

## Breitband-Messgeräte für Funksignale + Infos 220218

Breitband-Messgeräte für Funksignale – große Bandbreite an Messergebnissen

<https://baubiologie-magazin.de/breitband-messgeraete/>



Breitband-Messgeräte zur Messung von Hochfrequenz werden in großer Zahl und oft recht preiswert unter Bezeichnungen wie Elektrosmog-Meter, -Analyzer, -Detector, -Tester oder -Spion angeboten. Sie zeigen Messergebnisse an mit numerischen Displays, LED-Ketten mit daneben aufgedruckten Mikrowatt pro Quadratmeter [ $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ] bzw. Volt pro Meter [ $\text{V}/\text{m}$ ] oder auch nach dem einfachen „Ampelprinzip“ nur bunte LEDs ohne irgendeine Zahlenangabe. Möchte man bei den Letztgenannten konkrete Immissionswerte haben, so muss man mit Hilfe einer Tabelle aus den bunten Lichtpunkten die Zahlenwerte ermitteln. In der Werbung findet man häufig den Zusatz „professionell“ – über Messunsicherheiten jedoch so gut wie keine Angaben. Dabei ist genau dies ein wichtiger Punkt, der hier ausführlich untersucht wird. Dazu stellen sich folgende Fragen:

- Sind die Messwerte der verschiedenen Geräte bei unterschiedlichen Funksignalen – zumindest annähernd – identisch?
- Stimmen die Messwerte mit den Messergebnissen der Spektrumanalyse überein?
- Sind die Messwertanzeigen verlässlich und belastbar, oder handelt es sich eher um grob orientierende Angaben?

Diese Fragen wurden von den Autoren im August 2021 im Rahmen eines IMS-Workshops [1] „Breitbandmessgeräte“ in einem Gerätevergleichstest untersucht. 18 marktgängige Typen der „Elektrosmog-Messgeräte“ wurden hinsichtlich ihrer Anzeige der Signale von sechs unterschiedlichen Funkdiensten geprüft.

Um verlässliche, belastbare und vergleichbare Untersuchungsergebnisse zu erzielen, ist ein definierter „Ablauf der Messungen“ entscheidend (Beschreibung siehe Infokasten).

## Ablauf der Messungen

Die für die Untersuchung verwendeten Hochfrequenz-Signale unterscheiden sich ganz bewusst deutlich hinsichtlich Trägerfrequenz, Bandbreite, Signalcharakteristik (wie z.B. Pulscharakter) und Crestfaktor [2]. Die Messungen erfolgten unter alltagsüblichen Bedingungen in einem Wohnzimmer ohne relevante Hintergrundbelastung durch Hochfrequenz-Signale. Als Signalquellen dienten ein handelsüblicher WLAN-Router im Frequenzband 2,4 GHz, der einmal im Standby und zum anderen mit Datentransfer betrieben wurde, ein DECT-Schnurlostelefon (1.880 – 1.900 MHz) und zwei Labor-Signalgeneratoren, mit welchen die normgerechten Signale für Digitalfernsehen DVB-T und Mobilfunk LTE 700 erzeugt wurden, außerdem ein unmoduliertes Trägersignal bei 1.845 MHz.

Alle Messungen wurden von derselben Person durchgeführt. Mit jedem Gerät wurden in definiertem Abstand bei jedem Funkdienst nacheinander drei Messungen gemäß der Schwenkmethode [3] durchgeführt, um die statistische Sicherheit zu erhöhen und zufällige Ausreißer zu erkennen; für die Auswertung wurde jeweils der arithmetische Mittelwert der drei Messergebnisse herangezogen. Sofern die untersuchten Geräte über eine „Max Hold“-Funktion (Maximalwertspeicher) verfügen, wurde diese eingeschaltet. Bei Geräten, die eine Wahlmöglichkeit zwischen Hoch- und Niederfrequenz bieten, wurde nur die Hochfrequenz-Funktion aktiviert.

