

# ENAMS

## Electrical Noise Area Measurement System

### ENAMS Team:

Klaus Eichel, DL6SES

Jörg Logemann, DL2NI

Michael Hartje, DK5HH

Thomas Kalmeier, DG5MPQ

Joachim Klein, DG4MFN

Andreas Lock, DG8AL

Christian Entfellner, DL3MBG

Jochen Dreier, DH6SBN



# Inhalt

- 1. ENAMS – Was ist das?**  
**Warum brauchen wir ENAMS?**
- 2. Anforderungen an ein Störfeldstärken-Messsystem**
- 3. Übersicht und Arbeitsweise von ENAMS**
- 4. Was wird dargestellt und wie?**
- 5. Warum ist ENAMS ein Störfeldstärken-Messsystem**
- 5. Standorte**
- 6. Ergebnisse**

## ENAMS – was ist das ?

ENAMS ist ein Störfeldstärkenmesssystem, d.h. ein über Deutschland verteiltes automatisches Empfangssystem zur Erfassung des Störpegels im Frequenzbereich von 66 kHz – 31 MHz

## Warum brauchen wir ENAMS ?

Das ENAMS Projekt wurde vom DARC e.V. gestartet, da die allgemeinen Störmessungen von der Bundesnetzagentur (BNetzA) nach 2011 nicht mehr vorgenommen wurden und deshalb das Anwachsen des allgemeinen Störpegels in den letzten Jahren durch die starke Verbreitung störender Elektronik in Wohn- und Gewerbegebieten nicht mehr dokumentiert wird.

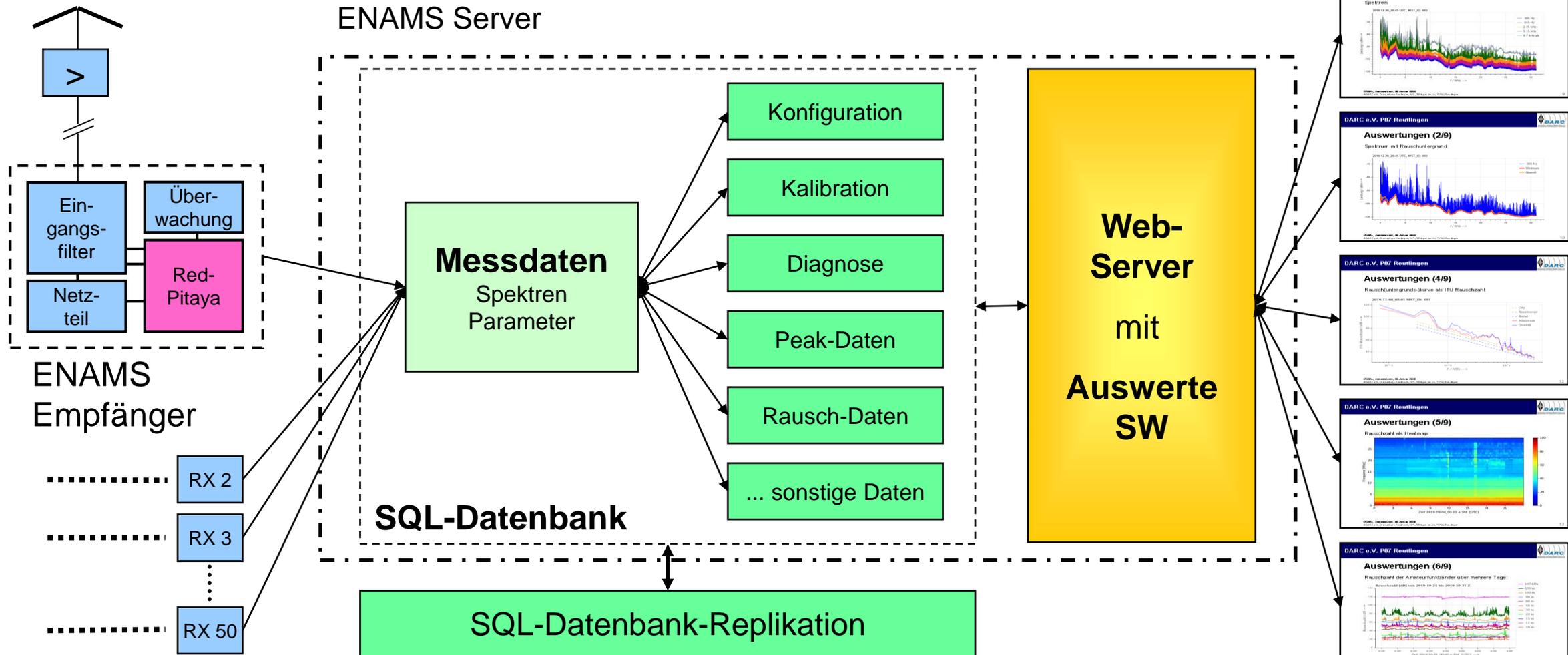
Der Amateurfunk ist damit selbst in der Lage, den für ihn relevanten Störpegel zu messen und in die Diskussion um Grenzwerte einzubringen. Teilweise wird mit nicht geeigneten Mess-Systemen und -verfahren gearbeitet, welches zu falschen Ergebnissen führt. Daher ist es im Interesse des Amateurfunks, hier die korrekten Messwerte und Störsituationen darzustellen.

# ENAMS – ein Störfeldstärkenmesssystem

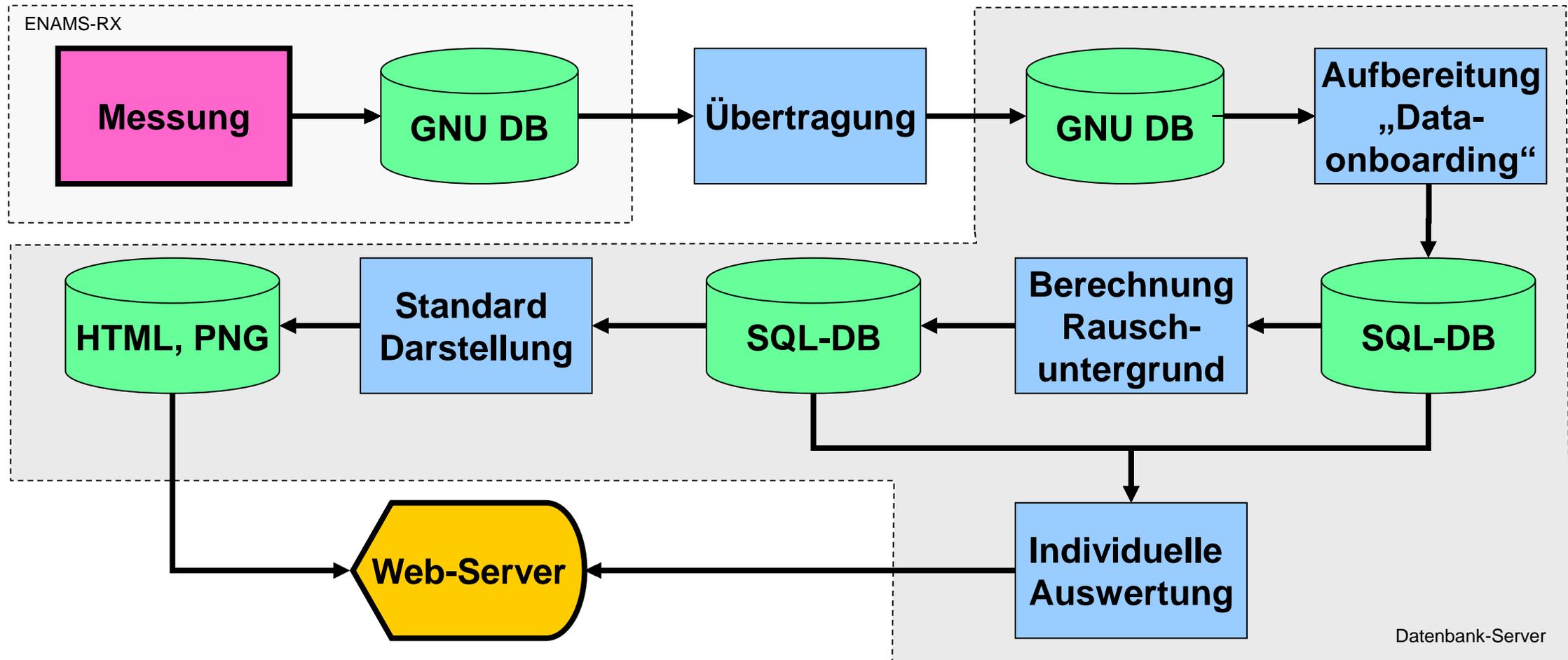
Ein Störfeldstärken-Messsystem für die Erfassung der externen Störpegel sollte nach der ITU-R P372-14 folgende Kriterien aufweisen:

1. Die Antennenrauschtemperatur und deren Frequenzabhängigkeit sollte bekannt sein.
2. Die Rauschzahl des Empfangssystems muss unter dem minimalen Umgebungsrauschen liegen.
3. Die Bandbreite des Messsystems muss schmal sein. ITU empfiehlt eine Bandbreite von 100 Hz - 200 Hz. ENAMS verwendet eine Bandbreite von 300 Hz.
4. Die Großsignalfestigkeit und der Dynamikbereich des Empfangssystems muss groß sein. Die Messgenauigkeit ausreichend (besser als  $\pm 3$  dB).
5. Die ITU empfiehlt als Messverfahren eine RMS-Messung mit einer Sekunde Messdauer.
6. Es sollte das komplette Frequenzspektrum von 0,1MHz bis 30 MHz gemessen werden.
7. Messstandorte. aus den Kategorien „rural“, „residential“, „city“ (städtisch) und „industrial“.
8. Die Messungen sollten zu verschiedenen Zeiten des Tages durchgeführt werden.

