

Monitoring-System zur 24/7-Erfassung von EMF-Immissionen bei 9 kHz bis 6 GHz

Systemübersicht, Hardware, Automatisierung und Bedienung

Dieses Dokument beschreibt in Kurzform die wesentlichen Merkmale des Automatischen EMF-Messsystems SignalShark 3330 Outdoor Unit EMF (SignalShark EMF).

SignalShark EMF führt ohne die Anwesenheit von Fachpersonal kontinuierlich Langzeitmessungen zur Erfassung elektromagnetischer Immissionen durch Funkanlagen im Frequenzbereich 9 kHz bis 6 GHz durch.

Die Messungen des SignalShark EMF laufen auf Basis konfigurierbarer Messpakete frequenzselektiv ab, also differenzierend zwischen zum Beispiel UKW-Rundfunk, DAB-Rundfunk, BDBOS/TETRA, DVB-T, 2G/GSM, 3G/UMTS, 4G/LTE, 5G, IoT, RADAR. Die Messresultate werden unter Berücksichtigung eines einstellbaren Schwellwertes (nominal 40dB unter ICNIRP-Grenzwert) gespeichert und per Mobilfunk an einen zentralen Server des Nutzers übertragen, wo sie gespeichert und ausgewertet werden können.

SignalShark EMF kann ohne technisches Personal in Betrieb genommen werden, lässt sich gut transportieren und erfüllt weitreichende Anforderungen an Robustheit und Automatisierung sowie Fernsteuerung:

Einige essenziellen Eigenschaften sind:

- › Empfangsplattform SignalShark mit Frequenzbereich 8 kHz bis 8 GHz und somit für neue Mobilfunkgeneration 5G bei 3,6 GHz und zukünftige Erweiterungen geeignet
- › Isotrope E- und H-Feld-Antennen, mit langjährigem Bewährungsgrad im EMF/EMVU-Bereich
- › Flexible Konfiguration von Messpaketen und Messaufgaben auf Basis eines Windows 10-Systems mit Python-Programmierschnittstelle
- › Automatischer Messbetrieb nach Verbindung mit Stromversorgung

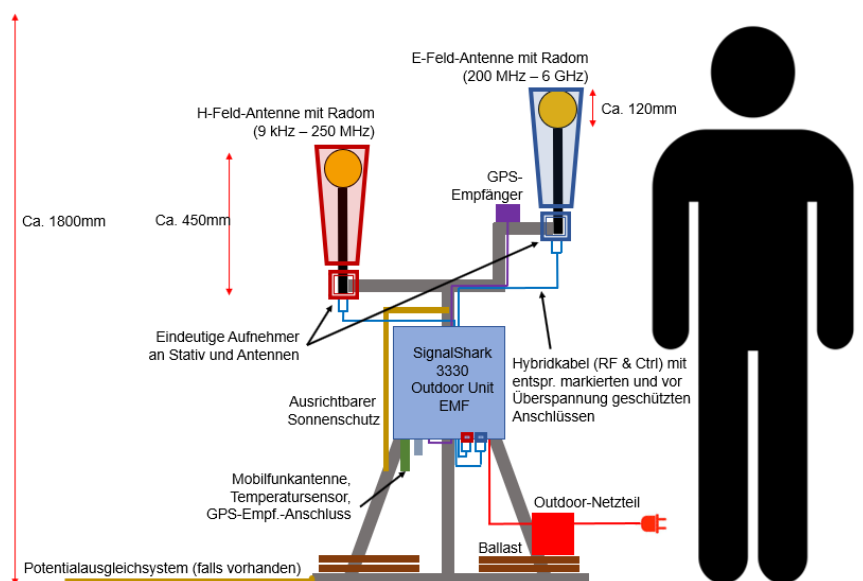


Abb. 1. Systemillustration SignalShark EMF

Systemübersicht

Das Messsystem nutzt als technologische Basis den Echtzeit-Empfänger SignalShark 3330 Outdoor Unit. Dieser wird betrieben mit zwei isotropen, dreiachsigen und mit Radom ausgestatteten Antennen, die für den EMF-/EMVU-Bereich konzipiert sind. Konkret handelt es sich bei den Antennen um eine H-Feld-Antenne für den Frequenzbereich von 9 kHz bis 250 MHz und eine E-Feld-Antenne mit dem Frequenzbereich 200 MHz bis 6 GHz.