Von den 18 Gerätetypen standen bei 7 Typen jeweils zwei Exemplare zur Verfügung; hier wurden beide Exemplare untersucht, die Messergebnisse dieser „Zwillingsexemplare“ zeigten eine hohe Übereinstimmung, deshalb werden alle Gerätetypen nur einmal dargestellt. Zur Quantifizierung der Messunsicherheit dienten entsprechende Messergebnisse mittels Spektrumanalyse [4] als Referenz.

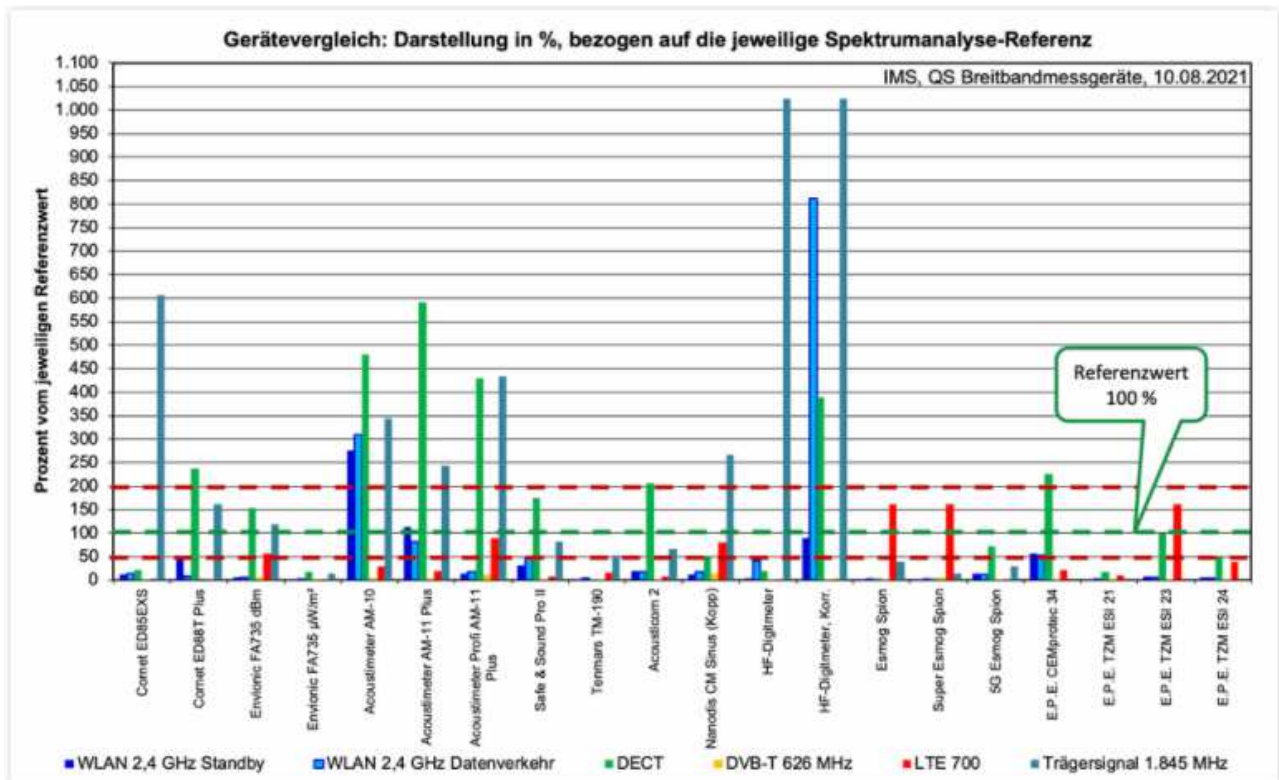
Besonderheiten der Darstellung gibt es beim Envionic FA735 und beim Endotronic HF-Digitmeter. Die Anzeigen dieser beiden Geräte wurde nach zwei verschiedenen, von den Herstellern angegebenen Methoden ausgewertet [5].

