

# Frequency Master IV



# Inhaltsverzeichnis

<i>Bedienelemente</i>	4
<i>Vorbemerkungen - Sicherheitshinweise</i>	5
<i>Inbetriebnahme</i>	6
<i>Eingebauter Lautsprecher</i>	8
<i>WCDMA Detektion</i>	10
<i>LED-Balkenanzeige</i>	10
<i>Wahl der Maßeinheit</i>	11
<i>Modulation</i>	12
<i>Spitzenwertspeicher (PeakHold)</i>	13
<i>HF-Grundlagen</i>	14
<i>Antennen</i>	16
<i>Hinweise zur Antenne</i>	18
<i>Messunsicherheiten</i>	19
<i>Polarisation</i>	21
<i>Bewertung der Messergebnisse</i>	23
<i>Pflege des Gerätes und Akkumulator</i>	23
<i>Technischer Anhang</i>	24
<i>Optionen</i>	25
<i>DC-Ausgang (analoger Schreiber Ausgang)</i>	25
<i>Detektor-Ausgang</i>	25
<i>Technische Daten</i>	26
<i>Tips und Hinweise auf häufig gestellte Fragen</i>	26
<i>Umrechnungstabelle Strahlungsdichte - elektrische Feldstärke</i>	27

## Frequency Master IV Handbuch V1

Vielen Dank, dass Sie sich für den Kauf dieses Gerätes entschieden haben.

Sie sind damit in der Lage, die hochfrequente Strahlungssituation im Frequenzbereich von ca. 800 MHz bis ca. 10 GHz schnell und einfach zu ermitteln.

Die Bedienung des Frequency Master IV ist einfach. Hierauf haben wir höchsten Wert gelegt!

Durch unsere langjährige Erfahrung im HF-Messgerätebau (seit 1996) und mit Unterstützung durch die Universität der Bundeswehr München haben unsere HF-Messgeräte PDM-3, HFA-3, HFR-2, HFR-4, sowie unser Mehrfrequenzfilter MFF-1 Standards in der HF-Breitbandmesstechnik gesetzt! Nur durch immensen Entwicklungsaufwand konnten wir etliche Verbesserungen auch für den Frequency Master IV realisieren.

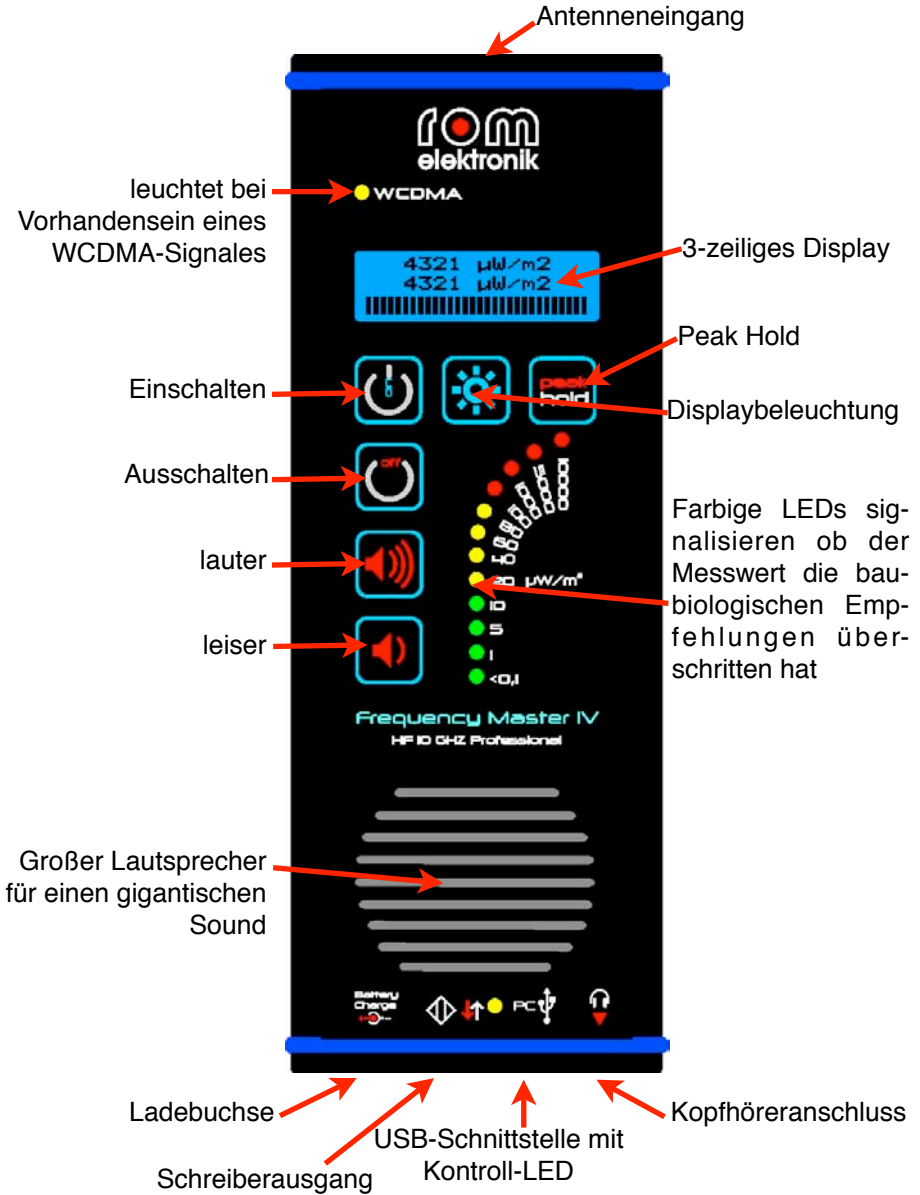
Der Frequency Master IV ist ein Breitbandempfänger zum Nachweis und Beurteilung von hochfrequenten Signalen von Mobiltelefonen C-, D-, E-Netz, Schnurlostelefonen (DECT, CT1+,...), WLAN, Bluetooth Radio- und Fernsender, Mikrowellenherd, RADAR....

Die eingebaute Spitzenwerterfassung erlaubt die Messung gepulster HF-Signale nach baubiologischen Anforderungen.

Auf dem LC-Display des handlichen Gerätes kann der gepulste und ungepulste Strahlungsanteil als elektrische Feldstärke direkt in mV/m oder als Strahlungsdichte in  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  abgelesen werden.