## ENAMS – Systembild



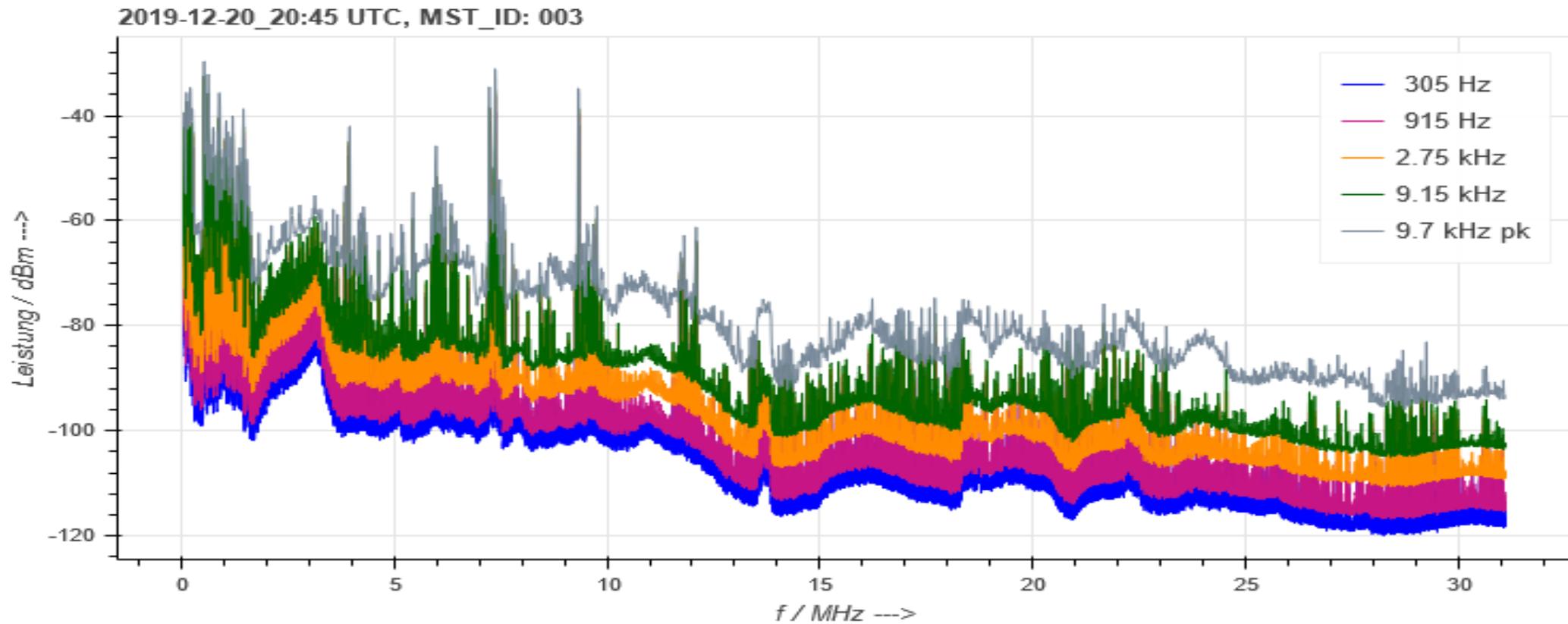
# ENAMS – Automatisierter Datenfluss und Auswertung



■ Messung   
 ■ Speicherung   
 ■ Übertragung, Bearbeitung   
 ■ Anzeige

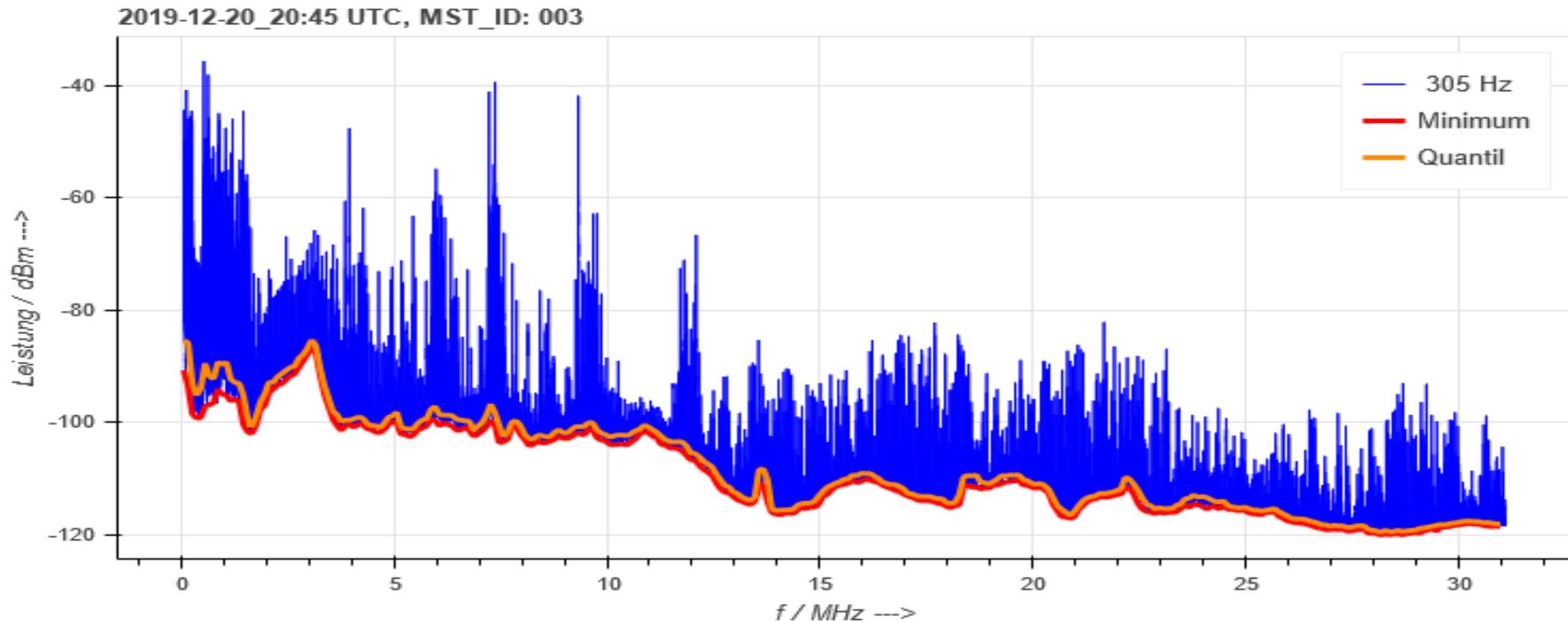
# Auswertungen (1/5)

Einzelpektrum:



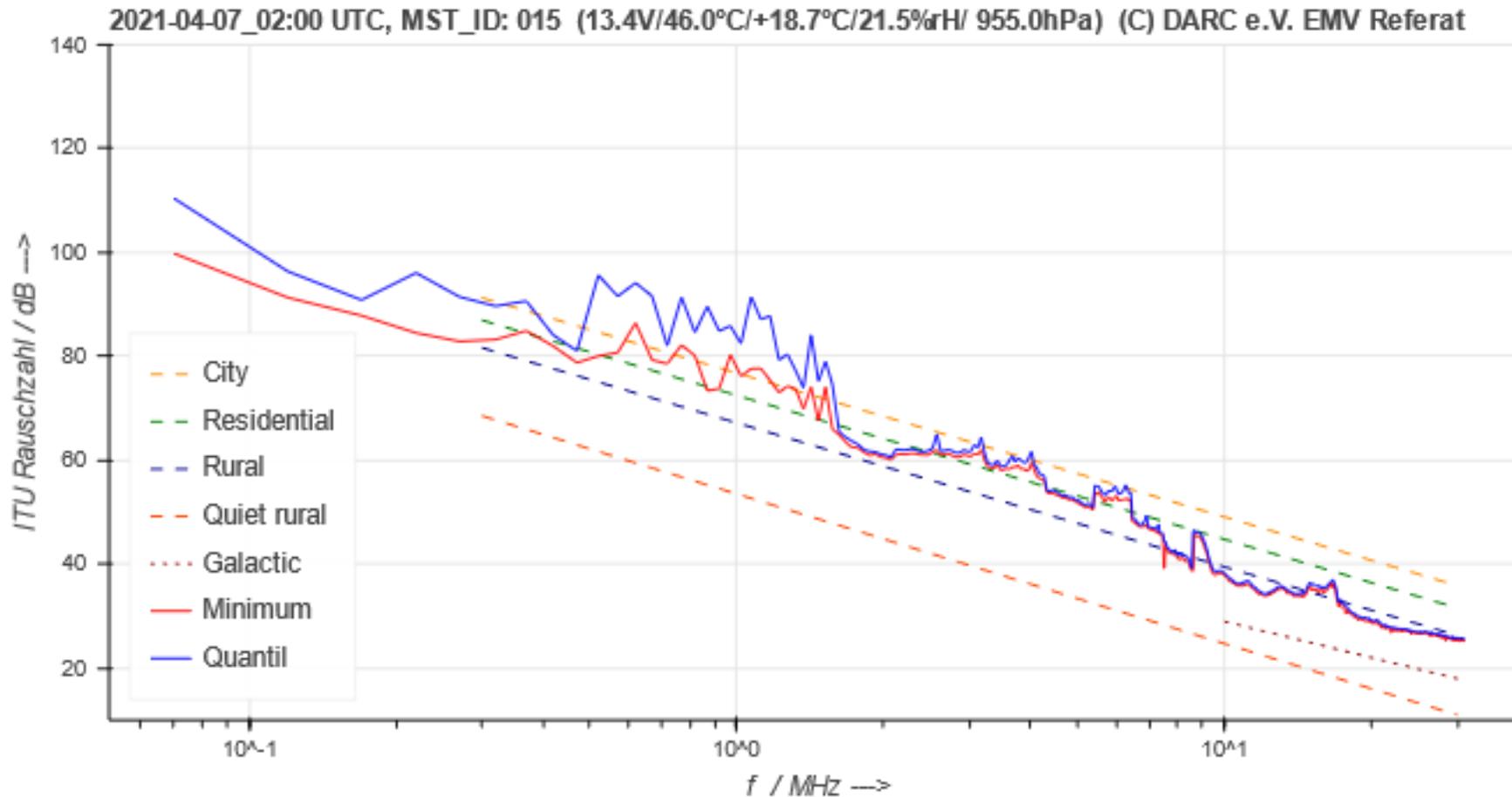
# Auswertungen (2/5)

