

Lernkrücken für den Amateurfunkkurs der Klasse E von A02

DJ1TF - Thomas Fritzsche

November 14, 2025

Contents

15 Personenschutzabstand	1
15.1 Äquivalente isotrope Strahlungsleistung (EIRP) II	1
15.2 Personenschutzabstand II	5
15.3 Grenzwerte	6
15.4 Näherungsformel I	7

15 Personenschutzabstand

15.1 Äquivalente isotrope Strahlungsleistung (EIRP) II

Lösungen

EG501 Die äquivalente isotrope Strahlungsleistung (EIRP) ist ...

Lösungsansatz:

Ich finde diese Art von Fragen schwierig, da die Antworten alle ähnlich klingen. Es hilft zunächst alle Antworten zu lesen und zu festzustellen wo die Unterschiede sind. Es geht um EIRP und an dem Buchstaben I sollte sofort klar sein, dass es um den isotropen Strahler geht, d.h. Antwort (B) und (D) können sofort ausgeschlossen werden, da es hier um einen Dipol geht. Jetzt schauen wir uns Antwort (C) an und bemerken, dass es um die "höchste Spitze der Modulationshüllkurve" geht. Das hat was PEP (Peak Envelop Power) zu tun ist in der Tat eine falsche Antwort. Also ist (A) richtig.

- (A) das Produkt aus der Leistung, die unmittelbar der Antenne zugeführt wird, und ihrem Gewinn in einer Richtung, bezogen auf den isotropen Strahler.
- (B) das Produkt aus der Leistung, die unmittelbar der Antenne zugeführt wird, und ihrem Gewinn in einer Richtung, bezogen auf den Dipol.
- (C) die durchschnittliche Leistung bei der höchsten Spitze der Modulationshüllkurve, die der Antenne zugeführt wird, und ihrem Gewinn in einer Richtung, bezogen auf den isotropen Strahler.
- (D) die durchschnittliche Leistung bei der höchsten Spitze der Modulationshüllkurve, die der Antenne zugeführt wird, und ihrem Gewinn in einer Richtung, bezogen auf den Dipol.

EG502 Nach welcher der Antworten kann die EIRP berechnet werden?

Lösungsansatz:

Wie in Frage EG501 geht es um EIRP also können nur die Antworten mit "isotropen Strahler" richtig sein, dies sind (A) und (C). Wir stellen fest, dass der Gewinn G_{Antenne} einmal multipliziert wird und einem addiert. Multiplizieren ist hier Richtig, da G als Gewinnfaktor verwendet wird (siehe z.B. Formelsymbole in der Formelsammlung)

- (A) $P_{\text{EIRP}} = (P_{\text{Sender}} - P_{\text{Verluste}}) \cdot G_{\text{Antenne}}$, bezogen auf einen isotropen Strahler

- (B) $P_{\text{EIRP}} = (P_{\text{Sender}} \cdot P_{\text{Verluste}}) \cdot G_{\text{Antenne}}$, bezogen auf einen Halbwellendipol
 (C) $P_{\text{EIRP}} = (P_{\text{Sender}} - P_{\text{Verluste}}) + G_{\text{Antenne}}$, bezogen auf einen isotropen Strahler
 (D) $P_{\text{EIRP}} = (P_{\text{Sender}} - P_{\text{Verluste}}) + G_{\text{Antenne}}$, bezogen auf einen Halbwellendipol

EG503 Ein HF-Verstärker für 5,7 GHz speist eine Ausgangsleistung von 250 mW ohne Leitungsverluste direkt in einen Parabolspiegel mit einem Gewinn von 26 dBi ein. Wie hoch ist die äquivalente Strahlungsleistung (EIRP)?

