

Reichen die EMV-Normen für tragbare rundfunktechnische Sendegeräte aus?

Dipl.-Phys. Martin Feile, ARGE Rundfunk-Betriebstechnik, Sachgebiet EMV

1. Aufgabenstellung

Der Wunsch nach flexibler und mobiler Berichterstattung ist in der Rundfunktechnik ungebrochen. Seit Jahrzehnten wird bereits die Richtfunktechnik eingesetzt. Gerade außerhalb der Senderreichweite und in abgeschatteten innerstädtischen Gebieten sind seit einigen Jahren vermehrt SNG-Fahrzeuge im Einsatz. Diese verwenden Uplink-Anlagen bei Frequenzen im Ku-Band von ca. 12-18 GHz und Sendeleistungen von ca. 40 W (Hörfunk) bis ca. 400 W (Fernsehen). Zum Anschluss von mobilen Spielorten (z.B. bei Sportveranstaltungen) an einen Ü-Wagen kommen drahtlose Mikrofone (typ. Frequenzbereich 470 – 790 MHz, typ. Sendeleistung 100 mW) und drahtlose Kameras (typ. Frequenzbereich 2,2 – 2,5 GHz, typ. Sendeleistung 100 mW) mit typ. 100 m Reichweite zum Einsatz.

In letzter Zeit kommen vermehrt sogenannte Kamerarucksäcke zum Einsatz. Diese nutzen die vorhandene Mobilfunkstruktur vom 2G- (GSM, EDGE), über den 3G- (UMTS, HSDPA) bis zum 4G-Standard (LTE). Auch WLAN-Strukturen können genutzt werden sowie auch das vorhandene Leitungsnetz (LAN, DSL). Aufgrund der großen Videokanalbandbreite wird der Videodatenstrom auf mehrere SIM-Module verteilt und gelangt auf unterschiedlichen Wegen wieder zu einem Router/Server im Funkhaus, der den zerstückelten Datenstrom innerhalb definierter Latenzzeiten im Sekundenbereich wieder zusammensetzt. Danach kann er weiter verbreitet oder gespeichert werden (s. Bild 1).

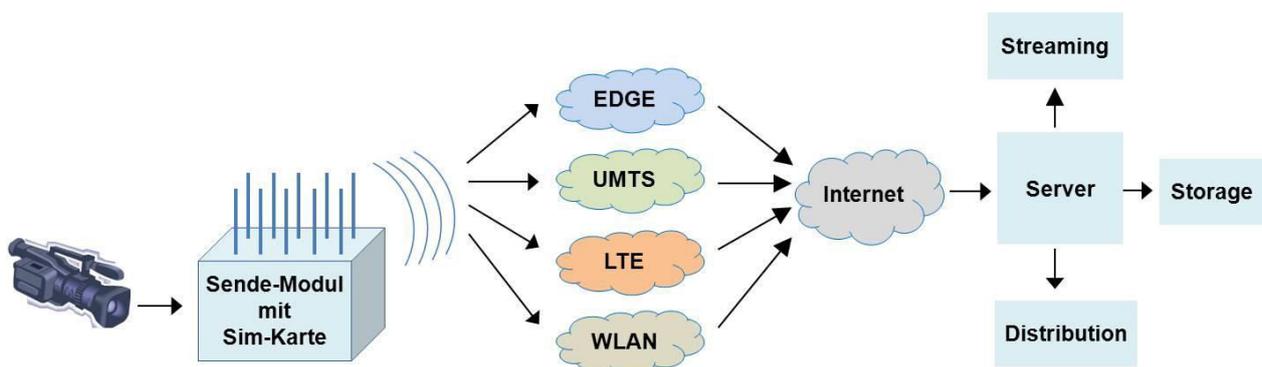


Bild 1: Funktionsprinzip von Kamerarucksäcken

Je nach Gerät kommen bis zu 8 Module zum Einsatz mit einer Leistung von bis zu 2 W je Modul. Die Leistung kann über einzelne Mobilfunkantennen, Kombiantennen oder ggf. auch über Richtantennen abgestrahlt werden.