Über den internen Lautsprecher kann die Modulation der Hochfrequenzsignale hörbar gemacht werden (z. B. gepulste HF-Strahlung). Durch die im Lieferumfang enthaltenen, aufschraubbaren logarithmisch periodische Breitbandantennen (Logger-Antenne) kann die Richtung und die Polarisation der HF-Strahlung einfach bestimmt werden.

## Bedienelemente



## Vorbemerkungen - Sicherheitshinweise

Sie haben ein elektronisches Messgerät erworben. Behandeln Sie Ihr Frequency Master IV sorgsam! Aufgrund der hohen Empfindlichkeit ist die Elektronik des Messgerätes schock- und stoßempfindlich. Lassen Sie es bitte nicht fallen!

Die Antenne des Gerätes leitet elektrischen Strom sehr gut. Bringen Sie die Antenne nicht zu nahe an Steckdosen, stromführende Kabel oder Gerätschaften! Der Frequency Master IV könnte bei Kontakt der Antenne mit Strom zerstört werden! Auch ein Stromschlag des Anwenders ist hierbei nicht gänzlich ausgeschlossen!

Der Frequency Master IV gehört nicht in Kinderhände! Obwohl das Gerät sehr robust ist, könnte doch die Antenne bei Zweckentfremdung Schaden nehmen.

Den Frequency Master IV niemals mit Wasser in Berührung bringen! Nicht im Regen benutzen. Die sensible Elektronik könnte durch eindringendes Wasser Schaden nehmen.

Hohe Temperaturen vermeiden! Das Gerät nicht auf die Heizung oder im Sommer in der prallen Sonne oder im Auto liegen lassen!

Der Frequency Master IV ist wartungsfrei. Eine Rekalibrierung ist nicht erforderlich! Reinigen sie das Gerät nur von außen mit einem feuchten Tuch. Benutzen Sie keine Reinigungsmittel!



*Frequency Master IV im Transportkoffer*

## Inbetriebnahme

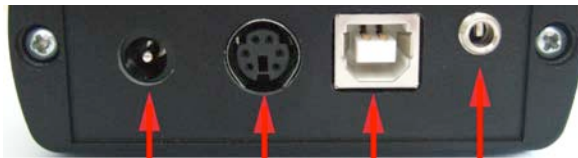
Der Frequency Master IV wird mit geladenem Akku geliefert! Falls sich das Gerät wider Erwarten nicht einschalten lässt, bitte mit beiliegendem Ladegerät ca. 15 Stunden laden. Am Ladegerät leuchtet eine Ladekontrolllampe.



Ladegerät



Anschluss Ladegerät an Frequency Master IV



Ladebuchse

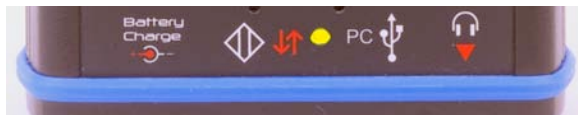
USB-PC-Schnittstelle

Kopfhöreranschluss

Analoger Schreiber Ausgang  
und serielle Schnittstelle

**Anschlüsse und Schnittstellen beim Frequency Master IV**

Der interne Akku wird auch geladen, wenn der Frequency Master IV an eine stromführende USB-Schnittstelle (z. B. mit einem eingeschalteten PC) über ein USB-Kabel verbunden wird. Es leuchtet dann die USB-Kontrolllampe am Frequency Master IV.



**USB-Kontrolllampe**

Eine der mitgelieferten Logper-Antennen auf Frequency Master IV aufschrauben. Wir empfehlen mit der großen Antenne zu beginnen.

## Wahl der richtigen Antenne

**800 MHz bis 2,6 GHz  
(grosse Antenne)**

**2 GHz bis 10 GHz  
(kleine Antenne)**





Mit Druck auf den Ein-Taster  den Frequency Master IV einschalten. Auf der Anzeige (Display) sollte kurz folgende Meldung erscheinen:



danach wird nach der verwendeten Antenne gefragt:



Der Bedientaster für Beleuchtung  wählt die große Antenne (<2,5 GHz), der Bedientaster „peak hold“  wählt die kleine Antenne (>2 GHz) aus.

Werden hauptsächlich Frequenzen bis 2,5 GHz gemessen (Mobilfunk, WLAN, Bluetooth, etc.), so ist die große Antenne auszuwählen. Bei Frequenzen über ca. 4 GHz ist die kleine Antenne zu wählen!

Hier sollte der Benutzer im eigenen Interesse die korrekte Auswahl treffen, um für die jeweilige Antenne die korrekten Kalibrierdaten zu verwenden. Diese Prozedur ist leider notwendig, um den unterschiedlichen Kenndaten der verwendeten Antennen gerecht zu werden. Nach der Wahl der Antenne erscheint dann auf dem Display z. B.:



Damit ist Ihr Frequency Master IV schon in Betrieb.

## Eingebauter Lautsprecher

Auf der Frontseite des Frequency Master IV befinden sich zwei Tasten für die Lautstärke. Hier lässt sich die Lautstärke des eingebauten Lautsprechers und/oder optional eingesteckten Kopfhörers einstellen.



lauter



leiser

Bei Druck auf eine der Tasten wird die Lautstärke erhöht oder erniedrigt. Die Lautstärke wird dabei in 32 Stufen verändert. Eine Dauerbetätigung ändert die Lautstärke kontinuierlich.

Der Lautsprecher gibt die Modulationssignale wieder, die über die Antenne empfangen werden. Erschrecken Sie nicht, wenn Sie die Signale zum ersten

## Frequency Master IV Handbuch V1

mal hören. Hier bekommen Sie einen Eindruck, welche Signale im „Äther“ unterwegs sind, die Sie nicht merken, weil keiner Ihrer Sinne in der Lage ist, diese zu erfassen.

Ein einfach zu erkennendes Signal ist das eines DECT Schnurlostelefon. Die Basisstation sendet ununterbrochen einen 100 Hz Ton, ob telefoniert wird oder nicht! Sobald der Netzstecker der Basisstation gezogen wird, verschwindet der Brummtön.