Lösungsansatz:

Diese Frage ist viel einfacher zu lösen wie es zunächst aussieht. Es geht um einen Parabolspiegel mit $26 \text{ dBi} = 20 \text{ dBi} + 6 \text{ dBi}$. Warum den Gewinn gerade so aufteilen? In der Formelsammlung finden wir im Abschnitt Pegel Angaben: Der Gewinnfaktor (Leistung) von 20 dB entspricht Faktor 100. Der Gewinnfaktor von 6 dBi ist 4. Zusammen ergibt sich also der Gewinnfaktor von $100 \cdot 4 = 400$. Erinnere Dich daran: Die Addition in der dB-Rechnung entspricht der Multiplikation wenn wir mit entsprechenden Gewinnfaktoren arbeiten. Also werden die 250 mW um einen Antennengewinn von Faktor 400 verstärkt.

$$250 \text{ mW} \cdot 400 = 100 \text{ W}$$

- (A) 100 W
 (B) 61 W
 (C) 6,5 W
 (D) 3,4 W

EG504 Ein HF-Verstärker für 10,4 GHz speist eine Ausgangsleistung von 5 W direkt in einen Parabolspiegel mit einem Gewinn von 36 dBi ein. Wie hoch ist die äquivalente Strahlungsleistung (EIRP)?

Lösungsansatz:

Analog zu EG503 zerlegen wir die $36 \text{ dBi} = 20 \text{ dB} + 10 \text{ dB} + 6 \text{ dB}$. Mit den Gewinnfaktoren aus der Umrechnungstabelle in der Formelsammlung ergibt sich: $100 \cdot 10 \cdot 4 = 4000$. Also:

$$5 \text{ W} \cdot 4000 = 20000 \text{ W}$$

- (A) 20000 W
 (B) 12195 W
 (C) 180 W
 (D) 110 W

EG505 An einen Sender mit 100 W Ausgangsleistung ist eine Antenne mit einem Gewinn von 11 dBi angeschlossen. Die Dämpfung des Kabels beträgt 1 dB. Wie hoch ist die äquivalente Strahlungsleistung (EIRP)?

Lösungsansatz:

Wir haben 11 dBi Antennengewinn. Davon können wir aber 1 dB Dämpfung abziehen. In der Formelsammlung (Kapitel Pegel) entspricht dies einem Faktor 10. Also

$$100 \text{ W} \cdot 10 = 1000 \text{ W}$$

- (A) 1000 W
 (B) 164 W

- (C) 100 W
- (D) 1640 W

EG506 Ein Sender mit 75 W Ausgangsleistung ist über eine Antennenleitung, die 2,15 dB (Faktor 1,64) Kabelverluste hat, an eine Dipol-Antenne angeschlossen. Welche EIRP wird von der Antenne maximal abgestrahlt?

Lösungsansatz:

Wir haben 75 W Ausgangsleistung. Die Kabelverluste entsprechen ganz genau dem Antennengewinn eines Dipol. Diese Angaben über den Dipol sind in der Formelsammlung (Strahlungsleistung und Gewinn von Antennen).

Da sich Gewinn und Verlust ausgleichen kommen auch 70 W EIRP heraus.

- (A) 75 W
- (B) 123 W
- (C) 45,7 W
- (D) 60,6 W

EG507 An einen Sender mit 100 W Ausgangsleistung ist eine Dipol-Antenne angeschlossen. Die Dämpfung des Kabels beträgt 10 dB. Wie hoch ist die äquivalente isotrope Strahlungsleistung (EIRP)?

Lösungsansatz:

Die 10 dB Dämpfung entsprechen einem Faktor von 10. D.h. 100 W Ausgangsleistung werden zu 10 W an der Antenne. Es handelt sich um einen Dipol also müssen wir noch den Antennengewinn mit dem Faktor 1,64 berücksichtigen und bekommen also $10 \text{ W} \cdot 1,64 = 16,4 \text{ W}$ heraus.

- (A) 16,4 W
- (B) 90 W
- (C) 164 W
- (D) 10 W

EG508 Ein Sender mit 5 W Ausgangsleistung ist über eine Antennenleitung, die 2 dB Kabelverluste hat, an eine Richtantenne mit 5 dB Gewinn (auf den Dipol bezogen) angeschlossen. Welche EIRP wird von der Antenne abgestrahlt?

