

Version
02.00Oktober
2005

Digitaler HF/VHF/UHF-Suchpeiler R&S® DDF 0xA

0,3 MHz bis 3000 MHz

- ◆ Weiter Frequenzbereich
0,3 (0,009) MHz bis 3000 MHz
- ◆ 10 MHz FFT-Echtzeitbandbreite
- ◆ Hohe Suchpeilgeschwindigkeit bis zu
20 GHz/s
- ◆ Hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit
bis zu 200 000 Kanäle/s
- ◆ Ausgezeichnete Großsignaleigen-
schaften
- ◆ Hohe Nachbarkanalunterdrückung
- ◆ Kompakter Aufbau
- ◆ Algorithmen für korrelatives Interfero-
meter und Watson-Watt serienmäßig
- ◆ Automatische Einstellung der
Squelch-Schwelle (schaltbar)
- ◆ Rohdatenaufzeichnung (Option)
- ◆ Vorklassifikator (Option)
- ◆ Breites Antennenprogramm für
stationären und mobilen Einsatz
- ◆ Zeitsynchrone Peilung (Option)
- ◆ Peilung von GSM-Signalen (Option)
- ◆ Einfache Systemanbindung über
Ethernet und CORBA



ROHDE & SCHWARZ



Allgemeines

Die Familie R&S® DDF0xA mit ihrer extrem hohen Suchgeschwindigkeit stellt die aktuelle Suchpeiler-Generation dar. Sie besteht aus reinen HF- (R&S® DDF01A) oder VHF/UHF-Peilern (R&S® DDF05A), aber auch aus den bewährten kombinierten HF/VHF/UHF-Peilern (R&S® DDF06A).

Die FFT-Echtzeitbandbreite beträgt 1 MHz (optional 10 MHz) im HF-Bereich und 10 MHz im VHF/UHF-Bereich. Sämtliche Antennen der R&S® ADDx-Serie einschließlich des Antenneninterfaces R&S® GX060 sind verwendbar.

Digitale Peilverfahren

Die Typbezeichnung R&S® DDF0xA wird von dem Begriff „Digital Direction Finder“ (digitaler Peiler) abgeleitet. Dies soll darauf hindeuten, dass die Peilwertermittlung digital erfolgt, d.h. die komplexen Antennenspannungen werden nach Art eines Vektorvoltmeters von dem hochwertigen dreizügigen Peilempfänger gemessen und anschließend digitalisiert. Die Peilauswertung erfolgt nun für jedes der Einzelsignale parallel und unabhängig auf der Basis mathematischer Algorithmen. Hierbei können sowohl die „klassischen“ Peilverfahren wie Watson-Watt als auch das moderne korrelative Interferometer zugrunde gelegt werden.

Das korrelative Interferometer

Das Prinzip des korrelativen Interferometers bietet folgende Vorteile gegenüber den klassischen Verfahren:

- ◆ Verringerung der durch Reflexionen und Depolarisation verursachten Peilfehler
- ◆ Ermittlung eines zuverlässigen Peilgütwerts zur Beurteilung und Filterung der Peilwerte
- ◆ Möglichkeit der Verwendung von Großbasispeilantennen mit minimaler Zahl an Antennenelementen (vorzugsweise in Kreisgruppenanordnung)

Die wesentlichen Merkmale des bewährten Watson-Watt-Verfahrens sind:

- ◆ Maximale Such-/Peilgeschwindigkeit bei dreizügiger Auswertung (nur ein Messschritt erforderlich)
- ◆ Im HF-Bereich Einsatz von Antennen mit kleinen Abmessungen
- ◆ Bereits vorhandene Adcock-Antennen (insbesondere im HF-Bereich) auf einfache Weise adaptierbar

Anwendung

- ◆ Automatische Peil-/Ortungssysteme mit hoher Erfassungswahrscheinlichkeit
- ◆ Erfassung und Peilung von Frequenzsprung- und Burst-Signalen mit automatischen Auswertemethoden
- ◆ Möglichkeit der internen Datenreduktion; hierdurch Einschränkung der Ergebnisse auf die wirklich interessanten Ziele (richtungsselektive Suche) und damit optimierbarer Einsatz in automatischen Erfassungssystemen
- ◆ Segmentierung der ermittelten Peilwerte durch Einsatz des Emitter-Vorklassifikators R&S®DDF-CL (Option) und Übergabe an Absatzempfänger
- ◆ Im HF-Bereich bei Auswertung nach dem Korrelationsprinzip zusätzlich Berechnung der Elevation; Realisierung eines Single Station Location (SSL) Systems
- ◆ Vielseitige Einsatzmöglichkeiten sowohl stationär als auch mobil (Auto, Schiff, Flugzeug) durch wahlweise Anwendung der am besten geeigneten Peilalgorithmen und unterschiedlicher Antennenkonfigurationen, vor allem solcher mit Großbasisverhalten

Typ	Anwendung	Frequenzbereich
R&S®DDF01A	HF	0,3 MHz bis 30 MHz
R&S®DDF05A	VHF/UHF	20 MHz bis 1300 MHz 20 MHz bis 3000 MHz je nach Antennenkonfiguration
R&S®DDF06A	HF/VHF/UHF	0,3 MHz bis 1300 MHz 0,3 MHz bis 3000 MHz je nach Antennenkonfiguration

Systemkonfiguration

Die Digitalen Suchpeiler R&S®DDF0xA decken mit wenigen Peilantennen den HF/VHF/UHF-Bereich von 0,3 MHz bis 1300 MHz/3000 MHz ab.

Die Typenbezeichnungen der Peilgerätesätze sind in Abhängigkeit vom Frequenzbereich definiert (siehe Tabelle oben).

Jeder Peiler besteht grundsätzlich aus drei Funktionseinheiten:

- ◆ Peilantennensystem
- ◆ Peilumsetzer (DF-Konverter) mit den darin enthaltenen dreizügigen Peilempfängermodulen
- ◆ Digitale Signalverarbeitungseinheit (Digital Processing Unit)
- ◆ Steuerrechner und Software

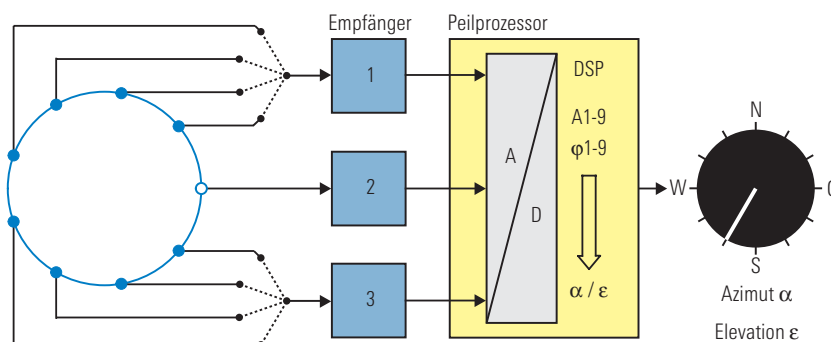
Für den HF-Bereich besteht der Gerätesatz aus dem HF/DF-Konverter R&S®EH110 und der Digital Processing Unit R&S®EBD660. Im VHF/UHF-Bereich wird der VHF/UHF-DF-Konverter R&S®ET550 (20 MHz bis 3000 MHz) mit der Digital Processing Unit R&S®EBD660 eingesetzt. Eine Kombination, die den gesamten Frequenzbereich (0,3 MHz bis 3000 MHz) abdeckt, kann ebenfalls konfiguriert werden.

Drei verschiedene Peilmethoden implementiert

In der Software der digitalen Signalverarbeitungseinheit sind serienmäßig die Algorithmen für die Auswertung nach dem Watson-Watt-Verfahren, dem korrelativen Interferometer und dem „vector matching“-Verfahren implementiert, so dass je nach vorhandenem Antennensystem und den operationellen Forderungen die eine oder die andere Auswertemethode verwendet werden kann.

Die Digitalen Suchpeiler R&S®DDF0xA verfügen über ein integriertes Fehlererkennungssystem (BITE), das die Lokalisierung von Defekten teilweise bis hin zur Modulebene gestattet.

Software-Updates sind über den Bedien-PC (auch im abgesetzten Betrieb) möglich (z.B. über Internet).



Blockschaltbild des R&S®DDF0xA

Bedien-/Anzeige-konzept

Die Peilerfamilie R&S® DDF0xA verfügt nicht über Bedien- und Anzeigeelemente. Die Kommunikation findet über einen externen Rechner statt, der durch die Daten- und Steuerschnittstellen mit dem System verbunden ist (LAN). Mit der in jedem System mitgelieferten Standardsoftware (lauffähig unter Windows 2000) lassen sich alle Bedien- und Anzeigefunktionen ausführen. Die Systemkonfiguration wird weitestgehend automatisch erkannt (Antennentyp, Kompass, Optionen).

Zur Auswahl stehen vier Peilbetriebsarten:

Scan Mode (schneller Peilsuchbetrieb)

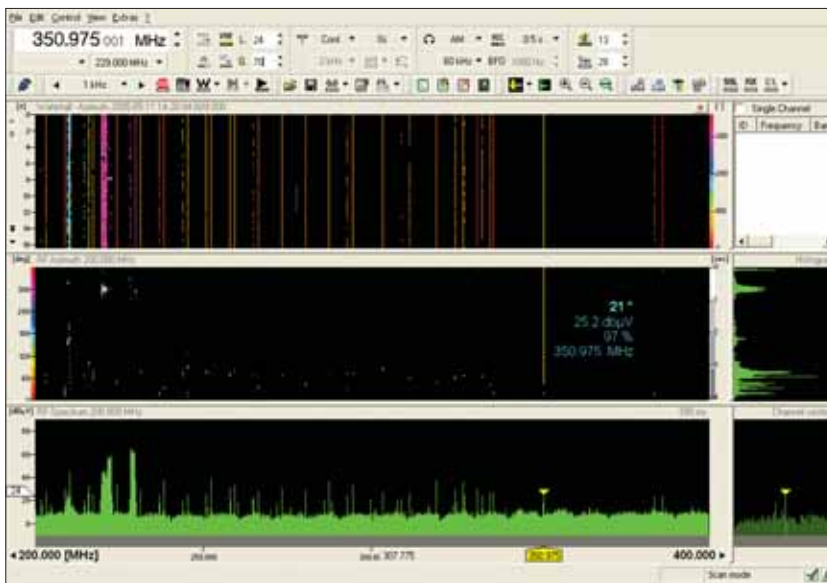
In dieser Betriebsart werden vorgegebene Frequenzbereiche oder Frequenzlisten mit höchster Geschwindigkeit auf Aktivitäten hin abgesucht. Dazu gibt der Benutzer den Suchbereich (Start- und Stoppfrequenz) oder die Liste der abzusuchenden Frequenzen, eine untere und ggf. obere Bewertungspegelschwelle und die Auflösungsbandbreite ein. Dabei können auch mehrere Suchbereiche definiert und zwei Azimut-Sektoren sowie (im HF-Bereich) eine Definition des Elevationsbereiches angegeben werden. Weiterhin lassen sich bestimmte Frequenzbänder bzw. Einzelfrequenzen (bis zu 1000) unterdrücken.

Schnellste Signalsuche mit 2 GHz/s und 20 GHz/s (HF und V/UHF; siehe Spezifikationen)

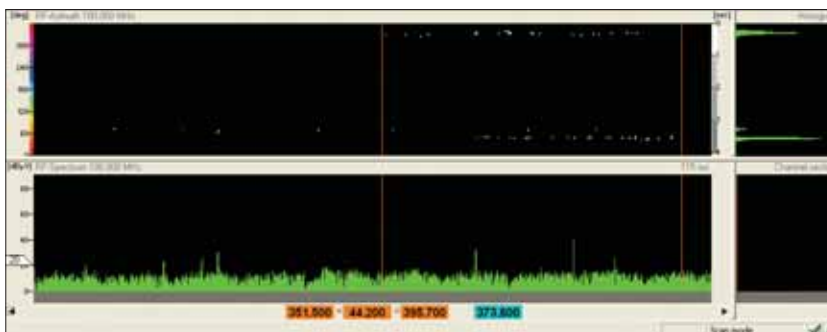
Innerhalb des definierten Frequenzbereichs wird das 1 MHz bzw. 10 MHz breite Echtzeitanalyse-Fenster schrittweise mit hoher Geschwindigkeit versetzt. Alle Signale innerhalb des Fensters werden durch die FFT mit wählbarer Auflösung parallel ausgewertet.

Für die Darstellung der Peilresultate stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung.

Am einfachsten werden die Peilwerte jeweils als Punkt in der Darstellung „Peilwert über Frequenz“ angezeigt. Dabei gibt unterhalb dieser Darstellung eine Anzeige „Signalpegel über Frequenz“ Auskunft über die momentane Signalbelegung des gewählten Frequenzbereichs bzw. der Bereiche und die Pegel der Signale (Spektrumsdarstellung).



