



Evaluation Report / BNetzA SignalShark

BNetzA Test Report “SignalShark”

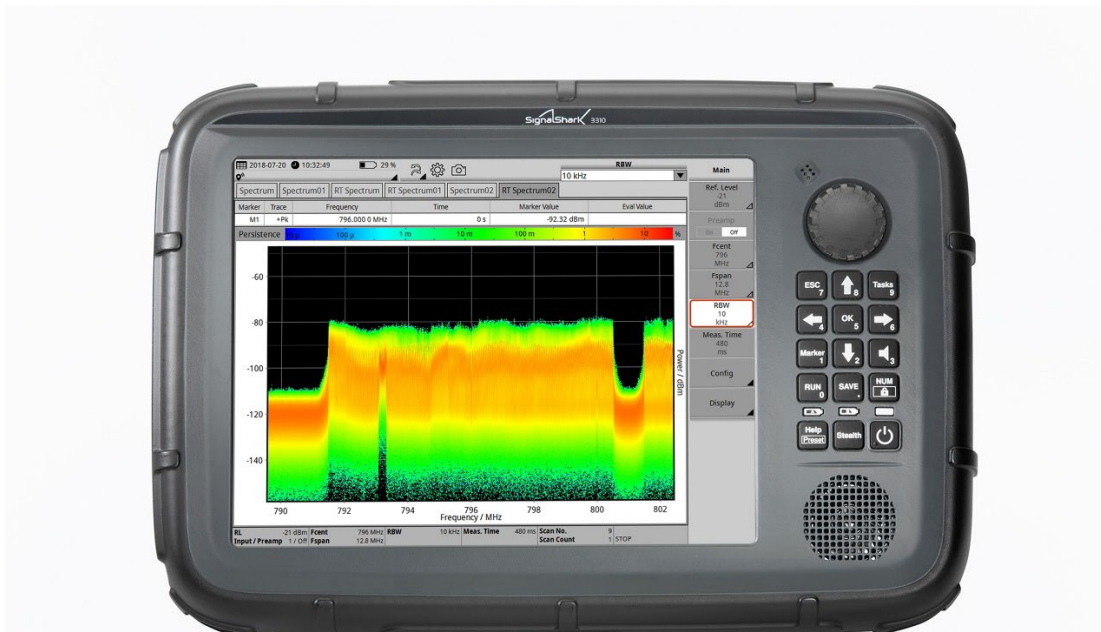
The Federal German Network Agency for Electricity, Gas, Telecommunications, Post and Railways, or BNetzA for short, has thoroughly tested the Narda SignalShark and has made their test report available to us for publication. We would like to thank them for the time and effort that they put into this.

The original test report in German language can be found at the end of this document. Narda has taken the liberty of translating the report into English for you.

Please note that the software may be subject to EU and US export control, as well as the extraterritorial export control laws of the country of manufacture. It is in the responsibility of the user to comply with all legal requirements. For more information, please contact the manufacturer directly.

In the time between the test and our publication of the report, Narda has further developed the product. We have therefore used this opportunity to add some remarks in the Annex that reflect the current state of development of the product.

To make sure that you are always up to date with the latest developments in the product, we recommend our “News Ticker”, which will keep you informed about product innovations.



Test report

Real Time Handheld Analyzer Narda SignalShark

BNetzA Munich Office
Betzenweg 32
81247 München

Marcus Krah, Augs8-7 Thomas Hasenpusch, Augs 8-2

Version 1.0
Issue: 20.04.2020

Translation provided by Narda Safety Test Solutions GmbH

1 Introduction

In February 2020, we had the opportunity to test the Narda Real Time Handheld Analyzer SignalShark for two weeks at the Munich office. A representative of Telemeter Electronic provided us with a loan instrument and accessories for this purpose.

The equipment comprised the Basic Unit itself, the SignalShark 3310, and the corresponding Antenna Kit.

The test described here is concerned with the HF properties of the SignalShark Basic Unit and operation of SignalShark when tracing interference.

2 System description

2.1 Hardware

The loan instrument comprised the following equipment:

- › SignalShark 3310 Basic Unit
- › Antenna handle (with integrated preamplifier and compass)
- › Directional antenna 1 (20MHz - 250MHz)
- › Directional antenna 2 (200MHz - 500MHz)
- › Directional antenna 3 (400MHz - 8GHz)
- › Trolley case with accessories



Figure 2-1: SignalShark analyzer with hand held direction finding antenna

The SignalShark is equipped with 2 separate battery packs to enable the batteries to be swapped while the instrument is in operation. The Windows 10 operating system runs on the analyzer, so it can be remotely controlled using the Windows Remote Desktop proprietary software.

