

ERP und EIRP

Wer keine Anzeige nach § 9 BEMFV abgeben will, muss seine Strahlungsleistung auf Werte von < 10 W EIRP begrenzen (frühere Grenze für Klasse 3 bzw. E). Was bedeutet das?

Eine isotrope Antenne - die es in der Praxis ja nicht gibt - würde die ihr zugeführte Energie völlig gleichmäßig in alle Richtungen abstrahlen. Die Leistung verteilt sich also auf eine Kugeloberfläche, die sich für einen gegebenen Radius leicht bestimmen lässt. Damit kann man auch sehr einfach errechnen, wie hoch die Leistungsflussdichte (z. B. in Watt pro m²) in einem bestimmten Abstand ist. Und schließlich lässt sich aus der Leistungsflussdichte mit Hilfe des Wellenwiderstands des freien Raumes von $120 \cdot \pi = 377$ Ohm sofort die elektrische und/oder magnetische Feldstärke bestimmen. Und da es für diese Feldstärken international festgelegte Grenzwerte gibt, kann man wiederum einfach berechnen, ob diese Grenzwerte für einen beliebigen Abstand eingehalten sind oder nicht. Insgesamt also eine vernünftige und einleuchtende Vorgehensweise.

Im Gegensatz zur isotropen Antenne strahlt ein Dipol seine Leistung bevorzugt quer zu seiner Längsausdehnung ab. Bei einem senkrecht aufgestellten Dipol wird also genau nach oben und unten gar nichts abgestrahlt, dafür in horizontaler Richtung um so mehr. Verglichen mit einem isotropen Strahler, dem die gleiche Leistung zugeführt wird, sind die **Leistungsflussdichten** in (horizontaler) Hauptstrahlrichtung um den **Faktor 1,64** oder **um 2,15 dB** höher.

Der Dipol hat also gegenüber dem isotropen Strahler einen Gewinnfaktor von 1,64 oder einen Gewinn von 2,15 dBi. Der Index i weist hier auf den isotropen Strahler als Bezug hin; eine Angabe in dBd würde den Gewinn gegenüber einem Dipol bezeichnen.

Einem isotropen Strahler müsste man, damit er in Hauptstrahlrichtung die gleichen Feldstärken erzeugt wie ein Dipol, eine um den **Faktor 1,64** höhere **Leistung** zuführen. Bei 10 Watt am Dipol wären das 16,4 Watt. Der Dipol erzeugt also in Hauptstrahlrichtung Feldstärken von einer Größe, wie sie ein mit 16,4 Watt gespeister isotroper Strahler im gleichen Abstand hervor bringen würde.

Man sagt: Der mit 10 Watt gespeiste Dipol hat eine (effektive, isotropische) Strahlungsleistung von 16,4 W EIRP = 16,4 Watt **effektiv isotropically radiated power**.

Die im Fragenkatalog angegebene Formel zur Berechnung der EIRP lautet:

$$P_{\text{EIRP}} = (P_{\text{Sender}} - P_{\text{Verluste}}) * \text{Gewinnfaktor}_{\text{EIRP}}$$

Die vom Sender abgegebene Leistung wird zunächst um die in Kabeln, Steckern und ggf. Anpassgerät verbrauchte Leistung reduziert, um die an der Antenne noch vorhandene Leistung zu bekommen. Diese multipliziert man dann mit dem Gewinnfaktor über dem isotropen Strahler und erhält P_{EIRP} . Falls nur der Gewinnfaktor über dem Dipol bekannt ist, muss daraus zunächst durch Multiplikation mit 1,64 der Gewinnfaktor_{EIRP} errechnet werden.

In der Praxis interessiert jedoch meist nur um wieviel besser eine Antenne im Vergleich zum Dipol ist. Hier benötigt man den Gewinnfaktor über Dipol, der im Fragenkatalog mit Gewinnfaktor_{ERP} bezeichnet wird. Man erhält dann mit einer ganz ähnlichen Formel die **effektiv radiated power**, P_{ERP}

$$P_{\text{ERP}} = (P_{\text{Sender}} - P_{\text{Verluste}}) * \text{Gewinnfaktor}_{\text{ERP}}$$

Beim Dipol ist der Gewinnfaktor_{ERP} = 1, so dass sich $P_{\text{ERP}} = P_{\text{Sender}} - P_{\text{Verluste}}$ ergibt. Und das ist die von einem Dipol tatsächlich abgestrahlte Leistung.

Auch wenn diese Formeln für P_{EIRP} und P_{ERP} natürlich korrekt sind, spielen sie in der Amateurfunkpraxis keine Rolle, denn es macht keinen Sinn, die Kabelverluste bei jeder Änderung der Senderleistung erst wieder neu zu berechnen. Statt dessen bestimmt man den Anteil der Verluste bezogen auf die Senderleistung und drückt dieses Verhältnis in dB aus. Auch die Antennengewinne werden bezogen auf den isotropen Strahler oder den Dipol in dBi oder dBd angegeben - je nachdem, welches Ergebnis gewünscht wird.