Scan Mode



Peilung zweier Frequenz-Hopper neuester Generation mit 500 hops/s im gleichen Frequenzband

Suchpeilgeschwindigkeit und Kanalauflösung

Die Suchpeilgeschwindigkeit hängt prinzipiell von der ausgewählten Kanalauflösung ab. Je geringer die Auflösung, desto kürzer ist die Filter-Einschwingzeit und desto höher ist die Suchpeilgeschwindigkeit. Deshalb ist es wichtig, dass die Suchpeilgeschwindigkeit immer zusammen mit einer Angabe über die Kanalauflösung spezifiziert wird.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, das Eintreffen der Signale in ihrer zeitlichen Abfolge in einer „Wasserfall“-Darstellung abzubilden. Die farbliche Kennzeichnung (wahlweise Pegel oder Azimut) stellt ein weiteres Element der Resultatunterscheidung dar. Bei Bedarf kann die Bewertungsschwelle (Squelch) automatisch am Rauschpegel orientiert werden.

Eine Vielzahl von Hilfsmitteln (Zugriff unmittelbar über den Bildschirm (Icons)) erlaubt die Markierung von Frequenz-, Azimut- oder Pegelteilbereichen, entweder um Messfunktionen auszuführen oder um Vergrößerungs-(Zoom)-Bereiche zu definieren.

Suchpeilgeschwindigkeit und Kanalbelegung

Der R&S® DDF0xA ist einer der ganz wenigen Peiler, bei denen die Suchpeilgeschwindigkeit nicht von der Kanalbelegung abhängt. Die Geschwindigkeit ändert sich also nicht und bleibt sogar bei 100 % Kanalbelegung gleich. Bei den meisten anderen Geräten sinkt die Suchpeilgeschwindigkeit rapide mit steigender Kanalbelegung. Meist wird sie deshalb für eine Kanalbelegung von nur 10 % spezifiziert. Dieser Wert ist aber schnell überschritten, wenn schwache Signale nahe der Rauschgrenze oder DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)-Signale unterhalb der Rauschgrenze gepeilt werden.

Über Histogramm gemittelte Werte ermöglichen eine beruhigte Anzeige einzelner Resultate.

Frequenzen von Signalen, die in der spektralen oder Peilwertdarstellung interessant erscheinen, lassen sich durch das Anklicken eines Symbols auf einen abgesetzten Empfänger zur näheren Untersuchung überweisen. Auf diese Weise können mehrere Empfänger kommandiert werden.

Resultate eines bestimmten Zeitraums lassen sich im Rechner (Festplatte) zur späteren Auswertung speichern.

Suchpeilgeschwindigkeit und Kanalselektion

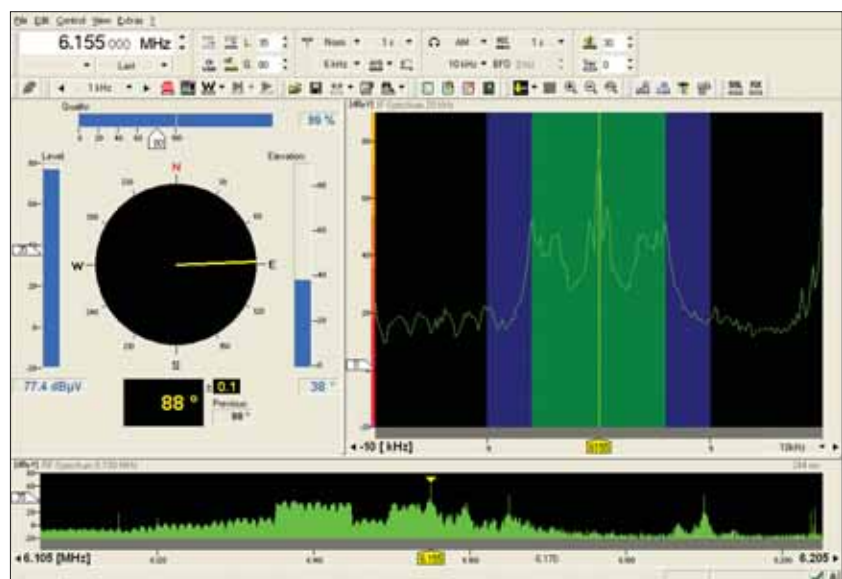
Bei Angaben über die Suchpeilgeschwindigkeit ist es immer wichtig, die Selektionsbedingungen anzugeben, unter denen diese Geschwindigkeiten erreicht werden. Prinzipiell können bei geringerer Kanalselektion höhere Suchgeschwindigkeiten erreicht werden. Dann kann es aber vorkommen, dass nebeneinander liegende belegte Kanäle gegenseitig Einfluss nehmen auf das Peilergebnis, weil die Nachbarkanalunterdrückung nicht ausreicht. Die Selektionseigenschaften werden durch den Shape Factor beschrieben, der das Verhältnis der Bandbreite bei 60 dB Unterdrückung zur Bandbreite bei 3 dB Unterdrückung angibt. Der R&S® DDF0xA hat im Suchbetrieb einen Shape Factor von 3,6. Mit dem Shape Factor verknüpft ist das Produkt aus Messzeit T und Bandbreite B ($B \times T$ oder BT). Beim R&S® DDF0xA beträgt $B \times T = 4$ zur Erzielung der gewünschten Selektionseigenschaften.

Fixed Frequency Mode (FFM; Betrieb auf einer Festfrequenz)

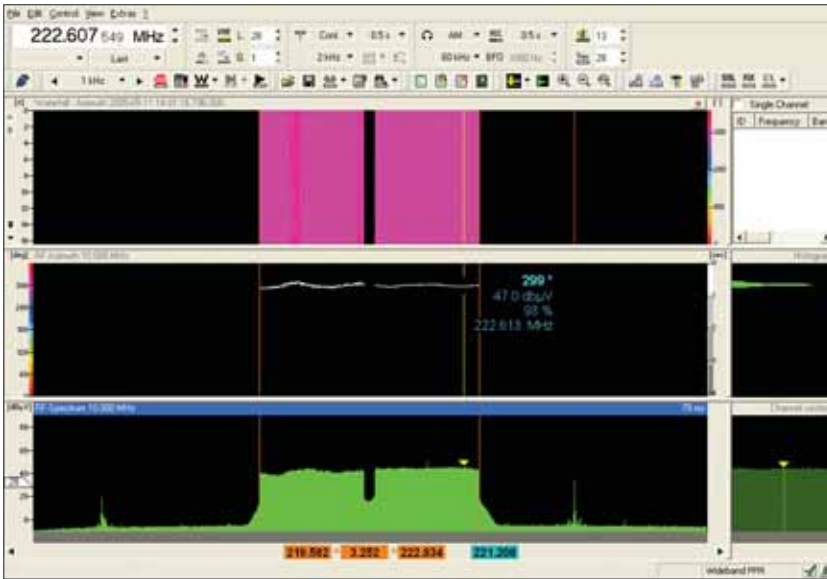
Hierbei wird das FFT-Fenster auf der gewählten Mittenfrequenz fixiert und ein Bereich von 20 kHz oder 1 MHz im HF- und 200 kHz oder 2 MHz im VHF/UHF-Bereich mit seiner spektralen Belegung gezeigt. Der der Mittenfrequenz zugeordnete Peilwert wird wahlweise in Polardarstellung oder in Form eines Histogramms mit zusätzlichem Wasserfall präsentiert. In dieser Betriebsart kann das Signal der Mittenfrequenz demoduliert werden. Die NF ist in analoger, aber auch in digitaler Form an der LAN-Schnittstelle zur weiteren Verarbeitung verfügbar.

Search Mode (Suchbetrieb)

In dieser Betriebsart können wahlweise Frequenzbereiche oder Frequenzlisten auf Aktivitäten hin abgesucht werden, wobei im Gegensatz zum Scan Mode der Peiler beim Erfassen eines Signals, das die Bewertungsschwelle überschreitet, vor dem Weiterschalten für eine vorwählbare Zeit auf dieser Frequenz verweilt, um die Möglichkeit des kurzen Abhörens und der Peilwertmittelung zu bieten. Die Peilergebnisse werden auf die gleiche Weise präsentiert wie im Fixed Frequency Mode.



Fixed Frequency Mode (FFM), Search Mode



Wideband Fixed Frequency Mode (WFFM)

Peilgenauigkeit und -empfindlichkeit

Wenn der R&S® DDF0xA in realer Umgebung getestet wird, fällt immer wieder die beeindruckend stabile und genaue Peilung auch bei schwachen Signalen auf. Diese Beobachtung lässt sich technisch begründen und ist ein Vorteil des Konzeptes.

Das Konzept „virtuelle Empfangszüge“

Schon bei der grundsätzlichen Planung wurde der Schwerpunkt auf Genauigkeit und Empfindlichkeit gelegt. Die Wahl fiel auf das Konzept der „virtuellen Empfangszüge“, welches hier signifikante Vorteile bietet.

Neu: Wideband Fixed Frequency Mode

Wideband Fixed Frequency Mode (WFFM, Betrieb innerhalb der FFT-Echtzeitbandbreite)

In dieser Betriebsart werden alle Kanäle innerhalb der FFT-Echtzeitbandbreite parallel gepeilt. Alle Parameter wie beispielsweise Kanalaraster, Integrationszeit und Güteschwelle sind direkt einstellbar.

Für die Darstellung der Ergebnisse stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung, wie die Spektrumsdarstellung, die Darstellung der Peilwerte über der Frequenz und die Wasserfall-Darstellung.

Neu: Parallele Mittelung aller Kanäle

Zusätzlich bietet der WFFM-Mode die innovative parallele Mittelung auf allen Kanälen. Mit diesem Feature wird die Peilung schwacher Signale erheblich verbessert. Sogar DSSS-Signale unterhalb der Rauschgrenze werden auf diese Weise sicher entdeckt und gepeilt.

Bei diesem Konzept werden viele Antennenelemente so schnell auf wenige Empfänger geschaltet, dass es für den Benutzer aussieht, als stünde jedem Antennenelement ein eigener Empfangszug zur Verfügung. Der entscheidende Vorteil ist, dass große Peilantennen mit vielen Antennenelementen verwendet werden können, ohne entsprechend viele Empfangszüge bereitstellen zu müssen, was sehr kostspielig wäre. Denn je größer eine Peilantenne wird, desto mehr Antennenelemente müssen verwendet werden.

Anzahl der Antennenelemente

Grundsätzlich können Peilantennen mit einer höheren Anzahl an Antennenelementen einen größeren Durchmesser bekommen. Aber auch wenn der Durchmesser zweier Peilantennen gleich ist, hat der Einsatz von mehr Antennenelementen klare Vorteile. Beispielsweise

hat eine 9-Element-Peilantenne im Vergleich zu einer 5-Element-Antenne eine höhere Genauigkeit und Fehlertoleranz durch die Tatsache, dass über nahezu doppelt so viele Antennensignale gemittelt werden kann.