Mobiltelefone (Handies), die nach dem GSM-Standard kommunizieren, senden ein Signal von 217 Hz. Dies aber nur während des Telefonats. Die zugehörigen Basisstationen hingegen sind durch einen hohen Pfeifton von ca. 1733 Hz ( $8 \times 217 \text{ Hz} = 1733 \text{ Hz}$ ) zu identifizieren.

Radaranlagen senden Signale von 600 Hz bis 1200 Hz.

Es gibt noch unzählige weitere, teilweise „exotische“ Signale, die hier nicht alle aufgezählt werden können. Mit der Zeit werden Sie Ihre eigenen Erfahrungen machen.

Der Frequency-Master IV ist in der Lage, wie wir Menschen auch, Signale zu „hören“ und auch zu erkennen!

Wenn ein bekanntes Signal dabei ist, wird es auch sofort identifiziert und im Display dargestellt. Somit ist man, gerade als unbedarfter Anwender, in der Lage die Strahlungsquelle(n) einfacher zu identifizieren.



Immer das stärkste oder die stärksten Signale werden detektiert und im Display dargestellt. Das DECT-Telefon vom Nachbarn ebenso wie das WLAN vom Internet Café und natürlich auch der Mobilfunk.

Folgende Funkdienste werden erkannt:

Funkdienst	Display
DECT Schnurlostelefon	DECT
WLAN Drahtloses Netzwerk	WLAN
GSM Mobilfunk	GSM
WLAN + DECT	W+D
WLAN + GSM	W+G
DECT + GSM	D+G
WLAN + DECT + GSM	WDG

### WCDMA Detektion

Die akustische Erkennung von UMTS-typischen Signalen ist nicht einfach. Das Signal besteht im Wesentlichen aus Rauschen. Dies er Umstand allein macht eine Detektion schon schwierig. Wir haben beim Frequency-Master IV versucht, eine WCDMA-Detektion zu realisieren.

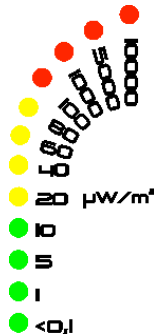


Es handelt sich hierbei um ein Filter, welches speziell für „UMTS-Rauschsignale“ dimensioniert ist. Immer dann, wenn ein solches Signal erkannt wird, leuchtet die blaue Lampe.

Die Praxis hat gezeigt, dass auch andere Funkdienste wie z. B. DECT und WLAN diese speziellen Rauschsignale besitzen. Deshalb ist die Aussage: „die Lampe leuchtet also ist UMTS dabei“ nicht korrekt. Vielmehr kann man sagen, wenn die Lampe NICHT leuchtet, dann haben wir auch KEIN UMTS.

### LED-Balkenanzeige

Der Frequency-Master IV besitzt neben dem Display auch eine Leuchtkette mit farbigen Lampen.





Sinn dieser Einrichtung ist die einfache und schnelle Beurteilung der gemessenen Werte. Nicht jeder Anwender hat immer die entsprechenden Vorsorgewerte und -empfehlungen parat.

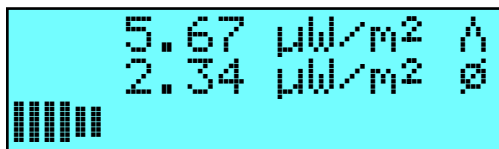
Die farbliche Unterteilung erleichtert die Einordnung der Messwerte in bedenkliche und weniger bedenkliche Werte. Die farbliche Abstufung ist nach aktuellen baubiologischen Empfehlungen wie z. B. SBM 2008 gewählt.

### Wahl der Maßeinheit

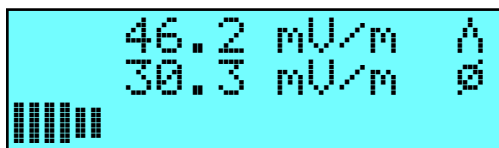
Der Frequency-Master IV ist in der Lage den Messwert entweder in der Einheit der elektrischen Feldstärke (mV/m) oder der Strahlungsdichte ( $\mu W/m^2$ ) anzugeben.

Die Einheit wird wie folgt geändert:

Beleuchtungstaster  gedrückt halten und anschließend den Bedientaster „peak hold“  betätigen. Beispiel: Anzeige in der Einheit der Strahlungsdichte ( $\mu W/m^2$ ).



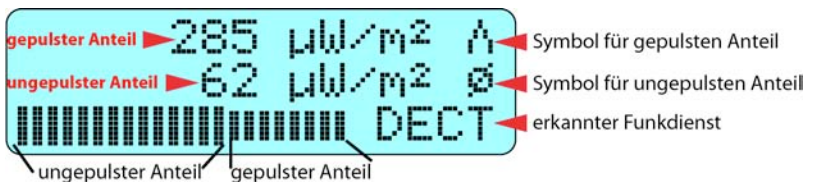
Nach Änderung der Einheit:



## Modulation

Hochfrequenzsignale sind nicht nur wegen ihrer sehr unterschiedlichen Frequenzen schwierig zu Messen. Erschwerend kommt hinzu, dass es auch sehr viele unterschiedliche Modulationsarten gibt. Neueste Forschungsergebnisse deuten daraufhin, dass die Modulationsart (z.B. Pulsmodulation) einen starken Einfluss auf die biologische Relevanz eines Hochfrequenzsignals hat. Genau wie biologische Systeme reagiert auch der Strahlungsdetektor nicht auf alle Modulationsarten gleich. Die Modulation der HF-Signale kann über den eingebauten Lautsprecher detektiert werden.

Der Frequency-Master IV hat eine Spitzenwerterfassung für gepulste Signale fest eingebaut und zeigt den ungepulsten und gepulsten Messwert gleichzeitig im Display an!



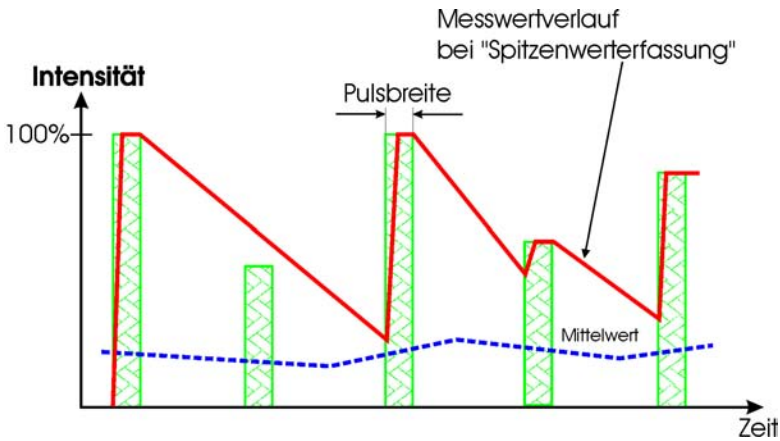
Die Problematik der Spitzenwerterfassung ist folgende:

Das Messgerät benötigt zum Messen eine gewisse Zeit. Das Messgerät „schaut“ gelegentlich nach, ob ein Messwert vorliegt. Findet dieses „nachschaun“ zufällig immer zwischen den Pulsen statt, so zeigt das Messgerät einen sehr niederen Messwert.