Aufgebaut werden der Empfänger und die Antennen des SignalShark EMF auf einem klappbaren Metallstativ. Zur Sicherung des SignalShark EMF gegen hohe Windstärken, dienen reißfeste Ballast-Säcke, die mit Wasser, Kies oder Sand befüllt und auf den Bodenelementen des Stativs flexibel verteilt werden können.

SignalShark EMF wird in zwei handelsüblichen, robusten, abschließbaren Koffern mit Rollen und Tragegriffen transportiert und kann als Versandgut durch die meisten Logistik-Dienstleister versendet werden.

Einmal aufgebaut und mit dem Stromnetz verbunden, startet SignalShark EMF selbständig und beginnt seinen Messbetrieb. Dabei wird ein vordefiniertes Messpaket durchlaufen, das entweder den gesamten Frequenzbereich (9 kHz – 6 GHz) oder nur Teilbereiche mit anpassbaren Messparametern abdeckt. Dies geschieht nominal vier Mal pro Stunde, kann aber auch häufiger erfolgen.

Das Ergebnis, also die spektralen Leistungs-/Feldstärkewerte der konfigurierten Kanäle, werden bei Überschreitung eines bestimmten Schwellwertes zusammen mit Datum, Uhrzeit, GPS-Position, Temperatur und einigen Systemstatus-Einträgen als Datei im XML-Format auf einer microSD-Karte gespeichert, die in den SignalShark eingesteckt ist.

SignalShark EMF übermittelt die zuletzt erzeugten Messergebnisse einmal pro Stunde (oder in begrenzt wählbaren Intervallen) an den Server des Nutzers. Dies geschieht über ein im SignalShark verbautes Mobilfunk-Modem. In der Zeit der Übertragung führt das SignalShark EMF keine Messungen durch, um das Messergebnis nicht zu beeinflussen. Sofern SignalShark EMF mangels Mobilfunks keine Daten übertragen kann, werden diese für mindestens zehn Tage gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt versucht erneut zu übertragen. Alternativ ist via Remote Desktop-Fernzugriff auch eine manuelle Dateiübertragung möglich.

SignalShark EMF verfügt über sehr transparente Möglichkeiten des Systemzugriffs: Die SignalShark-Plattform basiert auf Windows 10 und die auf dem Gerät laufende Software kann wie ein gewöhnliches PC-Programm geschlossen oder minimiert werden, um in Folge das Betriebssystem des SignalShark zu nutzen, beispielsweise zum Abruf von Log-Dateien. Durch die Eigenschaft als netzwerktechnisch ansprechbarer Computer erlaubt die SignalShark EMF sogar Verbindungen über das Remote Desktop Protokoll (RDP).

Die Messungen des SignalShark EMF werden durch Python-Skripte durchgeführt. Die zu messenden Frequenzen und benötigten Parameter können dabei vom Nutzer in XML-basierten Messpaketen festgelegt werden. Diese werden durch die Skripte ausgelesen und als Messung umgesetzt. Mit dem SignalShark EMF wird eine adäquate Messpaket-Datei mitgeliefert, die als Basis für eigene Anpassungen dienen kann. Die Tatsache, dass hier von Python und keinen proprietären Werkzeugen Gebrauch gemacht wird, bedeutet, dass ein Messzyklus vollkommen transparent und nachvollziehbar ist. Bei Bedarf kann der Quellcode jedes vorhandenen Skripts in einer Python-kompatiblen Entwicklungsumgebung eingesehen, angepasst und ausgeführt werden. Zudem können zu späteren Zeitpunkten gänzlich neue Messaufgaben durch neue Skripte bewerkstelligt werden. Dabei stehen SCPI-Kommandos, mit denen der SignalShark gesteuert werden kann in einer öffentlich zugänglichen Dokumentation frei zur Verfügung und können unter Einhaltung der entsprechenden Syntax auch unter Python weiterverwendet werden.

Das Konfigurieren, Auswählen und Starten eines Messpaketes erfordert keinerlei Python-Programmierkenntnisse. Über eine einfache grafische Oberfläche wählt der Nutzer die wesentlichen Parameter eines Messpaketes aus, also z. B. Start- und Stoppfrequenz der interessierenden Frequenzbereiche, Messbandbreite (RBW) und Messzeit (siehe Abbildung 7). Die Parameter werden in einer XML-Datei gespeichert und als solche per Mobilfunk an ein oder mehrere SignalShark EMF im Feld verteilt.