## Untersuchungsergebnisse

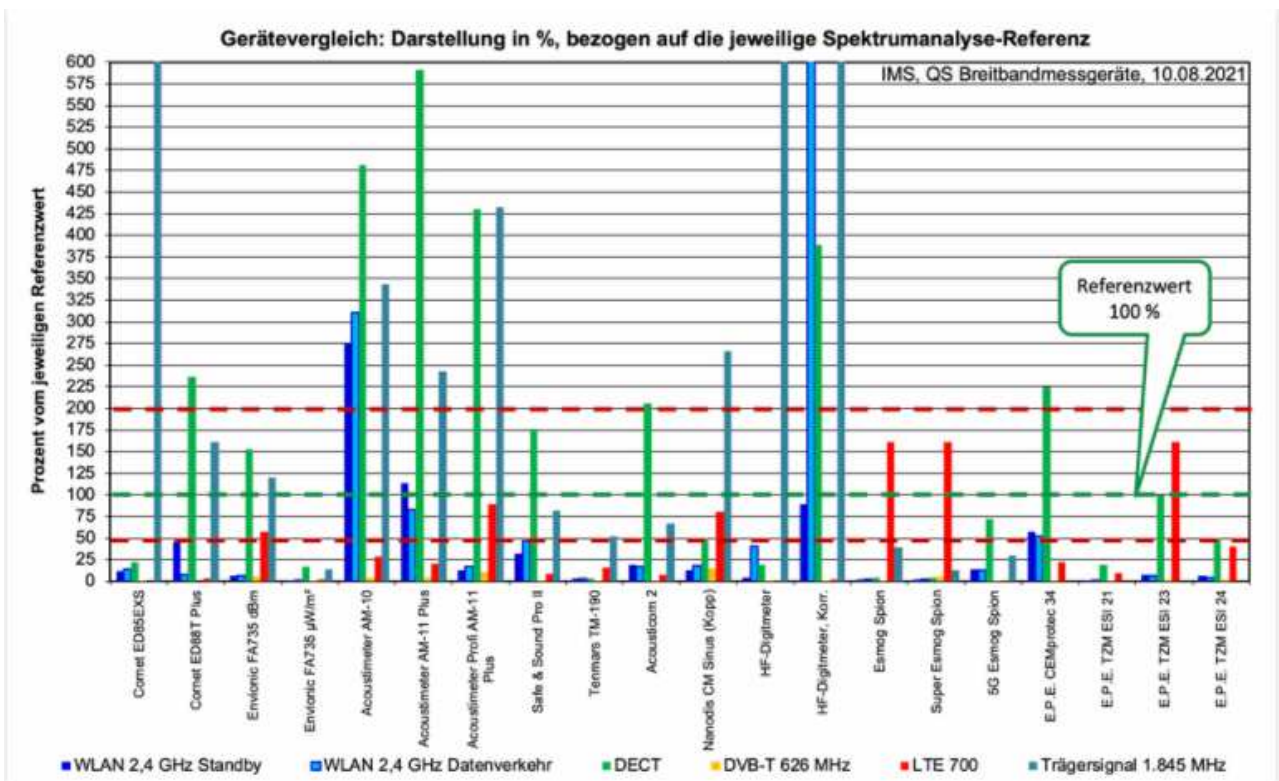
Da die Sendeleistungen und das Abstrahlverhalten der verwendeten Signalquellen unterschiedlich sind, ergeben sich auch unterschiedliche absolute Pegel am Messpunkt. Um einen Vergleich der Geräte zu ermöglichen, der vom absoluten Pegel unabhängig ist, wurden die Messwerte der untersuchten Geräte auf die entsprechenden Messergebnisse der Spektrumanalyse als Referenzwerte bezogen und somit in Prozent umgerechnet (normiert). Idealerweise sollten alle normierten Werte der Geräte um 100 % liegen.