Jetzt kann man Antennengewinn und Kabelverluste gegeneinander aufrechnen (abziehen!) und den Restgewinn in einen Gesamtgewinnfaktor umrechnen. Mit diesem muss dann die Senderleistung multipliziert werden, um P_{EIRP} oder P_{ERP} zu erhalten.

$$\text{Gesamtgewinn [dBd]} = \text{Antennengewinn [dBd]} - \text{Verluste [dB]}$$

$$\text{Gesamtgewinn [dBd]} = \text{Antennengewinn [dBi]} - 2,15 \text{ dB} - \text{Verluste [dB]}$$

$$\text{Gesamtgewinn [dBi]} = \text{Antennengewinn [dBi]} - \text{Verluste [dB]}$$

$$\text{Gesamtgewinn [dBi]} = \text{Antennengewinn [dBd]} + 2,15 \text{ dB} - \text{Verluste [dB]}$$

$$\text{Gesamtgewinnfaktor}_{\text{ERP oder EIRP}} = 10^{\text{Gesamtgewinn[dBd oder dBi]} / 10}$$

$$P_{\text{ERP}} = P_{\text{Sender}} * \text{Gesamtgewinnfaktor}_{\text{ERP}}$$

$$P_{\text{EIRP}} = P_{\text{Sender}} * \text{Gesamtgewinnfaktor}_{\text{EIRP}} \quad \text{oder}$$

$$P_{\text{EIRP}} = P_{\text{Sender}} * \text{Gesamtgewinnfaktor}_{\text{ERP}} * 1,64$$

Ein QRP-Funkamateur, der mit seiner Strahlungsleistung **unter 10 W EIRP** bleiben will, ist von der Abgabe einer Anzeige nach der BEMFV befreit, da dieser Grenzwert als unbedenklich gilt.

Gestockte Antennen oder Yagi-Antennen können allerdings Gewinnfaktoren von 2 bis über 10 gegenüber dem einfachen Dipol - oder 3,28 bis über 16,4 gegenüber dem isotropen Strahler - erreichen! In diesen Fällen müsste der QRP-Funkamateur seine Ausgangsleistung stark drosseln, um unter dem Grenzwert von 10 W EIRP zu bleiben.

Beispiel 1:

$P_{\text{Sender}} = 5 \text{ W}$, $P_{\text{Verluste}} = 2,5 \text{ W}$, Antennengewinnfaktor_{ERP} = 2, gesucht P_{ERP} und P_{EIRP}

$$P_{\text{ERP}} = (P_{\text{S}} - P_{\text{V}}) * \text{Antennengewinnfaktor}_{\text{ERP}} = (5 - 2,5) * 2 = \mathbf{5 \text{ W}_{\text{ERP}}}$$

$$P_{\text{EIRP}} = (P_{\text{S}} - P_{\text{V}}) * \text{Antennengewinnfaktor}_{\text{EIRP}} = (P_{\text{S}} - P_{\text{V}}) * \text{Antennengewinnfaktor}_{\text{ERP}} * 1,64 = (5 - 2,5) * 2 * 1,64 = \mathbf{8,2 \text{ W}_{\text{EIRP}}}$$

oder

Kabelverluste = 3 dB, Antennengewinn = 3 dBd, Gesamtgewinn = 0 dBd, Gesamtgewinnfaktor über Dipol = 1, $P_{\text{ERP}} = P_{\text{S}} = 5 \text{ W}$ und $P_{\text{EIRP}} = P_{\text{S}} * 1,64 = 8,2 \text{ W}$ (gleiche Ergebnisse wie oben!)

Beispiel 2:

Diamond X510: Gewinn bei 2m 6 dBd (→ Gewinnfaktor = 4), bei 70cm 8,5 dBd (→ Faktor = 7). Kabelverluste 2 dB auf 2m und 3,8 dB im 70cm-Band (→ "Gewinnfaktor" = 0,625 bzw. 0,416). Gesucht ist die max. Senderleistung für 10 W EIRP.

Gesamtgewinn 2m/70cm = 6 dBd - 2 dB bzw. 8,5 dBd - 3,8 dB = 4 dBd bzw. 4,7 dBd.

Gesamtgewinnfaktor 2m/70cm = 4 * 0,625 bzw. 7 * 0,416 = 2,5 bzw. 2,9

Aus $P_{\text{EIRP}} = P_{\text{Sender}} * \text{Gesamtgewinnfaktor}_{\text{ERP}} * 1,64$ wird

$$P_{\text{Sender}} = P_{\text{EIRP}} / (\text{Gesamtgewinnfaktor}_{\text{ERP}} * 1,64)$$

$$P_{\text{S}} \text{ (2m)} = 10 \text{ W EIRP} / (2,5 * 1,64) = \mathbf{2,4 \text{ W}}$$

$$P_{\text{S}} \text{ (70cm)} = 10 \text{ W EIRP} / (2,9 * 1,64) = \mathbf{2,1 \text{ W}}$$

An dieser Antenne muss die typische Sendeleistung eines 2m/70cm-Handfunkgerätes von 5 W schon um mehr als den Faktor 2 (= 3 dB!) abgesenkt werden.