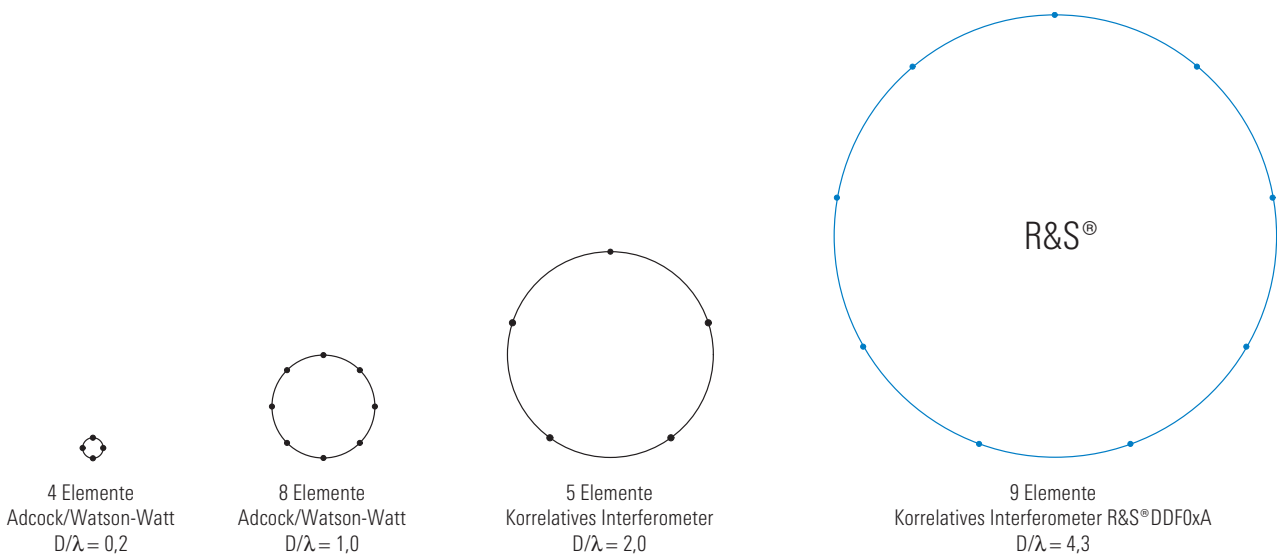
**Größere Peilantenne
=
Bessere Genauigkeit und
Empfindlichkeit**

Eine bekannte Tatsache ist, dass ein Peiler in realer Umgebung umso höhere Genauigkeit und Empfindlichkeit bietet, je größer der Durchmesser der Peilantenne ist. Diese Verbesserung zeigt sich aber erst im echten Arbeitseinsatz, wo es Reflexionen und schwache Signale gibt. In

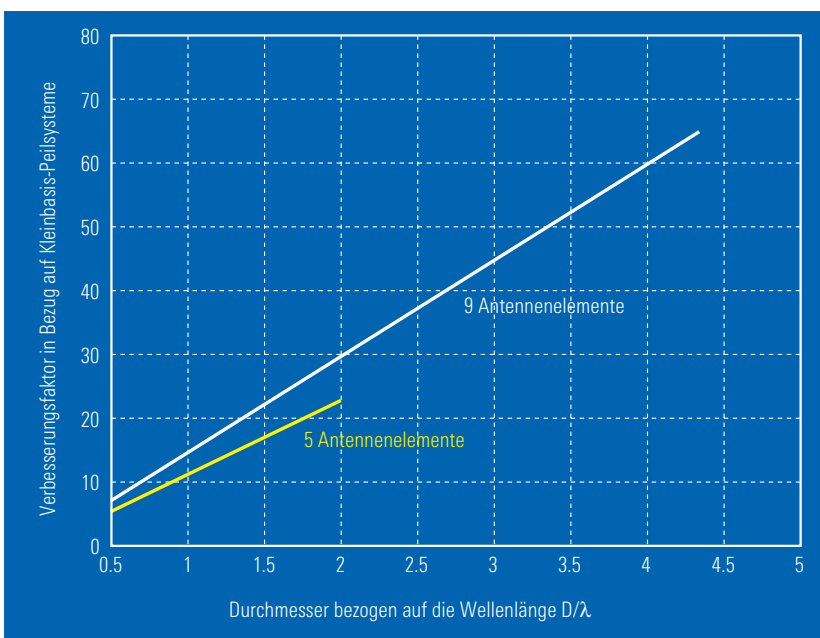
den Spezifikationen fällt dieser Vorteil nicht auf, da sich die in Datenblättern angegebene Instrumenten- und Systemgenauigkeit zwecks Vergleichbarkeit auf ideale reflexionsfreie Peilantennen-Umgebungen und starke Signale beziehen. Wie man im Bild unten sieht, bietet der R&S® DDF0xA mit seiner 9-Element-Antenne und dem Peilverfahren korrelatives Interferometer die mit Abstand größte Peilantenne und damit eine höhere Genauigkeit und Empfindlichkeit.

Reflexionsfestigkeit

Prinzipiell können Reflexionen die Peilgenauigkeit beeinträchtigen. Abhängig vom Konzept können verschiedene Peilantennen unterschiedlich gut mit Reflexionen umgehen. Der R&S® DDF0xA wurde so ausgelegt, dass er selbst bei einem 50%igen Anteil an Reflexionen noch genaue Peilungen erlaubt. Diese hohe Reflexionsfestigkeit ist ein Vorteil der großen Anzahl an Antennenelementen.



Maximal zulässiger Peilantennen-Durchmesser bezogen auf die Wellenlänge für eindeutige Peilungen bis zu Umgebungsreflexionen von 50 %



Das Bild links zeigt die Verbesserung der Peilgenauigkeit in Abhängigkeit von der Peilantennen-Apertur. Die höhere Genauigkeit und Empfindlichkeit des R&S® DDF0xA macht ihn besonders geeignet für die Peilung:

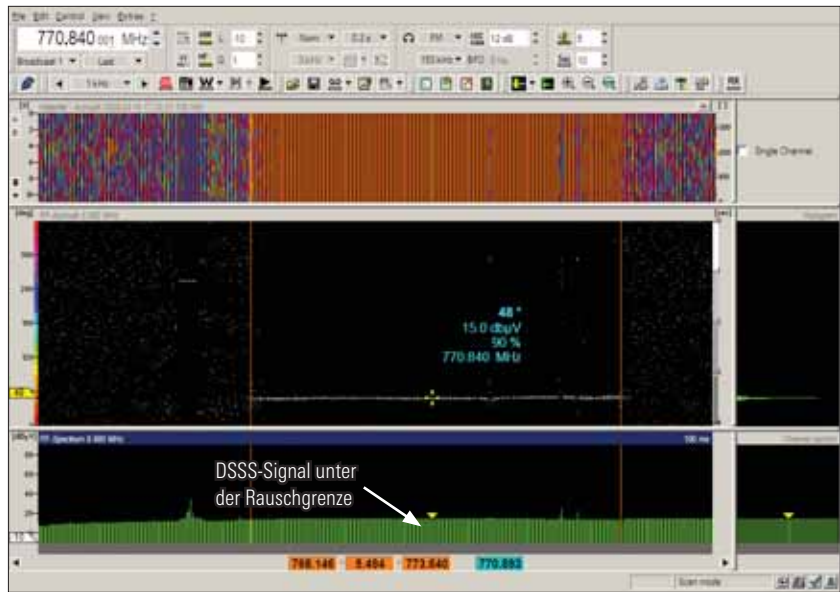
- ◆ von schwachen Signalen
- ◆ von „Spread Spectrum“- oder DSSS-Signalen unter der Rauschgrenze
- ◆ mit hoher Genauigkeit auch in nicht idealen Antennenumgebungen
- ◆ in extrem schlechter Umgebung wie z.B. in der Stadt

Verbesserungsfaktor in Abhängigkeit von der Peilantennen-Apertur für das korrelative Interferometer

**Innovation:
Mittelung im Scan-Betrieb**

Zusammen mit der momentan einzigartigen Möglichkeit der Mittelung während der Breitbandpeilung kann der R&S®DDF0xA Signale wie z.B. DSSS sogar unterhalb der Rauschgrenze zuverlässig finden und peilen. Damit ist der R&S®DDF0xA gewappnet für diese immer aktueller werdende Form der Datenübertragung.

Das Bild rechts zeigt, wie ein ca. 5,5 MHz breites DSSS-Signal mit einem Soll-Peilwert von 48° unterhalb der Rauschgrenze (-6 dB) gepilt wird. Aufgrund des negativen Signal-Rauschabstandes ist das DSSS-Signal im Spektrum nicht zu erkennen. Bemerkenswert ist auch das sehr schmale Peilwerte-Histogramm, welches auf eine sehr kleine Peilwertschwankung und damit auf eine ebenso zuverlässige Peilung schließen lässt.



DSSS-Signal unter der Rauschgrenze (-6 dB)

Hohe Empfindlichkeit für maximale Reichweite und Abdeckung

Die Empfindlichkeit des R&S®DDF0xA ist ebenfalls bemerkenswert: von HF bis 1,3 GHz wird typischerweise nur die geringe Feldstärke von $0,2 \mu\text{V/m}$ (HF) bis $1 \mu\text{V/m}$ (V/UHF) benötigt, um ein Signal stabil zu peilen. Über 1,3 GHz sind es nur $3 \mu\text{V/m}$ bis $10 \mu\text{V/m}$.

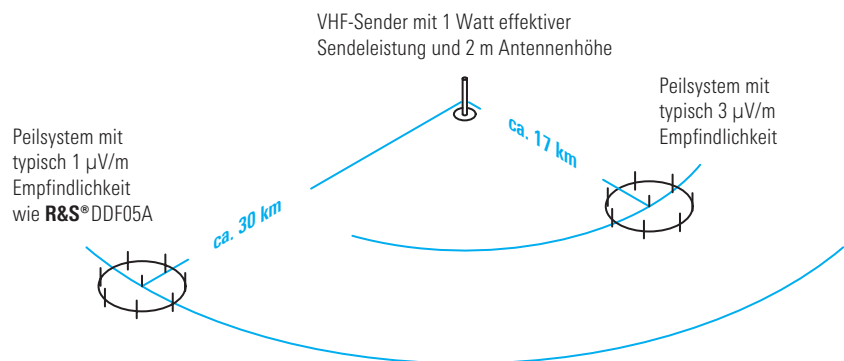
Damit gehört der R&S®DDF0xA auch dank seiner großen Peilantenne zu den empfindlichsten Peilern auf dem Markt.

Peilempfindlichkeit

Momentan gibt es noch keine einheitliche Methode zur Messung und Spezifikation der Peilempfindlichkeit. Umso wichtiger ist es, dass genaue Informationen über den Messablauf gegeben werden. Spezifikationen zur Peilempfindlichkeit ohne Informationen zum Messablauf sind wertlos, da verschiedene Messmethoden erheblich unterschiedliche Ergebnisse zur Folge haben. Bei Rohde & Schwarz ist die Peilempfindlichkeit definiert als die minimale Feldstärke, die der Peiler in Verbindung mit der Peilantenne braucht, um eine genaue Peilung zu ermöglichen (siehe Diagramme auf Seite 19 „Empfindlichkeiten der Peilantennen“).

Je höher die Empfindlichkeit, desto größer ist die Reichweite eines Peilers. Dies zeigt der Vergleich im Bild unten anschaulich. Grundlage für diesen Vergleich sind die von der ITU empfohlenen Formeln zur Funkausbreitung für den VHF-Bereich.

Nach diesen Formeln wird ein 1-Watt-VHF-Sender bei Sichtverbindung mit dem R&S®DDF05A bis zu einer Entfernung von typisch 30 km zuverlässig gepilt. Sinkt die Empfindlichkeit, muss der Abstand zum Sender verringert werden, wobei schon wenige $\mu\text{V/m}$ deutliche Unterschiede bedeuten.

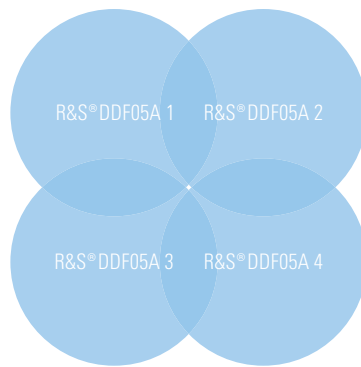


Vergleich der Reichweite bei unterschiedlicher Empfindlichkeit am Beispiel VHF

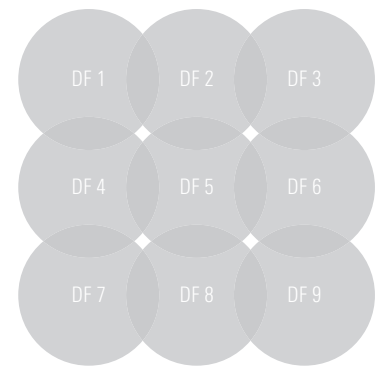
Hohe Abdeckung reduziert den Aufwand

Dank der hohen Empfindlichkeit ist die Abdeckung mit einem R&S®DDF0xA deutlich größer. Damit sind zur Funküberwachung eines bestimmten Gebietes weniger Peiler nötig, als mit weniger empfindlichen Geräten, obwohl der Unterschied vielleicht nur wenige $\mu\text{V}/\text{m}$ beträgt.

Der Aufwand reduziert sich damit beträchtlich, wie das Bild rechts zeigt.



Räumliche Abdeckung bei einer typischen Empfindlichkeit von $1 \mu\text{V}/\text{m}$ wie R&S®DDF0xA



Räumliche Abdeckung bei einer typischen Empfindlichkeit von $3 \mu\text{V}/\text{m}$

Vergleich der Abdeckung bei unterschiedlicher Empfindlichkeit am Beispiel VHF

Qualität der Empfänger

Ob ein schwaches Signal überhaupt empfangbar ist, oder ob ein Peiler auch in ungünstigen Aufstellungsorten in der Nähe starker Sender noch brauchbare Ergebnisse liefert, hängt maßgeblich auch von der Qualität der eingesetzten Empfänger ab.

Weniger Störung durch starke Signale dank höchster Linearität und geringstem Phasenrauschen

Die durch die Interceptpunkte zweiter und dritter Ordnung (IP2 und IP3) beschriebene Linearität definiert, wie stark Intermodulationsprodukte in der Umgebung starker Sender sichtbar werden. Leider ist die Messung von IP2 und IP3 momentan noch nicht vereinheitlicht. Das erschwert den Vergleich anhand von Datenblättern. In den Fällen vergleichbarer Messungen zeigen die Empfänger im R&S®DDF0xA häufig deutlich größere und damit bessere Werte.

Das sehr geringe Phasenrauschen verbessert zusätzlich die Immunität gegen zu starke Signale.