Aber wenn Geräte nicht bei allen Signalen die 100 % erfüllen sollten, so wäre es hilfreich, wenn sie zumindest bei allen Funkdiensten die gleiche Messunsicherheit aufwiesen, also konstant z.B. 70 % oder 80 % des Spektrumanalysewertes anzeigten. Und natürlich sollte die Abweichung vom Messwert der Spektrumanalyse sich in Maßen bewegen und nicht mehrere Größenordnungen betragen.

Anhand der in den folgenden Abbildungen 1 bis 3 dargestellten Messergebnisse ist aber auf einen Blick ersichtlich, dass die von den verschiedenen Geräten angezeigten Werte leider in einer Spannweite von weniger als 0,1 % bis über 1.000 % differieren und auf unterschiedliche Funkdienste mit unterschiedlichen Anzeigen reagieren.

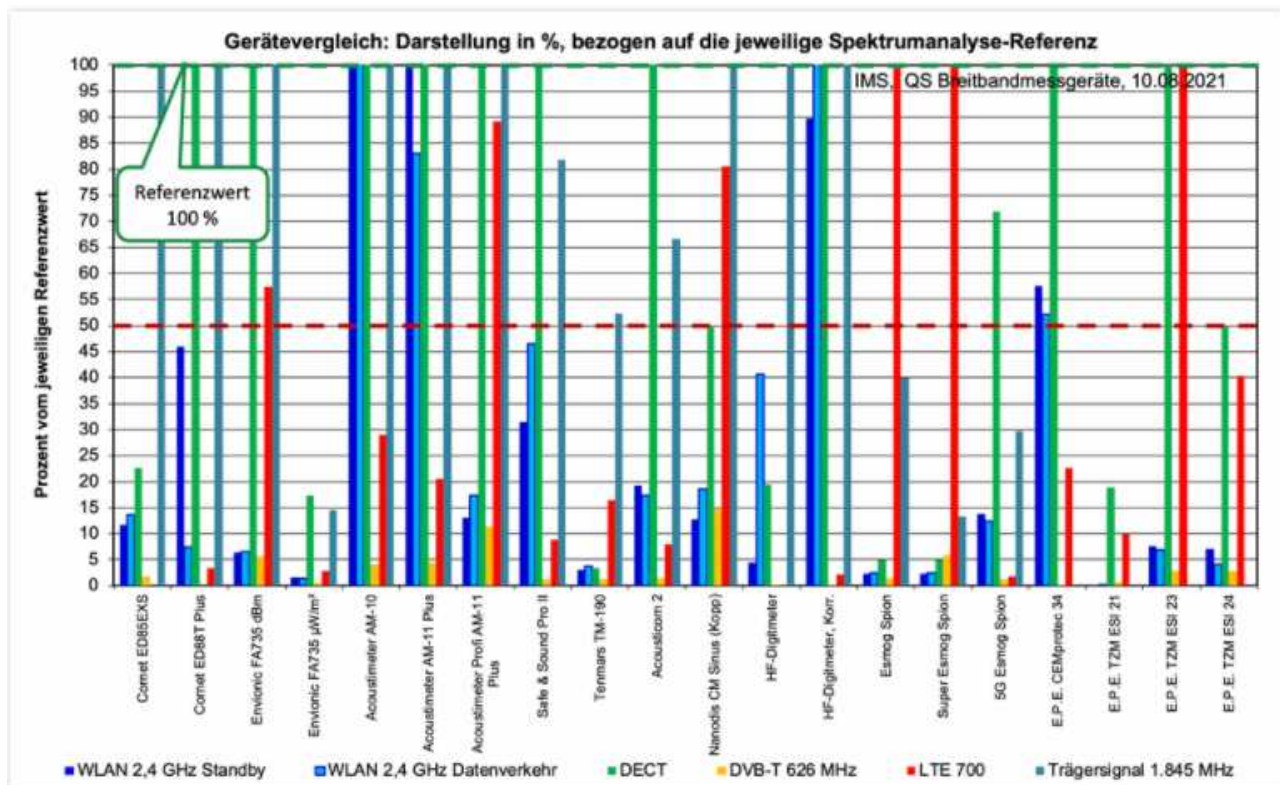


(1) Ergebnisse der Messungen, normiert auf die jeweiligen Referenzwerte der Spektrumanalyse, gesamter Auswertebereich bis 1.100 %. Die dunkelgrüne, gestrichelte horizontale Gerade entspricht dem Referenzwert (= 100 %), die beiden rot gestrichelten Linien zeigen das Toleranzband von +/-3dB (Faktor 2 bzw. 1/2, entsprechend 200 % bzw. 50 % des Referenzwertes)



(2) Ergebnisse der Messungen wie in Abb. 1, aber Auswertebereich reduziert auf 600 %, um die Unterbewertungen besser zu verdeutlichen.





(3) Ergebnisse der Messungen wie in Abb. 1 und 2, aber Auswertebereich reduziert auf 100 %, um auch die starken Unterbewertungen besser zu verdeutlichen.

In einem bunten Mix ist dort alles Mögliche an Unter- und Überbewertungen im Vergleich zu den Referenzwerten zu finden. Zudem gibt es kein Gerät, das bei allen hier untersuchten Signalen einheitlich die gleichen Über- oder Unterbewertungen aufweist. Daher kann auch kein einheitlicher Korrekturfaktor angewendet werden. Hinzu kommt, dass in der Praxis meist ein Mix unterschiedlicher Signale anzutreffen ist.