Ab und zu erwischt es aber doch einen Puls und zeigt diesen auch an. Dies geschieht aber viel zu selten.



Die Spitzenwerterfassung „merkt“ sich den Spitzenwert des Pulses eine gewisse Zeit. Somit sind die Chancen für das Messgerät größer, den korrekten Spitzenwert zu messen.

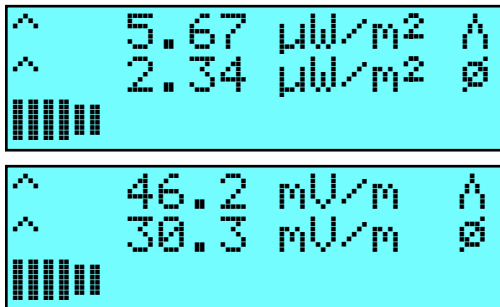
Ist die Pulsbreite sehr schmal (ca. 100 ns = 100 Nanosekunden = 100 Milliardstel Sekunden bei DECT), so wird u. U. der „Spitzenwertspeicher“ nicht ganz voll und der Messwert ist etwas zu niedrig. Dauert der Puls länger (GSM ca. 577  $\mu\text{s}$ ), so steigen die Chancen, dass der „Spitzenwertspeicher“ ganz voll wird, was dann wieder in einer korrekten Messwertanzeige resultiert.



Unterschied zwischen Mittelwert und Spitzenwert erfassung

## Spitzenwertspeicher (PeakHold)

Der Frequency-Master IV kann auch den Spitzenwert in der Anzeige „einfrieren“! Hierzu wird der Taster „peak hold“  betätigt, bis in der Anzeige das Symbol für den Spitzenwertspeicher „“ erscheint:



Bei aktiviertem Spitzenwertspeicher wird der Messwert in der Anzeige immer dann aktualisiert, wenn der neue Messwert über dem gespeicherten, alten Messwert liegt. Die Balkenanzeige bleibt davon unberührt, will heißen, dass die Balkenanzeige dem aktuellen Messwert folgt.

Ein erneutes Betätigen von „peak hold“  deaktiviert die Funktion wieder.

## HF-Grundlagen

Bei hohen Frequenzen existieren elektrische Felder (E-Felder) und magnetische Felder (H-Felder) nicht mehr unabhängig voneinander. Beide stehen in einer festen Beziehung und transportieren zusammen Energie. Die Strahlungsdichte  $S$  ergibt sich aus der Energie, die pro Zeiteinheit (sek.) eine bestimmte Querschnittsfläche ( $m^2$ ) durchströmt.

$S$ ,  $E$  und  $H$  lassen sich jederzeit ineinander umrechnen:

$$S = E \cdot H = \frac{E^2}{377\Omega} = H^2 \cdot 377\Omega$$

$S$ : Strahlungsdichte [ $W/m^2$ ]

$E$ : elektrische Feldstärke [ $V/m$ ]

$H$ : magnetische Feldstärke [ $A/m$ ]

Es genügt daher, eine Größe zu messen, um auch alle anderen bestimmen zu können. Sehr häufig ist es die Strahlungsdichte  $S$ , die gemessen wird. Der Frequency-Master IV misst die Komponente der elektrischen Feldstärke!

Zur Messung benötigt man eine geeignete Antenne, die mit ihrer wirksamen Fläche  $A_w$  eine bestimmte Menge Strahlungsdichte auffängt und in eine leitungsgeführte Welle umwandelt. Die Leistung dieser Welle ergibt sich aus der Strahlungsdichte und der wirksamen Fläche der Antenne:

$$P_E = S \cdot A_w$$

$P_E$ : Empfangsleistung

$A_w$ : wirksame Fläche der Antenne

$S$ : Strahlungsdichte

Der Messbereich des Frequency-Master IV erstreckt sich von ca. 6 mV/m bis 4400 mV/m bzw. 0,1  $\mu W/m^2$  bis 50000  $\mu W/m^2$ . Sollen höhere Pegel gemessen werden, so kann durch externe Dämpfungsglieder der Messbereich nach oben hin angepasst werden. Verfügbare Dämpfungsglieder gibt es mit 6 dB, 10 dB und 20 dB. Die Dämpfungsglieder werden einfach zwischen Antenne und Messgerät geschraubt.

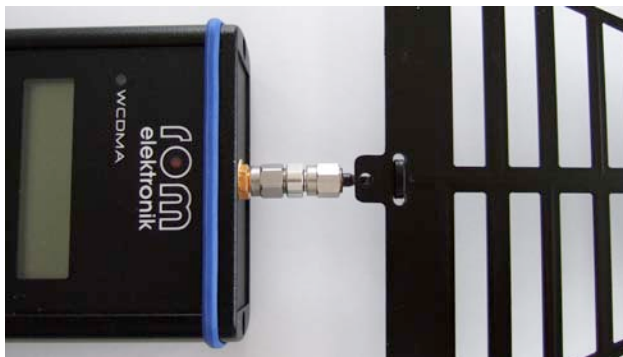
	Dämpfungsfaktor für Feldstärke (mV/m)	Dämpfungsfaktor für Leistung ( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )
6 dB	2	4
10 dB	3	10
20 dB	10	100

Die am häufigsten benötigten Dämpfungsglieder sind wohl die mit 10 dB und 20 dB. Wenn Sie z.B. den Messbereich von jetzt  $50 \text{ mW}/\text{m}^2$  auf  $5000 \text{ mW}/\text{m}^2$  (ca.  $43 \text{ V}/\text{m}$ ) erweitern wollen, benötigen Sie das 20 dB Dämpfungsglied (Faktor 100).