Und hier zeigt sich ein weiterer Vorteil, den das Konzept der „virtuellen Empfangszüge“ mit sich bringt: die geringere Anzahl benötigter Empfangszüge. Im R&S®DDF0xA arbeiten drei kohärente Empfangszüge im sog. Konverter. Verglichen mit 5-Kanal-Peilern reduziert sich der Aufwand allein durch das Konzept um 40%. Das eröffnet die Möglichkeit, besonders hochwertige Empfänger zu benutzen.

Die Grundlage: State-Of-The-Art-Empfänger

Der R&S®DDF0xA ist mit jeweils drei Empfängern ausgestattet, die zu den besten auf dem Weltmarkt gehören und praktischerweise von Rohde & Schwarz entwickelt und hergestellt werden:

- ◆ Im Konverter für den HF-Bereich arbeiten drei Empfänger nahezu baugleich mit dem R&S®EM010
- ◆ Im Konverter für den V/UHF-Bereich arbeiten drei Empfänger nahezu baugleich mit dem R&S®EM050

Oft wird besonders im V/UHF-Bereich die Auswahl eines geeigneten Peilan-

tennen-Standorts durch die Nähe starker Sender wie z.B. Rundfunk- oder Fernsehsender erschwert. Die hohe Linearität und das sehr geringe Phasenrauschen des R&S®DDF0xA erlauben es, ihn näher an starken Sendern zu platzieren.

Hohe Linearität erleichtert die Standort-Suche

Wie Simulationen zeigen, kann der R&S®DDF0xA bei gleicher Intensität der Intermodulationsprodukte um mehr als 30% näher an einem starken Sender platziert werden als ein Peiler mit 10 dB kleineren Intercept-Punkten. Im Vergleich zu Peilern mit 18 dB kleineren Intercept-Punkten halbiert sich der Abstand sogar. Damit wird die Suche eines Peilantennen-Standorts erleichtert.



R&S® DDF05A mit Option R&S® DDFA-WB

mobiler HF/VHF/UHF-Peiler

Soll der gesamte Frequenzbereich bis 1300 MHz mobil erfasst und gepilt werden, braucht es Geräte mit kleinen Abmessungen, Breitband-Peilantennen und angepasste Peilmethoden.

**300 kHz bis 1,3 GHz
mit 2 kompakten Peilantennen**

Hier bietet Rohde & Schwarz optimierte Peilgeräte und -antennen, die trotz der kleinen Abmessungen den Frequenzbereich 300 kHz bis 1300 MHz lückenlos abdecken. Für den gesamten Frequenzbereich werden nur zwei Peilantennen benötigt, die trotz der kleinen Abmessungen sehr gute Resultate liefern. Oberhalb von 200 MHz ist die Peilgenauigkeit und -empfindlichkeit sogar identisch mit der stationären Variante.

**300 kHz bis 3 GHz
mit 8 Höheneinheiten**

Der R&S® DDF05A mit der Option R&S® DDFA-WB bietet bei sehr kleinen Abmessungen (8 HE) einen HF/VHF/UHF-Peiler mit durchgehend 10 MHz Echtzeitbandbreite. Oberhalb von 20 MHz entspricht die Signalverarbeitung der stationären Variante, mit drei Vorselektionen und Empfangskonvertern. Im HF-Bereich dagegen werden die drei Kanäle direkt auf die A/D-Wandler im Peilprozessor geschaltet. Die Empfangszüge werden dann digital als Software-Empfänger realisiert.

Der VHF/UHF-Bereich wird von der Peilantenne R&S® ADD153 abgedeckt. Hier kommt die Peilmethode korrelatives Interferometer mit 9 Antennenelementen zum Einsatz. Sie wird vorzugsweise auf

einem Mast installiert, liefert aber auch auf einem Fahrzeugdach sehr gute Ergebnisse.

Für die mobile HF-Peilung wurde die Peilantenne R&S® ADD119 entwickelt. Ein Kreuzrahmen bildet zusammen mit einer Referenzantenne eine klassische Watson-Watt-Peilantenne mit ca. 1 m Durchmesser. Sie ist für Bodenwellen bis 30 MHz ausgelegt und bietet trotz ihrer kleinen Abmessungen eine Peilgenauigkeit von 2° RMS bei guter Empfindlichkeit. Installiert wird sie vorzugsweise auf einem Fahrzeugdach oder Stativ.

Auf Wunsch mit Fehlerkorrektur

Generell wird die Peilgenauigkeit bei der Montage auf Fahrzeugen besonders unterhalb von 200 MHz durch Resonanzen und Reflexionen eingeschränkt. Hier bietet Rohde & Schwarz eine Kalibrierung des Peilfahrzeugs auf einem Drehstand an. Nach einer solchen Kalibrierung ist die Peilgenauigkeit in diesem Frequenzbereich durchschnittlich doppelt so hoch.



Mobiler HF/VHF/UHF-Peiler von Rohde & Schwarz

Produkt	Kurzbeschreibung
R&S® DDF05A	Sehr schneller V/UHF Suchpeiler mit hoher Genauigkeit und Empfindlichkeit
R&S® A-WB	Peiler-Option zur HF-Frequenzbereichserweiterung des V/UHF Peilers R&S® DDF05A und Erhöhung der Echtzeitbandbreite auf 10 MHz
R&S® ADD119	Kompakte HF-Peilantenne für das Watson-Watt Peilverfahren
R&S® ADD153	V/UHF-Peilantenne für den Frequenzbereich 20 MHz bis 1300 MHz
R&S® ADD150A	Adapter zur Montage der ADD153 auf einem Mast
R&S® AP502Z1	Adapter zur flachen Montage der ADD119 auf einem Fahrzeugdach

Stationäre VHF/UHF-Funküberwachung

Für stationäre und semi-mobile V/UHF-Peilanlagen wurde das Antennensystem R&S®ADD053 entwickelt, welches zusammen mit dem R&S®DDF05A ein Peilsystem mit herausragenden Eigenschaften bildet:

- ◆ Sehr genaue Peilung dank großer Peilantennen mit 9 Elementen: auch in realer Umgebung liegt die Peilgenauigkeit meist bei 1° RMS aufgrund der hohen Immunität gegen Reflexionen
- ◆ Sehr hohe Empfindlichkeit, ebenfalls bedingt durch die großen Antennendurchmesser: bei den meisten Frequenzen reicht bereits eine Feldstärke von nur 1 µV/m für eine genaue Peilung (siehe Peilantennen-Datenblatt R&S®ADDx)
- ◆ Sehr hohe Suchgeschwindigkeit durch großzügig dimensionierte Rechenleistung: Suchgeschwindigkeiten bis zu 20 GHz/s sind einstellbar



Peilantennensystem R&S®ADD053 und R&S®ADD070

Auf der Spitze befindet sich die Peilantenne R&S®ADD153, die den Frequenzbereich 200 MHz bis 1300 MHz abdeckt. Zwar ist die R&S®ADD153 bis 20 MHz hinunter einsetzbar, hier bietet aber die wesentlich größere R&S®ADD050 noch bessere Ergebnisse.

Höchste Genauigkeit und Empfindlichkeit im taktischen VHF-Bereich

Die R&S®ADD050 mit einem Durchmesser von 3 m ist für die Peilung im Frequenzbereich 20 MHz bis 200 MHz optimiert. Sie bildet zusammen mit der R&S®ADD153 und einem Zwischenmast aus Glasfaser das Antennensystem R&S®ADD053.

Die Montage dieses Antennensystems geht überraschend schnell, auch dank des bevorzugten Einsatzes von Leichtbau-Materialien wie Aluminium und Glasfaser.

Im praktischen Einsatz überzeugt dieses Peilsystem durch die präzise und schnelle Peilung von LPI-Signalen wie Hopper und Bursts, sogar wenn diese aus großer Entfernung gesendet werden und nur noch schwach erkennbar sind. Bei Bedarf wird die Peilantenne R&S®ADD070 für den Frequenzbereich bis 3 GHz hinzugefügt.

Besonders bei Benutzung hoher Maste oder bei größerer Entfernung zu den Peilgeräten empfiehlt sich die Unterbringung der Geräte im Wetterschutzschrank R&S®KK500. Hierdurch entfallen lange Koaxialkabel, welche die Empfindlichkeit bei hohen Frequenzen reduzieren und sehr kostspielig sind.

Wird zusätzlich die Ethernet-Verbindung über Glasfaserkabel hergestellt, kann der Bedienrechner ohne Einschränkungen mehrere hundert Meter von den Peilgeräten entfernt platziert werden.

Produkt	Kurzbeschreibung
R&S®DDF05A	Sehr schneller V/UHF-Suchpeiler mit hoher Genauigkeit und Empfindlichkeit
R&S®ADD053	Peilantennensystem für den Frequenzbereich 20 MHz bis 1300 MHz, bestehend aus R&S®ADD050 und R&S®ADD153
R&S®ADD070	Peilantenne für den Frequenzbereich 1300 MHz bis 3000 MHz in der besonders stabilen Variante 02 zur Montage der R&S®ADD053
R&S®KK500	Wetterschutzschrank zur geschützten Unterbringung der Geräte

Semi-mobile HF-Peilstation

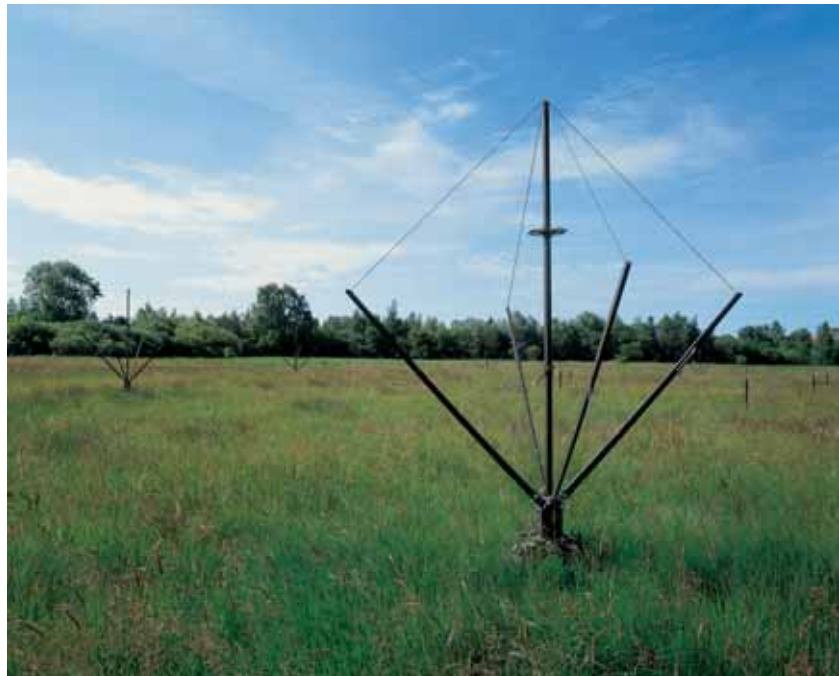
Zusammen mit der Großbasis-Peilantenne R&S®ADD011 bildet der Peiler R&S®DDF01A ein beeindruckend empfindliches und genaues Peilsystem für den Frequenzbereich 300 kHz bis 30 MHz.

Die große 9-Element-Peilantenne mit einem Durchmesser von 50 m sorgt in Verbindung mit dem Peilverfahren korrelatives Interferometer dafür, dass der Peiler unempfindlicher auf Reflexionen und Bodenunebenheiten reagiert. Hierdurch wird die Suche nach einem geeigneten Standort für die Peilantenne deutlich vereinfacht.

Durch die Verwendung von Kreuzrahmen-Antennen ist sogar bei steiler Elevation von bis zu 85° eine Peilung gewährleistet. Der Elevationswinkel wird ebenfalls berechnet, so dass SSL (Single Station Location) optimal möglich wird.

Herausragende Genauigkeit und Empfindlichkeit

So erreicht die Kombination R&S®DDF01A und R&S®ADD011 auch in realen, zur Peilung geeigneten Umgebungen (nicht nur im idealen Testgelände) eine typische Peilgenauigkeit nahe bei 1° RMS und eine typische Empfindlichkeit von 0,25 µV/m (siehe Spezifikationen).



Peilantenne R&S®ADD011

Der Aufbau der Peilantenne R&S®ADD011 ist von geübten Anwendern in einer halben Stunde zu schaffen und geht dank der beigelegten Werkzeuge unkompliziert.

Bei stationärem Betrieb empfiehlt sich die Fernbedienung mittels der Option R&S®DDFA-REM. So kann der Peiler in abgelegenen Gebieten positioniert werden und profitiert dann von niedrigem Grundrauschen und wenigen Reflexionen.