Am realistischsten sind bei den meisten Geräten noch die Messergebnisse beim DECT-Signal, sogar mit einer Tendenz zur Überbewertung. Die breitbandigen Funkdienste mit einem Crestfaktor in der Größenordnung von ca. 10 dB – wie DVB-T und LTE – werden dagegen oft deutlich bis massiv unterbewertet. Hier zeigen die meisten Geräte weniger als 10 % des Referenzwertes an, manche auch nur 1 % oder gar 0,1 % des Referenzwertes.

### Was darüber hinaus zu beachten ist?

Die aus Abb. 1 bis 3 ersichtlichen Unter- und Überbewertungen stellen die gerätebedingten Messunsicherheiten dar. Bei Mobilfunksystemen, deren Sendeleistungen ja nicht konstant sind, sondern auslastungsabhängig zwischen **Minimal**werten (Leerlauf, ohne Verkehrslast) und **Maximal**werten (Volllast) schwanken, ist in der Messpraxis noch folgender weiterer Faktor zu berücksichtigen: Da man bei der Breitbandmesstechnik nämlich nicht weiß, bei welchem Auslastungsgrad der Mobilfunksysteme tatsächlich gemessen wurde, kommt die auslastungsabhängige Messunsicherheit noch hinzu. Diese zusätzliche Messunsicherheit in der Größenordnung des Faktors vier lässt sich bei GSM und LTE vielleicht noch verschmerzen. Beim Mobilfunksystem 5G NR dagegen kann der Unterschied zwischen Minimum und Maximum bis zu einem Faktor von 250 betragen! Details hierzu siehe [A].

Und schließlich ist in der Praxis noch zu berücksichtigen, dass sowohl bei LTE als auch bei 5G NR die Verkehrskanäle über zwei senkrecht zueinander stehende Antennenelemente abgestrahlt werden (2-fach MIMO). Diese beiden orthogonalen Komponenten können aber nur mit echt isotropen (3D) Antennen gleichzeitig gemessen werden, wie sie typischerweise nur in professionellen Industriegeräten zum Einsatz kommen. Mit den in der hier untersuchten Geräteklasse üblichen, nicht isotropen Antennen wird nur die Hälfte der Strahlungsdichte erfasst; die gemessene Strahlungsdichte muss also mit dem Faktor zwei multipliziert werden.