The device is also supported by Decodio and can be fully remote controlled by their "RED" application, or it can also be used as a sensor in a Decodio TDoA network.

The variable FFT length of up to 16384 means that the RBW can be set in a wide range independent of the span.

Analog demodulation (FM, AM, SSB) and audio recording are possible with options.

The main specifications of the analyzer:

Parameter	Value
Frequency range	8 kHz – 8 GHz
Real time bandwidth	40 MHz
Min. pulse width	3.125 μ s* (100% capture)
RBW (real time spectrum)	1 Hz – 800 kHz
Detectors	Pk, RMS, AV, Sample, CISPR AV, QP
Noise factor, typical (44 - 3000MHz)	12 dB (DANL = -162 dBm/Hz)
IP3, typical (44 - 3000 MHz)	+14 dBm
External connections	12V DC (ext. power supply) 1 x measuring antenna (N) 3 x measuring antenna (SMA) 10 MHz reference (SMA) Ext. trigger (SMA) GPS antenna (SMA)**) GBit LAN (RJ45) Video (Display Port) Audio (3.5 mm) 1 x USB 3.0, 1 x USB 2.0 1 MicroSD card
Battery operating time	3 hours
Dimensions	23 x 33 x 8.5 cm
Weight	4.4 kg

Table 2-1: Specifications

*) Pulses >3.125 μ s in length are shown with correct level. Pulses of 2 ns length and above are captured, but with reduced level according to the set RBW.

**) The instrument has a built in GPS receiver that determines the location of the results when used outdoors even without an external GPS antenna.

3 Hardware and function test

The very optimistic benchmark figures from the data sheet (sensitivity and large signal immunity) were checked with the aid of modulated and unmodulated signals from signal generators.

The noise factor of the receiver was at 13 dB pretty close to the typical value of 12 dB stated in the data sheet. Thus, the receiver is much more sensitive (by approx. 10 dB) than all the other receivers and analyzers currently in use by PMD.

There is also an external preamplifier built in to the handle of the hand held antenna, which further increases the sensitivity. However, this can only be used when performing mobile interference tracing, and not when the instrument is fed from signal sources other than the

hand held antenna. The test described here does not investigate the HF properties of the preamplifier.

The usable dynamic range, i.e., the maximum possible level difference between the input signal and the intrinsic noise level without saturation, was 66 dB, measured using a 10 MHz wide digital signal. That is significantly more than the Tektronix RSA6114, and is even 3 to 4 dB more than the R&S ESPI and ESBNR.

The receiver indicates overmodulation reliably and at exactly the right threshold. There is an HF attenuator that is switchable in 0.5 dB steps (!) up to 31.5 dB. Although it is highly unlikely that these are classic analog attenuators, the attenuation works reliably against overmodulation exactly as expected. The extremely fine adjustment of attenuation means that the receiver can be driven up to the maximum operating point in practically any situation to achieve the highest possible dynamic range even in the presence of strong signals.

4 Operation and software

4.1 Operating concept and functions

The instrument is mainly operated using the touchscreen. However, this sometimes reacts quite sluggishly. Precise operation is only possible using the touch pen provided.

The SignalShark follows a concept of Tasks and Views.

A Task is an individual measurement. Several Tasks can be performed simultaneously; each is shown on a different tab. There are several predefined Tasks, which represent specific instrument setups:

- › Spectrum Scan (Full Span)
- › Real Time Spectrum (up to 40 MHz RT)
- › Auto DF Mode (direction finding with ADF antenna)
- › Real Time Streaming (via VITA 49 protocol)

It is, however, also possible to define your own setups.

Several Views can be displayed within each Task. The various possibilities for display and extended functions are called Views. These can be selected individually as required and arranged on the screen. The default Views are:

- › Spectrum (Scan or RT)
 - › 8 traces
 - › 8 markers with functions (noise power, channel power, occ. bandwidth)
- › Peak Table

The following Views can be extended by options:

- › Spectrogram
- › Persistence
- › Level Meter
 - › Receiver mode
 - › Tone search
 - › Hand held antenna azimuth display

- › Map
 - › Map with various zoom levels from OpenStreetMap)*
 - › Display of own location
 - › Hand held antenna azimuth display
 - › Display of bearings
- › Horizontal Scan
 - › Polar diagram (compare FuMOS rotor search)
 - › Triangulation in Map View from saved bearings
- › VITA 49 IQ streaming**)

)* For off line display of the map, you can use the free Narda MapTools software to download the desired map section from OpenStreetMap and convert it into a format that can then be copied to the SignalShark.