Spektrum mit berechnetem Rauschuntergrund nach ITU-R SM.1753-2:



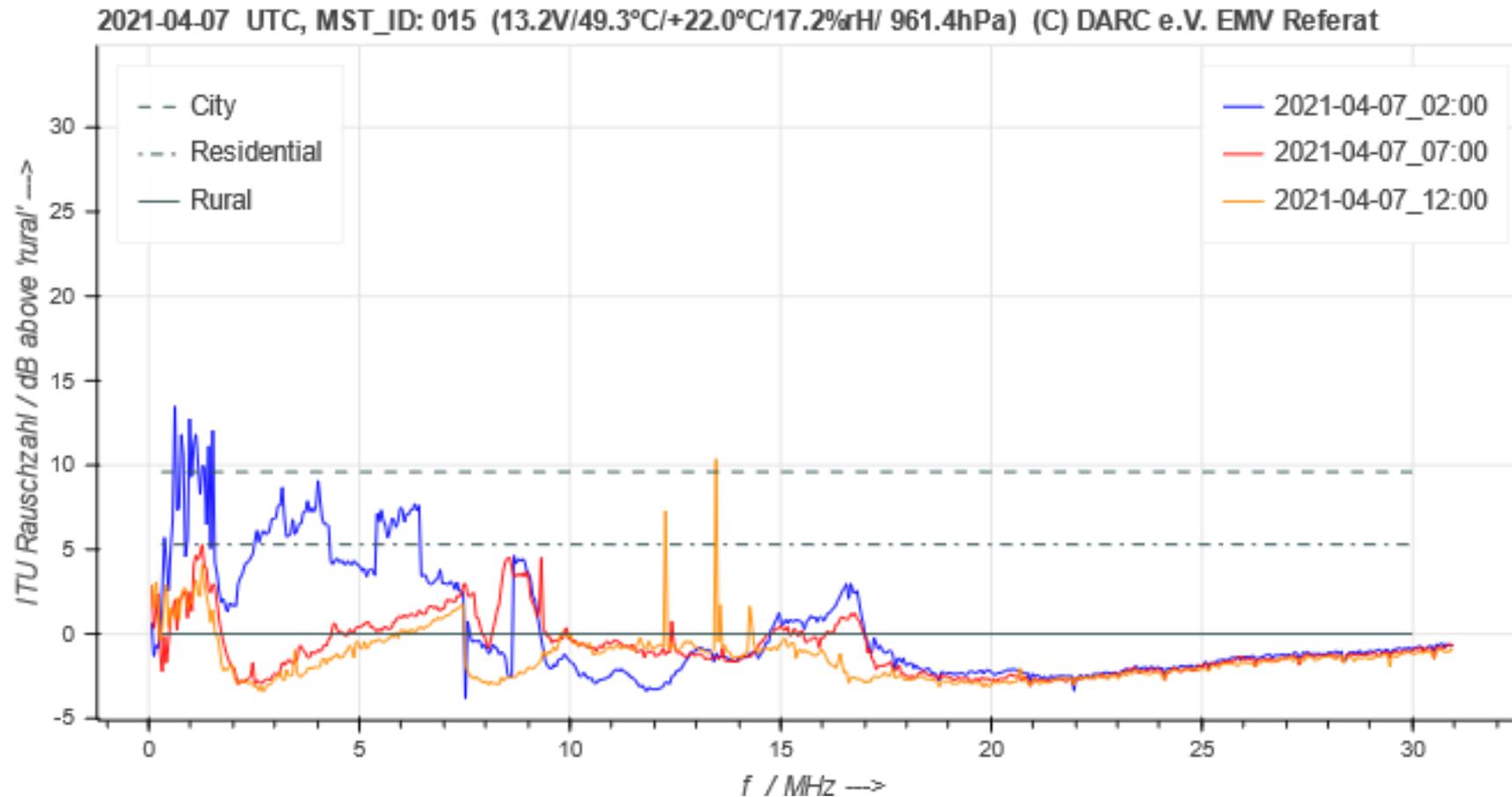
# Auswertungen (3.1/5)

Rausch(untergrunds-)kurve als ITU Rauschzahl:



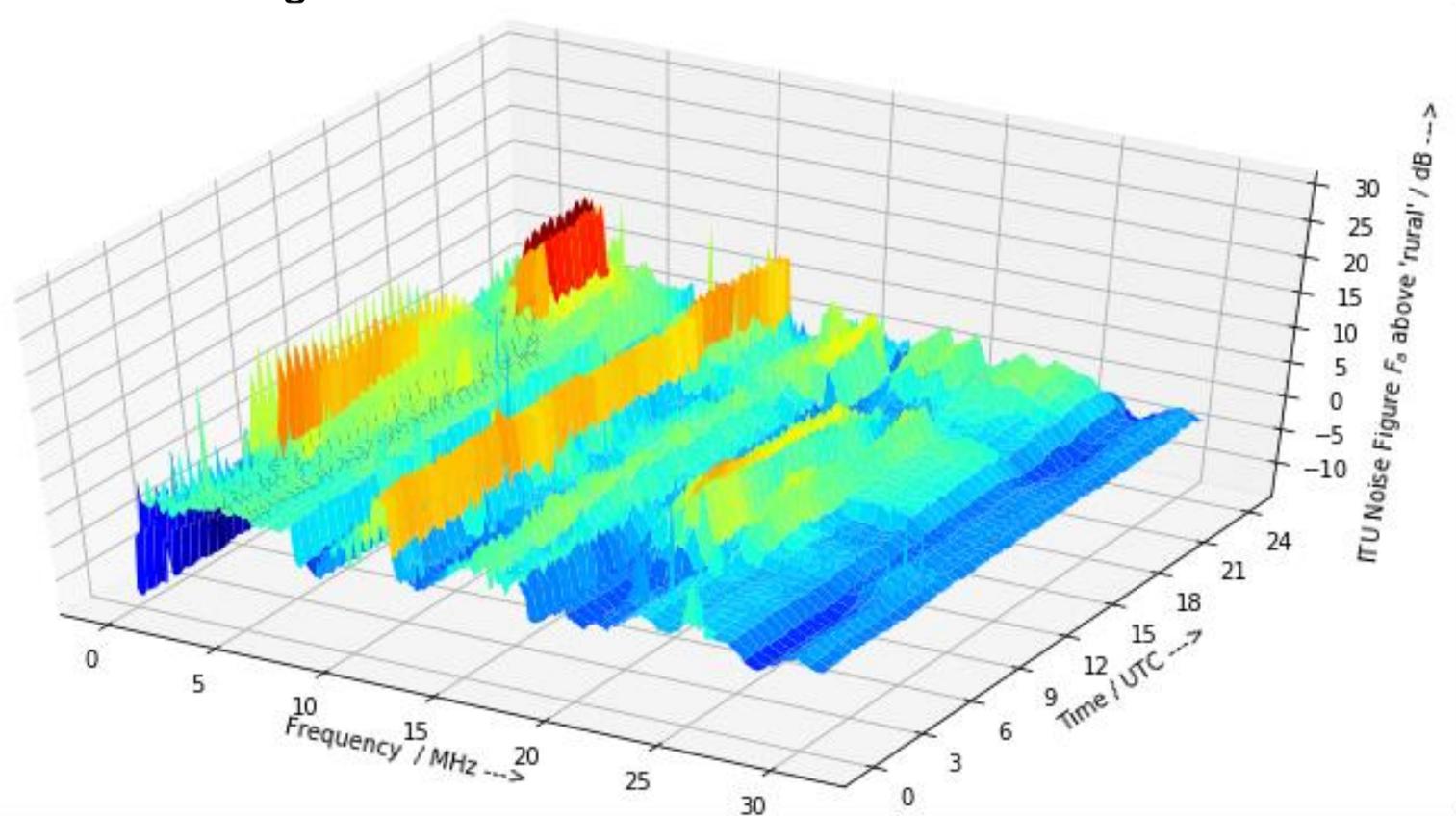
# Auswertungen (3.2/5)

