

Elektromagnetische Verträglichkeit, Anwendung, Personen- und Sachschutz

Fragen TL101–TL308



Deutscher Amateur-Radio-Club e.V.
Bundesverband für Amateurfunk in Deutschland

Carmen Weber – DM4EAX

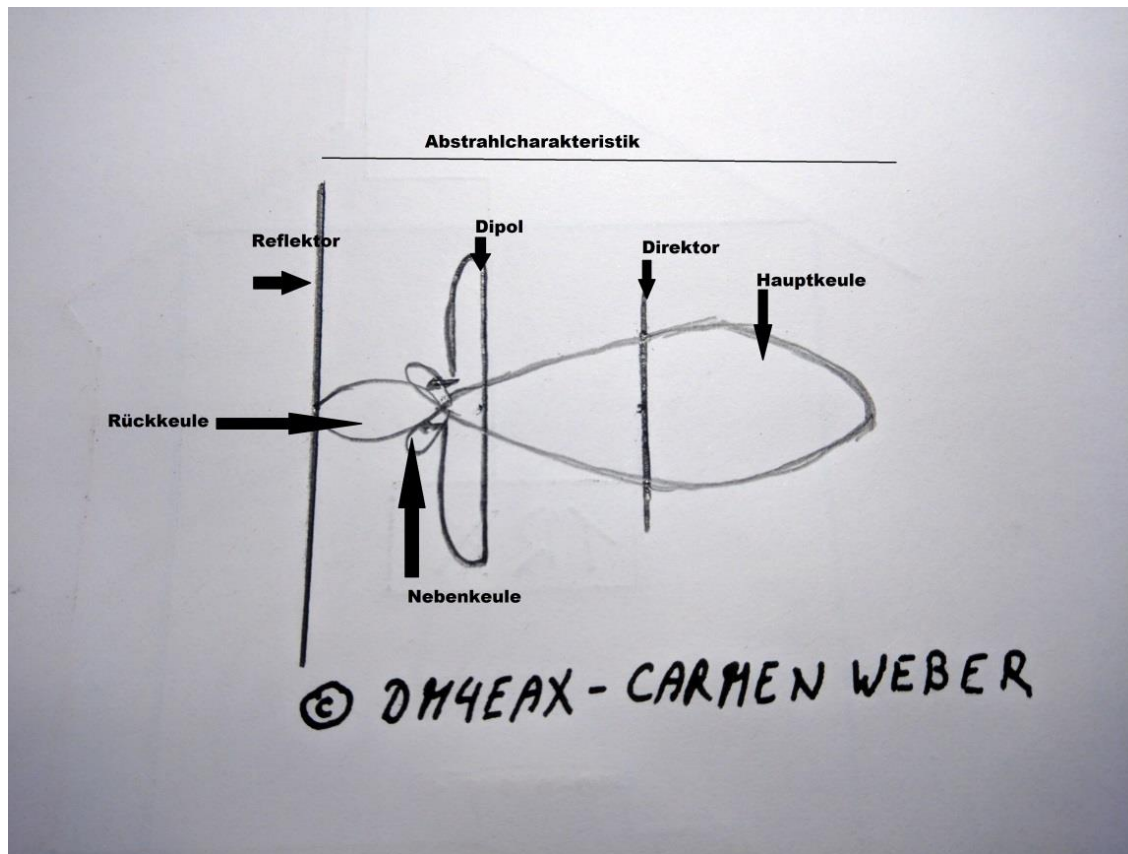


Rückblick und Ausblick

- In den **vorangegangenen Kapiteln** wurde wichtige Inhalte über **Sender** und **Antennen** erklärt.
- In den Kapiteln zu **“Vorschriften und Betriebstechnik”** auch einige rechtliche Hintergründe, wie **Selbsterklärung** oder Standortbescheinigung behandelt.
- Durch die Berechnungen der **Strahlungsleistung** können wir erkennen, ob unsere Funkstation ohne **Selbsterklärung** oder **Standortbescheinigung** benutzt werden darf.

Der Gewinn

Der **Antennengewinn (g)** sagt aus, um wieviel sich die Sendeleistung, durch Bündelung der Strahlung, erhöht.



Der Gewinn

Der **Gewinn** (**g**) wird in **dB** angegeben und hat ein **Bezugsmaß**.

Wir beziehen uns auf einen **Dipol** (dBd) oder den isotropen **Kugelstrahler** (dBi).