***) The I/Q data can be streamed with limited bandwidth via the LAN interface but cannot be saved on the instrument itself for later analysis.

Some basic functions needed for our applications are missing. Analysis in the time domain is so far not possible. It is also not possible to stop the measurement by trigger in order to subsequently analyze the signal. There is also no long-term recording function. However, these functions are already in development according to the manufacturer. Mr. Treichel of Telemeter Electronic has promised us that we can perform a further test, for which an instrument with the missing functions will be provided along with the automatic direction finding antenna (ADF).

4.2 Mobile test: Signal localization on foot using the hand held antenna

To test the SignalShark in our day to day situation, we simulated the search for a continuous carrier signal. To do this, we generated a 70.15 MHz carrier signal using the SMHU Signl Generator in our office and transmitted this through the groundplane antenna on the DF mast. We then tried to direction find this signal on foot from various locations in the vicinity of our office, and to localize it with the existing options. We paid particular attention to the Map and Level Meter function.

The Level Meter indicates the bearing direction both vertically and horizontally. The ability to take the vertical bearing is very practical, particularly when direction finding from a rooftop.

We also used the additional Narda MapTools software to download a map of Munich on to the instrument for the Map function. The instrument recognized our location well and pinpointed it on the map. The direction of the DF pistol is also recognized correctly and shown as an arrow on the map. This function is very useful when searching for local interference in an urban setting.