Produkt	Kurzbeschreibung
R&S®DDF 01A	Sehr schneller HF-Suchpeiler mit hoher Genauigkeit und Empfindlichkeit
R&S®ADD011	HF-Großbasis-Peilantenne mit hoher Peilgenauigkeit und Empfindlichkeit
R&S®DDF-SSL	Software Peiler-Option Single Station Locator zur Ortung von HF-Sendern mit nur einem Peiler über Ionosphären-Daten
R&S®DDFA-REM	Peiler-Option zur Fernsteuerung des Peilers über ISDN o.Ä.
R&S®KK500	Wetterschutzschrank zur geschützten Unterbringung der Geräte

Optionen

Peilung von GSM-Mobiltelefonen

Option R&S®DDF-GSM

Mit dieser Option bietet der R&S®DDF 05A die Möglichkeit, alle Mobiltelefone eines Kanals quasi-simultan zu peilen. Für jeden belegten Zeitschlitz erscheint ein Peilwert. Nur so ist es möglich, in dichten Funk Szenarien ein bestimmtes Mobiltelefon zu orten.

Stabile Peilung in dichtesten Funk Szenarien

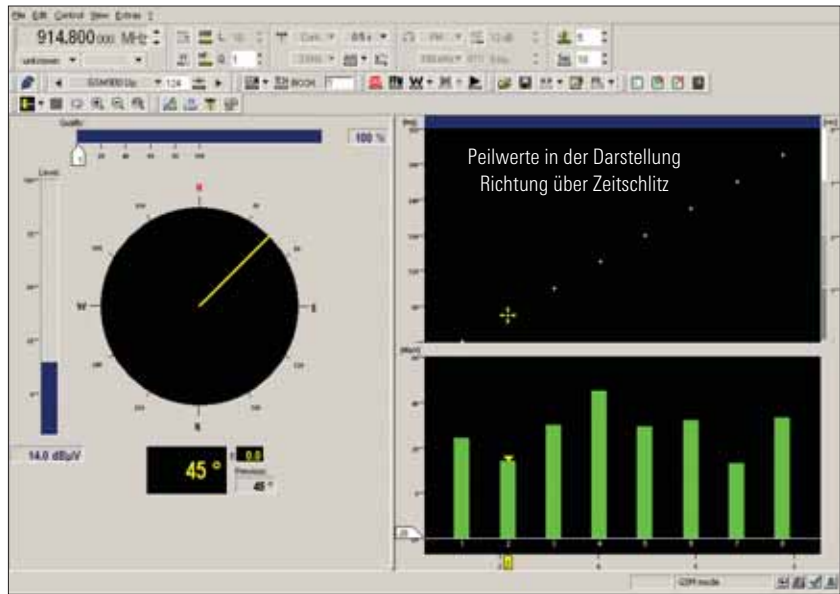
Mobiltelefone senden immer in kurzen Paketen von 577 μ s. Mit einer minimalen Signaldauer von nur 500 μ s ist der R&S®DDF 05A für diese kurzen Aussendungen vorbereitet. Die wichtigste Aufgabe der GSM-Option ist es nun, den Peiler genau dann mit der Messung beginnen zu lassen, wenn das Mobiltelefon mit der Aussendung beginnt. Hierfür stehen drei Möglichkeiten zur Auswahl:

- ◆ Der R&S®DDF 05A synchronisiert sich auf die Basisstation, mit der das interessierende Mobiltelefon verbunden ist
- ◆ Der Beginn einer Aussendung wird über ein externes Trigger-Signal dem R&S®DDF 05A mitgeteilt
- ◆ Der R&S®DDF 05A wird mit einem hochstabilen Takt (z.B. GPS) versorgt und einmalig auf eine Basisstation synchronisiert. Abhängig von der Taktstabilität kann die Synchronisation auf diese Weise über viele Stunden aufrecht erhalten werden

Automatische Vorklassifizierung

Option R&S®DDF-CL

Besonders Mitarbeiter der militärischen Funküberwachung stehen vor immer komplexeren Funk-Szenarien. Einerseits wird das Spektrum immer dichter, andererseits werden die Techniken zur Tarnung von Funkaussendungen immer raffinierter.



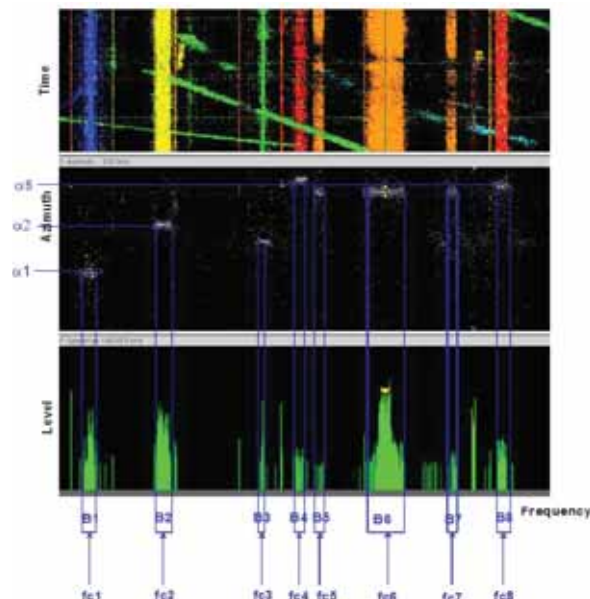
Option R&S®DDF-GSM: Steuersoftware im GSM-Modus mit 8 Mobiltelefonen

Die Wahrscheinlichkeit, dass beispielsweise Frequenz-Hopper mit hohen Bandbreiten oder kurze Burst-Aussendungen auf unbekannter Frequenz übersehen werden, steigt entsprechend.

Der Vorklassifikator sorgt dafür, dass praktisch kein Signal unentdeckt bleibt:

Automatische Erkennung von Hoppfern, Bursts usw.

Nach Eingabe von Start- und Stopp-Frequenz wird der Frequenzbereich kontinuierlich gescannt und die Ergebnisse gespeichert. Tauchen neue Signale auf, werden sie mit den Ergebnissen aus dem Speicher verglichen. Ist ein Muster erkennbar (z.B. mehrere Burst-Aussendungen aus der gleichen Richtung \rightarrow Frequenz-Hopper), werden die



Option R&S®DDF-CL: Prinzip der Vorklassifizierung

Signale in die Klassen Festfrequenz, Hopper, Chirp oder Burst einsortiert. Die Einzelergebnisse werden zu einem Gesamtergebnis zusammengefasst und gemittelt. Damit ist der R&S® DDF 0xA zusammen mit dem Vorklassifikator der Grundstein zur automatisierten Ortung von LPI-Signalen.

Neben dem Vorteil, von der Erfahrung des Bedieners unabhängig zu sein, kommt ein weiterer wesentlicher Aspekt, nämlich die Datenreduktion hinzu.

Maximale Datenreduktion

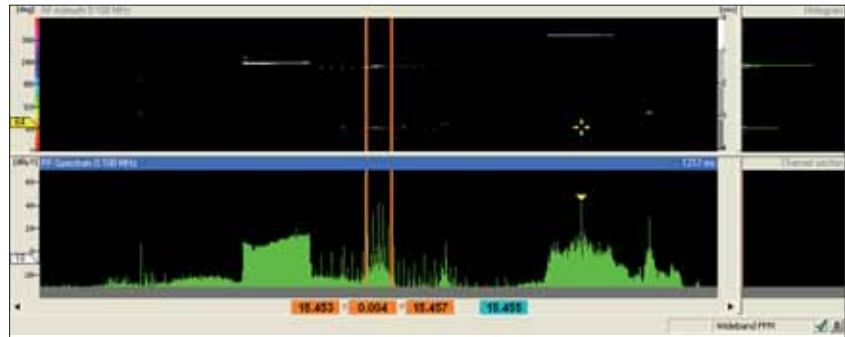
Netzwerke aus mehreren Peilern zur Funkortung müssen ihre Ergebnisse an die Zentralstation übermitteln. Je weniger Daten übermittelt werden müssen, desto unauffälliger kann dies geschehen. Mit der Vorklassifizierung werden die Daten maximal reduziert und es muss nur noch die wesentliche Information übermittelt werden.

Hohe Frequenzauflösung

Option R&S® DDF-HFR

Der R&S® DDF 0xA bietet standardmäßig eine hohe Frequenzauflösung, die für die meisten Anwendungen ausreicht. Es gibt aber Anwendungen, für die eine noch höhere Auflösung gebraucht wird:

- ◆ Peilung von Gleichkanalstörern: wenn zwei Sender sich spektral überlappen, nimmt der Peilfehler zu, teilweise ist der Peilwert sogar unbrauchbar
- ◆ Peilung versteckter Signale: Hier gilt das Gleiche wie bei Gleichkanalsendern. Die Besonderheit ist, dass das gesuchte Signal sich gewollt z.B. im Spektrum eines Radio- oder Fernsehsenders versteckt.



Option R&S® DDF-HFR: Peilung zweier Emittier im gleichen Frequenzbereich mit 20 Hz Auflösung

Neu: Auf Wunsch extrem hohe Frequenzauflösung

Durch die hohe Frequenzauflösung der Option R&S® DDF-HFR werden bis zu hundert Mal mehr Peilwerte pro Frequenzband berechnet. Dadurch liefern statistische Hilfsmittel wie Histogramm und gleitende Mittelung wesentlich schneller genauere Ergebnisse. Zusätzlich erhöht sich die Menge an ungestörten Peilwerten, weil bei der betreffenden Frequenz im Moment der Messung nur einer der Sender Energie abgestrahlt hat.

Das Bild oben zeigt einen Screenshot in der WFFM-Betriebsart mit einer Auflösung von 20 Hz. Das interessierende Signal im orangefarbenen umrahmten Bereich ist von einem Gleichkanalstörer überlagert. Aufgrund der hohen Auflösung sind im Histogramm zwei Maxima klar erkennbar und erlauben die präzise Peilung.

Ferngesteuerte Bedienung

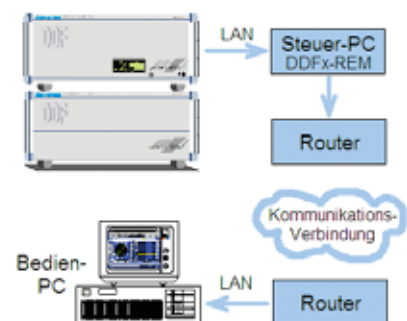
Option R&S® DDF A-REM

Es gibt u.a. zwei wesentliche Gründe für die Fernbedienung des R&S® DDF 0xA: Verbesserung der Empfangseigenschaften und Vereinfachung der Bedienung von Peiler-Netzwerken.

Fernbedienung über fast jede Datenverbindung

Verbesserung der Empfangseigenschaften:

Im Kurzwellen-Frequenzbereich ist das elektrische Grundrauschen besonders hoch. Ein großer Abstand zu Ballungszentren ist daher wichtig für die Peilung schwacher Signale. Zusätzlich wird zur Vermeidung starker Reflexionen empfohlen, den HF-Peiler möglichst weit weg von Gebäuden, Hochspannungsleitungen und Straßen zu positionieren. Wenn die Anwender nicht in so abgelegenen Orten stationiert sind, bleibt nur noch die Fernbedienung.



Option R&S® DDF A-REM

Vereinfachung der Bedienung von Peiler-Netzwerken:

Werden mehrere Peiler zu Netzwerken miteinander verbunden, bietet die zentralisierte Bedienung große Vorteile, weil nur an einer Stelle erfahrene Anwender sitzen müssen.

Die Fernsteuer-Software R&S®DDF A-REM wird auf einem handelsüblichen Rechner in der Nähe der Geräte installiert. Die eigentliche Datenübertragung wird von ebenfalls handelsüblichen „Routern“ organisiert. In der Wahl der Kommunikations-Verbindung ist der Benutzer völlig frei:

- ◆ ISDN
- ◆ GSM/GPRS
- ◆ Satellitenverbindung
- ◆ Funkmodems
- ◆ Richtfunk
- ◆ ... und viele mehr

Die Fernsteuer-Software R&S®DDF A-REM übernimmt mehrere Aufgaben, die über die einfache Fernsteuerung hinaus gehen:

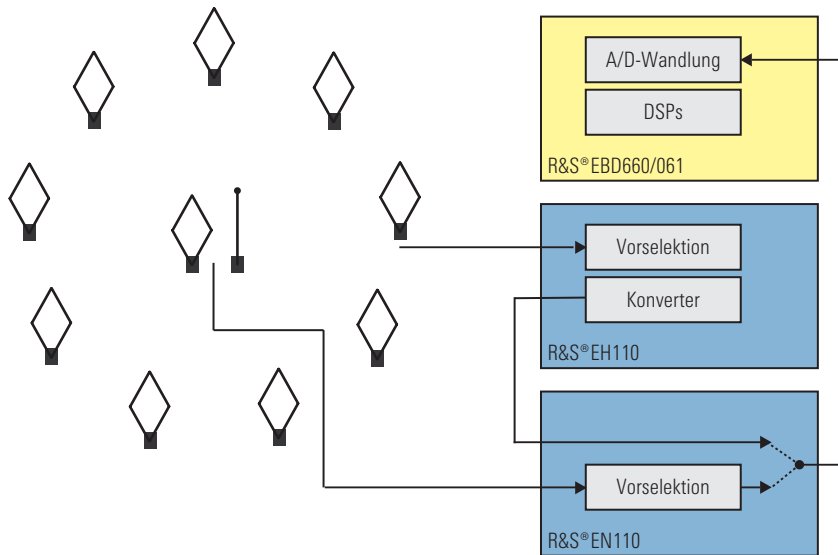
- ◆ Anpassung der übertragenen Datenmenge an die verfügbare Kommunikationsverbindung durch intelligente Datenreduktion
- ◆ Komprimierung der Audiodaten
- ◆ Verwaltung von mehreren Stationen

Single-Station-Locator

Option R&S®DDF-SSL

Im Kurzwellen-Frequenzbereich bietet sich die besondere Möglichkeit, Sender mit nur einem Peiler zu orten, die über Raumwelle empfangen werden. Das Verfahren besteht darin, über die Reflexion an der Ionosphäre den Standort des Senders zu berechnen, nach dem Grundsatz „Einfallswinkel gleich Ausfallswinkel“.

