

IDA 2: Receiver *oder* Spectrum Analyzer? Receiver *und* Spectrum Analyzer!

Beide Bezeichnungen sind richtig, aber nicht wichtig.
Es kommt darauf an, wie man ihn einsetzt.

Zwei Fragen werden häufig gestellt. Was ist der Unterschied zwischen Empfänger und Spektrumanalysator? Und wie kurz darf ein Ereignis sein, um es sicher mit dem einen oder dem anderen Gerät erkennen zu können?

Diese Technical Note will darauf Antwort geben. Um es vorweg zu nehmen: Ob der IDA 2 Empfänger oder Spektrumanalysator ist, kommt ganz darauf an, wie und wofür Sie ihn verwenden. Das zeigen wir Ihnen anhand von konkreten Beispielen.



Inhalt

Teil 1: Der Unterschied	Seite 2
Der klassische Empfänger	Seite 2
Der klassische Spektrumanalysator	Seite 2
Der FFT-Analysator	Seite 3
Die Kombination von analoger und digitaler Technik	Seite 4
Teil 2: Die Anwendung	Seite 5
Beispiel: Störer unter Nutzsignalen erkennen	Seite 5
Lösung 1: Spektrogramm mit Datenkomprimierung	Seite 6
Lösung 2: Persistence-Spektrum	Seite 6
Lösung 3: Schnappschuss-Spektrogramm ohne Komprimierung	Seite 7
Teil 3: IDA 2 als Empfänger und Analysator	Seite 8
Analysen im Frequenzbereich	Seite 9
Analysen im Zeitbereich	Seite 9
Die I/Q-Analyse	Seite 10

Teil 1: Der Unterschied

Der klassische Empfänger

Klassische Empfänger arbeiten nach dem Überlagerungsprinzip, auch als Superheterodyne oder kurz Superhet bezeichnet: Meist mehrere Mischerstufen setzen das hochfrequente Eingangssignal in den niederfrequenten Bereich um. Die ZF-Filter bestimmen die Selektion, d. h. die Kanalbandbreite (Channel Bandwidth, CBW). Sie muss zur Signalbandbreite passen, damit nach Demodulation genau ein Kanal hörbar wird. Deshalb handelt es sich meistens um schmale Bandbreiten mit möglichst guter Nachbarkanalunterdrückung. Man bevorzugt deshalb steile ZF-Filter. Die Abstimmung geschieht in der Regel von Hand.

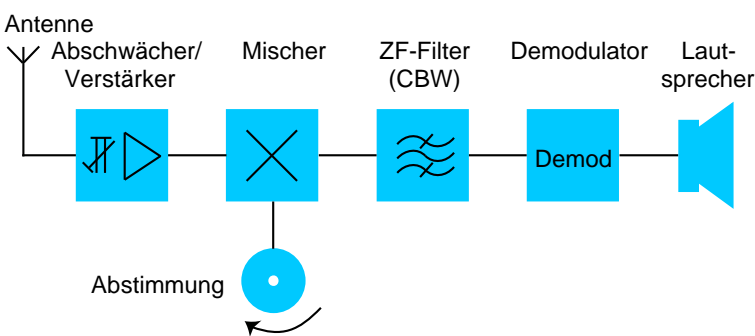


Bild 1: Klassischer Empfänger nach dem Überlagerungsprinzip, stark vereinfacht.

Der klassische Spektrumanalysator

Im Prinzip arbeitet der klassische Spektrumanalysator wie ein Empfänger nach dem Überlagerungsprinzip. Er wird jedoch automatisch durchgestimmt. Während eines Durchlaufs (Sweep) stellt das Gerät den gemessenen Pegel über der Frequenz dar. Die Auflösungsbandbreite (Resolution Bandwidth, RBW) bestimmt die Trennung benachbarter Signale, wird also vorzugsweise schmal gewählt werden. Allerdings