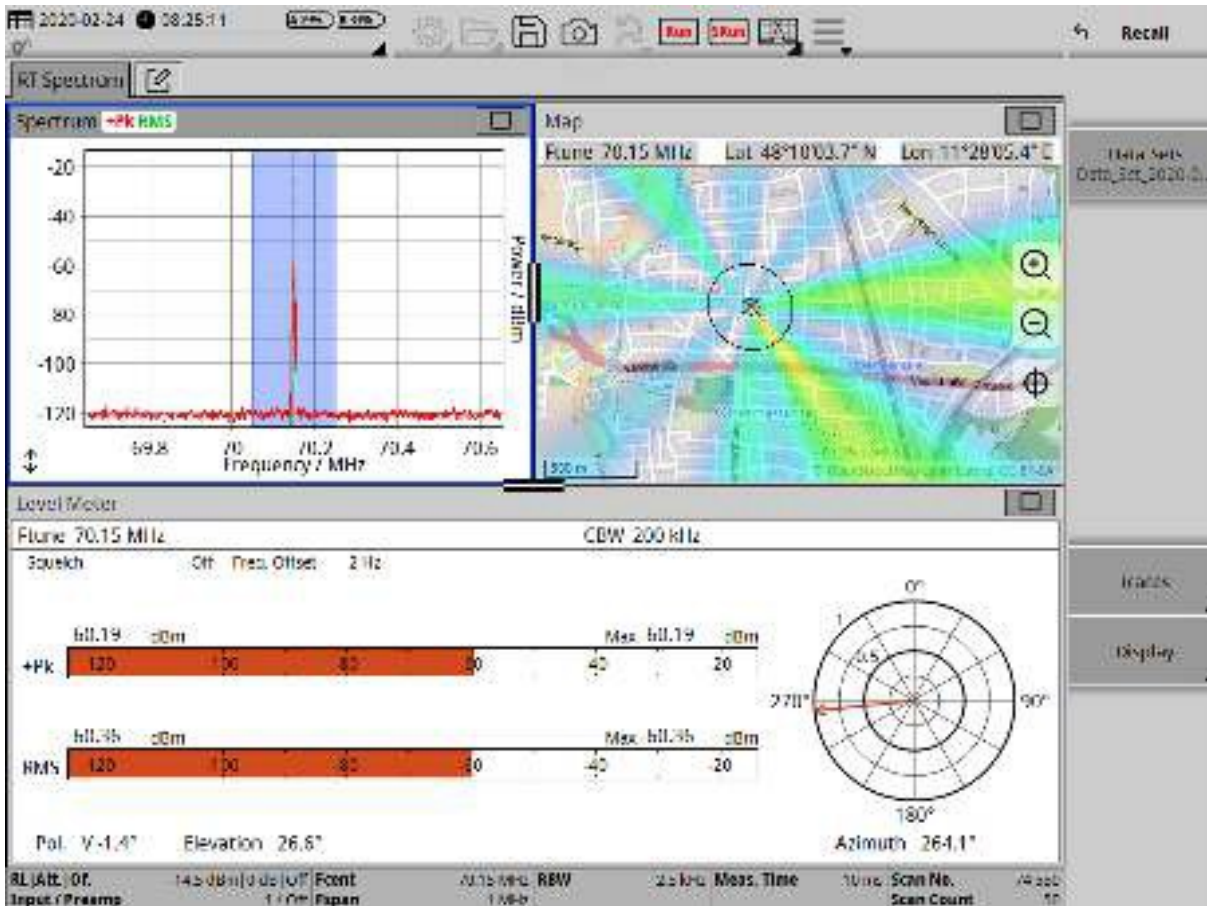


Figure 4-1: Screen display for manual direction finding

The function would be ideal if the bearing determined by hand direction finding could be stored by pressing the button on the handle (align the antenna with the maximum and press the button). This bearing should then be shown as an arrow on the map with its location and direction.

We used the RT Spectrum - Horizontal Scan Task without the associated option in our test. However, it is only indirectly possible to display the bearings taken. This is impractical for mobile use.

Localization is possible with the options in the test instrument; however, it is not possible to reconstruct the direction finding afterwards. The locations and directions of the individual manual bearings cannot be displayed without the Horizontal Scan option. The map function is only useful for mobile interference tracing on foot using the hand held antenna if the actual bearings can be displayed with their location and direction. According to the brochure, this is possible with the Horizontal Scan option.

5 Summary

The SignalShark has very good HF properties. Its useful dynamic range is better than all the portable instruments that PMD currently has. The real time bandwidth is sufficient for many, but not all, of our day to day applications.

The following important functions needed to meet our requirements for a true real time analyzer are missing, however:

- › Time domain analysis:
 - › Display of level versus time over a settable time range with marker functions to allow measurement of pulse lengths and repetition rates
 - › Limitation of the time analysis range to eliminate the gaps in pulsed transmissions
 - › Measurement of average burst level (RMS level during a burst) for pulsed transmissions
- › Trigger functions:
 - › Level trigger with variable bandwidth setting
 - › Frequency mask trigger
 - › Selectable action on trigger (e.g. pause measurement, record spectrum)
- › I/Q data recording:
 - › Recording of I/Q data for a settable time period (manually or by trigger)
 - › Off line analysis of saved I/Q data on the instrument itself

The above mentioned functions would be the minimum requirements of PMD for the SignalShark to be purchased as a possible successor to the Tektronix RSA 6114. Otherwise, it could be a possible successor to the R&S PR100, as the SignalShark offers more functions and a higher real time bandwidth than the PR100, and it has a considerably higher useful dynamic range.

Annex (by Narda Safety Test Solutions)

All references to page numbers are to the page numbers in the original test report, not the page numbers in the report with introductory letter and annex.

Page 4, section 4.1:

“The following Views can be extended by options: ...”

Note from Narda: The Spectrogram View is already included in the standard instrument.

Page 5, section 4.1:

“(*) The I/Q data can be streamed with limited bandwidth via the LAN interface but cannot be saved on the instrument itself for later analysis.”

Note from Narda: This is already possible with the extension script "IQ Recorder" and/or 3rd party software, e.g. "Decodio ReX".

Page 5, section 4.1, last paragraph:

“However, these functions are already in development according to the manufacturer.”

Note from Narda: An integrated, IQ-based transient recorder with trigger unit and analysis functions, such as Time Domain, is planned for 2021 in the SignalShark roadmap.

Page 6, section 4.2:

“We used the RT Spectrum - Horizontal Scan Task ...”

Note from Narda: Both the Level Meter and Horizontal Scan can generate bearings that can be saved in the current working folder and computed for localizations by the Map View.

Horizontal Scan also offers the ability to display field strength values in a polar diagram independent of their direction and to calculate the most probable transmitter bearing from them. This View is also very useful for visualizing the reflections present at the measurement location.

