

## Umrechnung elektrischer Feldstärken im Raum auf Eingangsspannungen von Empfängern.

Rolf Schick, DL3AO

Die Leistung elektromagnetischer Wellen wird häufig in Werten der elektrischen Feldstärke angegeben. Vor allem Rechenprogramme für die Wellenausbreitung im Kurzwellenbereich bevorzugen Signalstärken nicht in Watt, sondern in Mikrovolt/Meter, also in Feldstärkeeinheiten anzugeben. Die numerischen Werte der von einem fernen Sender erzeugten Feldstärken im Raum lassen sich so anschaulicher mit den von der Antenne an den Empfänger abgegebenen Spannungen korrelieren. Es genügt dann eine einfache Umrechnung von den Einheiten der elektrischen Feldstärke zur Eingangsspannung am Empfänger und damit zur Anzeige am S-Meter.

Für diese Umrechnung können wir von einer Beziehung aus der Physik ausgehen, welche für ebene und sinusförmig verlaufende Wellen die im Vakuum an einer isotropen Antenne (Kugelstrahler) erzeugte Leistung mit der elektrischen Feldstärke verbindet. Sie lautet

$$P = \frac{E^2 \cdot \lambda^2}{4 \pi Z}$$

wobei

P = Leistung [ $\mu$ W]

E = Feldstärke [ $\mu$ V/m]

$\lambda$  = Wellenlänge [m]

Z = Wellenwiderstand des freien Raums = 377  $\Omega$

$\pi$  = 3.14

Bei einer verlustfreien Verbindung zwischen Antenne und Empfänger kann diese Leistung P der Eingangsleistung  $U^2/R$  am Empfänger gleich gesetzt werden:

$$\frac{U^2}{R} = \frac{E^2 \cdot \lambda^2}{4\pi z}$$

U = Eingangsspannung am Empfänger [ $\mu\text{V}$ ]

R = Eingangswiderstand des Empfängers [ $\Omega$ ]

Wird  $R = 50 \Omega$  gesetzt, so erhält man für die Eingangsspannung U die Beziehung

$$U = \sqrt{\frac{50}{4\pi \cdot 377}} \cdot E \cdot \lambda = 0,103 \cdot E \cdot \lambda$$

In ausreichender Näherung kann mit

$$U \approx \frac{E \cdot \lambda}{10}$$

gerechnet werden.

Dieser Zusammenhang zwischen elektrischer Feldstärke im Raum und der Spannung an einem Widerstand von  $50 \Omega$  ist in den beiden Abbildungen dargestellt. Bild 1 enthält zusätzlich noch die für den Kurzwellenbereich gültigen Anzeigenwerte von S-Metern. Dabei wurde, wie heute üblich, S9 mit  $50 \mu\text{V}$  und die Schrittweite mit  $6 \text{ dB/ S-Stufe}$  gleichgesetzt.

Oft erscheint es zweckmäßig, die Feldstärken im Raum in Dezibel bezogen auf  $1 \mu\text{V}/\text{m}$  anzugeben.

Die Umrechnung erfolgt über die Definition des Dezibels:

$$\text{dB} \Big|_{1 \mu\text{V}/\text{m}} = 20 \log \frac{E [\mu\text{V}/\text{m}]}{1 [\mu\text{V}/\text{m}]} = 20 \log E \left[ \frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right]$$

Bild 2 zeigt die daraus abgeleiteten Diagramme für Amateurfunkbänder zwischen 70 cm und 160 m.

Der Vorteil bei der Feldstärkenangabe in dB bezogen auf  $1 \mu\text{V}/\text{m}$  liegt darin, dass Gewinne und Verluste verschiedener Einheiten im Kommunikationssystem durch Subtraktion und Addition leicht auf einen Bezugswert korrigiert werden können.