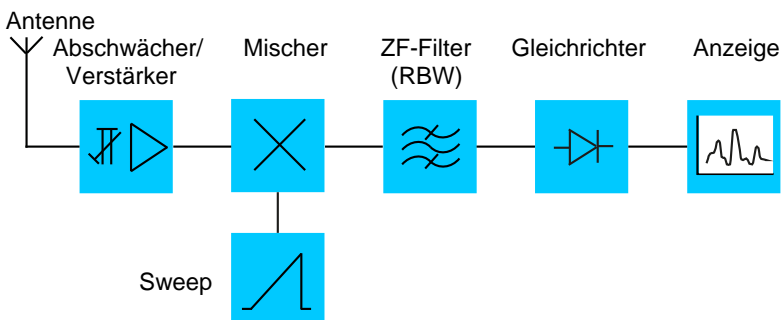


Bild 2: Klassischer Spektrumanalysator nach dem Überlagerungsprinzip.

[Zurück zum Inhaltsverzeichnis](#)

muss man einen Kompromiss zwischen Selektion und Sweep Time eingehen: Je steiler die ZF-Filter, umso länger ist ihre Einschwingzeit, und umso langsamer muss der Sweep sein. Häufig werden deshalb Gauß-Filter verwendet.

Die Unterschiede des klassischen Spektrumanalysators gegenüber dem klassischen Empfänger kann man so zusammenfassen: Automatischer Sweep statt Handabstimmung, Anzeige statt Abhöreinrichtung, relativ schmale, aber nicht sehr steile Auflösungsfilter gegenüber steilen Kanalfiltern.

Der FFT-Analysator

Ein grundsätzlicher Nachteil klassischer Spektrumanalysatoren ist, dass sie in einem Zeitpunkt jeweils nur auf eine einzige Frequenz abgestimmt sind. Was außerhalb der momentan erfassten Bandbreite passiert, bleibt zwangsläufig unentdeckt. Diesen Nachteil umgeht der digitale FFT-Analysator auf elegante Weise: Er berechnet aus dem Zeitverlauf des Signals per Fast Fourier Transformation dessen Spektrum, und zwar für alle erfassten Frequenzen zugleich. Bei genügender Rechenleistung ist dies lückenlos möglich. Man spricht dann von Echtzeit oder Real Time.

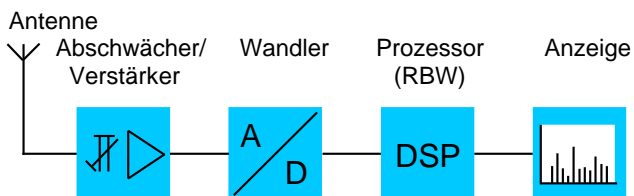


Bild 3: Prinzip eines rein digitalen FFT-Analysators.

Allerdings ist der Frequenzbereich reiner FFT-Analysatoren recht eng begrenzt. Die Grenze ist technologisch durch die mögliche Abtastrate und die Rechenleistung des DSP (Digital Signal Processor) gesetzt. Mit heutiger Technik sind bei netzunabhängigen Geräten Analysen bis zu Signalfrequenzen von einigen zehn Megahertz möglich. Laborgeräte bieten zwar mehr, erreichen dennoch nicht die für HF-Analysen nötigen Frequenzen im Gigahertz-Bereich.

Die Kombination von analoger und digitaler Technik

Moderne digitale Analysatoren für Frequenzen bis in den Gigahertz-Bereich hinein brauchen zunächst eine analoge Vorverarbeitung. Ein Überlagerungsempfänger setzt wie beim klassischen Empfänger das Hochfrequenzsignal in einen geeigneten, niedrigeren Frequenzbereich um. Erst dann können die Analog/Digital-Wandlung und die rechnerische Weiterverarbeitung im DSP stattfinden.

