

Durch die zunehmende Bedeutung neuartiger Technologien werden vernetztes Wohnen, autonomes Fahren und Internet der Dinge zum ständigen Begleiter in unserem Alltag. Das Vernetzen von Elektrogeräten aller Art erfordert damit auch einen zusätzlichen und erweiterten Prüfaufwand. Meist reicht es deshalb nicht mehr aus, dass z. B. Haushaltsgeräte betreffend ihrer elektromagnetischen Emissionen lediglich nach EN55014 geprüft werden.

Ist ein Funkmodul im Gerät oder Prüfling verbaut, so muss dieser auch nach den Funkstandards gemäß dem European Telecommunications Standards Institute (ETSI) geprüft und somit deren Einhaltung sichergestellt werden. Neben der konventionellen Prüfung auf EMV muss ein Gerät mit aktivem Funkmodul deshalb außerdem auch auf Nebenaussendungen (engl. spurious emissions) untersucht werden. Weiter müssen zusätzlich auch beispielsweise Abstrahlcharakteristik, Abstrahlleistung sowie weitere Parameter nach ETSI Standards geprüft und dokumentiert werden.

Herkömmliche Messempfänger, welche ohne moderne FFT-basierte Messverfahren und digitalem Superheterodynmodus arbeiten, geraten bei diesen Prüfungen sehr schnell an ihre technischen Grenzen. Vor allem bei OFDM-basierten Kommunikationssignalen oder sog. frequency hopping Signalen weisen die ETSI Standards hier ausdrücklich auf die eindeutigen Vorteile der Verwendung von FFT-basierten Messverfahren- und -geräten hin.

Moderne Messempfänger, wie z. B. das EMV-Zeitbereichsmesssysteme TDEMI® X, sind von Haus aus so konzipiert und entwickelt, dass diese den Messanforderungen entsprechen und zusätzlich eine sehr hohe Dynamik mitbringen. Das TDEMI® X verfügt über eine Echtzeitbandbreite von bis zu 645 MHz. Der TDEMI® X Messempfänger bietet hier gegenüber anderen Messgeräten den signifikanten Vorteil, dass auch mit einer solch hohen Echtzeitbandbreite alle Anforderungen der CISPR 16-1-1 Norm jederzeit vollständig eingehalten sind. Die beim TDEMI® X eingesetzte einzigartige Technologie von z. B. mehreren kombinierten ADCs sowie FPGAs bieten bei Funkmessungen also erhebliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Messempfängern oder Spektrumanalysatoren, welche immer noch ausschließlich nach dem Superheterodynverfahren im Frequenzbereich arbeiten. Durch die mit dem TDEMI® X erreichbaren sehr kurzen Prüfzeiten spielt auch der wirtschaftliche Faktor eine ganz erhebliche Rolle und erhöht hier die Effizienz sowohl im Prüflabor als auch in der Entwicklung um ein Vielfaches.

Der Standard ETSI EN 300 328 V2.1.1 (2016-11) beschreibt die wesentlichen Anforderungen an Funkmodule im 2,4 GHz (ISM) Frequenzband. Die Prüfung nach diesem Standard ist im Nachfolgenden exemplarisch dargestellt und kann für andere Funkstandards mit weiteren Anforderungen in ähnlicher Art und Weise durchgeführt werden.

### **Maximale Ausgangsleistung**

Sendemodule, welche ein Breitbandmodulationsverfahren (z. B. OFDM) verwenden, dürfen eine maximale Ausgangsleistung von 20 dBm liefern. Die Sendeleistungen beziehen sich auf das Maximum während eines Sendevorgangs. Die Messung der absoluten Sendeleistung erfolgt mit dem TDEMI® X nun derart, dass eine Echtzeitbandbreite ausgewählt wird, welche der Bandbreite des Kanals entspricht und diese Bandbreite mit dem RMS-Detektor über der Zeit gemessen wird.

### **Maximale spektrale Leistungsdichte**

Die maximale spektrale Leistungsdichte darf im Sendekanal 10 dBm/MHz nicht überschreiten. Man spricht hierbei von einer leitungsgeführten Messung. Das TDEMI® X wird auf eine Auflösebandbreite von 1 MHz eingestellt und der RMS-Detektor angewandt. Durch die Aktivierung des Umrechnungsfaktors wird dann direkt die spektrale Leistungsdichte in dBm/MHz angezeigt und eine weitere Umrechnung somit entfällt.

### **Effective Isotropic Radiated Power E.I.R.P.**

Gestahlte Emissionsmessung mit dem TDEMI® X erfolgt durch die Verwendung des Echtzeitmodus mit dem der gesamte ISM Bandbereich in Echtzeit gemessen und angezeigt wird. Durch kontinuierliches Drehen des Drehtischs und Echtzeitmessung an allen Frequenzpunkten (Bild 1), erhält man so direkt die spektrale Leistungsdichte pro Abstrahlwinkel und somit die gesamte Abstrahlcharakteristik des Funkmoduls.