Es stellt sich die Frage, welche Normen und Gesetze bezüglich CE-Konformität für diese Sender relevant sind und ob insbesondere der Personenschutz (SAR-Grenzwerte, EMVU) aus Sicht der Rundfunkanstalten für den Träger des Kamerarucksacks und für die danebenstehende Bevölkerung gewährleistet ist.

Dieser Aufsatz stellt gegenüber, welche Normen formal für die Marktzulassung gelten und welche Angaben die Hersteller in der Praxis hierzu machen. Außerdem wird vorgeschlagen, welche ergänzenden Messungen und Berechnungen noch sinnvoll wären.

2. Relevante Normen

2.1 Überblick

Für die Zulassung von Kamerarucksäcken ist die R&TTE Richtlinie [1] anzuwenden. In Artikel 3 (s. Bild 2) werden die grundlegenden Anforderungen über EMVU, Sicherheit, EMV und Funkschutz genannt.

Artikel 3

Grundlegende Anforderungen

(1) Die folgenden grundlegenden Anforderungen gelten für alle Geräte:

- a) Schutz der Gesundheit und Sicherheit des Benutzers und anderer Personen einschließlich der in der Richtlinie 73/23/EWG enthaltenen Ziele in Bezug auf die Sicherheitsanforderungen, jedoch ohne Anwendung der Spannungsgrenze;
- b) die in der Richtlinie 89/336/EWG enthaltenen Schutzanforderungen in Bezug auf die elektromagnetische Verträglichkeit;

(2) Funkanlagen müssen zudem so hergestellt sein, daß sie das für terrestrische/satellitengestützte Funkkommunikation zugewiesene Spektrum und die Orbitressourcen effektiv nutzen, so daß keine funktechnischen Störungen auftreten.

Bild 2: Auszug aus der R&TTE-Richtlinie 1999/5/EC

2.2 EMVU

Die relevante Norm, um die Exposition von Personen in elektromagnetischen Feldern (von 0 Hz – 300 GHz) zu bewerten, ist die EN 62311:2008 [2].

Elektrische und elektronische Geräte gelten dann als konform, wenn sie die Basisgrenzwerte, wie sie im Anhang II der Ratsempfehlung 1999/519/EC [3] angegeben sind, einhalten. Statt der Basisgrenzwerte (z.B. von 100 kHz – 10 GHz die spezifische Absorptionsrate SAR in W/kg, um die Wärmebelastung zu vermeiden) können auch die Referenzwerte (z.B. Leistungsflussdichte S in W/m², die elektrische Feldstärke E in V/m oder die magnetische Feldstärke in A/m) herangezogen werden. Diese Referenzwerte werden von den Basisgrenzwerten unter der Annahme von ungünstigen Expositionsbedingungen abgeleitet. Sind die Referenzwerte eingehalten, so sind auch die entsprechenden Basisgrenzwerte erfüllt. Überschreitet der Messwert den Referenzwert, so be-

deutet dies noch nicht notwendigerweise die Überschreitung des Basisgrenzwerts. Es ist dann jedoch nachzuprüfen, ob der Basisgrenzwert eingehalten wird.

Für die von den Kamerarucksäcken typischerweise verwendeten Frequenzbereiche von ca. 700 MHz – 3 GHz gelten gemäß [3] folgende Werte:

Fre- quenz f in MHz	Basisgrenzwerte			Referenzwerte		
	Mittlere Ganzkör- per SAR in W/kg	Lokale SAR (Kopf und Rumpf) in W/kg	Lokale SAR (Glieder- maßen) in W/kg	Elektri- sches Feld E in V/m	Magneti- sches Feld H in A/m	Leistungs- dichte S in W/m ²
400 – 2000	0,08	2	4	$1,375 \cdot \sqrt{f}$	$0,0037 \cdot \sqrt{f}$	f/200
2000 - 3000	0,08	2	4	61	0,16	10

Tabelle 1: Basisgrenzwerte und Referenzwerte für Kamerarucksäcke

Wird auf verschiedenen Frequenzen gleichzeitig gesendet, dann müssen z.B. die SAR-Werte aufsummiert werden. Das Ergebnis muss dann unterhalb der Basisgrenzwerte liegen.