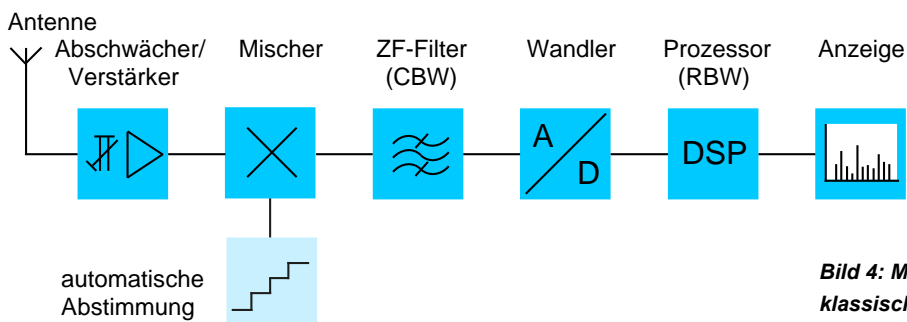


Bild 4: Moderner Spektralanalysator. Einem klassischen Überlagerungsempfänger für die Vorselektion folgt ein digitaler Analysator für die Feinselektion und die weitere Verarbeitung.

Im Gegensatz zum klassischen Empfänger ist es jedoch wichtig, eine möglichst große Kanalbandbreite (CBW) zu erfassen, um einen breiten Bereich mit einer einzigen FFT analysieren zu können. Der Überlagerungsempfänger bleibt dann im „Zero Span“ auf eine einzige Frequenz abgestimmt, und das Gerät bietet alle Vorteile eines FFT-Analysators wie parallele Berechnung aller Spektralanteile und Echtzeitfähigkeit.

Reicht die CBW nicht aus, um den gewünschten Frequenzbereich zu erfassen, so muss der Mischer stufenweise auf die Nachbarbereiche abgestimmt und das Spektrum aus mehreren FFTs zusammengesetzt werden – „zusammengenäht“ im so genannten Stitched Mode. Damit hat man wieder den Nachteil, dass das Gerät jeweils nur einen Bereich erfasst und währenddessen für die anderen Bereiche „blind“ ist. Dennoch ist das Gerät dem klassischen Spektralanalysator überlegen, weil es innerhalb eines Bereichs mit der FFT wesentlich rascher zum Ergebnis kommt und damit auch insgesamt schneller ist. Außerdem beeinflusst eine schmale spektrale Auflösungsbandbreite der FFT die Messgeschwindigkeit nicht wie beim klassischen Analysator – man kann also auch bei kleiner RBW schnell „sweepen“.

Teil 2: Die Anwendung

Beispiel: Störer unter Nutzsignalen erkennen und klassifizieren

Eine der anspruchsvollsten Anwendungen von Spektrumanalysatoren oder Empfängern ist das Erkennen und Klassifizieren von Inband-Störern, also von Signalen, die sich unter Nutzkanälen „verstecken“. Besonders schwierig ist dies, wenn das Nutzsignal selbst die Frequenz wechselt (Frequency Hopping) oder der Störer nur sporadisch auftritt. Welche Anforderungen muss ein Empfänger, welche ein Analysator erfüllen?

Empfänger müssen schmale Kanäle möglichst steiflankig filtern und die selektierten Signale demodulieren können. Erfahrenem Personal helfen oft die einfachen Modulationsarten wie AM, FM, SSB, um am Geräusch die Art des Störers zu erkennen. Das Gerät sollte die Möglichkeit bieten, den Empfänger quer über ein aufgezeichnetes Spektrum durchzustimmen und so das Spektrum akustisch absuchen zu können. Bei modernen Signalen mit digitalen Modulationsarten versagt jedoch das einfache Hören. Man ist auf detaillierte Analysen angewiesen.

Analysatoren müssen zumindest die Grundstruktur des Nutzsignals sichtbar machen, um Irregularitäten erkennen zu können – eben das, was nicht hineingehört. Häufig gestörte – und gelegentlich sich selbst störende – Dienste sind Mobilfunknetze der zweiten, dritten oder vierten Generation. Aus ihren Eigenschaften lassen sich Minimalforderungen ableiten.