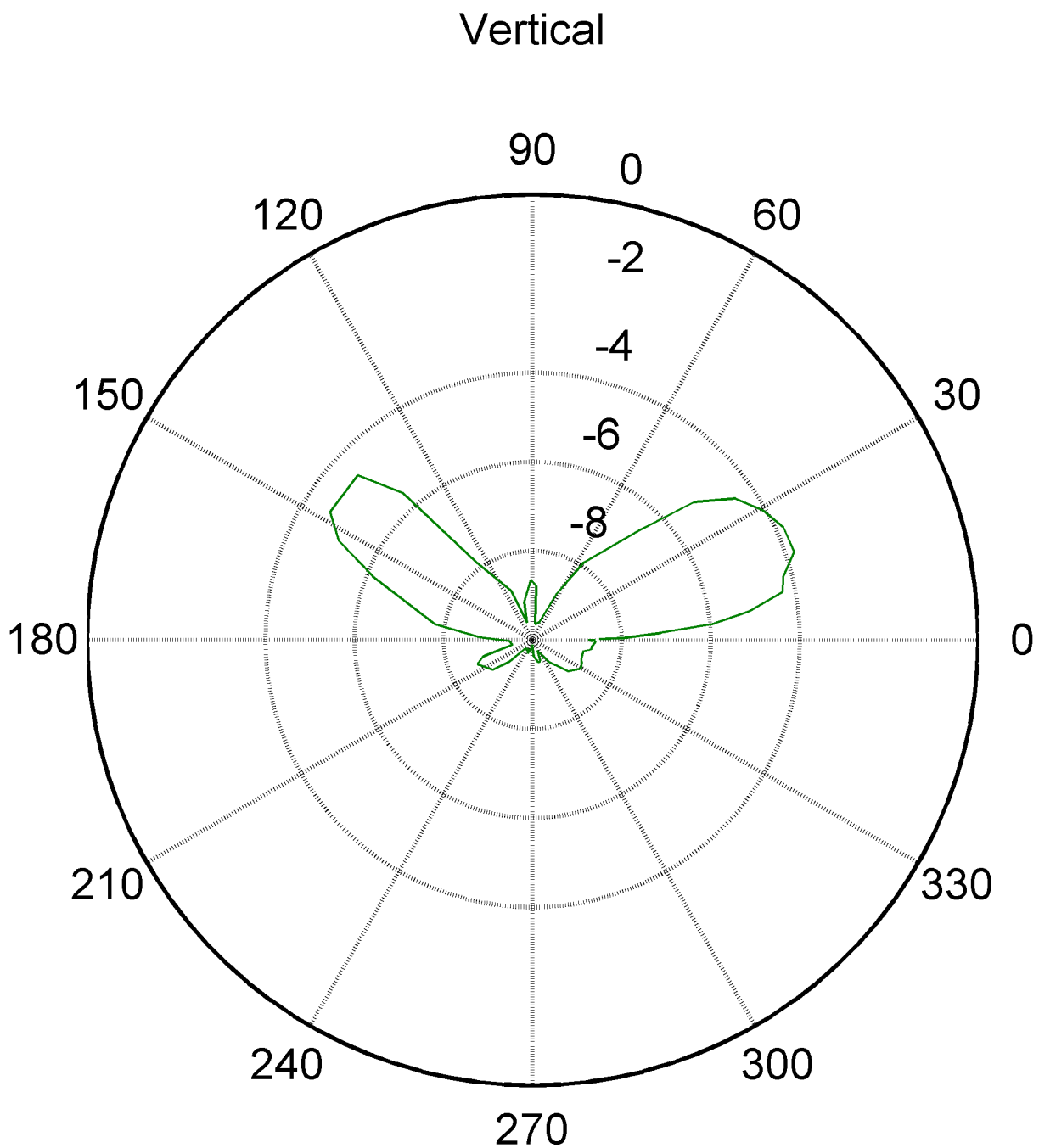


Bild 1: 360° Abstrahlcharakteristik eines Senders

### Messung von Nebenaussendungen

Außerhalb des ISM Bandes muss das Funkmodul auch auf Nebenaussendungen untersucht werden. Da der Sendevorgang bzw. Übertragung solcher Module teilweise in einzelnen Bursts stattfindet oder auch sog. frequency hopping Signale verwendet werden, ist es notwendig die Emission mittels RMS-Detektor über der Zeit eines Bursts zu messen. Das TDEMI® X Messsystem bietet hier die Möglichkeit die Leistung über der Zeit über viele

Frequenzpunkte gleichzeitig anzuzeigen. Dies geschieht üblicherweise unterhalb 1 GHz mit 645 MHz Echtzeitbandbreite und oberhalb 1 GHz in Segmenten von 325 MHz Echtzeitbandbreite. Die Norm ETSI EN 300 328 V2.1.1 verweist hier wiederum direkt auf den Nutzen und Vorteile des Einsatzes von FFT-Verfahren.