Ein weiterer Gesichtspunkt, der hier nicht näher betrachtet wird, der für die Praxis aber auch bedeutend sein kann, ist der Frequenzbereich, den die Geräte erfassen. Viele Geräte messen erst ab Frequenzen von mehreren hundert Megahertz aufwärts bis ca. 3 GHz. Damit bleiben sowohl Funkdienste mit Frequenzen über 3 GHz unentdeckt (z.B. 5G mit aktivem Beamforming, WLAN 5 GHz und WLAN 6 GHz) als auch Immissionen im unteren Hochfrequenzbereich, wie das immer häufiger anzutreffende NFC (Near Field Communication). NFC arbeitet auf der Frequenz 13,56 MHz und wird typischerweise an Kassen für die kontaktlose Bezahlungsfunktion von EC-Karten eingesetzt, aber zunehmend auch im Haushaltsbereich, wie z.B. bei der Toniebox für Kinder zur Wiedergabe von Liedern und Hörspielen [C].

## **Fazit**

Für so manche, durch Hochfrequenzstrahlung betroffene Personen spielen die Abweichungen vom Referenzwert möglicherweise keine bedeutende Rolle. Sie können rasch auch mit einem vergleichsweise ungenau messendem Gerät die aktuelle Hochfrequenzsituation orientierend überprüfen. Zusätzlich ermöglicht so manches Gerät bei Kenntnis des funkdiensttypischen Geräuschemusters [B] über die akustische Diagnose die Identifizierung der Ursache bzw. lokalen Quelle.

Zusammenfassend ist aber auch zu sagen, dass keines der getesteten Geräte bei allen Signalen Strahlungsdichten anzeigte, die den Referenzwerten der deutlich genaueren Spektralanalyse entsprechen. Für die Ermittlung von verlässlich quantifizierten Messwerten sollten solche Geräte daher besser nicht herangezogen werden.

---

## **Autoren:**

Dr.-Ing. Martin H. Virnich, Mönchengladbach

Dr.-Ing. Dietrich Moldan, Iphofen

Dipl.-Ing. Karin Beutler, Kleinmachnow

Wir danken Urs Raschle und Roman Schilling für die hilfreiche Unterstützung bei der Durchführung der Messungen. Bei der Firma Rohde & Schwarz und der Fachhochschule Deggendorf bedanken wir uns für die freundliche Ausleihe der Signalgeneratoren für DVB-T und LTE. Zudem danken wir den Kollegen, die uns ihre Breitbandmessgeräte für die Untersuchung zur Verfügung gestellt haben.

## Verweise und weiterführende Literatur:

[1] IMS: **Iphöfer Messtechnik-Seminare, Dr. Dietrich Moldan.**

[2] Der Crestfaktor bezeichnet das Verhältnis von Spitzenwert zu Effektivwert eines Signals. Bei unmodulierten Signalen (Trägersignal) und rein frequenzmodulierten Signalen (z.B. UKW-Tonrundfunk) sind beide Werte gleich groß, der Crestfaktor beträgt hier also 1 (bzw. 0 dB). Funkssysteme wie DVB-T, LTE oder WLAN arbeiten dagegen mit Signalen, bei denen sich Spitzenwert und Effektivwert der Leistung um einen Faktor von ca. 10 bis 20 unterscheiden (entsprechend ca. 10 bis 13 dB). Der Crestfaktor bei DECT-Impulsen beträgt ca. 1 resp. 0 dB.

[3] Bei der Schwenkmethode wird mit der Messantenne systematisch ein begrenztes Raumvolumen in allen Polarisationssebenen abgetastet, um die durch Interferenzen bedingten lokalen Immissionsmaxima zu erfassen. Mit dem Maximalwertspeicher (Max Hold) wird dabei der maximale Messwert festgehalten.