Rausch(untergrunds-)kurve als ITU Rauschzahl über ‚rural‘ mit linearer Frequenzachse:



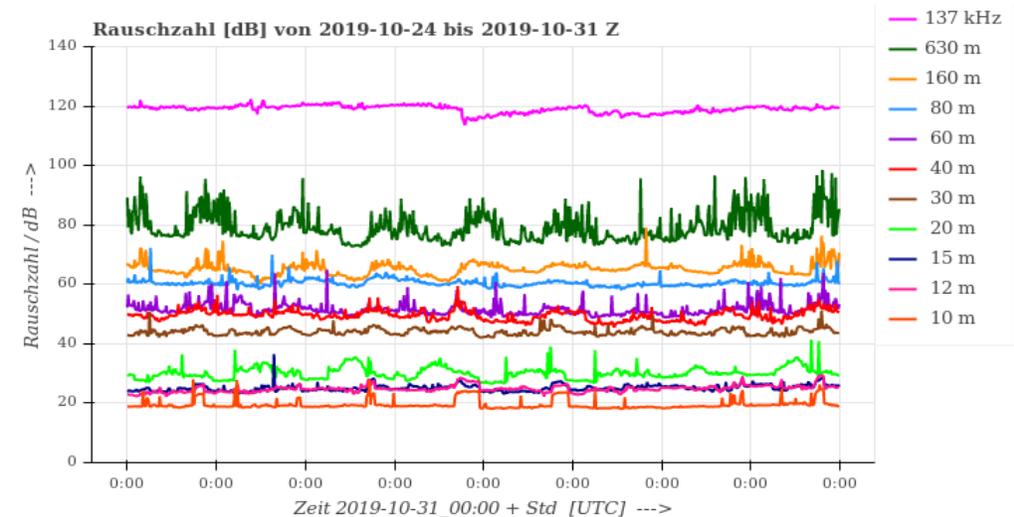
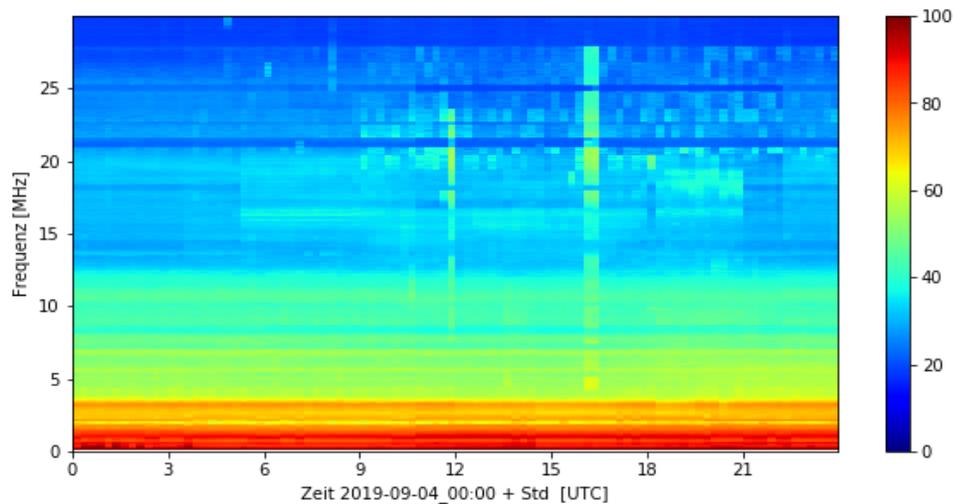
# Auswertungen (4/5)

Rauschzahl als 3D-Darstellung:



# Auswertungen (5/5)

Rauschzahl als Heatmap oder Zeitreihe für die Amateurfunkbänder:



- Die Heatmap-Darstellung erlaubt den Überblick über den Tagesverlauf
- Zeitreihen ermöglichen die Beurteilung über einen längeren Zeitraum

# Kenndaten und Messtoleranz

- Grenzeempfindlichkeit: ca.  $-120$  dBm
- Linearität: Fehler  $< 0.2$  dB bei Dynamik  $> 90$  dB
- Dynamikbereich  $> 116$  dB
- Frequenzgang Filter und Zuleitung wird generell kompensiert (siehe Folie „Frequenzgang“)
- Verstärkung wird empfängerindividuell getrennt für Unter- und Oberband kompensiert
- Temperaturgang und Bauteiltoleranzen gehen in den Absolutfehler ein.
- Messtoleranz für das Gesamtsystem (alle 50 Empfänger) deutlich besser als  $\pm 2,5$  dB

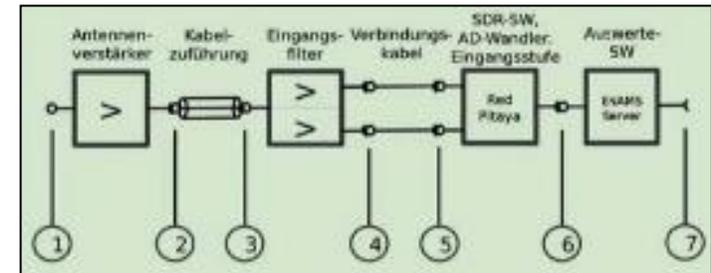
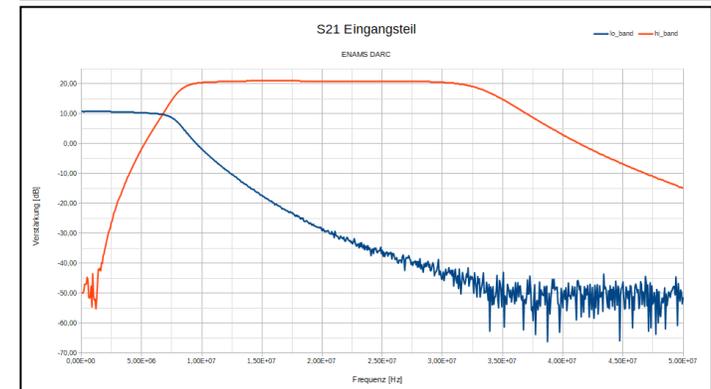
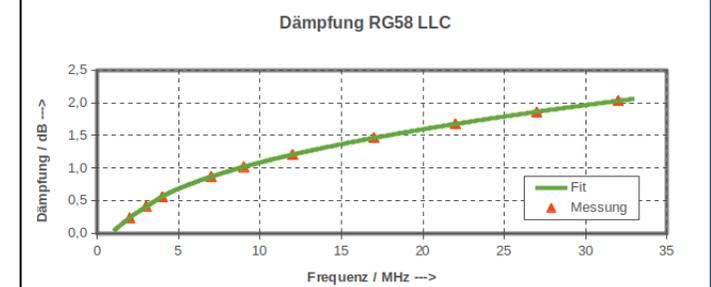
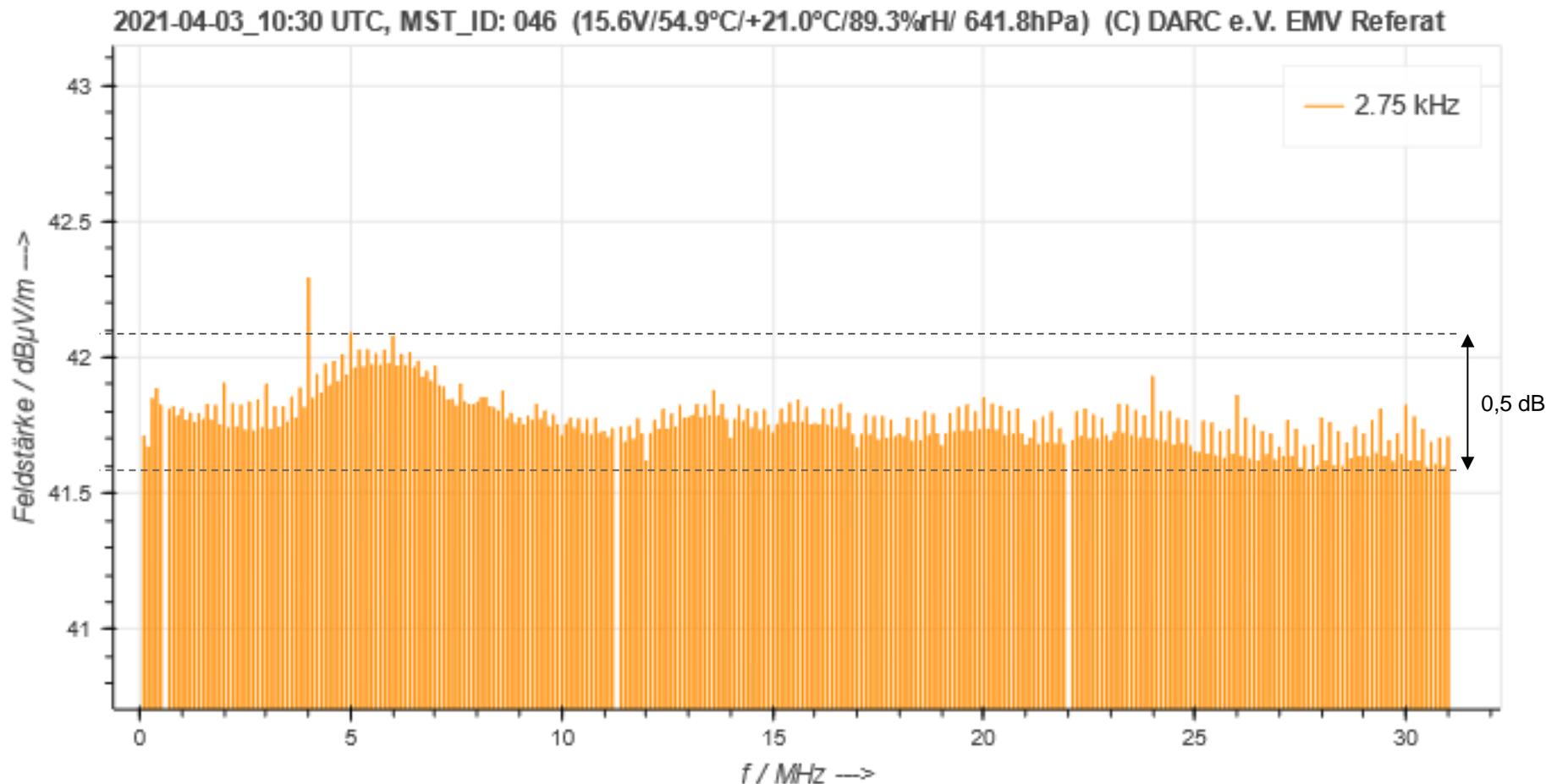