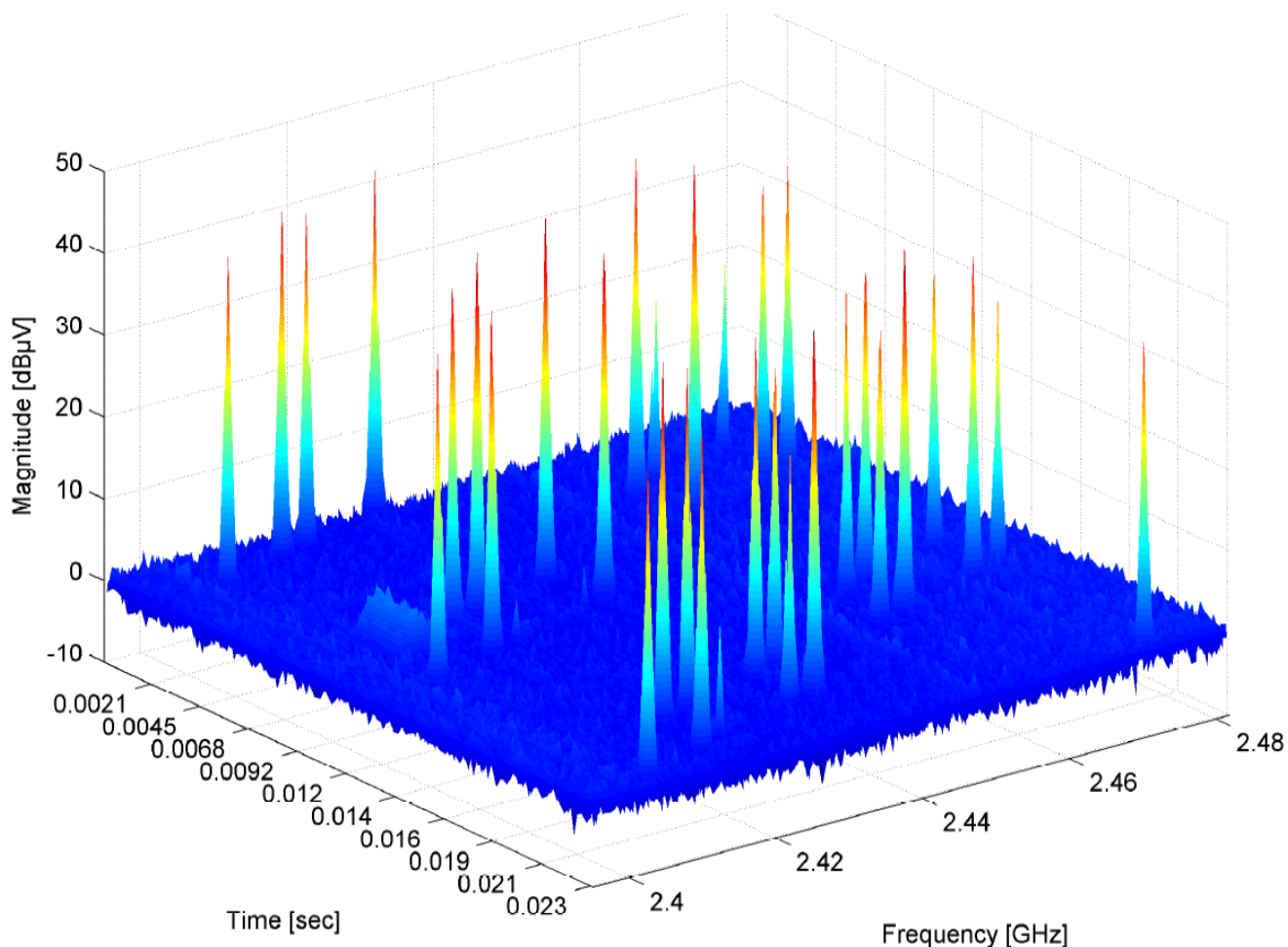


Bild 2: **Messung eines Frequency Hopping Signals**

### Untersuchung von Frequency Hopping Signalen

In Bild 2 ist die Emissionsmessung eines Bluetooth-Moduls dargestellt. Für jeden Frequenzpunkt wird automatisch auch das zeitliche Verhalten erfasst und dargestellt. Die an jedem Frequenzpunkt gemessene Leistung mittels RMS-Detektor über der Zeit kann über den gesamten Bandbereich auch als 3D-Darstellung wiedergegeben werden. Wie in der Norm in Abschnitt 5.4.4 gefordert, ist es mit dem TDEMI® X so auf einfachste Weise möglich, die Abstände der einzelnen Pulse sowie alle verwendeten Frequenzen aufzunehmen und zu dokumentieren.