- **Kanalbandbreite des Analysators (CBW)**
UMTS hat eine Kommunikationskanal-Bandbreite von 5 MHz. LTE hat üblicherweise eine Kanalbandbreite von 10 MHz, erlaubt sind bis zu 20 MHz. Der Analysator sollte also ein CBW von mindestens 20 MHz bieten können.
- **Frequenzauflösung des Analysators (RBW)**
GSM arbeitet mit einem Kanalraster von 200 kHz. Bei LTE haben die Einzelträger einen Abstand von 15 kHz. Zum Erkennen muss die Auflösung des Analysators mindestens dreimal so fein sein, zum Messen etwa zehnmal so fein. Der Analysator sollte also eine RBW von 1 kHz ermöglichen.
- **Zeitdauer der Analyse**
GSM hat eine Rahmenlänge von ca. 4,6 ms, LTE von 10 ms. Der Analysator sollte mindestens einen vollen Rahmen darstellen können.

[Zurück zum Inhaltsverzeichnis](#)

- **Zeitauflösung der Analyse**

GSM-Zeitschlitz sind ca. 0,577 ms lang, LTE-Zeitschlitz ebenfalls ca. 0,5 ms. Sie enthalten je sieben Symbole der Länge 71,3 μ s. Auch für die zeitliche Auflösung des Analysators gilt: Zum Erkennen muss die Auflösung mindestens dreimal so fein sein, zum Messen etwa zehnmal so fein! Mit einer Auflösung im μ s-Bereich kann man auch die „Lücken“ zwischen den Zeitschlitz erkennen.

Bei der Aufnahme von Spektren im Mikrosekundenabstand ergibt sich das Problem der Datenmenge: In einer Sekunde fällt eine volle Million Spektren an, die es zu verarbeiten, auszuwerten und darzustellen gilt. Dazu gibt es verschiedene Lösungen:

Lösung 1: Spektrogramm mit Datenkomprimierung

Spektrogramme stellen die über eine Frequenzachse und eine Zeitachse dar. Jede Zeile der Darstellung repräsentiert ein Spektrum; dessen Amplitudenwerte farblich kodiert sind. Der Vorteil der Spektrogrammanalysen ist, dass sie in Echtzeit die Signale erfassen, so dass ihnen zeitlich kein Ereignis entgeht. Allerdings würden kontinuierliche Spektrogramme mit einer Auflösung im Mikrosekundenbereich Mensch und Technik überfordern: Wenn die Anzeige z. B. 500 Zeilen darstellen kann und die Ergebnisse im Abstand einer Mikrosekunde anfallen, würde sich ein Zeitbereich von 500 Mikrosekunden darstellen lassen. Danach wäre ein neuer Bildaufbau nötig. Das entspräche 2000 Bildwechseln pro Sekunde – technisch unmöglich und für den Betrachter unsinnig. Deshalb komprimieren Real-Time-Spektrogrammanalysatoren häufig die Spektren, indem sie mehrere hundert oder tausend von ihnen zusammenfassen und so die Daten aus dem Mikrosekundenbereich auf einige Millisekunden „zusammenschrumpfen“, um die Ergebnisse überhaupt darstellen zu können. Damit ermöglichen sie eine gute Übersicht, aber machen die exakte zeitliche Zuordnung zunichte.

Lösung 2: Persistence-Spektrum

Diese Darstellung verwendet die übliche Anzeige der Pegel über der Frequenz. Die Häufigkeiten, mit der die Messwerte während einer Messperiode auftraten, sind durch Farben gekennzeichnet. Die Methode ist sehr gut geeignet, um niedrige Dauerstörer unter den Nutzsignalen zu erkennen. Auch sporadische Störer können als „Ausreißer“ aus dem regulären Spektrum sichtbar werden. Allerdings geht hier die zeitliche Zuordnung ganz verloren – und damit eine wesentliche Information, um den Störer zu klassifizieren. Das Persistence-Spektrum zeigt eben nur die Häufigkeit, mit der die Werte während der Messperiode auftraten.