Gemäß [2, Kap. 7] sind mehrere Konformitätsbewertungsverfahren möglich. Eine Möglichkeit ist die Messung oder die Berechnung der SAR, eine andere ist die elektromagnetische Feldberechnung im Fern- oder Nahfeld oder auch die Messung von E- und H-Feld. Weiterhin werden Simulation mit einem Phantom oder Modellierung als Konformitätsbewertungsverfahren aufgeführt. Ein Flussdiagramm gibt Hilfestellung für die Vorgehensweise.

Diese Bewertungsverfahren müssen ggf. für die Ganzkörper-Exposition und die Teilkörper-Exposition getrennt durchgeführt werden.

Aus Sicht der Betreiber solcher Kamerarucksäcke sind zusätzlich die Regelungen der Berufsgenossenschaft [4] relevant. Bild 3 zeigt auf, unter welchen Bedingungen drahtlose Telekommunikationseinrichtungen gemäß BGR B11 einsetzbar sind.

Mobilfunkgeräte, Handfunksprechgeräte sowie alle drahtlos wirkenden Telekommunikationseinrichtungen, z. B. Fernsteuerungen, entsprechen den Anforderungen der Unfallverhütungsvorschrift, wenn sie gemäß den Anforderungen nach Artikel 3 der R&TTE-Richtlinie (1999/5/EC) der EU gefertigt wurden und die Konformität bescheinigt ist.

Bild 3: Kap. 3.11.2 aus BGR B11

Die Bewertungen gemäß [2] sollen entsprechend einer vorhandenen Grundnorm durchgeführt werden. Dafür kommen die Normen EN 62209-1 und -2 [5,6] in Frage. Diese Normen definieren die Verfahren zur Bestimmung der SAR von schnurlosen Kommuni-

kationsgeräten, die in enger Nachbarschaft zum Ohr (-1) oder zum menschlichen Körper (-2) getragen werden. Nachdem die Kamerarucksäcke i.d.R. auf dem Rücken getragen werden und sich die Sendeantennen i.d.R. nicht (wie z.B. bei einem Mobiltelefon) in enger Nachbarschaft zum Ohr befinden, ist die Anwendung der EN 62209-2 angezeigt.

In dieser werden allerdings nur Abstrahlungen bis zu einem Abstand von 20 cm berücksichtigt [6, S. 13]. Dies ist wohl für den Träger von schnurlosen Kommunikationsgeräten ausreichend, aber ggf. nicht für umstehende Personen, insbesondere wenn sie in der Hauptstrahlrichtung der (Richt-)Antenne stehen.

Um den Personenschutz gemäß R&TTE Art. 3.1a dennoch vollständig gewährleisten zu können, sind Messungen notwendig, die über die bisherige Normenlage hinausgehen. Die EN 62209-1 und -2 sind bis dato nur für den Träger von schnurlosen Kommunikationsgeräten ausreichend. Also wären zusätzliche Messungen erforderlich, die auch Personen berücksichtigen, die um den Träger des Kamerarucksacks herumstehen, z.B. in der Hauptstrahlrichtung.

Im Vorwort dieser Norm [6] wird bereits darauf hingewiesen, dass die nächste Überarbeitung dieser Norm die Abstrahlung in alle Richtungen berücksichtigen soll und nicht nur Abstrahlungen gemäß den Herstellerangaben (z.B. fixe Montage durch Haltegurte an definierten Positionen) beachtet werden müssen.