Bild 1: Schematischer Signalpfad des ENAMS mit Messpunkten 1...7



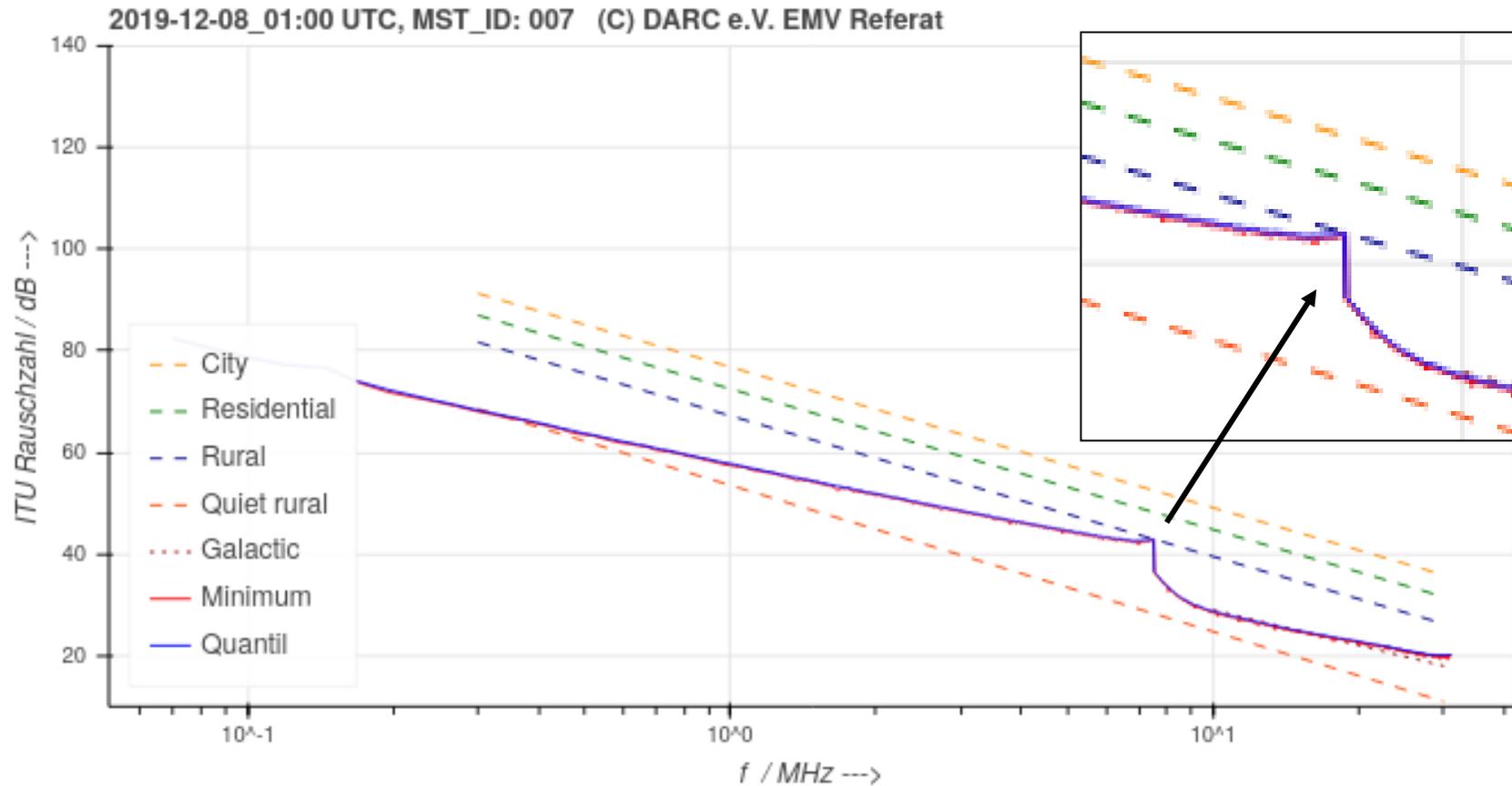
# Frequenzgang



Das Diagramm zeigt den Frequenzgang eines Messempfängers von 66 kHz – 31 MHz.

Die Kalibrierdaten wurden dabei von einem anderen Eingangsteil genommen, das in 2019 gebaut wurde.

# Empfindlichkeit

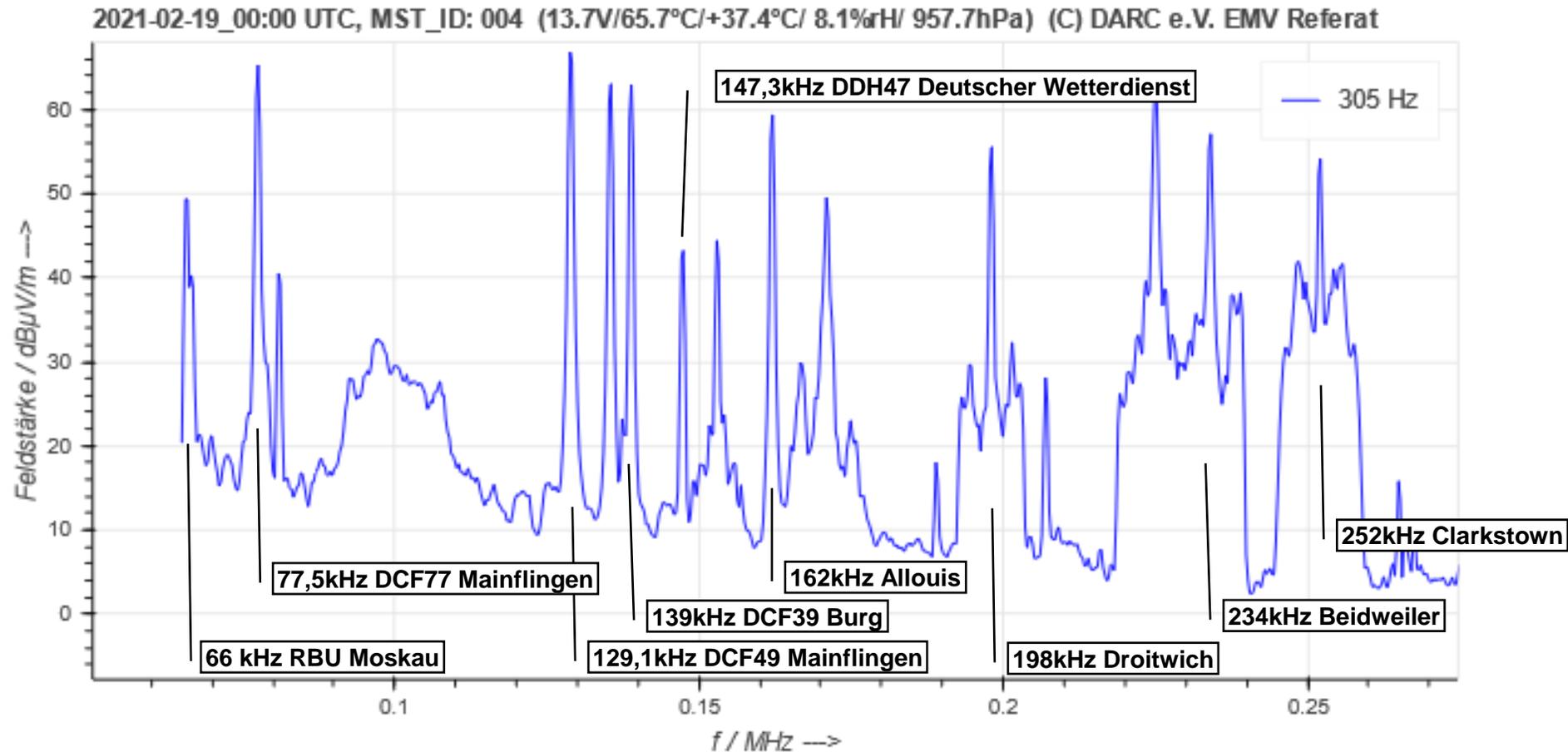


Das Diagramm zeigt die „minimal discernible signal“-Kurve (MDS), also die Grenzemfindlichkeit des Systems über der Frequenz, die durch das Systemeigenrauschen bestimmt ist.