[Zurück zum Inhaltsverzeichnis](#)

Lösung 3: Schnappschuss-Spektrogramm ohne Komprimierung

Bei der Klassifizierung von Störern muss man sich fragen, ob man überhaupt sekundenlang beobachten muss. Meistens reicht es, einen „Frame“ – die Rahmenlänge eines Digitalsignals – in Echtzeit aufzunehmen und als Datensatz „einzufrieren“. Aus den gespeicherten Daten lassen sich dann Spektren mit verschiedenen Auflösungen, Zeitverläufe oder Persistence-Spektren errechnen. Dabei bleibt der Original-Datensatz erhalten; Einstellungen für die Auswertung wie Frequenzauflösung, Zeitausschnitt oder zeitliche Auflösung verursachen keine Datenreduktion.

[Zurück zum Inhaltsverzeichnis](#)

Teil 3: IDA 2 als Empfänger und Analysator

Bild 5 zeigt die Vielseitigkeit des IDA 2. Wie ein normaler Spektralanalysator stellt er das Spektrum zunächst in der üblichen Form dar. Dabei sind Frequenzbereich (Fspan) und Auflösungsbandbreite (RBW) wählbar. Für die Selektion verwendet der IDA 2 Gauß-Filter, die ein günstiges Einschwingverhalten zeigen. Aktiviert man nun einen der Demodulatoren, so kann man mit dem Marker eine der angezeigten Spektrallinien anfahren. Auf dieser Frequenz demoduliert der IDA 2 das Signal mit separat einstellbaren, steiflankigen Kanalfiltern – wie ein Receiver mit komfortabler Spektraldarstellung. Receiver oder Spectrum Analyzer? Der IDA 2 ist also beides.

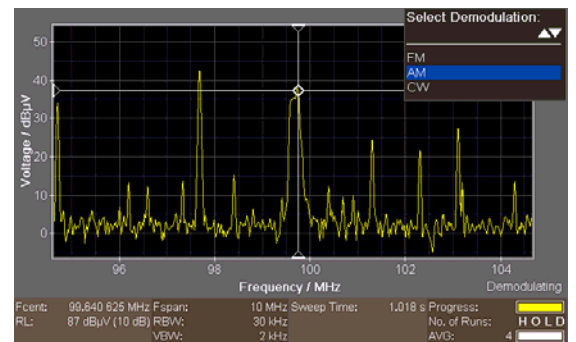


Bild 5: Spektrum des UKW-Rundfunk-Bands. Mit dem Marker lässt sich der Kanal auswählen, den man abhören möchte – so wie man ein konventionelles Radio auf einen Sender abstimmt. Interessanter ist der offensichtliche Störer knapp unter 100 MHz, erkennbar an der Bandbreite, die größer ist als die eines üblichen FM-Rundfunksignals. Dank verschiedener Demodulationsarten – nicht nur FM, sondern auch AM, Einseitenband u. a. – kann der Experte gewisse Eigenschaften bereits am Geräusch erkennen.

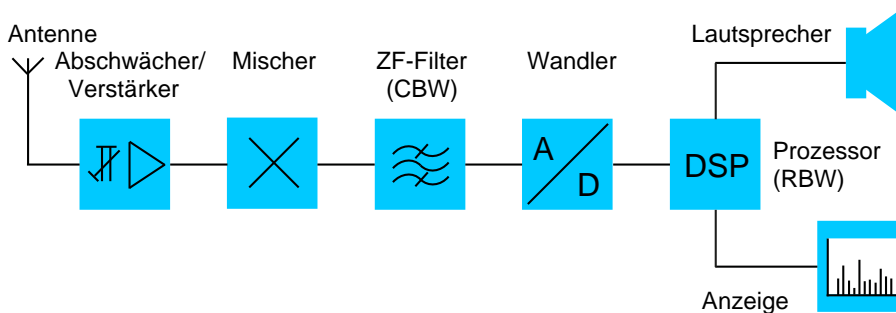


Bild 6: Der IDA 2 kann als Empfänger und als Spektralanalysator arbeiten.