[4] Spektrumanalysator Rohde & Schwarz FSL 6 mit eingestelltem Peak-Detector (Spitzenwert) und Max Hold (Maximalwertspeicher); Messantenne Schwarzbeck SBA 9113 B; Antennenkabel Schwarzbeck AK9513 (3 m); alle Komponenten kalibriert.

[5] Beim Envionic FA735 sind zwei Ergebnisse aufgeführt, einmal mit dem Zusatz „dBm“ und einmal mit „ $\mu\text{W}/\text{m}^2$ “. Das Gerät bietet beide Ablesemöglichkeiten, wobei man bei der Messung im Modus „dBm“ die dBm-Werte mit Hilfe einer Tabelle in  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  umrechnen muss. Der Hersteller weist selbst darauf hin, dass die bequem direkt ablesbaren Werte in  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  bis zum Faktor 100 ungenauer sein können als die dBm-Werte. Beim Endotronic HF-Digitmeter sind ebenfalls zwei Ergebnisse aufgeführt. Das erste zeigt die abgelesenen Werte. Beim zweiten mit dem Zusatz „Korr.“ wurden diese Werte mit den Korrekturfaktoren laut Bedienungsanleitung des Gerätes multipliziert: Faktor 10 bei LTE 700 und DVB-T, Faktor 20 bei WLAN und DECT.

[A] Martin H. Virnich: **5G Immissionsmessungen mit Breitbandmessgeräten der baubiologischen Messtechnik**

im „baubiologie magazin“ des Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN

[B] Martin H. Virnich: **Audio-Analyse von Funksignalen – Signalcharakteristiken und funkdiensttypische akustische Muster (interaktive DVD)**; Berufsverband Deutscher Baubiologen VDB e.V. (Hrsg.).

Für weitere Geräuschbeispiele (z.B. 5G NR, Toniebox) bitte scrollen bis „Zusätzliche Funksignale“

[C] Martin H. Virnich, Dietrich Moldan: **Tonie's Würfelfunk – Wann wird was gesendet?**

im „baubiologie magazin“ des Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN

## Antwort zu Frage 1

Dr.-Ing. Martin H. Virnich, Dr.-Ing. Dietrich Moldan, Dipl.-Ing. Karin Beutler  
24. Februar 2022 um 9:40

Sehr geehrter Herr Hoffmann-Ostenhof,

vielen Dank für Ihre Anregungen, zu denen wir gerne die folgenden Erläuterungen geben.

Der Gerätevergleich erfolgte durchgehend auf Basis der physikalischen Größe „Strahlungsdichte“ (auch „Leistungsflussdichte“ genannt) in der Maßeinheit Mikrowatt pro Quadratmeter [ $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ]. D.h. sowohl die Ergebnisse der Spektrumanalyse als auch die Anzeigen der Breitbandgeräte repräsentieren Mikrowatt pro Quadratmeter; 25 % des Referenzwertes entsprechen also beispielsweise einem Viertel der Referenz-Strahlungsdichte. Bei denjenigen Breitband-Geräten, die nur die elektrische Feldstärke (in V/m oder mV/m) anzeigen, wurde von uns über den Wellenwiderstand des freien Raumes die äquivalente Strahlungsdichte berechnet. Hier ist zu beachten, dass die Feldstärke und die Strahlungsdichte nicht linear, sondern quadratisch miteinander verknüpft sind. Einem Viertel der Referenz-Strahlungsdichte entspricht also die Hälfte der korrespondierenden Feldstärke.

Die Referenzwerte der einzelnen Funkdienste liegen überwiegend im Bereich um  $1.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ ; lediglich für das DVB-T-Signal bei  $3.400 \mu\text{W}/\text{m}^2$  und für das reine Trägersignal (1.845 MHz) bei  $75 \mu\text{W}/\text{m}^2$ . Bis auf das reine Trägersignal liegen also alle Referenzwerte in der gleichen Größenordnung.