In manchen Fällen (z.B. bei Angaben zu Leistungsdichten von Hintergrundrauschen oder Störpegeln) wird eine Angabe in dB bezogen auf 1 Watt vorgezogen (dBW). Die Umrechnung in dB $\mu\text{V}$  ist einfach abzuleiten (gute Übung!):

$$\text{dB}\mu\text{V} = 137 + \text{dBW}, \text{ bei einem Widerstand von } 50 \text{ Ohm}.$$

Beispiel:

In einem Programm zur Berechnung der Wellenausbreitung über die Ionosphäre ist für die Gegenstation ein Dipol in Höhe einer halben Wellenlänge bei einer Leistung von 1 KW eingetragen. In einem QSO auf 20 m berichtet die Gegenstation nun über 250 W Leistung und einen 3 Element Yagi in Höhe einer Wellenlänge. Der Leistungsunterschied beträgt somit -6 dB. Es handelt sich gegenüber dem eingetragenen Leistungswert um einen Verlust, der

Korrekturwert ist demnach positiv einzusetzen. Die Yagi\_Antenne hat gegenüber dem Dipol einen Gewinn von 6 dB. Die Erfahrung zeigt, dass doppelte Antennenhöhe mit etwa 6 dB Gewinn gleich zu setzen ist. Somit ist der Gewinnanteil  $6\text{ dB} + 6\text{ dB} = 12\text{ dB}$ ; dieser Korrekturwert ist negativ einzusetzen, so dass in der Summe  $+6\text{ dB} - 12\text{ dB} = -6\text{ dB}$  übrig bleiben. Das Ausbreitungsprogramm gibt einen Feldstärkewert von 16 dB über  $1\mu\text{V/m}$  an. Nach Korrektur der Daten für die Gegenstation berechnet sich der Feldstärkewert zu  $16\text{ dB} - 6\text{ dB} = 10\text{ dB}$  ( $1\mu\text{V/m}$ ), was (Bild 2) eine Eingangsspannung am Empfänger von ca.  $7\mu\text{V}$  erzeugt. Das S-Meter müsste mit diesen Berechnungen etwas über S6 (Bild 1) anzeigen.