Narda Safety Test Solutions GmbH

Sandwiesenstrasse 7
72793 Pfullingen, Germany
Phone +49 7121 97 32 0
info.narda-de@L3Harris.com

www.narda-sts.com

L3Harris Narda STS

North America Representative Office
435 Moreland Road
Hauppauge, NY11788, USA
Phone +1 631 231 1700
NardaSTS@L3Harris.com

Narda Safety Test Solutions GmbH

Beijing Representative Office
Xiyuan Hotel, No. 1 Sanlihe Road, Haidian
100044 Beijing, China
Phone +86 10 6830 5870
support@narda-sts.cn

® Names and Logo are registered trademarks of Narda Safety Test Solutions GmbH and L3Harris Technologies, Inc. - Trade names are trademarks of the owners.



Bundesnetzagentur

ZY531/00161/19

Testbericht

Real Time Handheld Analyzer Narda SignalShark

BNetzA Standort München
Betzenweg 32
81247 München

Marcus Krahl, Augs8-7
Thomas Hasenpusch, Augs8-2

Version 1.0
Stand: 20.04.2020

1 Einleitung

Im Februar 2020 hatten wir für 2 Wochen die Möglichkeit den Real Time Handheld Analyzer SignalShark der Firma Narda in der DSt München zu testen. Ein Vertreter der Firma Telemeter Electronic stellte uns dazu ein Leih-Gerät mit Zubehör zur Verfügung.

Das Equipment bestand aus der Basic Unit selbst, dem SignalShark 3310, und dem dazugehörigen Antennen Kit.

Der vorliegende Test beschäftigt sich mit den HF-Eigenschaften der SignalShark Basic Unit und der Bedienung des SignalShark bei der Störungssuche.

2 Systembeschreibung

2.1 Hardware

Das Leih-Gerät kam mit folgendem Equipment:

- SignalShark 3310 Basic Unit
- Antennengriff (incl. integriertem Vorverstärker und Kompass)
- Richtantenne 1 (20MHz - 250MHz)
- Richtantenne 2 (200MHz - 500MHz)
- Richtantenne 3 (400MHz - 8GHz)
- Rollkoffer mit Zubehör



Bild 2-1: SignalShark Analysator mit Handpeilantenne

Der SignalShark verfügt über 2 separate Akkus, um einen Akkutauch im laufenden Betrieb möglich zu machen.

Auf dem Analysator läuft das Betriebssystem Windows 10, so dass er mit der Windows-eigenen Software Remote Desktop fernbedient werden kann.

Das Gerät wird u. A. von Decodio unterstützt und kann von deren Anwendung „RED“ voll ferngesteuert, oder auch als Sensor in einem Decodio TDoA-Netz verwendet werden.

Durch die variable FFT-Länge bis zu 16384 kann die RBW in weitem Bereich unabhängig vom Span gewählt werden.

Analoge Demodulation (FM, AM, SSB) und Audioaufnahme ist per Option möglich.

Wesentliche technische Daten des Analysators:

Parameter	Wert
Frequenzbereich	8 kHz – 8 GHz
Realtime-Bandbreite	40 MHz
Min. Pulszeit	3.125 μ s* (100% Erfassung)
RBW (Realtime Spektrum)	1 Hz – 800 kHz
Detektoren	Pk, RMS, AV, Sample, CISPR AV, QP
Rauschmaß, typisch (44-3000MHz)	12 dB (DANL =-162 dBm/Hz)
IP3, typisch (44-3000 MHz)	+14 dBm
Externe Anschlüsse	12V DC (ext. Netzteil) 1 x Messantenne (N) 3 x Messantenne (SMA) 10 MHz Referenz (SMA) Ext. Trigger (SMA) GPS-Antenne (SMA)**) GBit LAN (RJ45) Video (Display Port) Audio (3,5 mm) 1 x USB 3.0, 1 x USB 2.0 1 MicroSD-Card
Akkulaufzeit	3 Std.
Abmessungen	23 x 33 x 8,5 cm
Gewicht	4,4 kg

Tabelle 2-1: Technische Daten

*) Pulse >3,125 μ s Länge werden pegelrichtig dargestellt, Pulse ab 2 ns Länge werden zwar erfasst, aber entsprechend der eingestellten RBW im Pegel abgeschwächt.

***) Das Gerät hat einen eingebauten GPS-Empfänger, das die Ergebnisse bei Einsatz im Outdoor-Bereich auch ohne externe GPS-Antenne verortet.