Antenne	Gewinnfaktor	Gewinn in dBi
Dipol	1,64	2,15
$\lambda/4$ Vertikal	3,28	5,15

Da wir mit dem **Gewinn** (**g**) in dB nicht direkt rechnen können, rechnen wir ihn in den **Gewinnfaktor** (**G**) um.

Der Gewinnfaktor

$$G = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_{\text{Strahlung}}}{P_{\text{Sender}} - P_{\text{Verluste}}}$$

Der Gewinnfaktor (**G**) ist das Verhältnis von **Strahlungsleistung** (**P₂**) zu Sendeleistung (**P₁**).

Zum Beispiel:

$$P_2 = P_1 \cdot G = 5 \text{ Watt} \cdot 10 = 50 \text{ Watt.}$$

In Gegensatz zum **Gewinn** (**g**), kann man ihn direkt mit der **Sendeleistung** multiplizieren.

Wir müssen also aus dem **Gewinn** (**g**) zuerst den **Gewinnfaktor** (**G**) berechnen.

Umrechnung von g nach G

Berechnung:

$$g = 10 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1}$$

oder

$$g = 10 \cdot \lg G$$

Umgestellt:

$$G = 10^{\frac{g}{10}}$$

oder

$$\frac{P_2}{P_1} = 10^{\frac{g}{10}}$$

(Beispiel folgt)

Wie berechnet man ERP und EIRP?



Dazu beschäftigen wir uns zuerst mit dem Gewinn.

ERP

Effective Radiated Power

- Die “ERP” ist der Wert der **effektiven Strahlungsleistung**, bezogen auf einen Halbwellen-Dipol.
- $$P_{ERP} = (P_{\text{Sender}} - P_{\text{Verluste}}) \cdot G_{\text{Antenne-Dipol}}$$
- Mit diesem **Wert** wird beim **Personenschutz nicht** gerechnet.

EIRP

Equivalent Isotropic Radiated Power

- Die “EIRP” ist der Wert der effektiven Strahlungsleistung, bezogen auf den isotropen Kugelstrahler.
- $P_{\text{EIRP}} = (P_{\text{Sender}} - P_{\text{Verluste}}) \cdot G_{\text{Antenne isotrop}}$
- Der isotrope Kugelstrahler ist rein theoretischer Natur. Man nimmt hier eine gleichmäßige Verteilung der Antennenstrahlung an. Das kann man sich wie, die Abstrahlung von Licht bei der Sonne, vorstellen. Deswegen bietet er sich als Bezugsantenne für Personenschutzberechnungen an.

Ein Beispiel

Gegeben sind ein **Antennengewinn** (g) von 7dBd und eine Ausgangsleistung von 0,5 Watt. Die **Kabelverluste** betragen 1,5dB.

Welche **EIRP** wird von der Antenne abgestrahlt?

Zunächst ist wichtig zu wissen, wenn der Antennengewinn (g) in dBd, also über den Dipol bezogen, angegeben wird, müssen wir zunächst den Wert für den "Isotropen Kugelstrahler" 2,15dBi hinzurechnen.

Also:

$$7\text{dBd} + 2,15\text{dB} = 9,15\text{dBi}$$

Wir suchen **P**. Deswegen stellen wir die Formel um:

$$\frac{P_2}{P_1} = 10^{\frac{g}{10}}$$

wird zu

$$P_2 = P_1 \cdot 10^{\frac{g}{10}}$$

$$P_2 = 0,5 \text{ Watt} \cdot 10^{\frac{7\text{dB} - 1,5\text{dB} + 2,15\text{dB}}{10}} = 2,91 \text{ Watt}$$

Sicherheitsabstand

Wie nah darf ich dir kommen?

Sicherheitsabstand

Wie wir ja nun wissen, strahlt die Antenne ab. **Funkwellen**, die ausgesendet werden, können sich auf den **menschlichen Körper** auswirken.

Von daher ist es wichtig, bei großer **Strahlungsleistung**, den **Personensicherheitsabstand** berechnen zu können.

Zwei Dinge sind dazu wichtig:

1. Der **Sicherheitsabstand** zählt von **jedem Punkt** der Antenne aus.
2. Man rechnet mit dem **Mittelwert** der **Ausgangsleistung** über einen **Zeitintervall** von sechs Minuten.



Herr Ober die Rechnung bitte!