Empfangsplattform SignalShark

Die SignalShark-Familie prägt sich in mehreren Gerätetypen aus:

- › SignalShark 3310 Handheld
 - › Ein tragbarer, akkubetriebener Echtzeit-Spektrum- und Signalanalysator mit Display zur mobilen Funkstörsuche
- › SignalShark 3320 Remote Unit
 - › Ein zur Indoor-Festinstallation (z.B. im Rack) konzipierter Empfänger für die stationäre oder fahrzeuggebundene Funküberwachung
- › SignalShark 3330 Outdoor Unit
 - › Ein zur Outdoor-Festinstallation konzipierter Empfänger zur Funküberwachung mit Anschlussmöglichkeit für eine automatische Peil-Antenne. Das Gerät ist in der Version POE und Modem erhältlich.
- › SignalShark 3330 Outdoor Unit EMF
 - › Ein zur Outdoor-Festinstallation konzipierter Empfänger mit Anschlussmöglichkeit zweier EMF-Antennen und eingebautem Mobilfunk-Modem (3G, 4G) mit integriertem OpenVPN-Client.



Abb. 3. SignalShark 3330 Outdoor Unit

Allen Mitgliedern der SignalShark-Familie ist das gleiche RF-Modul gemeinsam. Auf kleinstem Raum erreicht dieses Eigenschaften hinsichtlich Empfindlichkeit, Dynamik und Geschwindigkeit, wie sie lange Zeit typischerweise nur für große, laborgebundene Messgeräte typisch waren.

Auf der Roadmap der SRM/SignalShark-Familie sind Downconverter-Antennen für den FR2-Frequenzbereich des neuen 5G-Mobilfunkstandards festgelegt, wodurch das System auch für zukünftige Anwendungen gut gerüstet ist.

SignalShark Outdoor Unit EMF 3330/04, Modem R1 ^{a,b}	
Frequenzbereich	8 kHz – 8 GHz
Scan-Geschwindigkeit	50 GHz pro Sekunde
Echtzeitbandbreite	40 MHz
RBW-Einstellungen (Scan Spectrum)	1 Hz bis 6,25 MHz (schrittweise)
Trace Detektoren	+Pk, RMS, -Pk, Avg, Sample
RT Level Meter Detektoren	+Pk, RMS, -Pk, Avg, Sample, Cpeak (quasi-peak), CRMS & CAvg
Empfindlichkeit	1 MHz ≤ f ≤ 44 MHz < -160 dBm/Hz
	44 MHz < f ≤ 3 GHz < -162 dBm/Hz
	3 GHz < f ≤ 8 GHz < -152 dBm/Hz
IP2 bei höchster Empfindlichkeit	4 MHz ≤ f ≤ 44 MHz > 60 dBm
	42 MHz ≤ f ≤ 8 GHz 40 dBm (typ.)
IP3 bei höchster Empfindlichkeit	3 MHz < f ≤ 44 MHz > 26 dBm (typ.)
	44 MHz < f ≤ 3 GHz > 14 dBm (typ.)
	3 GHz < f ≤ 8 GHz > 12 dBm (typ.)
Temperaturbereich	-20°C bis +55°C
Schutzklasse	IP 65
Leistungsaufnahme	max. 60 W (230V AC)
Gewicht	ca. 13 kg
^a Ausschnitt aus Datenblatt SignalShark 3330 Outdoor Unit, NSTS 0820-E0369A	
^b SignalShark Outdoor Unit 3330/04 Grundgerät, ohne Antennen, Stativ oder Zubehör	

Die SignalShark-Familie bietet darüber hinaus zahlreiche Schnittstellen, um in Systemverbund und für individuelle Einsätze genutzt zu werden:

- › Durch eine auf Python-Skripten basierende Steuerschnittstelle können nutzerspezifische Messabläufe konstruiert und automatisiert werden.
- › Durch ein VITA49.2-konformes I/Q-Streaming-Format können FFT-Daten und I/Q-Daten als Datenstrom versendet werden. Die Datenströme lassen sich mit den Ergebnissen anderer Stationen z.B. zu Lokalisierungsergebnissen verrechnen.
- › Durch die Eigenschaft des SignalShark aus IT-Perspektive als Computer zu erscheinen (Windows 10), bieten sich viele Möglichkeiten der Einbindung in ein Netzwerk und der Installation und Nutzung weiterer Software, die direkt auf dem Gerät abläuft.