3 Test der Hardware und Funktionen

Die sehr optimistischen Eckwerte des Datenblattes (Empfindlichkeit und Großsignalfestigkeit) wurden mit Hilfe von modulierten und unmodulierten Signalen aus Messsendern überprüft.

Das Rauschmaß des Empfängers lag mit 13 dB recht genau an dem typischen Wert des Datenblattes von 12 dB. Damit ist der Empfänger wesentlich (ca. 10 dB) empfindlicher als alle anderen Empfänger und Analysatoren ohne Vorverstärker, die im PMD derzeit im Einsatz sind.

Im Griff der Handantennen befindet sich darüber hinaus auch noch ein externer Vorverstärker, der die Empfindlichkeit weiter erhöht. Dieser ist aber nur in Verbindung mit der mobilen Störungssuche verwendbar, also nicht wenn das Gerät von anderen Signalquellen

als der Handantenne gespeist wird. Im vorliegenden Test wurden die HF-Eigenschaften des Vorverstärkers nicht untersucht.

Die nutzbare Dynamik, also der maximal ohne Übersteuerung mögliche Pegelabstand zwischen Nutzsignal und Eigenrauschen, wurde bei einem 10 MHz breiten Digitalsignal mit 66 dB gemessen. Das ist wesentlich mehr als beim Tektronix RSA6114, und sogar 3-4 dB mehr als beim R&S ESPI und ESNR.

Übersteuerungen zeigt der Empfänger zuverlässig und genau an der richtigen Schwelle an. Es gibt eine in 0,5 dB-Schritten (!) schaltbare HF-Dämpfung bis 31,5 dB. Obwohl kaum anzunehmen ist, dass es sich hier um klassische analoge Dämpfungsglieder handelt, wirkt die Dämpfung zuverlässig gegen Übersteuerung in genau dem erwarteten Maß. Durch die extrem feine Abstufung der Dämpfung kann der Empfänger in nahezu allen Situationen bis an den maximalen Arbeitspunkt herangefahren werden, um eine möglichst hohe Dynamik auch in Gegenwart von starken Signalen zu erhalten.

4 Bedienung und Software

4.1 Bedienkonzept und Funktionen

Bedient wird das Gerät hauptsächlich über den Touchscreen. Dieser reagiert jedoch teilweise sehr träge. Eine genaue Bedienung ist nur mit dem beiliegenden Touch Pen möglich.

Der SignalShark folgt einem Konzept mit Tasks und Views.

Als Task wird eine einzelne Messung bezeichnet. Es sind mehrere Tasks gleichzeitig möglich, diese werden mit verschiedenen Reitern angezeigt. Es gibt mehrere vordefinierte Tasks, die bestimmte Setups des Geräts darstellen:

- Spektrum Scan (Full Span)
- Real Time Spektrum (bis 40MHz RT)
- Auto DF Mode (Peilen mit ADF-Antenne)
- Real Time Streaming (via VITA 49 Protokoll)

Es ist jedoch auch möglich eigene Setups zu definieren.

Innerhalb eines Tasks können mehrere Views angezeigt werden. Als View werden die verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten bzw. Funktionserweiterungen bezeichnet. Diese können je nach Bedarf einzeln angewählt und auf dem Bildschirm angeordnet werden. Standardmäßige Views sind:

- Spektrum (Scan oder RT)
 - 8 Traces
 - 8 Marker mit Funktionen (noise power, channel power, occ. bandwidth)
- Peak Table

Über Optionen lassen sich folgende Views ergänzen:

- Spektrogramm
- Persistence
- Level Meter
 - Empfängermodus
 - Ton-Suche

- Anzeige des Azimuts der Handpeilantenne
- Map
 - Karte mit verschiedenen Zoomstufen via Open Street Map^{*)}
 - Anzeige des eigenen Standorts
 - Anzeige des Azimuts der Handpeilantenne
 - Anzeige von Peilungen
- Horizontal Scan
 - Polardiagramm (vgl. FuMOS Rotorschlauf)
 - Triangulation im Map View über gespeicherte Peilungen
- VITA 49 IQ Streaming^{**)}

)^{*} Zur die Offline-Darstellung der Karte kann man sich mit Hilfe der kostenlosen Software Nadra MapTools einen gewünschten Kartenausschnitt mit allen Zoomstufen von OpenStreetMap herunterladen und in ein Format konvertieren, das dann auf den SignalShark kopiert wird.

