglich der Hintergrundstrahlung, d.h. dem Messwert zwischen den Pulsen) mit einem Faktor 10 multiplizieren und dann erst den Vergleich mit den Grenz- und Richtwerten durchführen.

Quantitative Messung:  
Identifikation der HF-Einfallstellen

Zunächst sind – nahe liegend – 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 messen<sup>5</sup>, 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 Vorgehensrichtlinie illustriert die folgende Skizze.

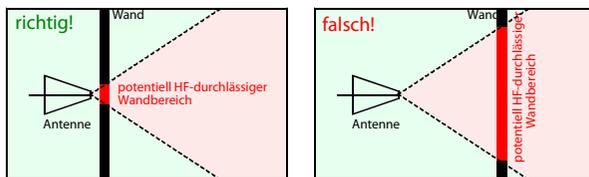


Abbildung: Illustrationsskizze zur Ortungsunsicherheit bei Messantennen

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

<sup>5</sup> Zu beachten: In dieser Position ist nur ein relationaler Messwertvergleich möglich!

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 2008: „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 Frequenzbereich 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 verharmlosenden - Mittel wertbetrachtung 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 2008 unterscheidet die folgenden Stufen:

Baubiologische Richtwerte		gem. SMB-2008		
© Baubiologie Maes / IBN				
Angaben in $\mu\text{W}/\text{m}^2$	keine Anomalie	schwache Anomalie	starke Anomalie	extreme Anomalie
	< 0,1	0,1 - 10	10 - 1000	> 1000

Kritischere Funkwellen wie z.B. gepulste bzw. periodische Signale (Mobilfunk, DECT, WLAN, digitaler Rundfunk...) sollten speziell bei stärkeren Auffälligkeiten empfindlicher und weniger kritische wie z.B. un gepulste bzw. nichtperiodische Signale (UKW, Kurz-, Mittel-, Langwelle, analoger Rundfunk...) speziell bei schwächeren Auffälligkeiten großzügiger bewertet werden.

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. Einschränkend 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 Leistungsflussdichten 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 „Pulse“ geschaltet sein. Falls auch ungepulste Anteile im Signal sind, erschwert nämlich deren akustische „Markierung“ (16 Hz „Knettern“) 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.

„Power“-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 „Audio“-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.

Wir haben einige Audiodateien als Hörproben für Sie auf unserer Homepage zusammengestellt.

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

## Analyse des modulierten / gepulsten Signalanteils (Full/Pulse)

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 „Full“ wird die gesamte Leistungsflussdichte aller Signale im betrachteten Frequenzbereich dargestellt, in der Schalterstellung „Pulse“ 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 ebenso als Hörprobe auf unserer homepage (Multimedia Teil) zu finden.

#### HF59B:

Bei Verwendung der Breitbandantenne UBB27 zu beachten: Der hiermit zusätzlich erfasste Frequenzbereich ab 27 MHz umfasst besonders viele ungepulste Sender. Mit der UBB27 werden Sie also häufig ein gewissen „Grundknattern“ feststellen.

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

#### Hinweis zur Schalterstellung „Pulse“:

Bei der Einstellung „Pulse“ 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 Klinkebuchse) dient zur weitergehenden Analyse des amplitudenmodulierten / gepulsten Signalanteils z.B. über Kopfhörer oder eine PC-Audiokarte mit entsprechender Software.

Der DC-Ausgang („DC out“, 2,5mm Klinkebuchse) dient zur (Langzeit-) Aufzeichnung der Displayanzeige oder zum Anschluss einer externen Displayeinheit (im Lieferprogramm;

siehe Kontaktadresse am Ende dieser Anleitung).