Messwertaufnehmer / Antennen

Als Messwertaufnehmer des SignalShark EMF dienen zwei im EMF-/EMVU-Bereich sehr bewährte isotrope Antennen:

- › H-Feld-Antenne (9kHz – 250 MHz, Artikelnummer 3581/02)
- › E-Feld-Antenne (200 MHz – 6 GHz, Artikelnummer 3502/02)

Antennen des SignalShark EMF *	
H-Feld-Antenne	Typ 3581/02
Frequenzbereich	9 kHz bis 250 MHz
Messdynamik	2,5 µA/m bis 560 mA/m
Sondermerkmale	Dreiachsige, isotrope Antenne mit Korrekturfaktoren in EEPROM des Multipin-Steckers
E-Feld-Antenne	Typ 3502/02
Frequenzbereich	200 MHz bis 6 GHz
Messdynamik	0,14 mV/m bis 160 V/m
Max. Feldstärke	435 V/m
Sondermerkmale	Dreiachsige, isotrope Antenne mit Korrekturfaktoren in EEPROM des Multipin-Steckers
* Ausschnitt aus Datenblatt Selective Radiation Meter SRM-3006, NSTS 0217-D0272J	

Beide Antennen vermögen die frequenzselektive Vermessung des H- bzw. des E-Feldes seriell auf drei Achsen. Die Berechnung der gesamten Feldstärke erfolgt in der SignalShark Outdoor Unit. Somit handelt es sich bei den hier angebotenen Antennen um „isotrope“ Antennen, wie sie im EMF-/EMVU-Bereich gebräuchlich sind. Bei Bedarf wäre es auch möglich bestimmte Achsen der beiden Antennen singulär für Messzwecke zu nutzen.

Da die beiden Antennen Frequenzen von 9 kHz bis 6 GHz abdecken, sind sie zur Erfassung der meisten heute gebräuchlichen Funkdienste geeignet. Dies betrifft klassische Rund- und Mobilfunkdienste, aber auch für den neuen Mobilfunkstandard 5G neu allokierte Frequenzbänder, beispielsweise bei 3,6 GHz.

Beide Antennen sind jeweils mit Radom ausgestattet und erreichen somit die Schutzklasse IP 54.

An jeder Antenne existieren zwei Anschlüsse, RF-Signal (N-Stecker) und Control (Multipin-Stecker). Die Antennen sind jeweils über ein Hybrid-Kabel (ca. 1,5m lang) mit der SignalShark 3330 Outdoor Unit EMF verbunden.

Die im Multipin-Stecker der Antenne gespeicherten Antennenfaktoren, sowie die im Multipin-Stecker des Kabels gespeicherten Dämpfungswerte werden automatisch berücksichtigt. Dadurch zeigt die SignalShark 3330 Outdoor Unit EMF zu jeder Zeit den korrigierten Feldstärkewert an.

Innerhalb des Outdoor-Gehäuses führen die Ctrl-Kabel über einen Überspannungsschutz an das SignalShark-RF-Modul.

Auf dem zum SignalShark EMF gehörenden System sind die beiden Antennen räumlich etwa 700mm voneinander distanziert und höhenversetzt, sodass eine gegenseitige Beeinflussung weitestgehend reduziert wird.



Abb. 4. Isotrope, dreiachsige EMF-/EMVU-Antenne Typ 3581/02 bzw. Typ 3502/02 (äußerlich jeweils ähnlich)

System-Automatisierung

SignalShark EMF ist so konfiguriert, dass er hochfährt, sobald eine Stromversorgung hergestellt ist, sich selbst für den Messeinsatz konfiguriert und das jeweils eingestellte Messpaket startet und die Datenübermittlung unter Einhaltung der Übertragungsintervalle beginnt.