^{**}) Die I/Q-Daten können bei eingeschränkter Bandbreite zwar über die LAN-Schnittstelle gestreamt, aber nicht auf dem Gerät selber gespeichert und später analysiert werden.

Für unsere Anwendungen fehlen grundlegende Funktionen. So ist bislang keine Analyse im Zeitbereich möglich. Ebenso ist es nicht möglich die Messung durch Trigger zu stoppen, um ein Signal im Nachgang zu analysieren. Eine Langzeitaufnahme-Funktion fehlt ebenso.

Diese Funktionen sind laut Hersteller jedoch bereits in Arbeit. Hr. Treichel von Telemeter Electronic hat uns in Aussicht gestellt, einen weiteren Test durchführen zu können. Für diesen Test möchte man uns ein Gerät mit den fehlenden Optionen, sowie die automatische Peilantenne (ADF) zur Verfügung stellen.

4.2 Mobiler Test: Signal-Lokalisierung zu Fuß mit Handantenne

Um den SignalShark im täglichen Geschäft zu testen, haben wir die Suche nach einem Dauerträger simuliert. Hierzu haben wir in der Dienststelle mit dem SMHU Signal Generator einen Träger auf 70,15 MHz erzeugt und über die Groundplane Antenne am Peilermast ausgesendet. Diesen haben wir dann im direkten Umkreis der Dienststelle zu Fuß von verschiedenen Standorten versucht zu peilen und mit den vorhandenen Optionen zu lokalisieren. Besonderes Augenmerk haben wir auf die *Map* und *Level Meter* Funktion gelegt.

Das Level Meter zeigt die Peilrichtung sowohl vertikal als auch horizontal an. Gerade bei Peilungen von Hausdächern ist es sehr praktisch auch vertikal zu peilen.

Für die *Map* Funktion haben wir mit der zusätzlichen Software narda Map Tools eine Karte von München auf das Gerät geladen.

Das Gerät hat unsere Position gut erkannt und uns in der Karte positioniert. Die Richtung der Peilpistole wird richtig erkannt und als Pfeil in die Karte eingetragen. Im Stadtgebiet ist diese Funktion sehr hilfreich bei der Suche nach lokalen Störungen.