Zu diesem Zweck berechnet der R&S®DDF01A die Elevation und bietet mit dem Gütefilter und dem Histogramm Werkzeuge zur Mittelung der Daten.

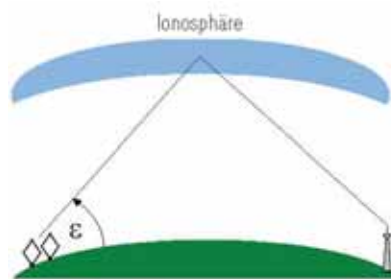


Option R&S®DDF-LF

Einfachste Bedienung dank integrierter Ionosphären-Datenbank

Die Höhe der Ionosphäre wird komfortabel nach Eingabe der aktuellen gemittelten Anzahl der Sonnenflecken aus einer Datenbank berechnet. Diese Datenbank enthält die gemittelten Daten vieler Jahre und ist erstaunlich genau. Selbstverständlich können auch sämtliche Parameter vorgegeben werden.

Zusätzlich bietet R&S®DDF-SSL die Möglichkeit der Kalibrierung durch einen Sender mit bekannter Position.



Option R&S®DDF-SSL

VLF-Frequenzbereichserweiterung

Option R&S®DDF-LF

Neu: Peilung bis 9 kHz

Mit der Frequenzbereichserweiterung R&S®DDF-LF wird die untere Grenzfrequenz des R&S®DDF0xA auf 9 kHz erweitert. Der Frequenzbereich 1 MHz bis 30 MHz wird beispielsweise von der Peilantenne R&S®ADD011 abgedeckt. Unterhalb von 1 MHz bilden eine Kreuzrahmen-Antenne und ein Monopol eine klassische Watson-Watt-Peilantenne.

Abhängig von der Frequenz wird der Peilwert entweder nach der Methode korrelatives Interferometer oder Watson-Watt berechnet. So werden die jeweiligen Vorzüge dieser beiden Methoden genutzt: genaue Peilung und geringe Abmessungen.

Die Signalverarbeitung ist ebenfalls unterschiedlich. Oberhalb von 1 MHz arbeiten drei klassische analoge Empfänger mit Vorselektion und Konverter. Unterhalb dieser Frequenz werden die Empfangssignale lediglich breit gefiltert und dann direkt auf die A/D-Wandler gegeben. Die weitere Filterung erfolgt digital in den Software-Empfängern.

Synchrones Scannen

Option R&S®DDF-TS

Soll ein Sender mit mehreren Peilern geortet werden, wird von jedem Peiler ein Peilwert benötigt. Dies ist für Signale mit normalen Sendedauern von einigen hundert Millisekunden oder länger auch gewährleistet.

Grundlage zur Ortung von LPI-Signalen

Bei getarnten LPI-Signalen wie Hoppertönen und Bursts ist die Dauer einer Einzelaussendung aber sehr gering. Zusätzlich ist die Frequenz unbekannt und es müssen große Frequenzbereiche abgesucht werden. Es passiert, dass nur ein Peiler im Moment der Aussendung auf der richtigen Frequenz misst. Eine Ortung ist dann unmöglich.

Mit der Option R&S®DDF-TS wird der Suchvorgang synchronisiert und die Peiler messen alle zur gleichen Zeit auf der gleichen Frequenz. Jedes erfasste Signal wird fortan von allen Peilern zuverlässig gepeilt und die Ortungsgenauigkeit ist maximal. Dabei ist die Genauigkeit der Synchronisation dank GPS sehr hoch. Für Peiler-Netzwerke zur Ortung von LPI-Signalen ist die Option R&S®DDF-TS deshalb eine wichtige Grundlage.

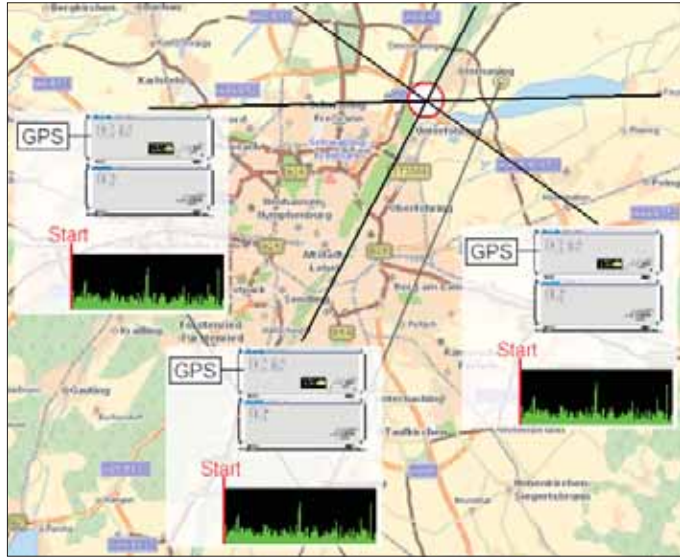
Werkzeuge zur Wartung und Fehlersuche

Option R&S®DDF-SK

Mit dem R&S®DDF-SK (Service-Kit) können Betreiber des R&S®DDF0xA bei der Wartung und Fehlersuche eine Menge Zeit sparen.

Schnelle und erfolgreiche Fehlersuche

In einem stabilen Koffer sind alle wesentlichen Werkzeuge zur Überprüfung der Anlage übersichtlich angeordnet. Wesentlicher Bestandteil ist die



Option R&S®DDF-TS

Antennensimulation R&S®ZT660, die für den Test statt der Peilantenne am Peiler angeschlossen wird und eine beliebige einstellbare Peilantenne von Rohde & Schwarz simuliert. So kann komfortabel überprüft werden, ob sich der Fehler in der Peilantenne oder in den Geräten verbirgt. Eine unnötige Besteigung des Antennenmastes oder gar Demontage der Peilantenne wird vermieden. Zusätzlich bietet die Antennensimulation die Möglichkeit, einen Signalgenerator anzuschließen und dessen Signale mit definierter Richtung zu peilen.

Folgende Teile befinden sich in dem Koffer:

- ◆ Antennensimulation R&S®ZT660
- ◆ Diverse Kabel und Adapter
- ◆ Verschiedene Werkzeuge zum sachgemäßen Öffnen der Gehäuse

Unter anderem können folgende Tests durchgeführt werden:

- ◆ Eingrenzung eines Fehlers auf die Geräte oder die Peilantenne
- ◆ Überprüfung aller drei Empfangszüge
- ◆ Test-Peilung mit Hilfe eines Signalgenerators

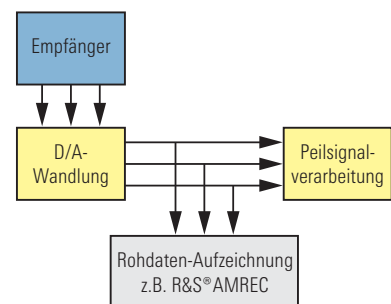
Ausgabe der digitalen Rohdaten

Option R&S®DDF-DR

Wird der R&S®DDF0xA als Quelle für ein Analysesystem wie beispielsweise R&S®AMMOS benutzt, müssen die digitalisierten Zwischenfrequenz-Daten unbehandelt ausgegeben werden.

Neu: Ausgabe der Rohdaten zur Analyse

Eine solche Möglichkeit bietet die Option R&S®DDF-DR mittels einer standardisierten FPDP-Schnittstelle. An diesem Ausgang liegen die digitalisierten Zwischenfrequenz-Daten sämtlicher drei Empfangszüge an und können z.B. mit R&S®AMREC aufgezeichnet werden.



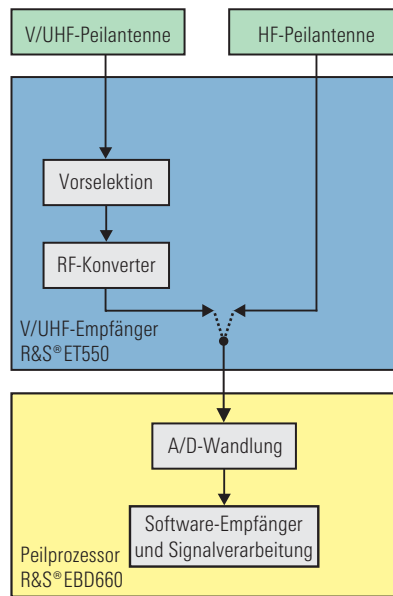
Option R&S®DDF-DR

Breitbandpeilung und HF-Erweiterung Option R&S®DDFA-WB

Mit der Option R&S®DDFA-WB wird die ohnehin hohe Suchgeschwindigkeit im HF-Bereich noch deutlich gesteigert. Mit der Erhöhung der Echtzeitbandbreite von 1 MHz auf bis zu 10 MHz steigt die Wahrscheinlichkeit zur Erfassung kurzer und frequenzagiler Signale erheblich: das komplette HF-Band wird bei guter Auflösung in wenigen 100 ms (siehe Spezifikationen) abgesucht.

Schaltet der Benutzer auf die Breitbandpeilung um, werden die Antennensignale an der Vorselektion vorbei geleitet und direkt auf den A/D-Wandler gegeben. Die weitere Signalverarbeitung erfolgt dann digital.

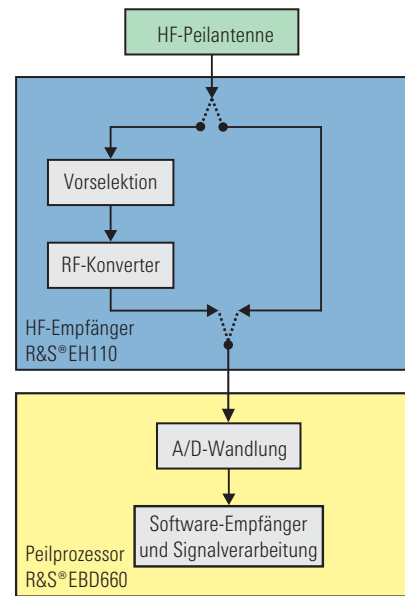
Abhängig vom Basisgerät erfüllt die Option R&S®DDFA-WB mehrere Aufgaben. Beim R&S®DDF01A wird die Echtzeitbandbreite auf 10 MHz erhöht, beim R&S®DDF05A dient sie zusätzlich sogar als HF-Frequenzbereichserweiterung.



Option R&S®DDFA-WB zur HF-Erweiterung für den V/UHF-Peiler R&S®DDF05A:

Extrem kompakter „fullrange“-Peiler

Eine kompakte HF-Peilantenne wie die R&S®ADD119 wird am Konverter R&S®ET550 angeschlossen. Bei der Einstellung von VHF/UHF durchlaufen die Antennensignale die Vorselektionen und die Konverter. Bei HF werden die Antennensignale direkt an die A/D-Wandler im Peilprozessor übergeben. Nach der Digitalisierung erfolgt die weitere Signalverarbeitung über Software-Empfänger. Abhängig von der Peilantenne erfolgt die Peilwertberechnung dann nach der Methode korrelatives Interferometer oder Watson-Watt mit 10 MHz Echtzeitbandbreite.



Option R&S®DDFA-WB zur Vergrößerung der Echtzeitbandbreite für den HF-Peiler R&S®DDF01A:

**Umschaltbar:
schnellste Signalsuche oder
höchste Genauigkeit**

Zunächst kann das Spektrum schnellstmöglich mit 10 MHz FFT-Echtzeitbandbreite abgesucht werden. Zu diesem Zweck werden die Antennensignale direkt auf die A/D-Wandler gegeben, und die weitere Signalverarbeitung erfolgt dann digital.