**Dämpfungsglied**

Möchten Sie  $50000 \text{ mW}/\text{m}^2$  (ca.  $137 \text{ V}/\text{m}$ ), dann müssen Sie noch das 10 dB Dämpfungsglied (Faktor 100 + Faktor 10 = Faktor 1000 = 30 dB) zusätzlich verwenden.



**Montiertes Dämpfungsglied**

In der Praxis ist eine Messung so hoher Feldstärken mit Dämpfungsgliedern nicht möglich. Solch hohe Feldstärken sind in der Lage das gesamte Messgerät zu beeinflussen. D. h., das Messgerät wird irgendwelche Werte anzeigen (auch ohne Antenne), nur keine gesicherten Messwerte. Für Messungen ab einer Feldstärke von ca. 10 V/m sind spezielle Sensoren und Messgeräte erforderlich.

## Antennen

Im Lieferumfang des Frequency-Master IV enthalten sind logarithmisch periodische Antennen (Logper-Antenne) für den Frequenzbereich 900 MHz bis 2,6 GHz und 2 GHz bis 11 GHz aus Kostengründen in Form einer gedruckten Platine! Hiermit kann grundsätzlich die Richtung und Polarisation der HF-Strahlung genau ermittelt werden.

Eine Logper-Antenne besteht aus mehreren, unterschiedlich langen Dipolen. Jedes Stäbchenpaar empfängt eine andere Frequenz. Die langen Stäbe sind für die niederen Frequenzen (größere Wellenlänge) und die kurzen Stäbe für die hohen Frequenzen (kleinere Wellenlänge) zuständig. Wellenlänge und Frequenz stehen in folgender Beziehung zueinander:  $c_0 = \lambda \cdot f$

$\lambda$ : Wellenlänge

$c_0$  Lichtgeschwindigkeit (=300000 km/s)

f: Frequenz

Mit dem Frequency-Master IV kann man die elektrische Feldstärke E in mV/m bzw. die Strahlungsdichte S in  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  Messen. Voraussetzung ist allerdings, dass die wirksame Fläche der Antenne bekannt ist.

Die wirksame Fläche ist jedoch nicht konstant, sondern frequenzabhängig:

$$A_w = G \cdot \frac{\lambda^2}{4 \cdot \pi} = G \cdot \frac{c_0^2}{4 \cdot \pi \cdot f}$$

G: Antennengewinn (=Verstärkung; frequenzabhängig)

$\lambda$ : Wellenlänge

$c_0$  Lichtgeschwindigkeit (=300000 km/s)

f: Frequenz

## Frequency Master IV Handbuch V1

Um die Strahlungsdichte mit Gleichung genau bestimmen zu können, muss man also nicht nur die Empfangsleistung messen, sondern auch die Frequenz ermitteln. Hierzu benutzt man im allgemeinen Spektrumanalysatoren, die wegen ihres komplizierten Aufbaus sehr teuer sind.

Wenn es um die Wirkung von elektromagnetischen Wellen auf Menschen geht, muss jedoch im allgemeinen die Strahlungsdichte nicht genau ermittelt werden. Hier ist es in erster Linie wichtig, die Größenordnung der Strahlungsdichte zu kennen, um ein Urteil über die potentielle Gefährdung abzugeben. Zu diesem Zweck wurde der Frequency-Master IV entwickelt.

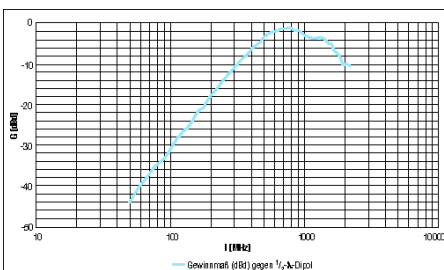
Er besteht aus einem sehr empfindlichen HF-Leistungsmessgerät (Detektor). Da der Detektor die Frequenz der Hochfrequenzstrahlung nicht feststellen kann, sind mit ihm aus den oben erläuterten Gründen keine hochpräzisen Messungen möglich.

Zur richtungsunabhängigen Messung oder Messung von tieferen Frequenzen als 900 MHz, ist optional eine bikonische Antenne erhältlich.

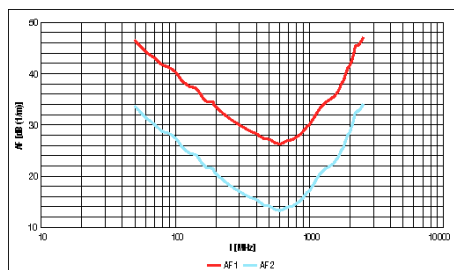
```

Antennenwahl
<2,5GHz    >2GHz
  gross    klein
  
```

Wenn die bikonische Antenne verwendet werden soll, dann bitte bei der Antennenwahl die grosse Antenne (<2,5GHz) wählen, damit der richtige Kalibrierfaktor verwendet wird.



Gewinnmaß Bikonische Antenne dBd gegen 1/2-λ-Dipol



Antennenfaktoren der Feldstärke (AF1) und Leistung (AF2) für die Bikonische Antenne



*Frequency Master IV mit bikonischer Antenne für den Frequenzbereich von ca. 50 MHz bis 3 GHz*

## Hinweise zur Antenne

Die mitgelieferten Logger-Antennen sind Teil eines Messsystems! Bitte entsprechend sorgsam damit umgehen! Sie empfangen elektromagnetische Strahlung im Bereich von 900 MHz bis 2600 MHz und 2000 MHz bis 11000 MHz. Sie können im Bereich des Steckers leicht verbiegen. Wenn dieser Fall eintritt, können sie vorsichtig wieder gerade gebogen werden. Dies sollte allerdings nicht allzuoft geschehen, damit eine nachhaltige Beschädigung ausgeschlossen wird. Falls sich eine Antenne nicht mehr mit den Finger lösen lässt, dann kann die beiliegende Aufdrehhilfe benutzt werden.