Man sieht, dass das System immer empfindlicher ist als ITU „ländlich“, bis auf den Übergabepunkt von Unterband zu Oberband.

# Dynamik und Betriebsüberwachung

Langwellensender können zur Betriebsüberwachung herangezogen werden:



## Standorte in DL



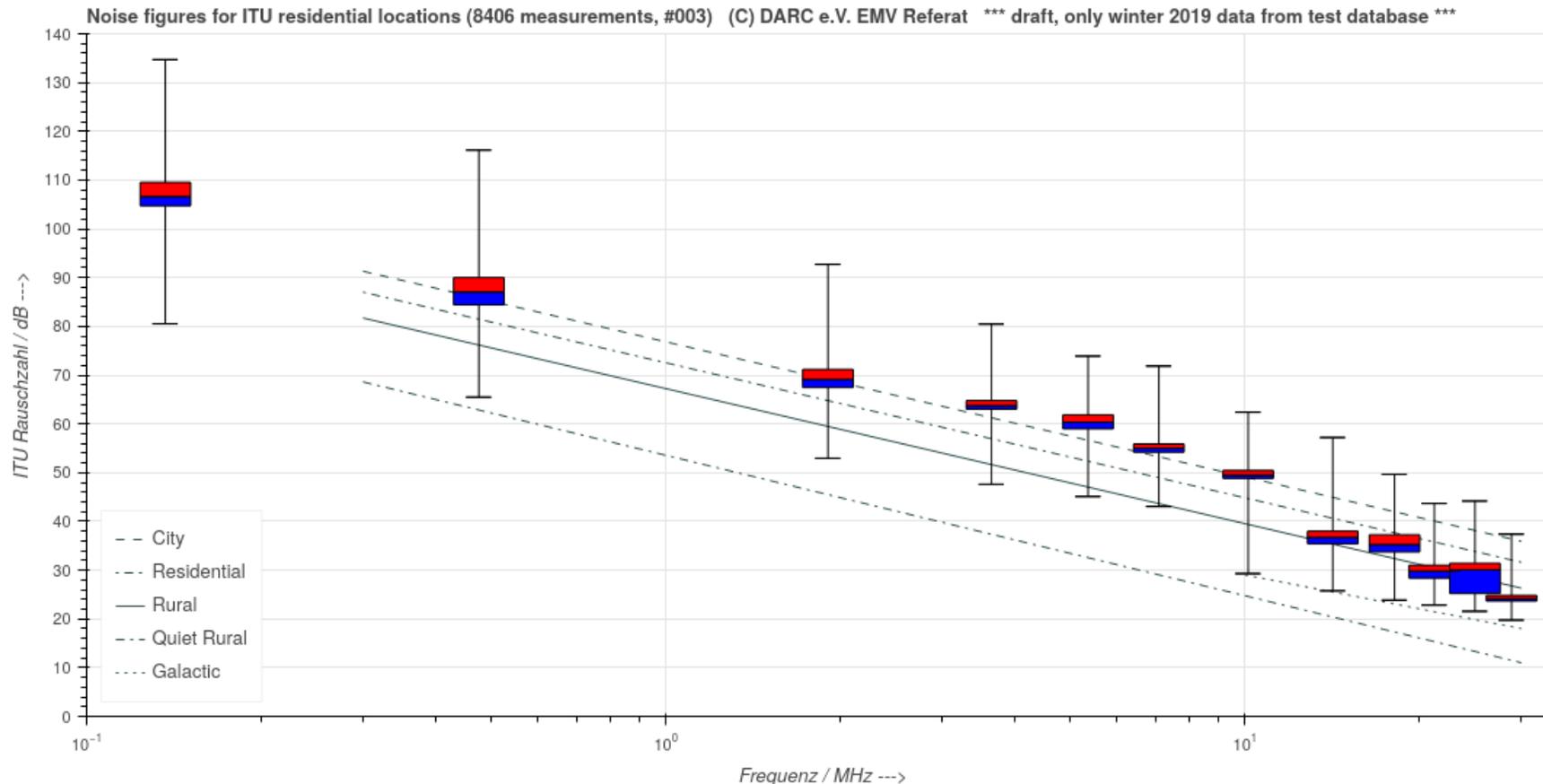
Die Grafik links zeigt die bisher zur Verfügung stehenden Standorte in Deutschland:

- 5 x „rural“
- 34 x „residential“
- 2 x „City“
- 3 x „industrial“

Es werden weitere Standorte im Ausland folgen:  
Österreich, Frankreich, England, USA und Neuseeland  
haben schon Interesse angemeldet, sich an ENAMS mit  
eigenen Empfängern zu beteiligen.

(Grafik aus CQ DL 02/2021)

# Störpegel Amateurfunkbänder „residential“/„rural“

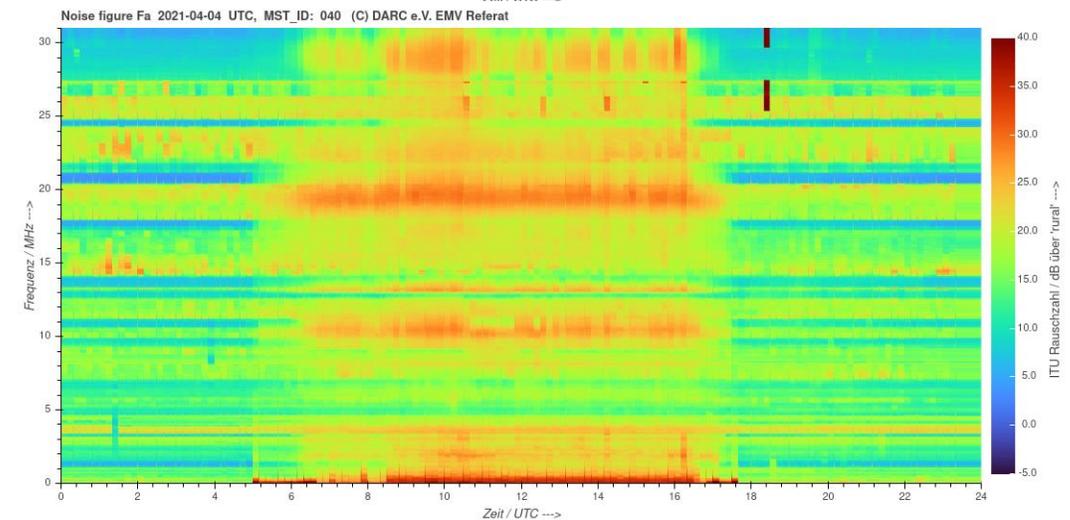
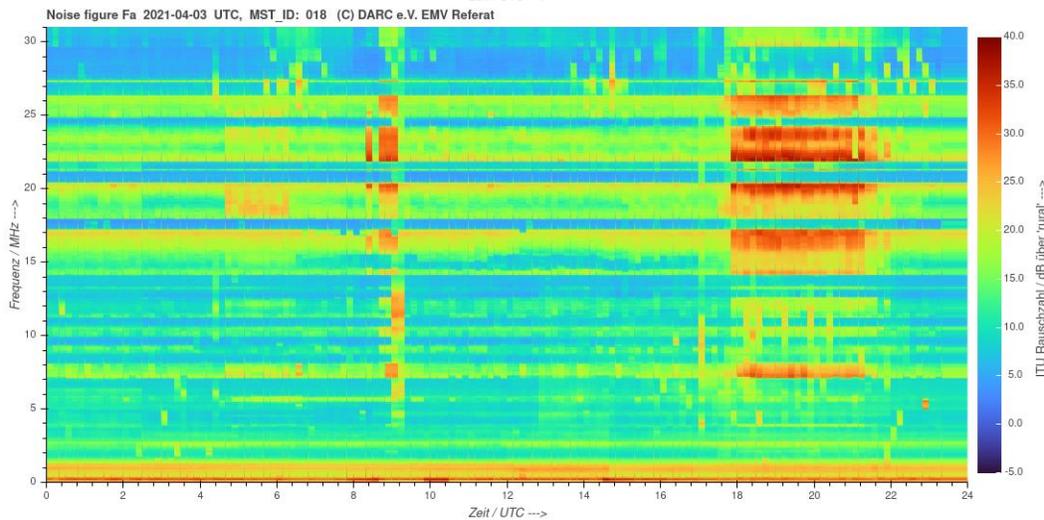
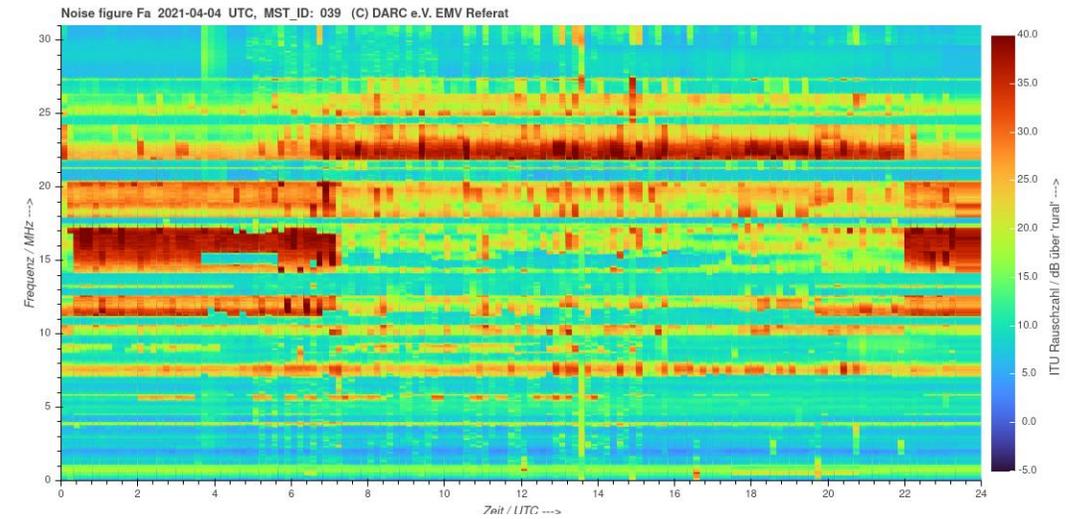
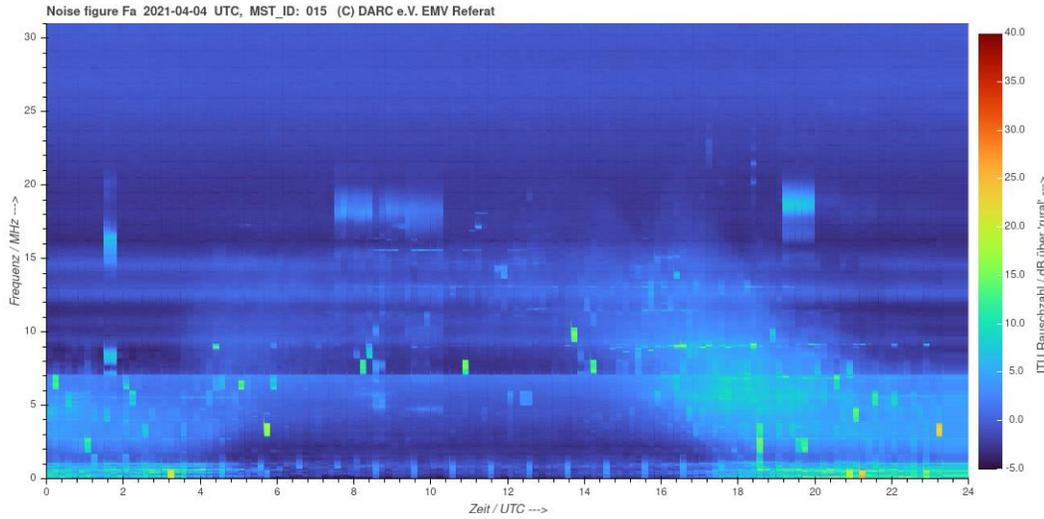