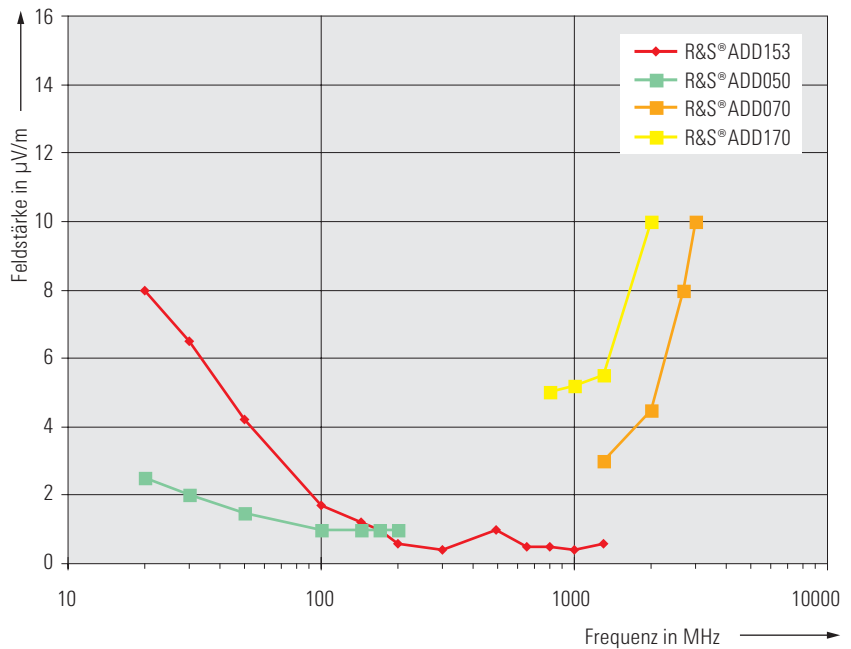
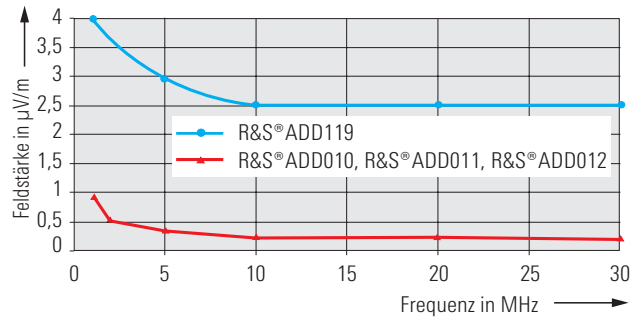
Bei Erfassung eines interessanten Senders wird dann umgeschaltet, und die Antennensignale durchlaufen die Vorselektionen und Empfangskonverter. Besonders bei schwachen Signalen und in der Nähe starker Sender wird so das Ergebnis erheblich verbessert.

Peilantennen

Die Peilantennen für die Peilerfamilie R&S®DDF0xA tragen die Typenbezeichnung R&S®ADDx und sind dieselben wie für die Peilerfamilien R&S®DDF0xM, R&S®DDF0xS und R&S®DDF0xE.

Die modifizierte Peilantenne R&S®ADD150 mit erhöhter Empfindlichkeit im Bereich 20 MHz bis 100 MHz heißt jetzt R&S®ADD153.


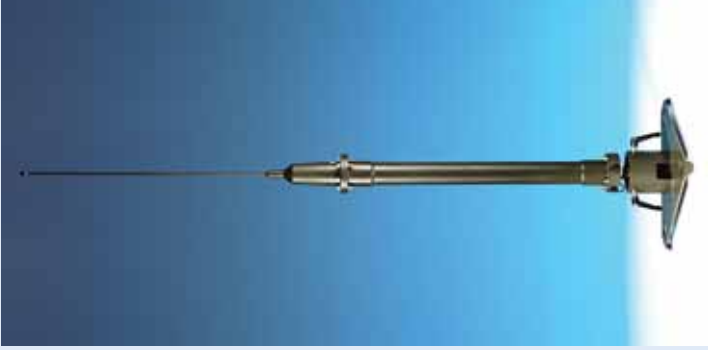
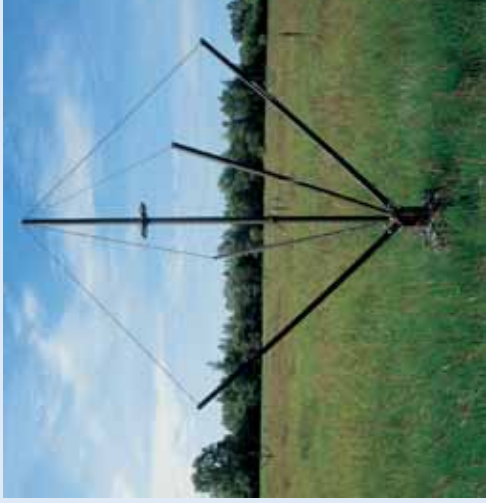
Grundsätzlich lassen sich in vielen Fällen auch bereits vorhandene Peilantennen (insbesondere HF-Adcock-Antennen) anderer Hersteller weiterverwenden, wobei in jedem Fall die Anpassungseinheit R&S®GX060 erforderlich ist. Die Einzelheiten müssen im Anwendungsfall geprüft werden.



Empfindlichkeiten der Peilantennen;
Mittelungsdauer 1 s, Peilwertschwankung $<2^\circ$ RMS, Bandbreite 1 kHz



Sämtliche Peilantennen werden auch im Peilantennen-Datenblatt R&S®ADDx vorgestellt

Typ (Bestellnummer)	R&S® ADD119 (4053.6509.02)	R&S® ADD010 (4045.0105.03)	R&S® ADD011 (4045.0005.13)
			
Farbe	RAL 1015	RAL 6014	RAL 6014
Einsatzbereich	mobil, schneller Suchbetrieb für Bodenwellen und flach einfallende Raumwellen	semi-mobil und stationär, Erhebungswinkel der Signale $\leq 50^\circ$, SSL einge-schränkt möglich	stationär, Erhebungswinkel der Signale $\leq 85^\circ$, SSL möglich
Frequenzbereich	(0,3 MHz) 1 MHz bis 30 MHz, unterhalb 1 MHz mit eingeschränkter Empfindlichkeit	aktive 9-Elemente-Kreisgruppe aus Stabantennen	aktive 9-Elemente-Kreisgruppe aus Kreuzarmantennen
Antennentyp	1 Kreuzarmen und 1 aktiver Dipol	Korrelation	Korrelation
Auswerteverfahren	Watson-Watt	vertikal	vertikal, horizontal, zirkular
Polarisation	vertikal	1° RMS	1° RMS
Peilfehler ¹⁾	2° RMS	typ. 1 $\mu\text{V/m}$ bis 0,2 $\mu\text{V/m}$ (2° Schwankung, 1 kHz Bandbreite, 1 s Mittelungsdauer)	typ. 1 $\mu\text{V/m}$ bis 0,2 $\mu\text{V/m}$ (2° Schwankung, 1 kHz Bandbreite, 1 s Mittelungsdauer)
Empfindlichkeit	typ. 4 $\mu\text{V/m}$ bis 2,5 $\mu\text{V/m}$ (2° Schwankung, 1 kHz Bandbreite, 1 s Mittelungsdauer)	über serienmäßig integriertes Netzteil	über serienmäßig integriertes Netzteil
Stromversorgung	über Peilgerätesatz	Antennenkreis: \varnothing 50 m, Stabantennenhöhe: 2 m	Antennenkreis: \varnothing 50 m, Kreuzarmenlänge: 3,5 m inkl. Dreibein
Abmessungen (ca.)	\varnothing 1100 mm \times Höhe 232 mm	Einzelelement mit Bodenplatte: 14 kg, Netzwerk: 22 kg	Einzelelement mit Bodenplatte: 32 kg, Netzwerk: 22 kg
Gewicht (ca.)	25 kg		

¹⁾ Messung in reflexionsfreier Umgebung. Der RMS-Fehler wird aus den Peilwerten einer gleichmäßig verteilten Stichprobe über Azimut und Frequenz berechnet.

Technische Daten – VHF/UHF-Antennen

Typ (Bestellnummer)	R&S® ADD153 (4053.0003.02)	R&S® ADD050 (4041.4006.02)	R&S® ADD053 (4062.8800.02)	R&S® ADD070 (4043.4003.02/12) ²⁾	R&S® ADD070M (4059.6000.02)	R&S® ADD170 (4055.7502.12)
						
Farbe	RAL 1015	RAL 1015	RAL 1015	RAL 1015	RAL 1015	RAL 1015
Einsatzbereich	VHF/UHF, mobil und stationär	VHF, stationär, insbesondere bei Mehrwellenausbreitung erhöhte Genauigkeit	VHF/UHF, stationär, Kombination von R&S® ADD153 und R&S® ADD050	UHF, stationär, Montage auf denselben Antennenmast wie VHF/UHF-Antennen unterhalb von diesen möglich	UHF, mobil	Mobile Peilung in den GSM-Bereichen
Frequenzbereich	20 MHz bis 1300 MHz	20 MHz bis 200 MHz	20 MHz bis 1300 MHz	1300 MHz bis 3000 MHz	1300 MHz bis 3000 MHz	800 MHz bis 2000 MHz
Antennentyp	9 aktive Antennenelemente im Radom	aktive 9-Elemente-Kreisgruppe	2 × aktive 9-Elemente-Kreisgruppe	8-Elemente-Kreisgruppe	8-Elemente-Kreisgruppe	8-Elemente-Kreisgruppe mit Mittelantenne
Auswerteverfahren	Korrelation	Korrelation	Korrelation	Korrelation	Korrelation	Korrelation
Polarisation	vertikal	vertikal	vertikal	vertikal	vertikal	vertikal
Peilfehler ¹⁾	2° RMS (20 MHz bis 200 MHz) 1° RMS (200 MHz bis 1300 MHz)	1° RMS	1° RMS	2° RMS	2° RMS	2° RMS
Empfindlichkeit	typ. 8 µV/m bis 0,5 µV/m (2° Schwankung, 1 kHz Bandbreite, 1 s Mittelungsdauer)	typ. 2,5 µV/m bis 1 µV/m (2° Schwankung, 1 kHz Bandbreite, 1 s Mittelungsdauer)	typ. 0,5 µV/m bis 1 µV/m (2° Schwankung, 1 kHz Bandbreite, 1 s Mittelungsdauer)	typ. 3 µV/m bis 10 µV/m (2° Schwankung, 1 kHz Bandbreite, 1 s Mittelungsdauer)	typ. 3 µV/m bis 10 µV/m (2° Schwankung, 1 kHz Bandbreite, 1 s Mittelungsdauer)	typ. 5 µV/m bis 10 µV/m (2° Schwankung, 1 kHz Bandbreite, 1 s Mittelungsdauer)
Windlast/Windschwerpunkt ohne Eis	bei 188 km/h: 710 N/210 mm bei 162 km/h: 770 N/270 mm	bei 188 km/h: 1700 N/380 mm bei 162 km/h: 2800 N/410 mm	bei 188 km/h: 2700 N/800 mm bei 162 km/h: 3700 N/690 mm	bei 180 km/h: 200 N/250 mm (Var. 12) bei 200 km/h: 530 N/620 mm (Var. 02) bei 140 km/h: 210 N/260 mm (Var. 12) bei 176 km/h: 530 N/680 mm (Var. 02)	bei 180 km/h: 199 N/170 mm bei 140 km/h: 160 N/180 mm	bei 180 km/h: 350 N/180 mm bei 140 km/h: 280 N/200 mm
Stromversorgung	über Peilgerätesatz	über Peilgerätesatz, für Kabellänge >20 m evtl. Netzteil R&S® IN061 erforderlich (Näheres dazu auf Anfrage)	über Peilgerätesatz	über Peilgerätesatz	über Peilgerätesatz	über Peilgerätesatz
Abmessungen (ca.)	Ø 1100 mm × Höhe 297 mm (Höhe mit Blitzfangstab: 1327 mm)	Antennenkreis: Ø 3 m, Höhe: 800 mm, mit Blitzfangstab: 3 m	Antennenkreis: Ø 3 m, Höhe: 800 mm, mit Blitzfangstab: 3 m	Ø 340 mm × Höhe 1200 mm (.02) Ø 340 mm × Höhe 492 mm (.12)	Ø 455 mm × Höhe 364 mm	Ø 455 mm × Höhe 393 mm
Gewicht (ca.)	30 kg	70 kg	114 kg	90 kg (.02), 11 kg (.12)	11 kg	11 kg

¹⁾ Messung in reflexionsfreier Umgebung. Der RMS-Fehler wird aus den Peilwerten einer gleichmäßig verteilten Stichprobe über Azimut und Frequenz berechnet.
²⁾ Modell 12: leichte Ausführung für mobilen Einsatz.