Analysen im Frequenzbereich

In der Betriebsart *Spectrum Analysis* nimmt der IDA 2 Daten auf und analysiert sie anschließend per FFT. Beispiel: Um ein 1 MHz breites Spektrum mit 1 kHz aufzulösen, braucht der IDA 2 ca. 20 ms. Um diese Werte zu „werten“: Ein klassischer Analysator braucht mit derselben Auflösung für denselben Bereich ca. 2 s.

In der Betriebsart *Spectrogram* zeichnet der IDA 2 zeilenweise Spektren auf. Innerhalb der Zeile sind die Amplitudenwerte farbig kodiert. Mit den Spektrogrammen lassen sich Ereignisse in Frequenz und Zeit zuordnen.

Analysen im Zeitbereich

Für ununterbrochene „Wachsamkeit“ bietet IDA 2 zwei weitere Betriebsarten.

In Betriebsart *Level Meter*, die man auch von anderen Empfängern kennt, ist der IDA 2 auf eine feste Frequenz abgestimmt (Zero-Span-Betrieb). Das Gerät zeigt den Pegel als Balken an. Die Kanalbandbreite (CBW) lässt sich im Bereich von 100 Hz bis 32 MHz einstellen. Dabei misst der IDA 2 in Echtzeit und zeitlich lückenlos. Auch hier lässt sich die Audio-Funktion nutzen.

In der Betriebsart *Time Domain (Scope)* zeigt der IDA 2 das Ergebnis über der Zeit grafisch an – ähnlich einem Oszilloskop. Der Kurvenverlauf entspricht hierbei dem Betrag des Signalpegels, der im dargestellten Zeitbereich (Time Span) lückenlos erfasst wird. Die Zeitauflösung entspricht dem Kehrwert der CBW; bei 32 MHz CBW sind es also 31,25 ns.

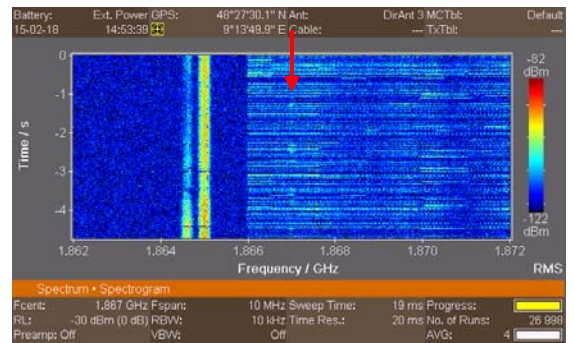


Bild 7: Betriebsart Spectrogram. Ausschnitt aus dem 1800-MHz-Mobilfunkband. Links zwei BCCHs (Broadcast Control Channels) des GSM Downlink, rechts der Resource Block eines LTE Downlink. Kleine Unregelmäßigkeiten (Pfeil) lassen einen unterlagerten Störer vermuten.

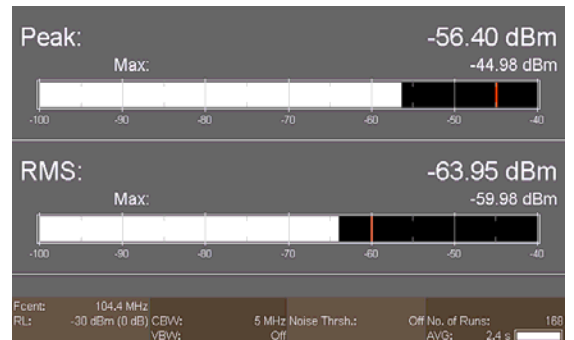


Bild 8: Betriebsart Level Meter. Geeignet, um die Richtung eines Störers per Handpeilung zu finden: Die Balkenanzeige des Pegels reagiert sofort.