*Demontage der Antenne mit Aufdrehhilfe*

## **Die Aufdrehhilfe bitte NUR zum lösen der Antenne verwenden! Nicht zum festziehen!**

### **Messunsicherheiten**

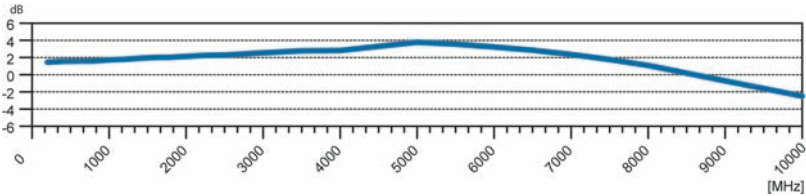
Aus dem oben erwähnten ist erkennbar, dass bei der Messung der Hochfrequenz mit Messunsicherheiten (Messfehlern) gerechnet werden muss. Mit welcher Größenordnung der Messfehler muss nun gerechnet werden?

Wenn wir die besten, käuflich zu erwerbenden HF-Messgeräte anschauen, so haben diese meist eine Messunsicherheit von  $\pm 3\text{dB}$ . In der Leistungsmessung bedeuten 3dB den Faktor 2! Für den Messwert bedeutet das, dass der wahre Wert doppelt oder nur halb so groß sein kann wie der angezeigte Wert. In Prozent ausgedrückt haben wir also eine Messunsicherheit  $\pm 50\%$  (!) bei einem sehr guten Messgerät!

Bei preiswerteren Geräten sind diese Messfehler oft deutlich größer. Wie sieht es aber beim Frequency-Master IV aus? Wir müssen die Unzulänglichkeiten der Antennen und des Messgerätes betrachten. Denn die Kombination der beiden soll ja den „korrekten“ Messwert liefern. Für das Messgerät ist eine hohe Linearität erforderlich (um den Messfehler gering zu halten). Hochfrequenzverstärker haben in der Regel einen mehr oder weniger linearen Fre-

quenzgang. Ohne spezielle Maßnahmen kann sich dieses Verhalten ungünstig auf die Gesamtlinearität auswirken.

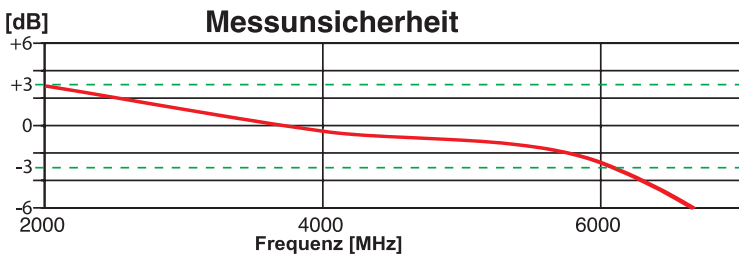
Nur durch großen Entwicklungsaufwand und mit enger Zusammenarbeit und Unterstützung durch die Universität der Bundeswehr München konnte schließlich eine geeignete Hochfrequenzschaltung entwickelt werden, die die genannten Nachteile nicht aufweist. Das Ergebnis dieser Anstrengungen sind in nachfolgender Grafik dargestellt.



**Linearitätsverlauf der Eingangverstärkerschaltung des Frequency Master IV**

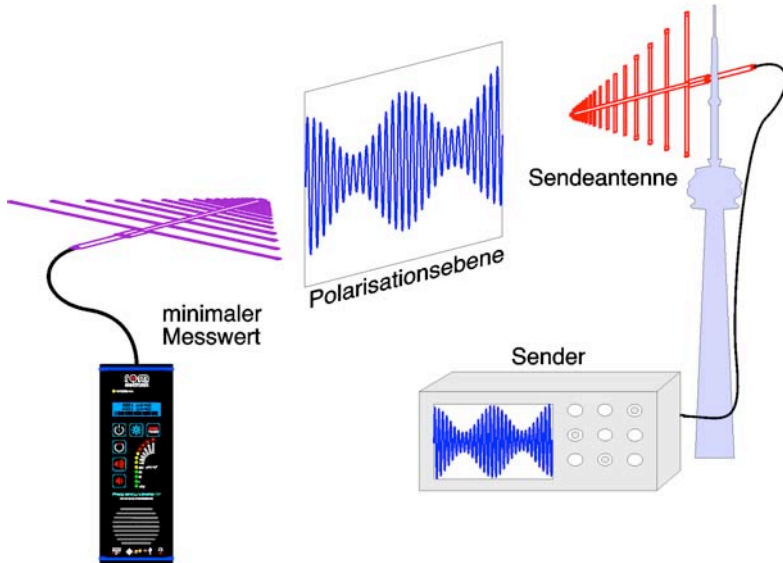
Um eine entsprechende Empfindlichkeit zu erreichen, benötigt man Antennen, die in einem großen Frequenzbereich eine hinreichende Ausgangsspannung liefern. Hierfür sind logarithmisch periodische Antennen gut geeignet. Deshalb sind diese Antennen auch im Lieferumfang des Frequency-Master IV enthalten.

Diese haben jedoch den Nachteil, dass ihre Ausgangsspannung mit dem Quadrat der Frequenz sinkt. Bei der Messung mit einem Spektrumanalysator kann der dadurch entstehende Fehler aus dem Messergebnis herausgerechnet werden, da die Frequenzen der gemessenen Signale bekannt sind. Bei einem Breitbandmessgerät, wie dem Frequency-Master IV muss der Fehler dagegen in Kauf genommen werden. Die nachfolgende Grafik zeigt die Messunsicherheit des Mess-Systems bestehend aus Frequency-Master IV und Antenne.



**Messunsicherheit „System Frequency Master IV“**

Es ist gut zu erkennen, dass im Frequenzbereich von ca. 2000 MHz bis ca. 6000 MHz die Messunsicherheit innerhalb der erwähnten  $\pm 3$  dB liegt.