Welchen Wertebereich die einzelnen Messgeräte anzeigen, kann man mit etwas Fleißarbeit leicht selbst herausfinden, indem man sich die von den Herstellern veröffentlichten technischen Daten anschaut oder bei den Geräten mit Leuchtdioden-Anzeige (und das sind die meisten) hierzu einfach die Beschriftungen neben der untersten und obersten LED heranzieht. Viele Geräte sind mit einem Messbereich von  $1 \mu\text{W}/\text{m}^2$  (teilweise auch weniger) bis  $100.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ , teilweise sogar bis  $2.500.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$  (=  $2,5 \text{ W}/\text{m}^2$ ) spezifiziert. Der Elektrosmog Tester Nanodis CM Sinus hat allerdings einen Anzeigebereich von  $0,1 \mu\text{W}/\text{m}^2$  bis lediglich  $500 \mu\text{W}/\text{m}^2$ . Die bei diesem Gerät in den Graphiken ausgewiesenen  $500 \mu\text{W}/\text{m}^2$  stellen also die höchste überhaupt mögliche Anzeige dieses Gerätes dar (Überlauf/Overflow).

Auch die maximale Anzeige der Geräte von E.P.E. ist mit  $2.750 \mu\text{W}/\text{m}^2$  bzw.  $2.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$  gegenüber dem übrigen Testfeld deutlich reduziert.

Alle untersuchten Geräte sind für untere Grenzfrequenzen von 1 MHz oder sogar noch niedriger, 50 MHz oder höchstens 200 MHz spezifiziert; sie sollten also DVB-T-Signale (ca. 500 MHz – 700 MHz) vom Frequenzbereich her sauber erfassen können. Die „Einstieger“-Geräte des Herstellers Gigahertz Solutions mit der logarithmisch-periodischen Antenne weisen dagegen eine untere Grenzfrequenz von lediglich 700 oder 800 MHz auf – sie können also den DVB-T-Bereich nicht erfassen. Die Geräte für die „Professionelle Analyse“ von Gigahertz Solutions mit einem Frequenzbereich bis herunter zu 27 MHz spielen dagegen preislich in einer wesentlich höheren Liga, so dass ein Vergleich mit dem hier vorgestellten Testfeld nicht „fair“ wäre. Geräte von Gigahertz Solutions wurden daher nicht in den Vergleichstest mit aufgenommen.

Einige der obigen detaillierteren Erläuterungen werden wir in den nächsten Tagen gerne noch in den Beitrag des „baubiogie magazin“ einarbeiten.

Dr.-Ing. Martin H. Virnich, Dr.-Ing. Dietrich Moldan, Dipl.-Ing. Karin Beutler

## Frage 1

Arthur Hoffmann-Ostenhof  
22. Februar 2022 um 14:04

Ein paar Anregungen von Jemandem, der im Besitz zweier dieser getesteten Hobby-Messgeräte ist und kein Messtechniker ist.

Es wäre schön, wenn im Artikel für den Leser zu sehen ist, in welcher Einheit der Referenzwert aus der Spektrumanalyse ist.

Auch wäre es für viele Leser sicherlich von Interesse zu wissen, in welcher Höhe sich denn der Referenzwert ungefähr befindet. Denn möglicherweise misst dasselbe Messgerät bei tatsächlichen Referenzwerten von  $1000 \mu\text{W}/\text{m}^2$  oder  $10 \mu\text{W}/\text{m}^2$  unterschiedlich stark, falsch bzw. richtig.

Für viele Menschen, die E-Smog vermeiden wollen, wäre es wesentlich zu wissen, bis zu welchem Referenzwert die Messgeräte überhaupt noch Messungen tätigen bzw. Funk-signale durch Laute erkennbar machen können. Das sieht man im Artikel nicht – wäre vielleicht zu aufwändig.

Eine weltbekannte Firma fehlt bei dem Test, Gigahertz Solutions. Ob ihre Geräte z.B. im DVB-T Frequenzbereich besser abschneiden, ist damit für den Leser unklar.