Sollte eine Messaufgabe trotz bestehender Stromversorgung nicht vollständig durchgeführt werden, wird eine Warnmeldung durch die Software der Messstation erzeugt und während des Kommunikationszeitfensters an die PC-Software übermittelt. So wird auch der Betriebsstatus eines SignalShark EMF zusammen mit z.B. Temperatur und Position der Messstation übertragen. Kann keine GPS-Position ermittelt werden oder ist kein Mobilfunksignal zu empfangen, wird dies innerhalb des SignalShark EMF protokolliert.

Die SignalShark 3330 Outdoor Unit EMF passt bei Übersteuerung ihren Reference Level bzw. ihre Eingangsdämpfung automatisch an die gegenwärtige Umgebungsfeldstärke an, um sich vor Übersteuerung zu schützen und um möglichst präzise und valide Messergebnisse zu ermitteln.

SignalShark EMF verfügt über ein Standard-Messpaket, das für eine automatische Erfassung von Funkmissionen zwischen 9 kHz und 6 GHz geeignet ist. Die implementierten Frequenzbereiche sind beispielsweise 2G, 3G, 4G, 5G, UKW, BDBOS/TETRA, POCSAG, DAB, DVB-T, WiFi und Radar. Dabei werden stets Schwellwerte berücksichtigt, d.h. Immissionen, die nominal bis 40dB oder weniger an geltende ICNIRP-Grenzwerte heranreichen.

Durch eine Langzeitmessung, die über mehrere Tage den maximalen Pegel am Messort ermittelt, lässt sich z.B. die tatsächliche, örtliche Exposition von 5G-Signalen messen.

Über eine einfache Benutzeroberfläche in der PC-Software ist es möglich Messpakete zu konfigurieren, welche nur Teilbereiche des oben genannten Spektrums vermessen, d.h. Immissionen bezogen auf ein Band und/oder einen Kanal erfassen.

Die Messergebnisse werden im SignalShark EMF für mindestens zehn Tage gespeichert. In einer Stunde sind mind. bis zu vier Messgänge durchführbar. Mindestens einmal pro Stunde werden die aktuellen Messergebnisse als XML-Dateien via Mobilfunk (3G/4G) an den Server des Nutzers übertragen. Während dieser Übertragung werden keine eigenen Messungen durchgeführt (Vermeidung von Selbstmessungen).

Das Löschen alter Daten erfolgt automatisch und kann zusätzlich auch manuell via RDP vorgenommen werden.