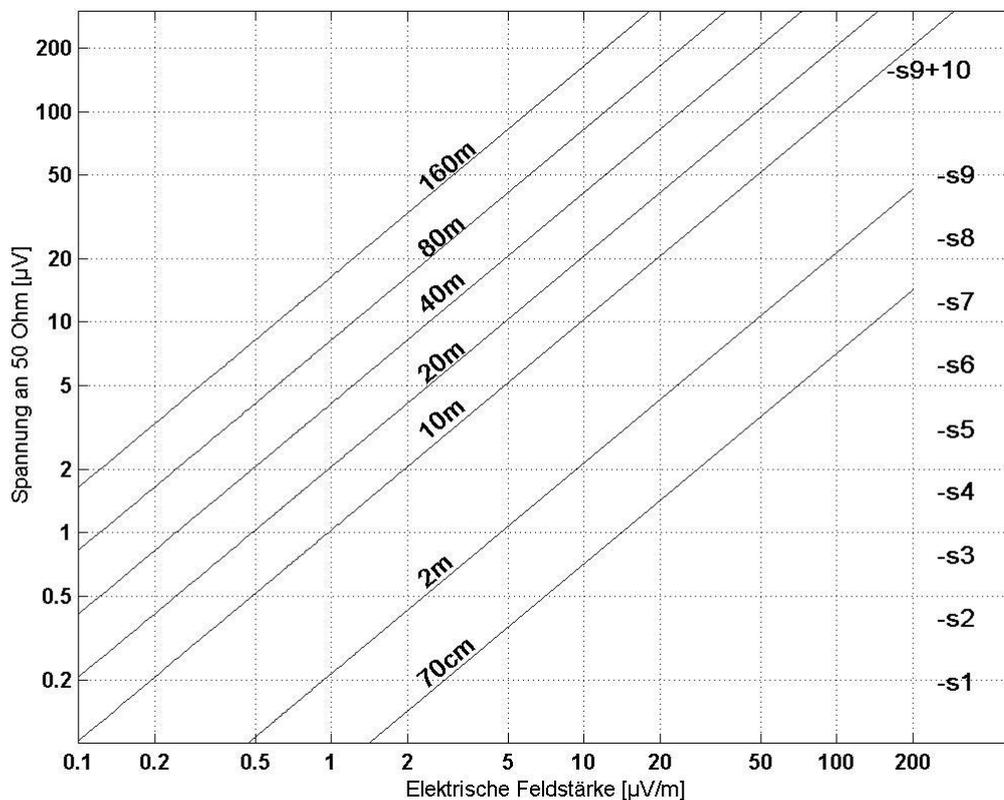


Bild 1: Zusammenhang zwischen Feldstärke im Raum und Spannung an einem Widerstand von  $50\ \Omega$  für Amateurfunkbänder zwischen 70 cm und 160 m. Die eingetragenen S-Meterwerte gelten nur für den Kurzwellenbereich.

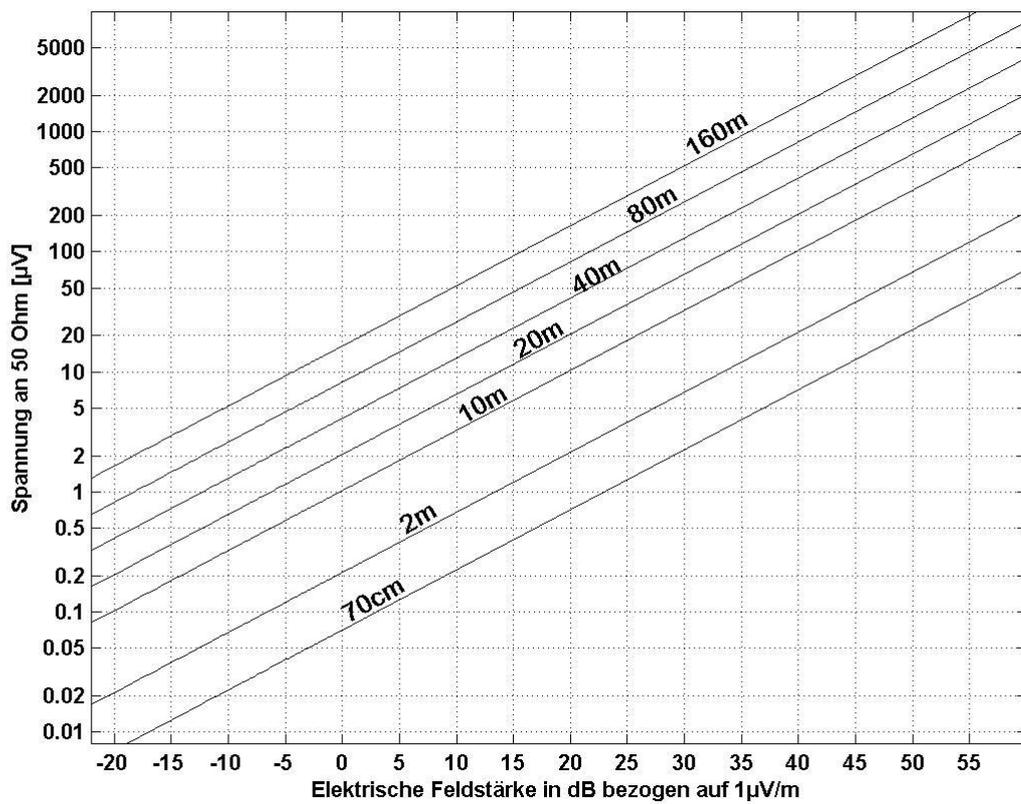


Bild 2: Zusammenhang zwischen Feldstärke im Raum, angegeben in dB bezogen auf  $1 \mu\text{V/m}$ , und der Spannung an einem Widerstand von  $50 \Omega$  für Amateurfunkbänder zwischen 70 cm und 160 m.