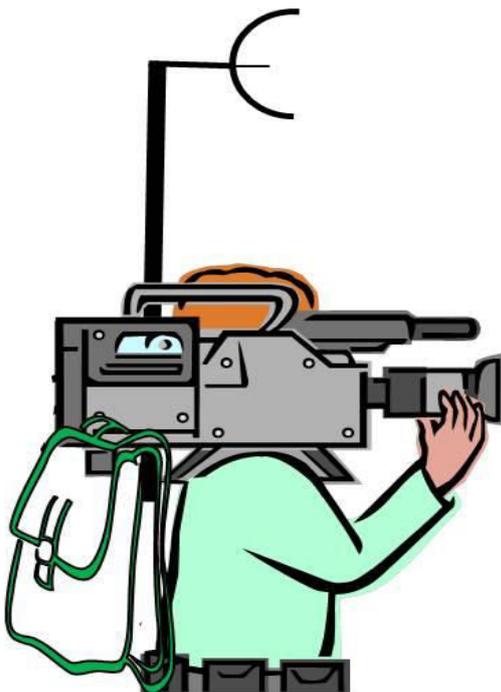


Bild 4: Je nach Hersteller gibt es verschiedene Antennentypen und -anordnungen. Bei einigen Kamerarucksäcken sind die Antennen im Rucksack montiert. Ggf. ist der Träger durch eine metallische Schirmung geschützt. Es gibt auch Systeme mit abgesetzten Kombiantennen, die entweder z.B. über Haltegurte am Körper getragen werden können oder abgesetzt z.B. auf einem Mast montierbar sind. Daher ist zu empfehlen, dass die Abstrahlung in alle Richtungen bewertet wird.

Die 26. BImSchV [7] greift in der Regel nicht, da eine EIRP von 10W oft nicht erreicht wird.

Nach der Verordnung zur Änderung der Vorschriften über elektromagnetische Felder und das telekommunikationsrechtliche Nachweisverfahren [8] sind auch solche Hochfrequenzanlagen mit einer EIRP < 10 W zu berücksichtigen, wenn diese an einem Standort betrieben werden, dessen Gesamtstrahlungsleistung dann 10 W oder mehr beträgt. Die Grenzwerte entsprechen den Referenzwerten aus [3].

Werden die Kamerarucksäcke als stationäre Sender betrachtet, wäre die EN 50383:2010 [9] anzuwenden. Diese Norm hat zum Ziel, den räumlichen Bereich zu bestimmen, außerhalb dessen die Expositionspiegel die Basisgrenzwerte unabhängig von der Expositionsdauer für die spezifischen Betriebsbedingungen des Prüflings nicht überschreiten.

Gemäß [2] und [9] sind Ganzkörper-SAR-Messungen dann nicht erforderlich, wenn der Effektivwert der abgestrahlten Leistung unterhalb folgender Grenzen liegt:

Für die allgemeine Öffentlichkeit:

Maximale Leistung < SAR-Grenzwert x 12,5 kg = 0,08 W/kg x 12,5 kg = 1 W.

Die maximale Leistung der Kamerarucksäcke liegt darüber, daher kann auf die Bestimmung der Ganzkörper-SAR nicht verzichtet werden.

2.3 EMV

Maßgebend für die Einhaltung der EMV-Anforderungen ist die EMV-Richtlinie [10]. Für Sender wurden von ETSI Standards entwickelt, deren Einhaltung den EMV-Anforderungen aus der EMV-Richtlinie genügt. Je nach Mobilfunkstandard sind die jeweils zutreffenden ETSI-Standards [z.B. 11 -14] einzuhalten.

2.4 Funkschutz

Um dem Funkschutz gemäß dem Art. 3.2 der R&TTE-Richtlinie zu genügen, wurden von ETSI für verschiedene Sender ebenfalls Standards entwickelt [z.B. 15-16]. Dort werden u.a. Frequenzmasken definiert, Nebenaussendungen limitiert und Anforderungen an die Intermodulationseigenschaften gestellt.

3. Herstellerangaben

Einige Hersteller verweisen auf die CE-Kennzeichnung der eingesetzten Module und leiten daraus ab, dass auch für das Endprodukt mit ggf. mehreren Modulen und (aktiven) Antennen keine weitere Zertifizierung notwendig sei. Damit aber auch gemäß R&TTE Art. 3.2 der Funkschutz gewährleistet ist, müssen auch die relevanten Normen für Funkgeräte der Serie ETSI EN 301 xxx eingehalten werden. Hier sind z.B. die Nebenaussendungen und IM-Produkte reglementiert. Diese Eigenschaften sind aber nur dann ausreichend bewertbar, wenn alle Module gleichzeitig in Betrieb sind. Daher ist der Verweis auf die Konformität der einzelnen Module nicht ausreichend.