Technische Daten – R&S®DDF 01A

Frequenzbereich	0,3 MHz bis 30 MHz
Peilverfahren	Korrelatives Interferometer, Watson-Watt
Bedienung	über grafische Benutzeroberfläche (GUI) auf externem PC mit Windows XP
Geräte-Peilgenauigkeit	0,5° RMS
System-Peilgenauigkeit (im Testgelände) mit R&S®ADD010 oder R&S®ADD011	1° RMS
Anzeige	Azimet-Frequenz-Spektrum, Polardiagramm, Histogramm, Wasserfall, Echtzeit-ZF-Panorama (Bandbreite 20 kHz oder 1 MHz)
Anzeigeauflösung	0,1° oder 1° (wählbar)
Peilempfindlichkeit	0,2 µV/m - 0,5 µV/m typ. (siehe Diagramm für die HF-Peilantennen Seite 19)
Betriebsarten	SCAN (f-scan, m-scan), SEARCH, Fixed Frequency Mode (FFM), Wideband Fixed Frequency Mode (WFFM)
FFT-Echtzeitbandbreite	1 MHz 10 MHz/5 MHz/2 MHz mit Option R&S®DDF A-WB 0,5 MHz/0,2 MHz/0,1 MHz zusätzlich mit Option R&S®DDF-HFR
Minimale Signaldauer Korrelatives Interferometer Watson-Watt	2 ms 0,8 ms
Suchgeschwindigkeit für Suchbereiche <1 MHz Korrelatives Interferometer Watson-Watt	bei 10 kHz Auflösung, 100% Kanalbelegung, BT = 4 500 MHz/s (mit Berechnung der Elevation) 2000 MHz/s
Suchgeschwindigkeit für Suchbereiche >1 MHz Korrelatives Interferometer Watson-Watt	bei 10 kHz Auflösung, 100% Kanalbelegung, BT = 4 200 MHz/s (mit Berechnung der Elevation) 300 MHz/s
Verarbeitungsgeschwindigkeit Korrelatives Interferometer Watson-Watt	50 000 Kanäle/s 200 000 Kanäle/s
Kanalraster (abhängig von der eingestellten FFT-Echtzeitbandbreite)	20 kHz/10 kHz/5 kHz/2 kHz/1 kHz/ 0,5 kHz/0,2 kHz mit Option R&S®DDF-HFR: zusätzlich 0,1 kHz/0,05 kHz/0,02 kHz
Bandbreiten Peilen Demodulation	12 kHz/6 kHz/3 kHz/1,2 kHz/ 0,6 kHz/0,3 kHz/0,12 kHz 20 kHz/12 kHz/10 kHz/6 kHz/ 3,4 kHz/3 kHz/1,2 kHz/0,6 kHz/ 0,3 kHz/0,12 kHz/0,06 kHz
Nachbarkanalunterdrückung ≥10 kHz	80 dB (FFM), 60 dB (SCAN)
Peilbare Modulationsarten	CW, AM, FM, SSB, FSK, PSK
Empfangsbetriebsarten	CW, AM, FM, SSB

Filter-Selektionseigenschaften „Shape Factor“ (60 dB/3 dB)	2,5 (FFM) 3,6 (SCAN)
Dynamikbereich (inkl. AGC)	>120 dB
Linearität IP2 IP3 ¹⁾	≥75 dBm ≥32 dBm
Intermodulationsfreier Dynamikbereich Inband Außerband	≥75 dB typ. ≥90 dB typ.
Phasenrauschen	<-110 dBc (1 Hz) bei 1 kHz Offset
Impedanz	50 Ω
Frequenzstabilität	1 × 10 ⁻⁷ bei -10 °C bis +55 °C
Frequenzeinstellgenauigkeit	1 Hz
Spiegelfrequenzunterdrückung	>95 dB, 110 dB typ.
ZF-Störfestigkeit	>95 dB, 110 dB typ.
MTBF R&S®EBD660 R&S®EH110	>24 000 h >60 000 h

1) Frequenzabstand zwischen den intermodulierenden Signalen ≥30 kHz. Bei Messungen mit größeren Frequenzabständen sind höhere Werte erreichbar.

Technische Daten – R&S®DDF 05A

Frequenzbereich	20 MHz bis 3000 MHz
Peilverfahren	Korrelatives Interferometer, Watson-Watt
Bedienung	über grafische Benutzeroberfläche (GUI) auf externem PC mit Windows XP
Geräte-Peilgenauigkeit	0,5° RMS
System-Peilgenauigkeit (im Testgelände) mit R&S®ADD053 mit R&S®ADD070	1° RMS 2° RMS
Anzeige	Azimet-Frequenz-Spektrum, Polaridiagramm, Histogramm, Wasserfall, Echtzeit-ZF-Panorama (Bandbreite 100 kHz oder 2 MHz)
Anzeigeauflösung	0,1° oder 1° (wählbar)
Peilempfindlichkeit 20 MHz bis 1300 MHz 1300 MHz bis 3000 MHz	0,5 µV/m bis 1 µV/m typ. 3 µV/m bis 10 µV/m typ. (siehe Diagramm für die V/UHF-Peilantennen Seite 19)
Betriebsarten	SCAN (f-scan, m-scan), SEARCH, Fixed Frequency Mode (FFM), Wideband Fixed Frequency Mode (WFFM)
FFT-Echtzeitbandbreite	10 MHz/5 MHz/2 MHz; zusätzlich 1 MHz/0,5 MHz/0,2 MHz/0,1 MHz mit Option R&S®DDF-HFR

Minimale Signaldauer Korrelatives Interferometer	500 µs
Suchgeschwindigkeit für Suchbereiche <10 MHz Korrelatives Interferometer	Bei 200 kHz Auflösung, 100 % Kanalbelegung, BT = 4 20 GHz/s
Suchgeschwindigkeit für Suchbereiche >10 MHz Korrelatives Interferometer	Bei 200 kHz Auflösung, 100 % Kanalbelegung, BT = 4 5 GHz/s
Verarbeitungsgeschwindigkeit Korrelatives Interferometer	200 000 Kanäle/s
Kanalraster (abhängig von der eingestellten FFT-Echtzeitbandbreite)	200 kHz/100 kHz/50 kHz/20 kHz/ 11,5 kHz/10 kHz/8,33 kHz/5 kHz/ 2 kHz/1 kHz/0,5 kHz/0,2 kHz mit Option R&S®DDF-HFR: zusätzlich 1 kHz/0,5 kHz/0,2 kHz/0,1 kHz/ 0,05 kHz/0,02 kHz
Bandbreiten Peilen	60 kHz/30 kHz/15 kHz/12 kHz/ 7,5 kHz/6 kHz/5 kHz/3 kHz/1,2 kHz/ 0,6 kHz
Demodulation	150 kHz/60 kHz/30 kHz/15 kHz/ 12 kHz/7,5 kHz/5 kHz/3 kHz/ 1,2 kHz/0,6 kHz
Nachbarkanalunterdrückung ≥10 kHz	80 dB (FFM), 60 dB (SCAN)
Peilbare Modulationsarten	CW, AM, FM, SSB, FSK, PSK

Empfangsbetriebsarten	CW, AM, FM, SSB
Filter-Selektionseigenschaften „Shape Factor“ (60 dB/3 dB)	2,5 (FFM) 3,6 (SCAN)
Dynamikbereich (inkl. AGC)	>120 dB
Linearität IP2 IP2 IP3 ¹⁾ IP3 ²⁾	≥50 dBm 63 dBm typ. ≥18 dBm 22 dBm typ.
Intermodulationsfreier Dynamikbereich Inband Außerband	≥75 dBm typ. ≥90 dBm typ.
Phasenrauschen	<-116 dBc (1 Hz) bei 10 kHz Offset
Impedanz	50 Ω
Frequenzstabilität	1 × 10 ⁻⁷ bei -10 °C bis +55 °C
Frequenzeinstellgenauigkeit	1 Hz
Spiegelfrequenzunterdrückung	>90 dB, 110 dB typ.
ZF-Störfestigkeit	>95 dB, 110 dB typ.
MTBF R&S®EBD660 R&S®ET550	>24 000 h >25 000 h

- 1) Frequenzabstand zwischen den intermodulierenden Signalen ≥2,2 MHz.
2) Frequenzabstand zwischen den intermodulierenden Signalen >50 MHz.

Allgemeine Daten

(gültig für R&S®DDF 01A, R&S®DDF 05A und R&S®DDF 06A)

	R&S®EBD660	R&S®EH110	R&S®ET550
Betriebstemperaturbereich	-10 °C bis +55 °C gemäß DIN EN 60068-2-1, DIN EN 60068-2-2, MIL-STD-810E Methode 501.3/502.3		
Lagertemperaturbereich	-40 °C bis +71 °C gemäß DIN EN 60068-2-1, DIN EN 60068-2-2, MIL-STD-810E Methode 501.3/502.3		
Feuchtigkeit	max. 80 % cykl. 25 °C/40 °C gemäß DIN EN 60068-2-30 max. 95 % relative Feuchtigkeit, ohne Kondensation gemäß MIL-STD-810E Methode 507.3, ohne zyklische Btauung		
Stoßbelastung	30 g, 11 ms Halbsinus gemäß DIN EN 60068-2-27 40-g-Schock-Spektrum, 45 Hz bis 200 Hz gemäß MIL-STD-810E, Methode 516.4		
Vibration Sinus Random	5 Hz bis 55 Hz, max. 2 g, 55 Hz bis 150 Hz, 0,5 g konst., 12 min/(3)Achse gemäß DIN EN 60068-2-6 10 Hz bis 500 Hz, 1,9 g (RMS), 30 min/(3)Achse gemäß DIN EN 60068-2-64		
EMV	30 MHz bis 1000 MHz, 30/37 dBµV/m, Feldstärke (Emission) gemäß EN 55022 0,15 MHz bis 30 MHz, Klasse B Störspannung auf Hochspannungsleitungen gemäß EN 55022 0 Hz bis 2 kHz Störstrom auf Hochspannungsleitungen gemäß EN 61000-3-2 ±8 kV/±4 kV statische Entladung gemäß EN 61000-4-2 80 MHz bis 1000 MHz, 10 V/m Feldstärke (Immunität) gemäß EN 61000-4-3 ±2 kV/±1 kV transient Burst am Netz-/Signalanschluss (Immunität) gemäß EN 61000-4-4 ±2 kV/±1 kV Burst (Immunität) gemäß EN 61000-4-5 0,15 MHz bis 80 MHz, 10 V unmod./mod. 80 % AM (1 kHz) auf den Leitungen gemäß EN 61000-4-6 10 ms/30 %, 100 ms/60 % Spannungsrückgang, 5 s Spannungsunterbrechung auf den Netzleitungen gemäß EN 61000-4-11		
Stromversorgung	100 V bis 230 V AC, +10 %/-12 %, 47 Hz bis 63 Hz		
Elektrische Sicherheit (gemäß EN 61010, VDE 0411)	max. 350 VA, typ. 300 VA	max. 150 VA, typ. 120 VA	max. 200 VA, typ. 180 VA
Abmessungen (B × H × T)	436 mm × 192 mm × 460 mm (19" × 4 HE)		
Gewicht	ca. 15 kg	ca. 16 kg	ca. 18 kg

Bestellangaben

Bestellbezeichnung	Typ	Bestellnummer
Digitaler HF-Suchpeiler	R&S® DDF 01A	4059.9100.02
Digitaler VHF/UHF-Suchpeiler	R&S® DDF 05A	4059.9200.02
Digitaler HF/VHF/UHF-Suchpeiler	R&S® DDF 06A	4059.9300.02
Antennen (siehe separates Datenblatt)	R&S® ADDx	siehe Tabellen Seite 20 und 21
Optionen		
Master-Slave-Handover	R&S® RA-MSH	3020.9690.02
LF-Frequenzerweiterung	R&S® DDF-LF	4060.0348.02
HF-Breitbandmodul	R&S® DDFA-WB	4060.0248.02
GSM-Erfassung	R&S® DDF-GSM	4059.9951.02
Synchrones Scannen	R&S® DDF-TS	4060.0290.02
Rohdatenspeicherung	R&S® DDF-DR	4060.0390.02
Vorklassifikator	R&S® DDF-CL	4059.9900.02
Fernsteuererweiterung	R&S® DDFA-REM	3020.8858.02
Erhöhung der Frequenzauflösung	R&S® DDF-HFR	auf Anfrage
Service-Kit zur Wartung und Fehlersuche	R&S® DDF-SK	4060.0454.02



Weitere Informationen unter
www.rohde-schwarz.com
 (Suchbegriff: DDF0xA)



www.rohde-schwarz.com

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG · Mühlendorfstraße 15 · 81671 München · Postfach 801469 · 81614 München · Tel. (089) 4129-0
 CustomerSupport: Tel. +491805124242, Fax +(089) 4129-13777, E-Mail: CustomerSupport@rohde-schwarz.com