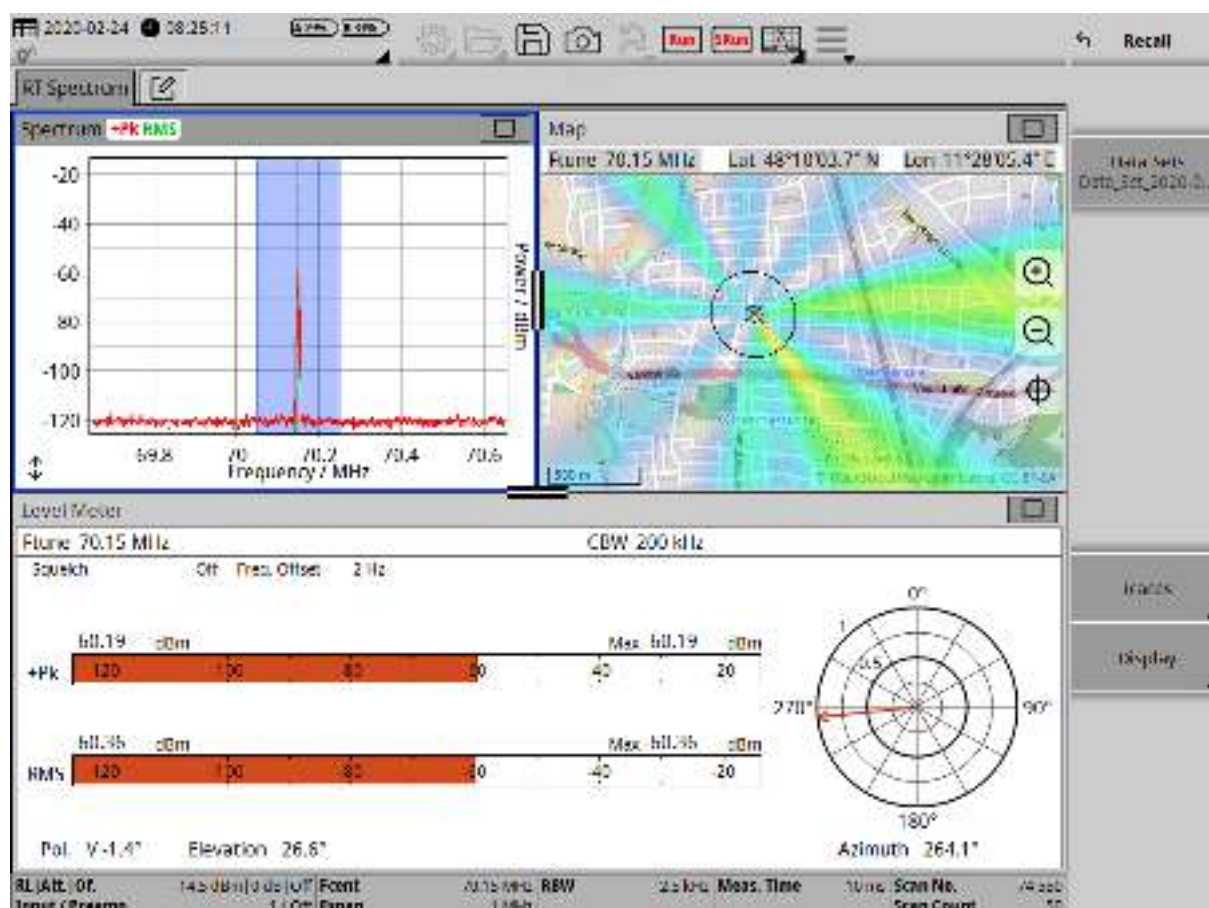


Bild 4-1: Bildschirmanzeige bei der manuellen Peilung

Optimal wäre die Funktion, wenn man seine von Hand gepeilte Richtung mit dem Druck auf die Taste am Handgriff speichern könnte. (Man richtet die Antenne auf das Maximum aus und drückt die Taste). Diese sollte dann als Pfeil auf der Karte angezeigt werden mit Standort und Richtung.

Im Test haben wir den Task *RT Spectrum-Horizontal Scan* ohne die dazugehörige Option benutzt. Hier ist es nur über Umwege möglich seine Peilungen anzeigen zu lassen. Für den mobilen Einsatz ist das nicht praktikabel.

Mit den Optionen im Testgerät ist eine Lokalisierung zwar möglich, jedoch kann man danach die Peilungen nicht mehr rekonstruieren. Standorte und Richtungen der einzelnen Handpeilungen können ohne die Option *Horizontal Scan* nicht angezeigt werden. Für die mobile Störungssuche zu Fuß mit Handantenne bringt die Kartenfunktion nur etwas, wenn man die konkreten Peilungen mit Position und Richtung anzeigen kann. Mit der Option *Horizontal Scan* soll das laut Broschüre möglich sein.

5 Fazit

Der SignalShark hat sehr gute HF-Eigenschaften. Von der nutzbaren Dynamik ist er besser als alle tragbaren Geräte, die der PMD derzeit hat. Die Realtime-Bandbreite reicht für viele, wenn auch nicht alle, Aufgaben unseres täglichen Einsatzes aus.

Um unserem Anspruch als echter Realtime-Analysator gerecht zu werden, fehlen jedoch folgende wesentliche Funktionen:

- Zeitbereichsanalyse:

- Darstellung des Pegels über die Zeit in einem einstellbaren Zeitbereich mit Markerfunktionen, um Pulslängen und Wiederholraten zu messen
- Eingrenzung des zeitlichen Analysebereichs, um bei gepulsten Aussendungen die Pausen auszusparen
- Messung des Average Burst Pegels (RMS-Pegel während eines Bursts) bei gepulsten Aussendungen
- Triggerfunktionen:
 - Pegeltrigger mit einstellbarer Bandbreite
 - Frequenzmaskentrigger
 - Wählbare Aktion bei Triggerauslösung (z. B. Anhalten der Messung, Aufnahme des Spektrums)
- Aufnahme von I/Q-Daten:
 - Abspeichern von I/Q-Daten für einstellbare Zeitdauer (manuell oder nach Triggerauslösung)
 - Offline-Analyse von gespeicherten I/Q-Daten auf dem Gerät selber

Die oben genannten Funktionen wären minimale Forderungen seitens des PMD, wenn der SignalShark als möglicher Nachfolger des Tektronix RSA 6114 beschafft werden sollte. Ansonsten würde er als möglicher Nachfolger des R&S PR100 in Frage kommen, da der SignalShark gegenüber dem PR100 mehr Funktionen und eine höhere Echtzeitbandbreite bietet und eine erheblich höhere nutzbare Dynamik hat.