Lösungsansatz:

Ähnlich zu Frage EG507! Aus Kabelverlust und Antennengewinn haben wir 3 dB also ein Faktor 2 laut der Umrechnungstabelle. Aus 5 W werden mit dem Faktor 2 also 10 W. Jetzt aber aufpassen: der Antennengewinn was in dB (also in Bezug auf Dipol) angegeben. Um auf EIRP (Bezug Isotropenstrahler) zu kommen müssen wir den Gewinn des Dipoles mit dem Faktor 1,64 berücksichtigen. Das Ergebnis ist also auch $10 \text{ W} \cdot 1,64 = 16,4 \text{ W}$.

- (A) 16,4 W
- (B) 8,2 W
- (C) 41,2 W
- (D) 9,98 W

EG509 Ein Sender mit 0,6 W Ausgangsleistung ist über eine Antennenleitung, die 1 dB Kabelverluste hat, an eine Richtantenne mit 11 dB Gewinn (auf Dipol bezogen) angeschlossen. Welche EIRP wird von der Antenne maximal abgestrahlt?

Lösungsansatz:

Aus Antennengewinn und Kabelverlust ergeben sind 10 dB, also Faktor 10 Gewinn. Aus 0,6 W werden also 6 W. Wir berücksichtigen aber noch den Dipol Gewinnfaktor von 1,64 und erhalten: $6 \text{ W} \cdot 1,64 = 9,84 \text{ W}$

- (A) 9,8 W
- (B) 6,0 W
- (C) 7,8 W
- (D) 12,7 W

EG510 Ein Sender mit 8,5 W Ausgangsleistung ist über eine Antennenleitung, die 1,5 dB Kabelverluste hat, an eine Antenne mit 0 dB Gewinn (auf den Dipol bezogen) angeschlossen. Welche EIRP wird von der Antenne abgestrahlt?

Lösungsansatz:

Ich gebe zwei mögliche Lösungen an. Der Lösungsweg auf der 50 Ohm Webseite halte ich für unnötig kompliziert!

Zunächst haben wir 1,5 dB Kabelverlust aber einen Dipol mit Gewinn 2,15 dB. In Summe bleiben nur 0,64 dB Gewinn über.

Zunächst die Lösung mit **Überschlagsrechnung**: Schauen wir in der Tabelle die Gewinnfaktoren von 0 dB und 1 dB nach so entspricht dies Faktor 1 bis 1,26. Es gibt aber nur die Antwort (A) die sich aus 8,5 W Ausgangsleistung und solch einem Faktor nahe 1 ergeben könnte.

Eine **exakte Lösung**: In der Formelsammlung im Kapitel "Strahlungsleistung und Gewinn von Antennen" finden wir die Formel

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

. Wir setzten ein um den exakten Gewinnfaktor zu errechnen:

$$G = 10^{\frac{0,64}{10 \text{ dB}}} \approx 1,16$$

$$8,5 \text{ W} \cdot 1,16 = 9,86 \text{ W}$$

- (A) 9,9 W
- (B) 19,7 W
- (C) 12,0 W
- (D) 6,0 W

EG511 Sie möchten für Ihre Sendeanlage keine Anzeige einer ortsfesten Amateurfunkanlage nach § 9 BEMFV abgeben. Wie hoch darf die Sendeleistung für ihre Vertikalantenne mit 5,15 dBi Gewinn ohne Berücksichtigung der Kabelverluste maximal sein, damit die Strahlungsleistung von 10 W EIRP nicht überschritten wird?

Lösungsansatz:

Dies ist vermutlich eine der Kompliziertesten Fragen im ganzen Katalog der Klasse E. Wenn Du Dir die Antwort (A) mit 3 W merkst, ist dies sicherlich geschickt.