In einigen Berichten von Prüflaboren über SAR-Messungen gemäß [1-3] gibt es keine ausreichenden Angaben zur Sendeleistung der Module. Werden die Module über nicht selbst steuerbare Basisstationen in Betrieb genommen, hängt die Leistung der Mobilstationen u.a. von den Entfernungen zu den Basisstationen und von der Belegung ab und ist nicht fixierbar. Abhilfe könnte sein, die Module selbst in einen definierten Mode zu bringen.

Lückenhaft sind oft auch die Angaben in Prüfberichten und Bedienungsanleitungen über die möglichen Frequenzen und Modulationsarten. So sind z.B. für den amerikanischen oder den asiatischen Markt andere Frequenzbänder zulässig, so dass ein Verweis auf diese Frequenzbänder nicht für den europäischen Markt ausreicht.

4. Abschätzung der abgestrahlten Energie

Gemäß Anhang A von [2] können z.B. die abgestrahlten elektrischen Felder im Fernfeld wie folgt berechnet werden.

$$E = 5,5 \sqrt{(P \times G)/r}$$

E: elektrische Feldstärke in V/m

P: Leistung in W

G: Gewinn der Antenne bezogen auf einen isotropen Strahler

R: Abstand vom Antennenmittelpunkt in m

Bei 900 MHz beträgt gemäß Tabelle 1 der Referenzwert 41 V/m. Tabelle 2 zeigt den Mindestabstand von der Antenne (mit G = 0 dB), um in Abhängigkeit von der Leistung den Referenzwert zu unterschreiten.

Leistung	1 W	2 W	5 W	8 W	10 W	16 W
Mindestabstand	18 cm	26 cm	41 cm	52 cm	58 cm	73 cm

Tabelle 2: Mindestabstände von Sendeantennen bezogen auf den Referenzwert elektrische Feldstärke.

Bei einer Sendeleistung von 10 W ist ein Mindestabstand von ca. 58 cm erforderlich, damit der Referenzwert nicht überschritten wird. Die Betrachtung bis zu einem Abstand von 20 cm wie in [6] reicht also nicht aus, um die Einhaltung der Referenzwerte zu gewährleisten. Daher sind weitere Bewertungen unter Berücksichtigung der Basisgrenzwerte erforderlich. Ebenfalls müssen ggf. Nahfeldbedingungen beachtet und zwischen Ganzkörper- und Teilkörper-Exposition unterschieden werden.

5. Zusammenfassung

- Systeme mit mehreren Sendermodulen benötigen eine eigene Konformitätserklärung gemäß der R&TTE-Richtlinie.
- Aus dem Bericht, der der Konformitätserklärung zu Grunde liegt, muss eindeutig hervorgehen, für welche Sendermodul-Modelle die Konformitätserklärung gilt.
- Kamerarucksäcke mit z.B. 8 Sendemodulen der Mobilfunkstandards 2G-4G können eine Gesamtsendeleistung von 16 W erreichen.
- Erst ab einer EIRP > 10 W ist gemäß 26. BISchV eine Standortbescheinigung erforderlich.
- Aber auch bei Leistungen unter 10 W können Basisgrenzwerte oder Referenzwerte überschritten werden.

- Die für schnurlose Kommunikationsgeräte einschlägigen Normen betrachten nur ein Umfeld von 20 cm um die Sendeantenne. Dies mag ggf. für den Träger dieser Antenne ausreichen, nicht aber für umstehende Personen in der Hauptstrahlrichtung. Daher sind weitere Bewertungen oder Messungen der SAR in alle Richtungen erforderlich, so wie es z.B. die Norm für stationäre Geräte [9] vorsieht.
- HF-Ausgangsleistung und Frequenz des Geräts sollen mit einem internen Prüfprogramm oder mittels einer drahtlosen Verbindung zu einem Basisstations- oder Netzwerksimulator gesteuert werden.
- Bei den Messungen muss gewährleistet sein, dass alle Module mit der maximalen Leistung senden, oder die Messergebnisse müssen entsprechend dem Verhältnis zwischen der eingestellten (definierten) Sendeleistung und der maximalen Leistung hochskaliert werden. Außerdem muss der simultane Betrieb aller vorhandenen Module berücksichtigt werden.
- Es müssen alle möglichen Antennenkonstellationen berücksichtigt werden.
- Wird die R&TTE-Richtlinie nur dann eingehalten, wenn der 2G-Modus mit je 2 W Sendeleistung pro Modul nicht verwendet wird, sollte dies vom Hersteller durch eine Werkseinstellung gewährleistet werden, die nicht vom Anwender geändert werden kann.
- Aus den der ARGE RBT vorliegenden Prüfberichten von fremden Prüfdienstleistern geht hervor, dass die Abstände, die die Allgemeinbevölkerung vom sendenden Kamerarucksack einhalten soll, typischerweise im Bereich 10 – 50 cm liegen.