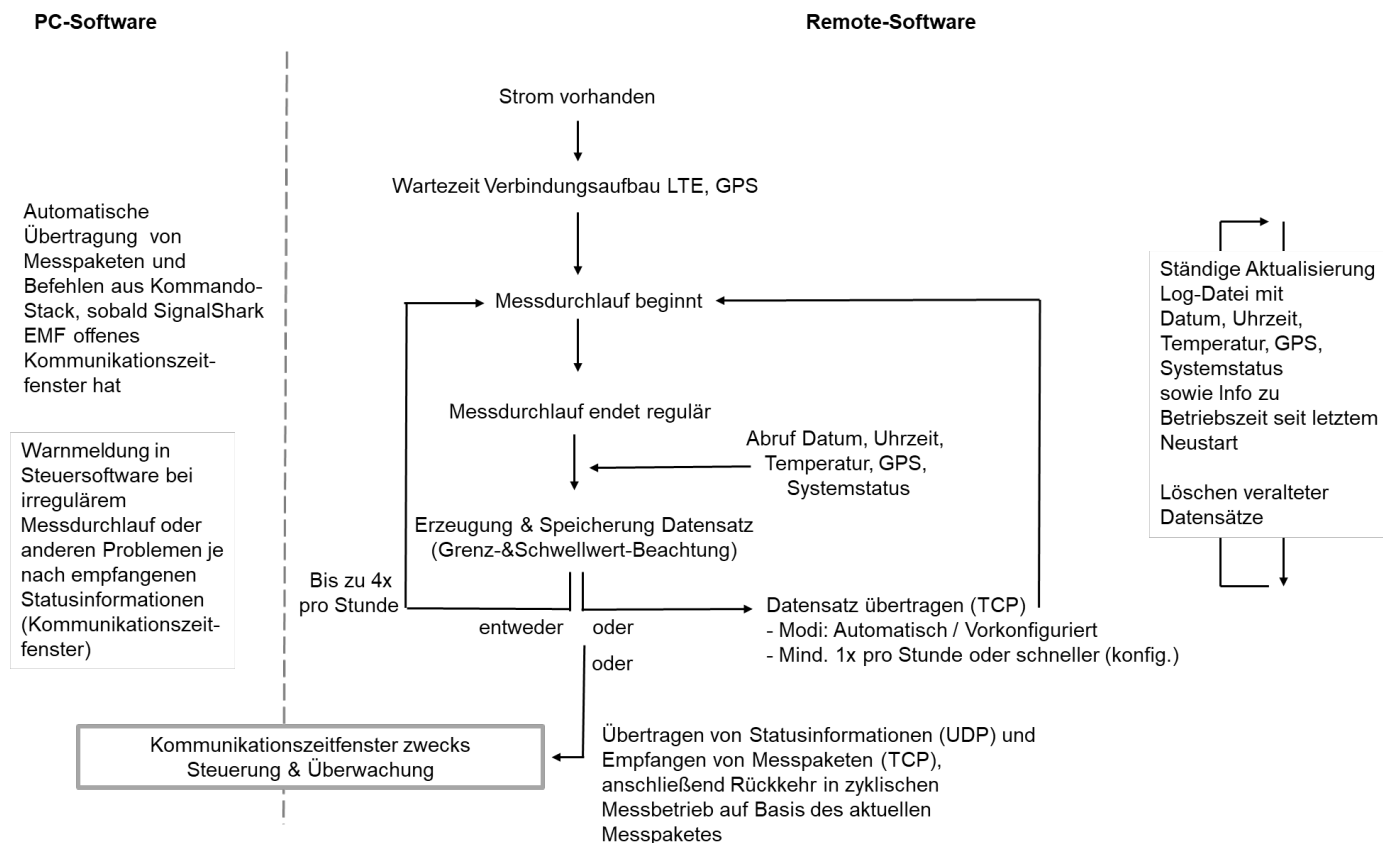


Abb. 5. SignalShark EMF Funktionen und Zustände mit Fokus auf Automatisierung ohne Darstellung von RDP-Verbindungsmöglichkeit

System-Bedienung

SignalShark EMF bietet drei wesentliche Möglichkeiten der Bedienung, die hier prägnant erläutert werden:

1) Identifikation & Überwachung von SignalShark EMF -Systemen im Netzwerk

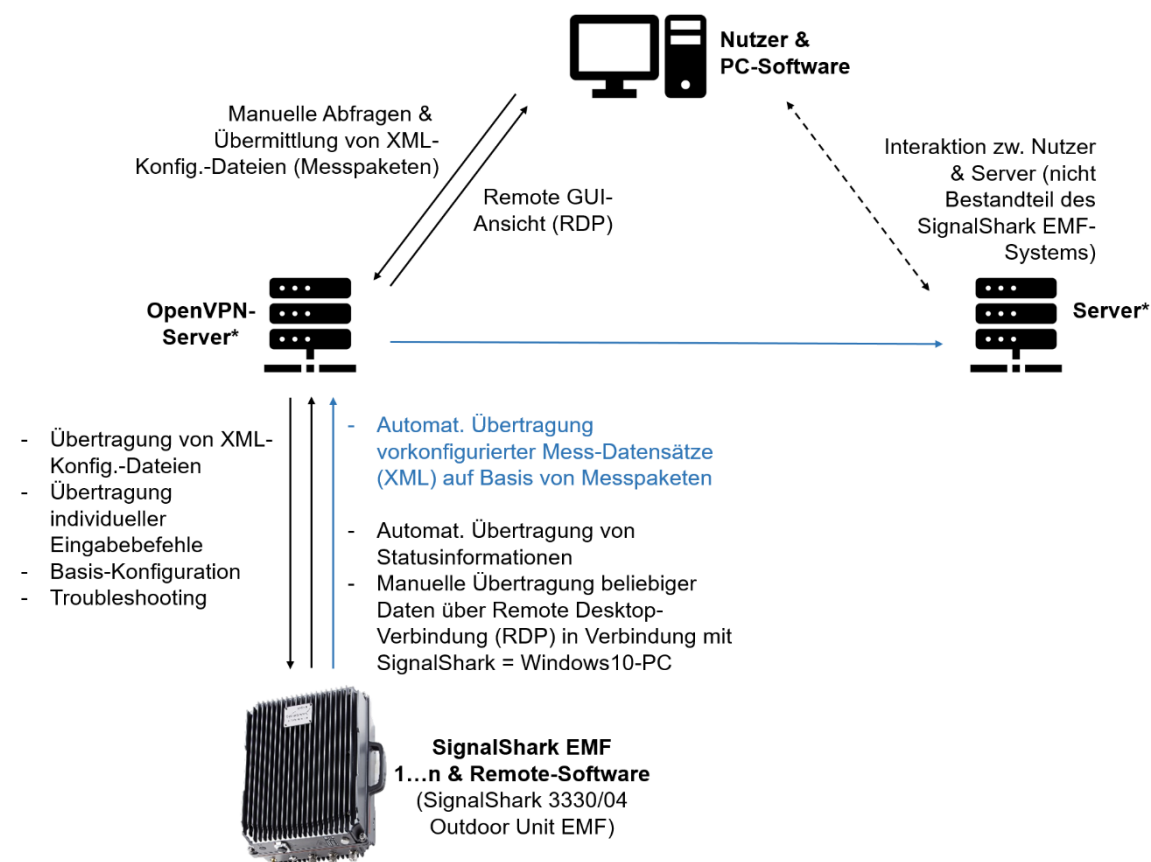
Wurden mehrere SignalShark EMF im Feld verteilt und haben ihren Messbetrieb aufgenommen, können diese vom Nutzer über die PC-Software, die sämtliche SignalShark EMF in einem Netzwerk auflistet, identifiziert werden. In dieser Software werden auch Statusinformationen aller SignalShark EMF angezeigt.