Dennoch geben wir wie bei Frage EG510 wieder zwei Lösungen an:

Zunächst die Lösung mit **Überschlagsrechnung**: Die 5,15 dBi sind annähernd 5 dBi und die können wir zerlegen in $5 \text{ dBi} = 3 \text{ dBi} + 1 \text{ dBi} + 1 \text{ dBi}$. Als Gewinnfaktor haben wir also etwa: $2 * 1,26 * 1,26 = 3,1752$. Rechnen wir von den maximal 10 W EIRP zurück, ergibt sich:

$$10 / 3,1752 \approx 3,1494 \text{ W}$$

die wir maximal aussenden können. D.h., auch wenn das Ergebnis denkbar knapp ist, 3 W können wir senden.

Eine **exakte Lösung**: Wir verwenden die Formel aus Frage EG510 um den Gewinnfaktor exakt zu berechnen.

$$G = 10^{\frac{5,15}{10 \text{ dB}}} \approx 3,273$$

Mit dem Gewinnfaktor können wir die maximale Ausgangsleistung mit $10 / 3,273 \approx 3,0553$ ermitteln. Knapp aber 3 Watt sollten gerade noch unter dem Grenzwert liegen.

-
- (A) 3 W
 - (B) 10 W
 - (C) 5 W
 - (D) 2 W

15.2 Personenschutzabstand II

Es geht in diesem Kapitel mal wieder um die 10 W EIRP Strahlungsleistung.

Lösungen

EK104 Muss ein Funkamateur als Betreiber einer ortsfesten Amateurfunkstelle bei FM-Telefonie und einer Sendeleistung von 6 W an einer 15-Element-Yagi-Uda-Antenne mit 13 dBD Gewinn im 2 m-Band die Einhaltung der Personenschutzgrenzwerte nachweisen?

Lösungsansatz:

Nach all den Fragen in vorherigen Kapitel, sollte unmittelbar klar sein, dass der enorme Antennengewinn von 13 dBD der Yagi Uda Antenne. Problemlos ausreichen um bei 6 W Ausgangsleistung über den Grenzwert zu kommen. Selbst wenn wir den Gewinn mit 10 dBD etwas abrunden und den Gewinn des Dipols unberücksichtigt lassen, sind mit (Gewinnfaktor 10) schon über 10 W EIRP. D.h. ohne Rechnung ist bereits klar, dass wir in dieser Situation die Einhaltung der Personenschutzgrenzwerte nachzuweisen haben.

-
- (A) Ja, er ist in diesem Fall verpflichtet die Einhaltung der Personenschutzgrenzwerte nachzuweisen.
 - (B) Nein, der Schutz von Personen in elektromagnetischen Feldern ist durch den Funkamateur erst bei einer Strahlungsleistung von mehr als 10 W EIRP sicherzustellen.
 - (C) Ja, für ortsfeste Amateurfunkstellen ist die Einhaltung der Personenschutzgrenzwerte in jedem Fall nachzuweisen.
 - (D) Nein, bei FM-Telefonie und Sendezeiten unter 6 Minuten in der Stunde kann der Schutz von Personen in elektromagnetischen Feldern durch den Funkamateur vernachlässigt werden.

EK107 Sie errechnen einen Sicherheitsabstand für Ihre Antenne. Von welchem Punkt aus muss dieser Sicherheitsabstand eingehalten werden, wenn Sie bei der Berechnung die Fernfeldnäherung verwendet haben? Er muss eingehalten werden ...

Lösungsansatz:

Eine Frage der Vorschriften die Du lernen musst, die aber auch Sinn macht.

- (A) von jedem Punkt der Antenne.
- (B) vom Einspeisepunkt der Antenne.
- (C) von der Mitte der Antenne, d. h. dort, wo sie am Mast befestigt ist.
- (D) vom untersten Punkt der Antenne.

15.3 Grenzwerte

Lösungen

EK101 Die Feldstärkegrenzwerte für den Schutz von Personen in elektromagnetischen Feldern sind von der Frequenz abhängig, weil ...

Lösungsansatz:

Die Antwort sollte klar sein. Ist eine Formulierung die Du Dir merken solltest.