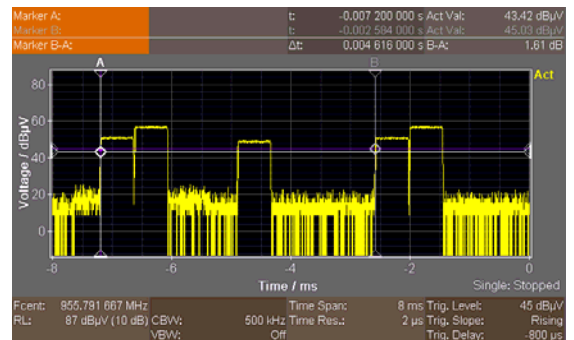
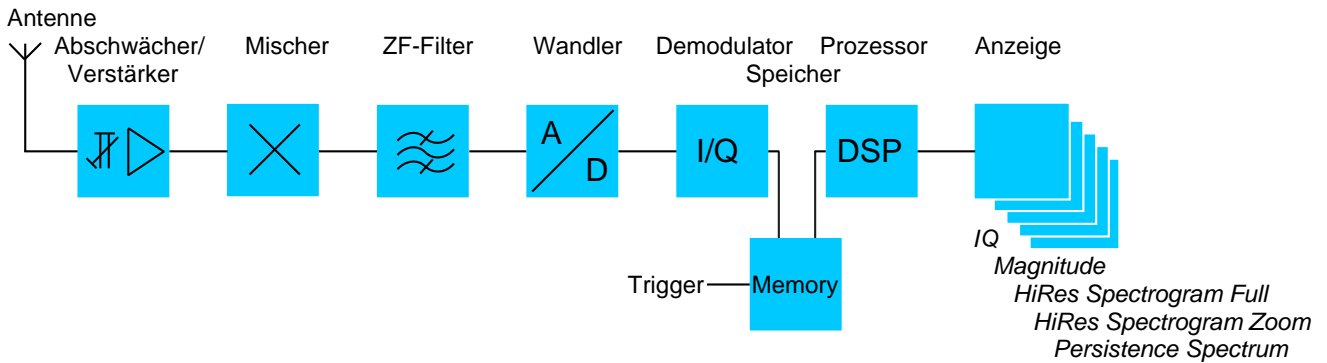


Bild 9: Betriebsart Time Domain (Scope). Aufnahme eines GSM TCHs (Traffic Channels). Deutlich ist die Zeitschlitz-Struktur zu erkennen; drei der acht möglichen Zeitschlitz sind belegt. Mit den Markern lässt sich die Rahmenlänge ausmessen ($\Delta t = \text{ca. } 4,6 \text{ ms}$). Ein Signal, das nicht in die Zeitstruktur passt, würde hier sofort auffallen.

[Zurück zum Inhaltsverzeichnis](#)

Die I/Q-Analyse



Auch in der Betriebsart *I/Q Analyzer* ist der IDA 2 auf eine feste Frequenz abgestimmt (Zero-Span-Betrieb). Ein Demodulator zerlegt die digitalisierten Signaldaten in Realteil (In-Phase Component) und Imaginärteil (Quadrature Component). Bis zu 250.000 I/Q-Datenpaare nimmt der IDA 2 in seinen Speicher auf, um sie nachträglich zu analysieren und Zeitverlaufdarstellungen, Spektrogramme oder Persistence-Spektren zu erzeugen. Dabei ist eine enorm hohe zeitliche Auflösung möglich: Zeitverläufe lassen sich mit bis zu 31,25 ns auflösen, Spektrogramme mit bis zu 1 µs.

Innerhalb der Messzeit ist die Datenaufnahme kontinuierlich. Dadurch ist es möglich, zeitliche Zusammenhänge zwischen Signalen darzustellen und zu analysieren. So lässt Bild 11 zum Beispiel den Rückschluss zu, dass der Störer und die BCCHs nicht von derselben GSM-Basisstation stammen, da sie zeitlich versetzt sind.

Um seltene Ereignisse „einzufangen“, ist der IDA 2 mit Trigger-Funktionen ausgestattet, mit denen er ein Ereignis, seine Vorgeschichte (Trigger Delay) und seine Auswirkungen festhalten kann.