2) Manueller Zugriff via RDP

Über Remote Desktop Protocol (RDP) kann SignalShark EMF manuell bedient werden. Es ist dann möglich die Messapplikation für spezielle Einsätze zu nutzen oder sie zu schließen / zu minimieren, um SignalShark wie einen normalen PC mit Windows 10-Benutzeroberfläche zu nutzen. Die SignalShark 3330 Outdoor Unit EMF kann so von einem anderen netzwerk-fähigen Gerät aus bedient werden mit vollem Zugriff auf sämtliche Messeinstellungen. Maus, Mousrad, Tastatur und Drag&Drop-Funktionen sind bei dieser Bedienart bereits implementiert. Ebenso können Daten/Konfigurationen an das Gerät übertragen, Altdaten gelöscht oder neue Skripte übertragen werden.

3) Übertragen von Messpaketen

Auch ohne RDP-Verbindung kann der Nutzer Messpakete an ein oder mehrere SignalShark EMF übermitteln. Dies geschieht über die PC-Software, die Nutzerbefehle und zu übertragende Messpakete sammelt und zu gegebener Zeit an einen oder mehrere SignalShark EMF überträgt. Ein SignalShark EMF führt sodann das neue Messpaket aus und verarbeitet die Messergebnisse auf Basis der neuen Definitionen.



*Server sind nicht im SignalShark EMF-System enthalten

Abb. 6. Ablauf Nachrichtenübertragung zwischen Nutzer, SignalShark EMF und Server

In einem Messpaket, das vom Nutzer-Computer aus konfiguriert und als XML-Datei an ein oder mehrere SignalShark EMF übermittelt werden kann, liegen mehrere einstellbare Parameter vor.

Es ist zu unterscheiden zwischen:

- › Globalen Attributen/Parametern: Diese beziehen sich global auf das gesamte Messpaket
- › Lokale Attribute/Parameter einer spezifischen Messaufgabe
- › Messtechnischen Parametern eines spezifischen Bandes/Kanals

Innerhalb einer Messaufgabe steht es dem Nutzer offen direkt einen Frequenzbereich zu definieren (z.B. UKW-Rundfunk) oder eine Unter-Hierarchie mit bestimmten Kanälen zu definieren (z.B. für 5G). Für jede Messaufgabe und für jeden untergeordneten Kanal können individuelle Messparameter definiert werden.