Die Formel

$$r = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot EIRP}}{E}$$

r = Abstand in Meter (m)

E = maximale elektrische Feldstärke
(**28V/m**)

Ein Beispiel:

Wir möchten den **Personenschutz-Sicherheitsabstand** für die 10m-Band-Antenne unserer Clubstation und die Betriebsart RTTY berechnen.

Der **Grenzwert** im Fall des Personenschutzes beträgt **28 V/m**. Wir betreiben einen **Dipol**, der von einem Sender mit einer **Leistung** von **100W** über ein Koaxialkabel gespeist wird.

Die **Kabeldämpfung** kann vernachlässigt werden.

Wie groß muss der **Sicherheitsabstand** sein?

Die Berechnung:

Unsere Formel:

$$r = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot EIRP}}{E}$$

Als erstes errechnen wir die EIRP, deren Berechnung gezeigt wurde. Da die **Kabeldämpfung** zu vernachlässigen und hier ein Dipol angegeben ist (ein Dipol hat gegenüber einem Dipol immer 0dB Gewinn), rechnen wir direkt mit 2,15dBi.

$$100W \cdot 10^{\frac{2,15dBi}{10}} = 164,06 \text{ Watt EIRP}$$

Die Berechnung:

Unsere Formel:

$$r = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot EIRP}}{E}$$

Nun können wir den Sicherheitsabstand in mehreren Schritten berechnen:

$$30\Omega \cdot 164,06W = 4921,7$$

$$\sqrt{4921,7} = 70,15$$

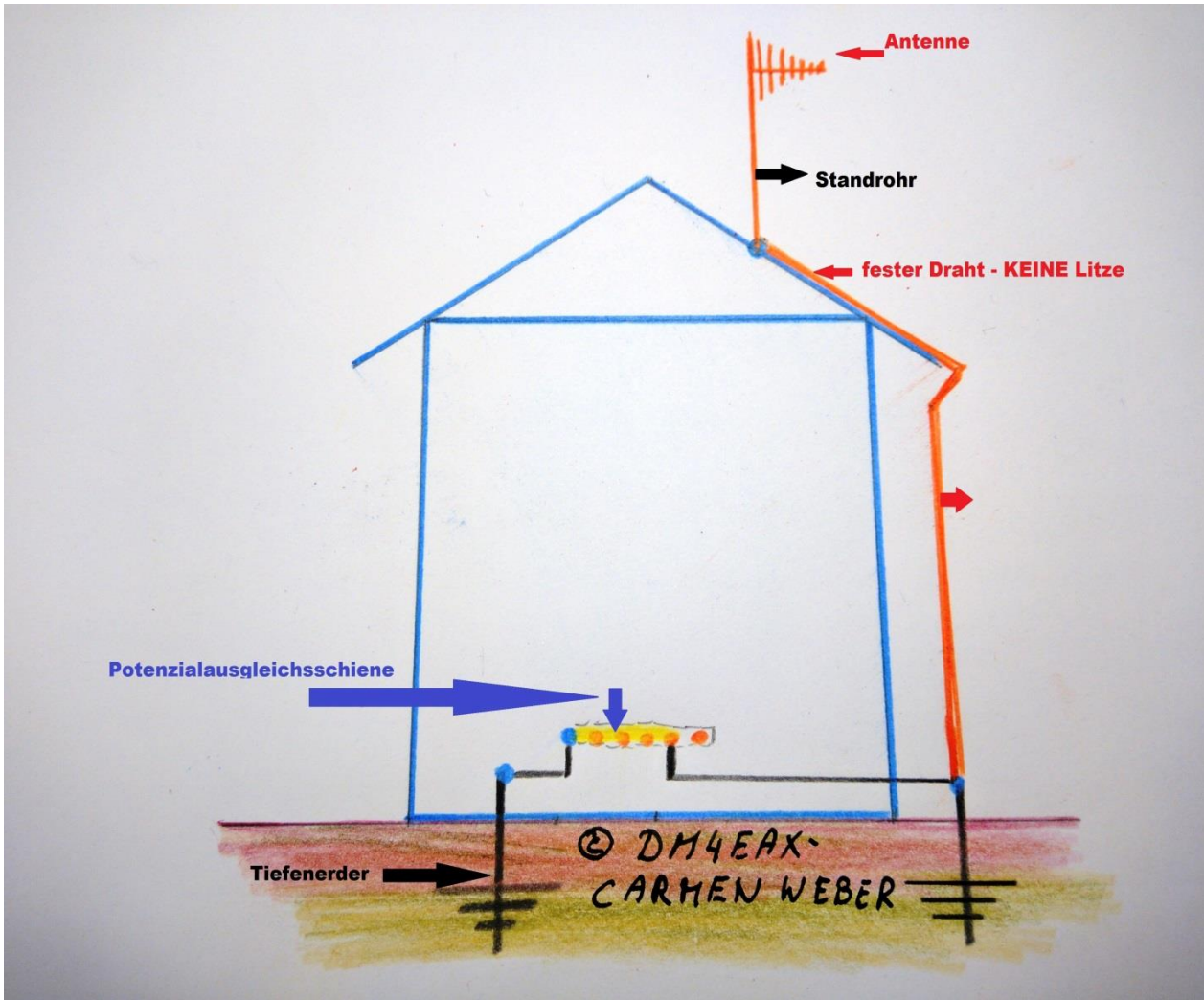
$$\frac{70,15}{28V/m} = 2,505m$$

Unser **Sicherheitsabstand** von **jedem Punkt** der Antenne aus muss **2,50m** betragen.

Der Blitzschutz

Eine gute Blitzschutzanlage kann Schäden am Objekt verhindern.

Normgerecht ist fachgerecht



Das Standrohr der Antenne muss grundsätzlich nach **VDE-Vorschrift DIN 0855** (Teil 300) mit folgenden Materialien verbunden werden, um einen guten Blitzschutz zu gewähren:

Kupfer mit einem Querschnitt von 16qmm
Aluminium mit einem Querschnitt von 25qmm
oder **Stahl** mit einem Querschnitt von 50qmm.
Hierbei ist zu beachten, dass **Kupfer** sowohl isoliert als auch blank genutzt werden kann;
Aluminium nur isoliert und **Stahl** nur blank.

Bedingungen bei vorhanden Blitzschutzanlagen

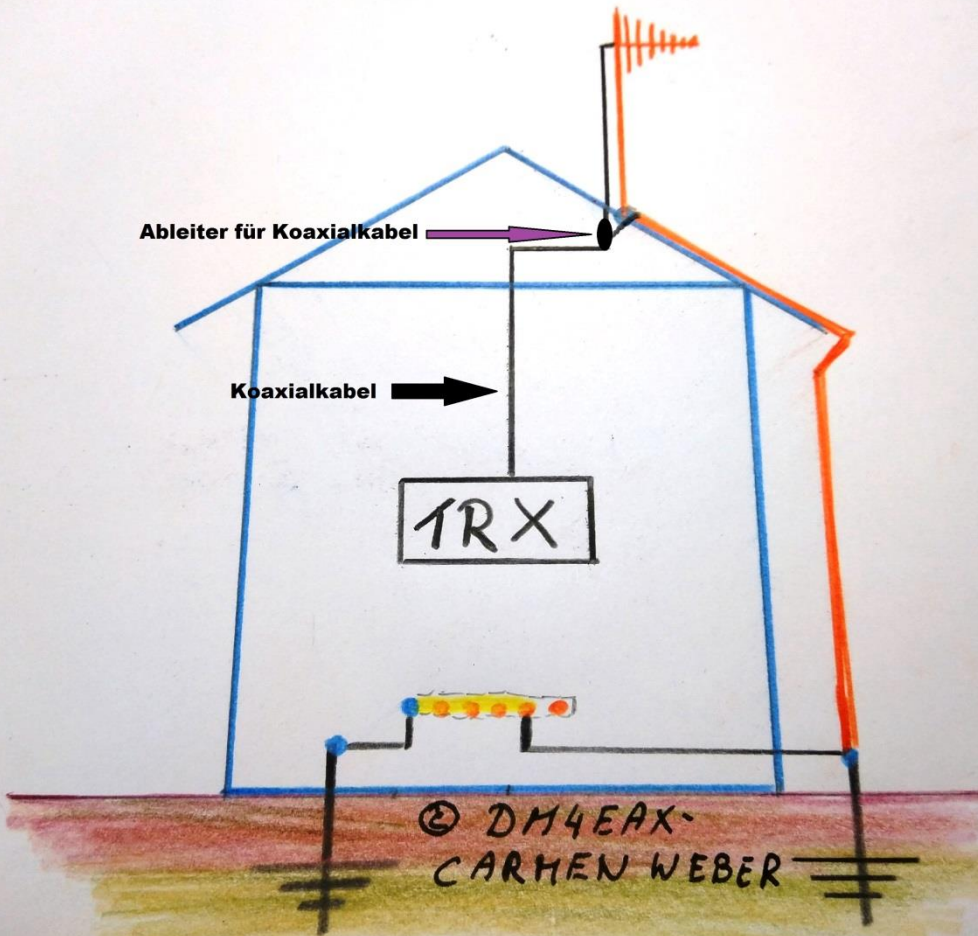
- Grundsätzlich ist zu sagen, dass jeder **ordnungsgemäß** verlegte **Fundamenterder** genutzt werden kann, sofern **alle Blitzschutzleitungen getrennt** zur **Potenzialausgleichsschiene** geführt werden.
- Bei einer vorhanden **Blitzschutzanlage** kann das **Standrohr** der Antenne mit dieser verbunden werden, sofern man den **kürzesten Weg** zum Anschluss an die Anlage verwendet.