Bild 10: IDA 2 als I/Q-Analysator.

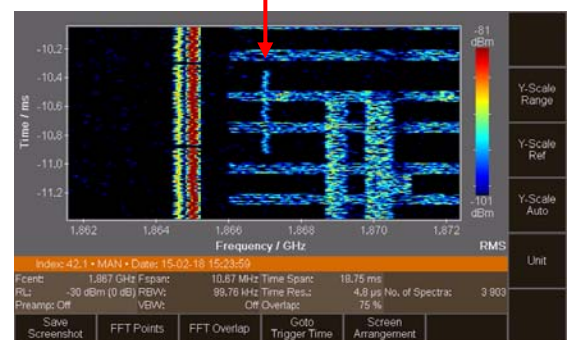


Bild 11: Vergrößerter Ausschnitt aus dem High-Resolution-Spektrogramm derselben Signale wie in Bild 7 (HiRes Spectrogram Zoom), gewonnen aus den I/Q-Daten. Der Störer ist sofort zu erkennen (Pfeil).

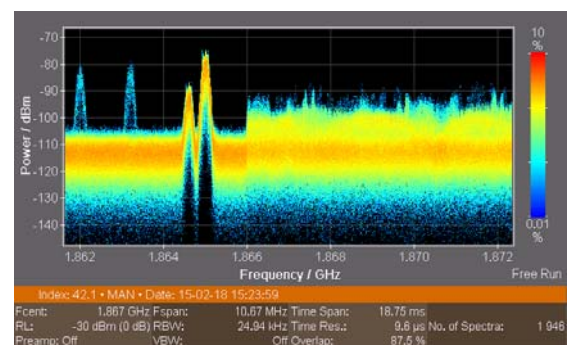


Bild 12: Persistence Spectrum, gewonnen aus demselben I/Q-Datensatz wie das Spektrogramm in Bild 11. Während der Messzeit waren vorübergehend zwei TCHs (Traffic Channels, linker Bildrand) aktiv.

[Zurück zum Inhaltsverzeichnis](#)

Die Theorie der I/Q-Datenanalyse beschreibt unsere Technical Note

TN101: I/Q Daten erfassen mit dem Untertitel

Ein kurzer theoretischer Abriss mit praktischen Beispielen.

Ausführliche Auskunft über die Eigenschaften des IDA 2 als I/Q-

Analysator gibt unsere Technical Note

TN103: I/Q Analyzer mit dem ausführlichen Titel

Signal unter Signal – IDA 2 macht Nutz- und Störsignale transparent.

Weitere Beispiele für die Darstellungsart *High Resolution Spectrogram*
des IDA 2 nennt unsere Technical Note

TN107: Signalerkennung und Signaltrennung in Spektrogrammen

Download von

www.narda.com > Testing > Service > Produktliteratur > IDA/NRA

> [Technical Notes](#)

Narda Safety Test Solutions GmbH

Sandwiesenstrasse 7
72793 Pfullingen, Germany
Phone: +49 7121-97 32-0
Fax: +49 7121-97 32-790
E-Mail: info.narda-de@L-3com.com
www.narda-sts.com

Narda Safety Test Solutions

435 Moreland Road
Hauppauge, NY 11788, USA
Phone: +1 631 231-1700
Fax: +1 631 231-1711
E-Mail: NardaSTS@L-3COM.com
www.narda-sts.us

Narda Safety Test Solutions Srl

Via Leonardo da Vinci, 21/23
20090 Segrate (Milano) - Italy
Phone: +39 02 269987 1
Fax: +39 02 269987 00
E-mail: nardait.support@L-3com.com
www.narda-sts.it

© 2015 Narda Safety Test Solutions GmbH

© Namen und Logo sind eingetragene Markenzeichen der Narda Safety Test Solutions GmbH und L-3 Communications Holdings, Inc. – Handelsnamen sind Markenzeichen der Eigentümer.