Das Diagramm zeigt die Rauschzahlen in den einzelnen Amateurfunkbändern als Boxplot.

Dargestellt sind Minimum, Maximum, 25%-, Median und 50%-Perzentilen.

Unterhalb 10 MHz liegt der Störpegel auf dem Niveau „City“, darüber zwischen „rural“ und „residential“.

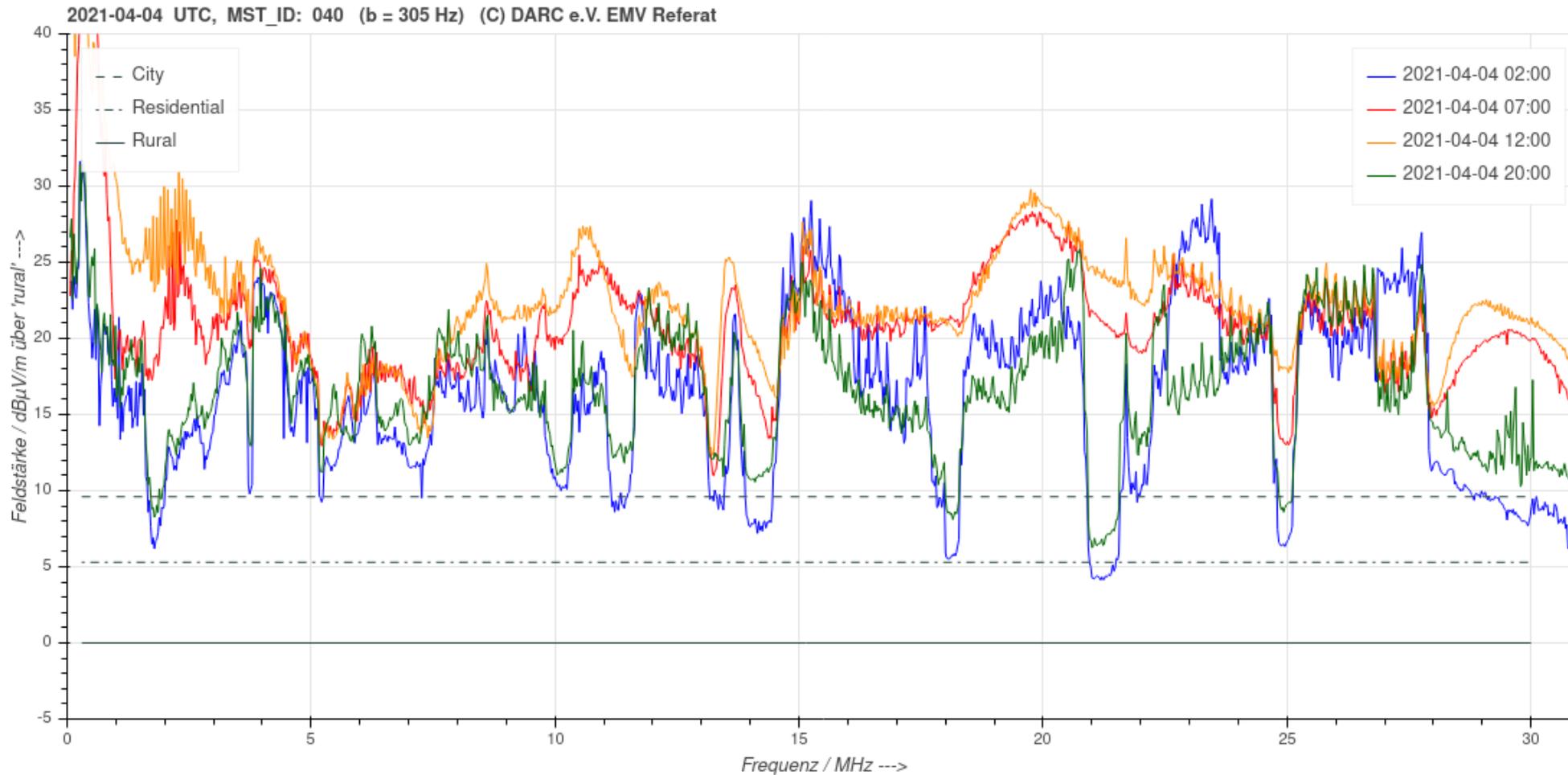
## Exemplarische Ergebnisse



DG8AL, Andreas Lock, 17. April 2021

© DARC e.V. Ortsverband Reutlingen, P07, Tübinger Str. 21, 72762 Reutlingen

## Exemplarische Ergebnisse



# Zusammenfassung

- ENAMS ist das erste flächendeckende Störfeldstärken-**Mess**system (weltweit)
- ENAMS funktioniert (!) und das automatisch, ein „go live“ erfolgt bis Ende April
- ENAMS ist hinsichtlich der Toleranzen verstanden, kalibriert und daher ein Messsystem
- ENAMS erlaubt verschiedenste Auswertungen von Messdaten
- Erste Ergebnisse liegen vor und zeigen dramatische Anstiege der Störpegel außerhalb der Amateurfunkbänder, innerhalb der Bänder aber eher moderat
- Der Projektauftrag des DARC e.V. zum Aufbau des Systems ist damit erfüllt
- Im weiteren werden jetzt Messergebnisse in die Diskussion um Störgrenzwerte eingebracht und der Fokus auf die Langzeitentwicklung von Störungen gerichtet