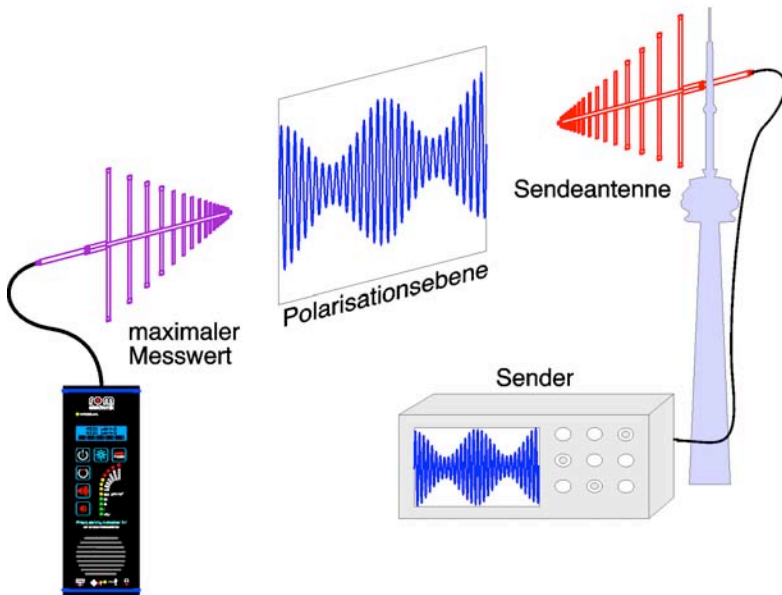
*Minimaler Messwert wenn Sende- und Empfangsantenne zwar in gleiche Richtung zeigen, aber unterschiedliche Polarisationsebenen haben.*

## Polarisation

Wenn wir die elektrische Feldkomponente einer elektromagnetischen Welle betrachten, so stellt man fest, dass diese in einer Ebene liegt. Diese Ebene wird auch als Polarisationsebene bezeichnet. Den maximalen Messwert erhält man dann, wenn die Empfangsantenne in der gleichen Richtung und Ebene der Sendeantenne zeigt.

Beim Frequency-Master IV ist die Bestimmung der Polarisation einfach:

Frequency-Master IV in die gewünschte Messrichtung ausrichten. Die Antenne am Antennenanschluss etwas lösen und nach links oder rechts drehen. Die Messwertanzeige beobachten und beim höchsten Messwert nicht mehr weiterdrehen.



**Maximaler Messwert wenn Sende- und Empfangsantenne in gleiche Richtung und Polarisationsebene zeigen.**



## Bewertung der Messergebnisse

Grundsätzlich ist eine Beurteilung der Messwerte nach dem Vorsorgeprinzip zu empfehlen. Mit dem häufigen Einsatz des Gerätes wird man auch ein Gefühl dafür bekommen, welcher Messwert als normal und welcher Messwert als überhöht oder vielleicht sogar als bedenklich anzusehen ist. Nachstehende Tabelle gibt Anhaltswerte für Vorsorge- und Grenzwerte.

Grenzwert in W/m <sup>2</sup>	Grenzwert in W/cm <sup>2</sup>	Grenzwert in mV/m	empfohlen von
0,1-5 µW/m <sup>2</sup>	0,001-0,5 nW/cm <sup>2</sup>	5-50 mV/m	schwache Anomalie lt. SBM 2008 für gepulste Strahlung
>10 µW/m <sup>2</sup>	>1 nW/cm <sup>2</sup>	>50 mV/m	schw. Anomalie lt. SBM 2008 f. ungepulste Strahlung
1 mW/m <sup>2</sup>	0,1 µW/cm <sup>2</sup>	614 mV/m	Hinstromveränderungen (gepulst, n. v. Klitzing)
>100 mW/m <sup>2</sup>	>10 µW/cm <sup>2</sup>	6140 mV/m	ECOLOG
2-10 W/m <sup>2</sup>	0,2-1 mW/cm <sup>2</sup>	27500-61000 mV/m	BImSchV (je nach Frequenz)
2-10 W/m <sup>2</sup>	0,2-1 mW/cm <sup>2</sup>	27500-61000 mV/m	Bevölkerung (je nach Frequenz)

Herr Dr. Lebrecht von Klitzing (Lübeck), der Untersuchungen bezüglich der Beeinflussung von Hirnströmen durch gepulste Hochfrequenzstrahlung gemacht hat, gibt als unterste Beeinflussungsschwelle den Wert 0,1mW/cm<sup>2</sup> =1mW/m<sup>2</sup> für Kurzzeitexpositionen an. Für Dauerbelastungen wie z. B. bei DECT-Basisstationen, die ständig gepulste Hochfrequenz aussenden, sollten 5µW/m<sup>2</sup> = 0,5nW/c m<sup>2</sup> ≈40mV/m nicht überschritten werden!

Erhält man Messwerte über 4400mV/m bzw. 50mW/m<sup>2</sup> (Anzeige: „Max Messbereich überschritten!“ im Frequency-Master IV), sind Abschirmmaßnahmen



sicherlich zu empfehlen. Eventuell ist hier auch eine genaue Messung durch einen Spezialisten zu empfehlen, um Klarheit über die tatsächliche Belastung (Stärke, Frequenz, Modulation, usw.) zu bekommen.

Wir führen verschiedene Abschirmmaterialien. Bei Bedarf fragen Sie uns!

## Pflege des Gerätes und Akkumulator

Bitte benutzen Sie für die Reinigung des Gerätes nur ein leicht angefeuchtetes Tuch. Das Gehäuse und die Anzeige nie mit scharfen Reinigungsmitteln behandeln!

Eine erforderliche Akkuladung wird durch

Bitte Akku  
bald laden!

signalisiert! Ein Aufladen ist ebenfalls erforderlich, wenn sich das Gerät nicht mehr einschalten lässt.

Schalten Sie dann das Gerät aus und stecken Sie das Ladegerät in eine funktionierende Steckdose und das Ladekabel in die dafür vorgesehene Ladebuchse am Frequency-Master IV. Am Ladegerät leuchtet eine rote Ladekontrolllampe. Nach einer Ladezeit von ca. 15h ist das Gerät wieder betriebsbereit.

Der Akku wird auch geladen, wenn der Frequency Master IV an eine stromführende USB-Schnittstelle (z. B. mit einem eingeschalteten PC) über ein USB-Kabel verbunden wird. Es leuchtet dann die USB-Lampe am Frequency Master IV.



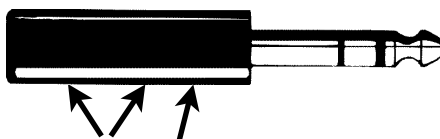
Ladegerät



Anschluss Ladegerät an Frequency Master IV

## Technischer Anhang

Am Kopfhörerausgang kann ein handelsüblicher Kopfhörer (Mono oder Stereo) angeschlossen werden. Dadurch ist eine bessere akustische Identifikation der Modulationen möglich. Dieser Ausgang kann auch mit einem NF-Spektrumanalyzer verbunden werden. Spektrumanalyzer gibt es mittlerweile einige; entweder als reine Softwarelösung (Anschluss über Soundkarte und PC), oder als externe Zusatzgeräte.