Koaxialkabelabschirmung

Durch das an die Antenne angeschlossene Koaxialkabel kann der **Blitzstrom** bis in das Funkgerät geraten.

Damit es dadurch nicht zu Spannungsunterschieden in der Koaxialkabelniederführung kommt, ist es wichtig, die Abschirmung des Koaxialkabels normgerecht über den **Potenzialausgleichsleiter** (im Bild **rot**) mit der Erde zu verbinden.

Dazu verbindet man den Außenleiter (**Abschirmung**) mittels eines **Ableiters** für Koaxialkabel an den **Potenzialausgleichsleiter**.



Funken im KFZ

Wichtige Regeln für einen sichere Fahrt

- Vor dem Einbau von Funkgeräten in das Auto ist unbedingt auf die **KFZ-Hersteller-Beschreibung** zu achten. Hält man sich nicht an die Angaben des Herstellers, erlischt die **Betriebserlaubnis**.
- Um ein Zusammenwirken der Funkelektronik mit der Elektronik des KFZs zu verhindern, ist es dringend angeraten, die Verkabelung des Funkgeräte **soweit weg wie möglich** von der **Autoverkabelung** zu verlegen.
- Aus funktechnischer Sicht sollten mobile VHF-Antennen möglichst **in der Mitte** des **Fahrzeugdaches** angebracht werden.

Adern-Kennzeichnung

Adern-Kennzeichnung

Wer schon einmal eine Lampe angebracht oder ein Kabel durchgeschnitten hat, wird wissen, dass ein Kabel aus einer Hülle mit **drei** verschiedenen **farbigen Adern** besteht. Die Farben sind **Grüngelb**, **Braun** und **Blau**. Dabei ist es wichtig zu wissen, für welchen **Leiter** eine Farbe heutzutage **normgerecht** steht.

- **Schutzleiter:** - **Grüngelb**
- **Außenleiter:** - **Braun**
- **Neutralleiter:** - **Blau**

Geschafft!

Viel Spaß bei der Bearbeitung!



Initiales Autorenteam:

Michael Funke - DL4EAX

Carmen Weber - DM4EAX

Willi Kiesow - DG2EAF



Änderungen durch:

Hier bitte Ihren Namen eintragen, wenn Sie Änderungen vorgenommen haben.

Sie dürfen:

Teilen: Das Material in jedwedem Format oder Medium vervielfältigen und weiterverbreiten.

Bearbeiten: Das Material verändern und darauf aufbauen.

Unter folgenden Bedingungen:

Namensnennung: Sie müssen angemessene Urheber- und Rechteangaben machen, einen Link zur Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Diese Angaben dürfen in jeder angemessenen Art und Weise gemacht werden, allerdings nicht so, dass der Eindruck entsteht, der Lizenzgeber unterstütze gerade Sie oder Ihre Nutzung besonders.

Nicht kommerziell: Sie dürfen das Material nicht für kommerzielle Zwecke nutzen.

Weitergabe unter gleichen Bedingungen: Wenn Sie das Material verändern oder anderweitig direkt darauf aufbauen, dürfen Sie Ihre Beiträge nur unter derselben Lizenz wie das Original verbreiten.

Der Lizenzgeber kann diese Freiheiten nicht widerrufen solange Sie sich an die Lizenzbedingungen halten.

Details: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de/>