- (A) die Fähigkeit des Körpers, hochfrequente Strahlung zu absorbieren, frequenzabhängig ist.
- (B) niederfrequente elektromagnetische Felder energiereicher sind als hochfrequente.
- (C) auf den Amateurfunkbändern unterschiedlich hohe Sendeleistungen zugelassen sind.
- (D) die spezifische Absorptionsrate bei einigen Frequenzen nicht messbar ist.

EK102 Mit welchem zeitlichen Bezug ist die Feldstärke für die Einhaltung der Grenzwerte der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV) zu betrachten?

Lösungsansatz:

Auch diese Angaben musst Du Dir merken. Quadratisch und 6 Minuten.

- (A) Quadratisch gemittelt über 6 Minuten für Grenzwerte nach Anhang 1b, als kurzfristiger Effektivwert für Grenzwerte nach Anhang 1a und als momentaner Spitzenwert für Grenzwerte nach Anhang 3
- (B) Quadratisch gemittelt über 3 Minuten für Grenzwerte nach Anhang 1b, als kurzfristiger Effektivwert für Grenzwerte nach Anhang 1a und als momentaner Spitzenwert für Grenzwerte nach Anhang 3
- (C) Tagsüber maximale Momentanwerte und in den Nachtstunden zwischen Einbruch der Dunkelheit und Sonnenaufgang quadratisch gemittelt über 6 Minuten
- (D) Tagsüber maximale Momentanwerte und in den Nachtstunden zwischen Einbruch der Dunkelheit und Sonnenaufgang quadratisch gemittelt über 3 Minuten

EK103 Zum Schutz von Personen in elektromagnetischen Feldern sind in bestimmten Fällen auch Grenzwerte für aktive Körperhilfen einzuhalten. Mit welchem zeitlichen Bezug ist die Feldstärke hierbei zu betrachten?

Lösungsansatz:

Es geht um aktive Körperhilfen. Dein maximales Signal sollte also immer den Grenzwert einhalten.

- (A) Als maximaler Momentanwert
- (B) Als minimaler Momentanwert
- (C) Quadratisch gemittelt über 6 Minuten
- (D) Quadratisch gemittelt über 3 Minuten

15.4 Näherungsformel I

In diesem Kapitel befassen wir uns mit Fragen wie wird der Personenschutz-Sicherheitsabstand bestimmen können, bzw. wann eine Näherungsformel für die Fernfeldberechnung zum Einsatz kommen kann.

Lösungen

EK105 Sie möchten den Personenschutz-Sicherheitsabstand für ihren neuen, fest aufgebauten Halbwellendipol für das 80 m-Band (3,5 - 3,8 MHz) bestimmen. Bei 100 W Sendeleistung errechnen Sie mit Hilfe der Näherungsformel für die Fernfeldberechnung einen erforderlichen Abstand von 3,65 m. Ist dieser Sicherheitsabstand gültig?

Lösungsansatz:

Hier müssen wir nicht den Personensicherheitsabstand bestimmen. Es wurde aber mit der Formel für die Fernfeldberechnung ermittelt wie müssen lediglich überprüfen ob der Abstand d ausreicht. Im Abschnitt Strahlungsleistung und Gewinn von Antennen finden wir unter Feldstärke im Fernfeld einer Antenne die Formel und auch die Angabe über den Abstand

$$d > \frac{\lambda}{2 \cdot \pi}$$

Für die Frequenz 3,5 MHz ist

$$\lambda = \frac{300}{3,5} = 85,71 \text{ m.}$$

Wir setzen ein

$$d > \frac{\lambda}{2 \cdot \pi} = \frac{85,71 \text{ m}}{2 \cdot \pi} = 13,64 \text{ m}$$

Da die Rechnung erst ab 13,64 m gültig ist, wir aber laut Frage 3,65 m ermittelt haben, kann die Rechnung nicht verwendet werden. Wir müssen z.B. messen.