6. Literatur

[1]	1999/05/EC	R&TTE-Richtlinie
[2]	EN 62311:2008	Bewertung von elektrischen und elektronischen Einrichtungen in Bezug auf Begrenzung der Exposition von Personen in elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz)
[3]	Richtlinie 1999/519/EC	Empfehlung des Rates zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz)
[4]	BGR B11: 2001	Elektromagnetische Felder
[5]	EN 62209-1:2006	Sicherheit von Personen in hochfrequenten Feldern von handgehaltenen und am Körper getragenen schnurlosen Kommunikationsgeräten – Körpermodelle, Messgeräte und Verfahren Teil 2: Verfahren zur Bestimmung der spezifischen Absorptionsrate (SAR) von handgehaltenen Geräten, die in enger Nachbarschaft zum Ohr benutzt werden (Frequenzbereich 30MHz – 6 GHz)
[6]	EN 62209-2:2010	Sicherheit von Personen in hochfrequenten Feldern von handgehaltenen und am Körper getragenen schnurlosen Kommunikationsgeräten – Körpermodelle, Messgeräte und Verfahren Teil 2: Verfahren zur Bestimmung der spezifischen Absorptionsrate (SAR) von schnurlosen Kommunikationsgeräten, die in enger Nachbarschaft zum menschlichen Körper getragen werden (Frequenzbereich 30MHz – 6 GHz)

[7]	26. BImSchV	26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder), 16.12.1966
[8]	Novelle der 26. BImSchV	Verordnung zur Änderung der Vorschriften über elektromagnetische Felder und das telekommunikationsrechtliche Nachweisverfahren, 19.2.2013
[9]	EN 50383:2010	Grundnorm für die Berechnung und Messung der elektromagnetischen Feldstärke und SAR in Bezug auf die Sicherheit von Personen in elektromagnetischen Feldern von Mobilfunk-Basisstationen und stationären Teilnehmergeräten von schnurlosen Telekommunikationsanlagen (110 MHz – 400 GHz)
[10]	2004/108/EC	EMV-Richtlinie
[11]	ETSI EN 301 489-1 V1.8.1	Electromagnetic compatibility and radio spectrum Matters (ERM); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) for radio equipment and services Part 1: Common technical requirements
[12]	ETSI EN 301 489-7 V1.3.1	Electromagnetic compatibility and radio spectrum Matters (ERM); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) for radio equipment and services Part 7: Specific conditions for mobile and portable radio and ancillary equipment of digital cellular radio telecommunications systems (GSM and DCS)
[13]	ETSI EN 301 489-24	Electromagnetic compatibility and radio spectrum Matters (ERM); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) for radio equipment and services Part 24: Specific conditions for IMT-2000 CDMA Direct Spread (UTRA and E-UTRA) for Mobile and portable (UE) radio and ancillary equipment
[14]	ETSI EN 301 489-25	Electromagnetic compatibility and radio spectrum Matters (ERM); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) for radio equipment and services Part 25: Specific conditions for CDMA 1x spread spectrum Mobile Stations and ancillary equipment
[15]	ETSI EN 301 511 V9.0.2	Global System for Mobile communications (GSM); Harmonized EN for Mobile stations in the GSM 900 and GSM 1800 bands, covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive (1999/5/EC)
[16]	ETSI EN 301 908-2	IMT cellular networks; Harmonized EN covering the covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive; Part 2: CDMA Direct Spread (UTRA FDD) User Equipment (UE)