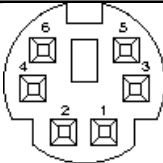


**Masse Signal**

*Anschluss des Klinkensteckers für einen Kopfhörer oder Signalanalyse mit Spektrumanalysator*

## Optionen

Der Frequency-Master IV kann mit einem Schreiber Ausgang (0-2,5 V) oder/ und serieller RS232 Computerschnittstelle (anstatt USB) geliefert werden. Auch eine Nachrüstung ist möglich.

<b>Anschlussbelegung Schnittstelle</b>	
1 = Masse	
2 = nicht belegt	
3 = TxD (Daten senden)	
4 = RxD (Daten empfangen)	
5 = DC-Ausgang 0 - 2,5 Volt	
6 = Analog-Ausgang vom Detektor	

## DC-Ausgang (analoger Schreiber Ausgang)

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

## Detektor-Ausgang

Hier wird die Detektor-Ausgangsspannung direkt auf den Stecker im Bereich ca. 0,4 Volt bis 1,7 Volt ( $R_{min} \Rightarrow 10 \text{ kOhm}$ ) bereitgestellt.

**Messgerät Frequency-Master IV nur für die in dieser Anleitung beschriebenen Messungen verwenden. Zuwiderhandlungen können eine Zerstörung des Messgerätes und Garantieverlust zur Folge haben.**

## Technische Daten

Frequenzbereich:	ca. 1 MHz bis 6000 MHz teilweise kompensiert (ca. 1 MHz bis 10000 MHz mit verminderter Genauigkeit)
Messbereich:	6 mV/m bis 4400 mV/m bzw. 0,1 bis 50000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (= 10 pW/cm <sup>2</sup> bis 5 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )
max. Empfindlichkeit:	besser als 0,1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (= 10 pW/cm <sup>2</sup> )
Messunsicherheit:	Grundgenauigkeit besser als $\pm 3$ dB
Anzeige:	LC-Display, 3 zeilig analog und digital, 12 farbig abgestufte LEDs
Umgebungstemperatur:	-5°C bis 40°C
Abmessungen:	ca. 90mm x 220mm x 35mm
Funktionen:	Gleichzeitige Messung von gepulsten und ungepulsten Signalen, Peak-Hold selektierbare Maßeinheiten, einstellbare Lautstärke
Schnittstellen	Kopfhörerausgang, USB- oder serielle Schnittstelle, analoger Spannungsausgang 0-2,5 V (Option)
Gewicht:	ca. 500 g
Stromversorgung:	eingebauter NiMH-Akku
Betriebsdauer	ca. 24 Stunden bei voll geladenem Akku
Lieferumfang:	Frequency Master IV, Logger-Antenne 900 MHz - 2600 MHz, Logger-Antenne 2000 MHz - 11000 MHz, Aufdreihilfe, Akkuladegerät, Messkoffer
<i>Technische Änderungen vorbehalten</i>	

## Tips und Hinweise auf häufig gestellte Fragen

**Vermeiden Sie den Betrieb eines Mobil-Telefons (Handy) in unmittelbarer Nähe zum HFR-4! Niemals Antennen von HFR-4 und Handy im Betrieb berühren lassen!**

## ZERSTÖRUNGSGEFAHR!

Es kann eine gewisse Zeit dauern, bis sich der Messwert angepasst hat; insbesondere nach unten. Der Grund hierfür ist, dass die Messwerte gespeichert werden und es eine gewisse Zeit (ca. 30 sek.) dauert, bis dieser Speicher geleert ist. Auch wird die Anzeige sehr unruhig, wenn gepulste Signale erfasst werden.

## Umrechnungstabelle Strahlungsdichte - elektrische Feldstärke

$\mu\text{W}/\text{m}^2$	mV/m		mV/m	$\mu\text{W}/\text{m}^2$		mV/m	$\mu\text{W}/\text{m}^2$		mV/m	$\mu\text{W}/\text{m}^2$
0,1	6,1		5	0,07		110	32		650	1121
0,2	8,7		10	0,27		120	38		700	1300
0,5	13,7		15	0,60		150	60		750	1492
1	19,4		20	1,1		200	106		800	1698
2	27,5		25	1,7		210	117		850	1916
5	43		30	2,4		220	128		900	2149
10	61		35	3,2		250	166		950	2394
20	87		40	4,2		300	239		1000	2653
50	137		45	5,4		310	255		1200	3820
100	194		50	6,6		320	272		1500	5968
200	275		55	8,0		350	325		2000	10610
500	434		60	9,5		400	424		2200	12838
1000	614		65	11,2		410	446		2500	16578
2000	868		70	13,0		420	468		3000	23873
5000	1373		75	14,9		450	537		3200	27162
10000	1942		80	17,0		500	663		3500	32493
20000	2746		85	19,2		510	690		4000	42440
50000	4342		90	21,5		520	717		4200	46790
			95	23,9		550	802		4500	53714
			100	26,5		600	955		5000	66313

Zahl	in Worten	Potenz	EDV	Präfix	Abkürzung
1000 000 000 000 000	Billiarde	$10^{15}$	1.0E015	Peta	P
1000 000 000 000	Billion	$10^{12}$	1.0E012	Tera	T
1000 000 000	Milliarde	$10^9$	1.0E009	Giga	G
1000 000	Million	$10^6$	1.0E006	Mega	M
1000	Tausend	$10^3$	1.0E003	kilo	k
100	Hundert	$10^2$	1.0E002	hecto	h
10	Zehn	$10^1$	1.0E001	deca	da
1	Eins	$10^0$	1.0E000		
0,1	Zehntel	$10^{-1}$	1.0E-01	dezi	d
0,01	Hundertstel	$10^{-2}$	1.0E-02	centi	c
0,001	Tausendstel	$10^{-3}$	1.0E-03	milli	m
0,000 001	Millionstel	$10^{-6}$	1.0E-06	mikro	$\mu$
0,000 000 001	Milliardstel	$10^{-9}$	1.0E-09	nano	n
0,000 000 000 001	Billionstel	$10^{-12}$	1.0E-12	piko	p
0,000 000 000 000 001	Billiardstel	$10^{-15}$	1.0E-15	femto	f
0,000 000 000 000 000 001	Trillionstel	$10^{-18}$	1.0E-18	atto	a