-
- (A) Der errechnete Abstand ist ungültig, da er im reaktiven Nahfeld der Antenne liegt, und muss deshalb durch andere Methoden wie z. B. Messungen der E- und H-Feldanteile, Simulations- oder Nahfeldberechnungen bestimmt werden.
 - (B) Der errechnete Personenschutz-Sicherheitsabstand ist gültig, da Berechnungen mit der Näherungsformel für die Fernfeldberechnung im Amateurfunk hinreichend genau sind.
 - (C) Der errechnete Personenschutz-Sicherheitsabstand muss erst noch mit einem Sicherheitszuschlag ($\sqrt{2}$) multipliziert werden.
 - (D) Der errechnete Personenschutz-Sicherheitsabstand ist akzeptiert, sofern die vor Inbetriebnahme einzureichende "Anzeige ortsfester Amateurfunkanlagen" gemäß § 9 BEMFV von der Bundesnetzagentur nicht beanstandet wird.

EK106 Wann ist die Berechnung des Personenschutz-Sicherheitsabstands mit der Näherungsformel für die Fernfeldberechnung auf den Bändern 160 m und 80 m ungültig? Die Berechnung ist ungültig, wenn das Ergebnis kleiner ist als ...

Lösungsansatz:

Wie in Frage EK105 überprüfen wir nur den Gültigkeitsbereich der Feldfeldberechnung. Wir wissen noch aus der vorherigen Frage, dass der Abstand im 80 m-Band näherungsweise 13,64 m betrug. Wir finden eine sehr ähnliche Angabe in der richtigen Antwort (A). Da λ im Zähler, muss für 160 m etwas der doppelte Abstand gelten, auch dass passt zu Antwort (A). Genau genommen sind die Angaben in Antwort (C) sogar noch kleiner. Diese Berechnungen wären also auch ungültig und Antwort (C) ist auch richtig. Aber die BnetzA lässt nur Antwort (A) zu.

-
- (A) 160 m-Band: 25,5 m, 80 m-Band: 12,7 m

- (B) 160 m-Band: 51,0 m, 80 m-Band: 25,4 m
- (C) 160 m-Band: 12,8 m, 80 m-Band: 6,4 m
- (D) 160 m-Band: 640 m, 80 m-Band: 320 m

EK108 Sie möchten den Personenschutz-Sicherheitsabstand für die Antenne Ihrer Amateurfunkstelle für das 10 m-Band und das Modulationsverfahren FM berechnen. Der Grenzwert im Fall des Personenschutzes beträgt 28 V/m. Sie betreiben eine Yagi-Uda-Antenne mit einem Gewinn von 7,5dBd. Die Antenne wird von einem Sender mit einer Leistung von 100 W über ein langes Koaxialkabel gespeist. Die Kabeldämpfung beträgt 1,5 dB. Wie groß muss der Sicherheitsabstand sein?

Lösungsansatz:

In der Formelsammlung finden wir

$$E = \frac{\sqrt{30 \Omega \cdot P_{\text{EIRP}}}}{d}$$

$$d = \frac{\sqrt{30 \Omega \cdot P_{\text{EIRP}}}}{E}$$

Wir haben $7,5 \text{ dB} - 1,5 \text{ dB} = 6 \text{ dB}$. Laut Tabelle in der Formelsammlung entspricht dies einem Faktor 4. Da die Antenne mit einem Gewinn in dBd angegeben ist müssen wir noch den Dipol Gewinnfaktor von 1,64 berücksichtigen: $4 \cdot 1,64 = 6,56$. Mit der Senderausgangsleistung von 100 W. Also

$$P_{\text{EIRP}} = 100 \text{ W} \cdot 6,56 = 653 \text{ W}$$

Wir setzen ein

$$d = \frac{\sqrt{30 \Omega \cdot 653 \text{ W}}}{28 \text{ V/m}} = 5,01 \text{ m}$$

- (A) 5,0 m
- (B) 3,9 m
- (C) 2,5 m
- (D) 20,7 m