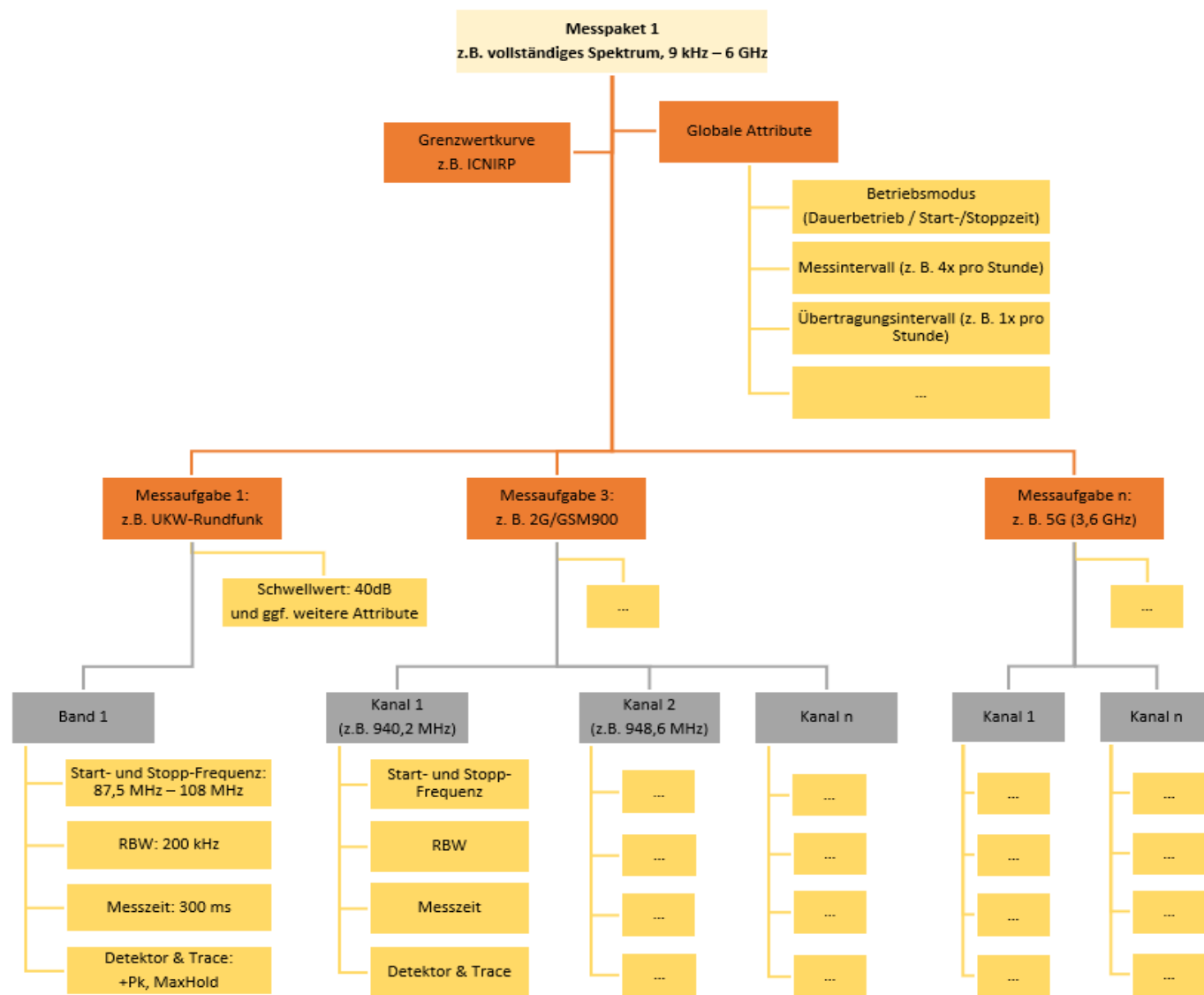


Abb. 7. Beispielhafte, hierarchische Illustration eines Messpaketes und darin enthaltener Messaufgaben und einstellbarer Parameter

Narda Safety Test Solutions GmbH
Sandwiesenstrasse 7
72793 Pfullingen, Germany
Phone +49 7121 97 32 0
info@narda-sts.com

Narda Safety Test Solutions
North America Representative Office
435 Moreland Road
Hauppauge, NY11788, USA
Phone +1 631 231 1700
info@narda-sts.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

www.narda-sts.com

© Names and Logo are registered trademarks of Narda Safety Test Solutions GmbH - Trade names are trademarks of the owners.