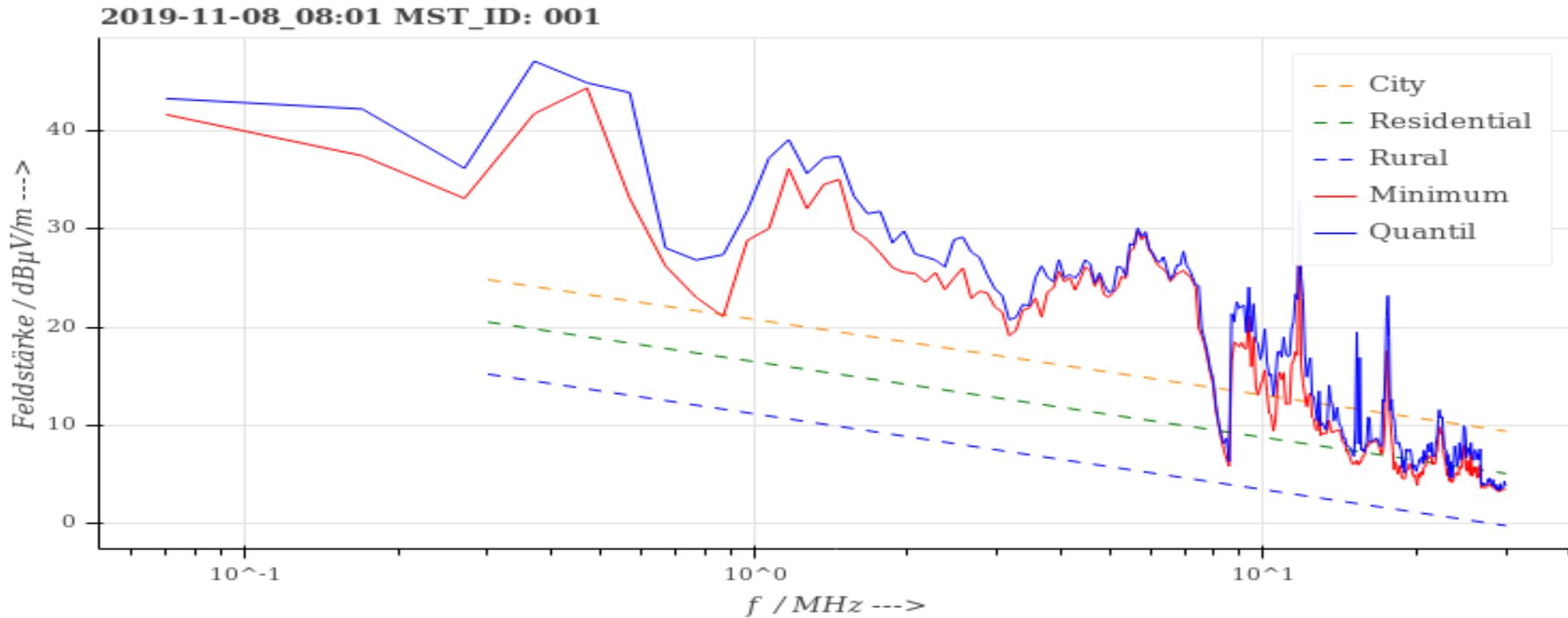
# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit !



# Backup

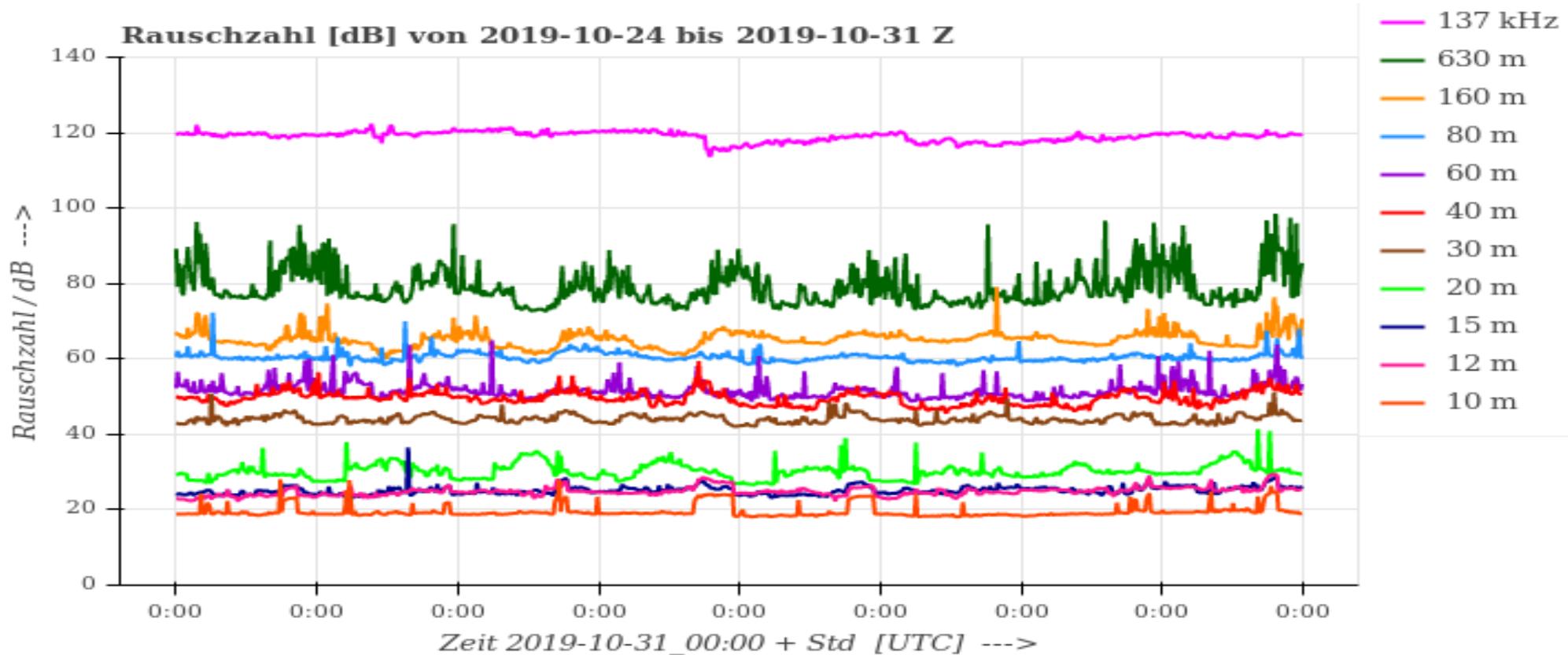
# Auswertungen

Rausch(untergrunds-)kurve als Störfeldstärke:



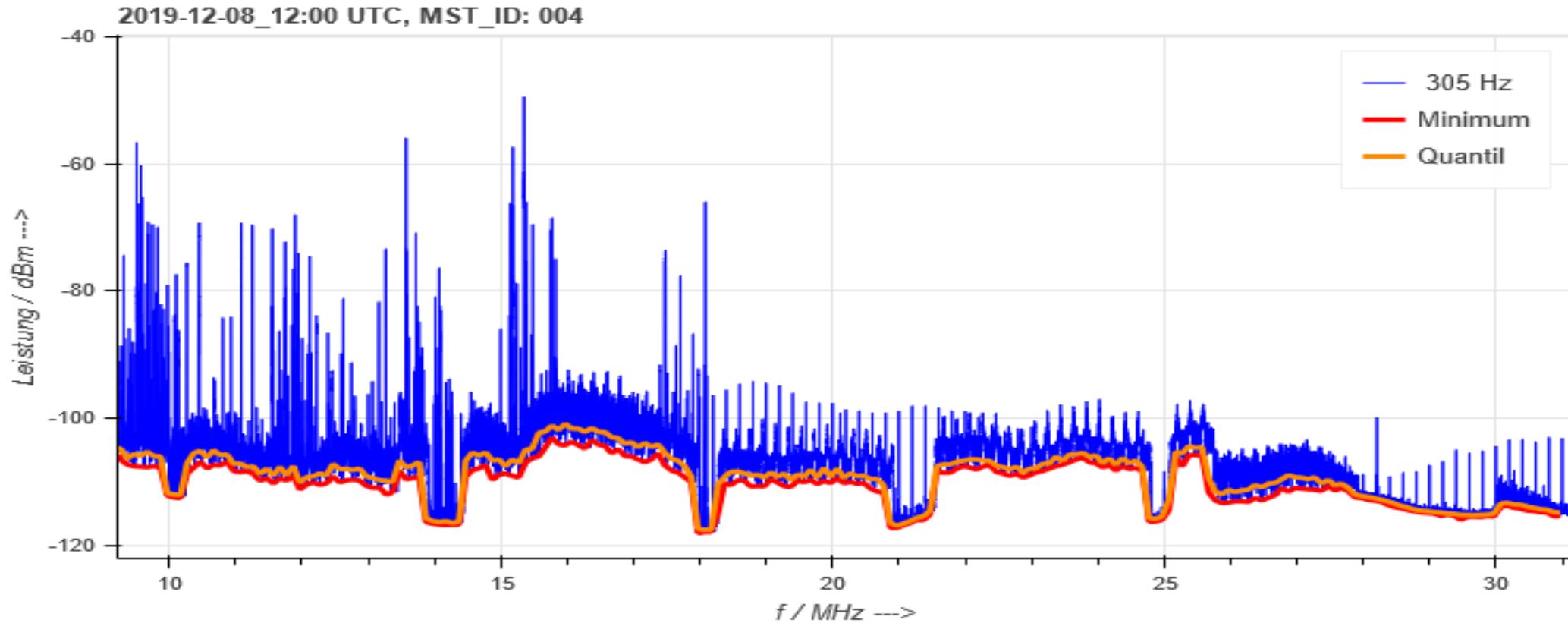
# Auswertungen

Rauschzahl der Amateurfunkbänder über mehrere Tage:



# Auswertungen

VDSL und Notches:



# ENAMS – etwas Statistik

## Datenmenge (Rohdaten) pro SDR

• pro Tag	30 MB	144 Messungen	1 Daten-Datei
• pro Jahr	14,6 GB	52.560 Messungen	365 Daten-Dateien
• 5 Jahre	73,0 GB	262.800 Messungen	1.825 Daten-Dateien

## Datenmenge (Rohdaten) ENAMS (55 SDR)

• pro Tag	2,2 GB	7.920 Messungen	55 Daten-Dateien
• pro Jahr	803,0 GB	2.890.800 Messungen	20.075 Daten-Dateien
• 5 Jahre	4,0 TB	14.454.000 Messungen	100.375 Daten-Dateien

**Die Datenmengen sind zu groß für eine manuelle Sichtung und Bewertung, d.h. es muss an einer automatisierten Sichtung der Daten gearbeitet werden**