Bei „Vollausschlag“ auf dem Display liegt hier (umschaltbar) ein (oder beim HF59B auch einstellbar: Zwei 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

Von Gigahertz Solutions sind erhältlich:

- **Vorsatz-Dämpfungsglieder** zur Erweiterung der Messbereiche nach oben für starke Quellen.
- **Frequenzfilter** für eine genauere Unterscheidung unterschiedlicher Quellen.
- **Messgeräte für HF bis 6 GHz / 10 GHz:** Für die Analyse noch höherer Frequenzen (bis ca. 6 GHz, also WLAN, WIMAX sowie einige Richtfunk- und Flugradar-Frequenzen) ist das HFW35C erhältlich (2,4 - 6 GHz), sowie ein neues Breitbandmessgerät von 2,4 - 10 GHz in Vorbereitung (HFW59B).
- **Messgeräte für die Niederfrequenz:** Mit der neuen NFA-Baureihe für die dreidimensionale Messung elektrischer und magnetischer Wechselfelder hat Gigahertz Solutions auch in diesem Frequenzbereich eine richtungsweisende Palette professioneller Messtechnik im Programm.

- **Datenlogger, V/M-Anzeigeeinheit:** Schon das NFA 30M hat einen Eingang zur Langzeitaufzeichnung mit unseren HF-Analysern. Zugleich kann dieses Gerät als Externe Displayeinheit mit V/m-Anzeige verwendet werden.

## 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 „Batteriesymbol“ 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 gerillten 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 senkrechttes „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 DC-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 Abschirmlösung ist in jedem Falle empfehlenswert.

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.

Näheres erfahren Sie auf unseren **Produkt-schulungen und Seminare** zum Thema „Hoch- & Niederfrequenz – Messtechnik & Schutzlösungen“.

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

## 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.

Hilfreich zum Schutz vor Abnutzung haben sich unsere Silikonholster erwiesen. So haben Sie das Gerät auch sicher im Griff und runden es auch optisch ab.

## Kontakt- und Serviceadresse:

PCE Deutschland GmbH  
 Im Langel 4  
 59872 Meschede  
 Telefon: 02903 976 990  
 E-Mail: [info@pce-instruments.com](mailto:info@pce-instruments.com)  
 Web: [www.pce-instruments.com/deutsch/](http://www.pce-instruments.com/deutsch/)

### Messbereiche HF59B

Messbereich	Balken im LCD	<b>Auslieferungszustand,</b> d.h. ohne Vorverstärker oder Dämpfungsglied ("Pegelanpassung" auf "keine; 0 dB")
		Anzeigewert u. -einheit
max	█	0.01 - 19.99 mW/m <sup>2</sup>
med	█	00.1 - 199.9 μW/m <sup>2</sup>
min	█	0.01 - 19.99 μW/m <sup>2</sup>
einfach ablesen - kein Korrekturfaktor		

Messbereich	Balken im LCD	<b>Mit ext. Dämpfungsglied DG20,</b> ("Pegelanpassung" auf "Dämpfer -20dB")
		Anzeigewert u. -einheit
max	█	1 - 1999 mW/m <sup>2</sup>
med	█	0.01 - 19.99 mW/m <sup>2</sup>
min	█	.001 - 1.999 mW/m <sup>2</sup>
einfach ablesen - kein Korrekturfaktor		

Messbereich	Balken im LCD	<b>Mit externem Verstärker HV10,</b> ("Pegelanpassung" auf "Verstärker +10dB")
		Anzeigewert u. -einheit
max	█	1 - 1999 μW/m <sup>2</sup>
med	█	0.01 - 19.99 μW/m <sup>2</sup>
min	█	.001 - 1.999 μW/m <sup>2</sup>
einfach ablesen - kein Korrekturfaktor		

Messbereich	Balken im LCD	<b>Mit externem Verstärker HV30,</b> ("Pegelanpassung" auf "keine; 0 dB")
		<b>Anzeigewert u. -einheit</b>   Ist-Einheit
max	█	0.01 - 19.99 mW/m <sup>2</sup>   μW/m <sup>2</sup>
med	█	00.1 - 199.9 μW/m <sup>2</sup>   nW/m <sup>2</sup>
min	█	0.01 - 19.99 μW/m <sup>2</sup>   nW/m <sup>2</sup>
Kommastelle bleibt - "nächst kleinere Einheit"		

Umrechnungstabelle W/m<sup>2</sup> und V/m

nW/m <sup>2</sup>	μW/m <sup>2</sup>	mW/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	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/m<sup>2</sup> zu V/m )



μW/m <sup>2</sup>	mV/m	μW/m <sup>2</sup>	mV/m	μW/m <sup>2</sup>	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/m<sup>2</sup> (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.