

Übungsaufgaben zu Wellen

Aufgabe 1

An einem Fernsehempfänger wird im Band III ein Pegel von mindestens $54 \text{ dB}\mu\text{V}$ benötigt. An der Antenne werden $68 \text{ dB}\mu\text{V}$ gemessen. Zwischen Antenne und Empfänger liegt ein Kabel mit -8 dB , ein Stammleitungsverteiler mit -5 dB sowie eine Steckdose mit -14 dB . Wieviel dB Verstärkung muss ein einzubauender Verstärker haben?

Lösung: Pegel am Empfänger ohne Verstärker:

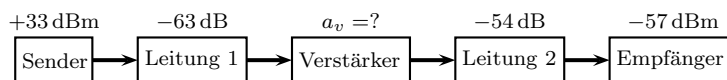
$$U_{ohne} = 68 \text{ dB}\mu\text{V} - 8 \text{ dB} - 5 \text{ dB} - 14 \text{ dB} = 41 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Notwendige Verstärkung:

$$a = 54 \text{ dB}\mu\text{V} - 41 \text{ dB}\mu\text{V} = 13 \text{ dB}$$

Aufgabe 2

Eine Übertragungsstrecke besteht aus zwei Leitungsstücken mit -63 dB und -54 dB Dämpfung sowie einem Zwischenverstärker. Am Empfänger soll ein Pegel von -57 dBm ankommen, wenn der Ausgangspegel des Senders $+33 \text{ dBm}$ beträgt.



- Wie groß muss die Verstärkung a_v des Zwischenverstärkers gewählt werden?
- Welchen Ausgangspegel (in mW) muss der Zwischenverstärker abgeben können?

Lösung a:

$$\begin{aligned} 33 \text{ dBm} - 63 \text{ dB} + a - 54 \text{ dB} &= -57 \text{ dBm} \\ a &= -33 \text{ dBm} + 63 \text{ dB} + 54 \text{ dB} - 57 \text{ dBm} \\ a &= 27 \text{ dB} \end{aligned}$$

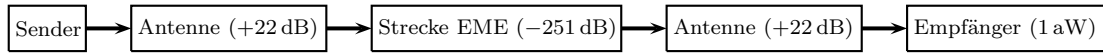
Lösung b:

$$P_V = -57 \text{ dBm} + 54 \text{ dB} = -3 \text{ dBm} = 0,5 \text{ mW}$$

Aufgabe 3

Ein Funkamateurl will mit seinem UKW-Sender auf 144 MHz ein Signal zum Mond senden und etwa $2,5$ Sekunden später das Echo wieder empfangen. Um das Echo identifizieren zu können, benötigt sein Empfänger eine Eingangsleistung von mindestens 1 aW ($\text{Atto-Watt} = 10^{-18} \text{ W}$). Er verwendet eine Antenne mit einem Gewinn (Verstärkung

durch Richtwirkung) von 22 dB. (Dieser Gewinn wirkt sowohl sendeseitig als auch empfangsseitig, also auf dem Weg Erde-Mond-Erde zwischen Sender und Empfänger zwei mal.) Die Streckendämpfung auf dem Hin- und Rückweg einschließlich der Reflexionsverluste beträgt etwa -251 dB. Welche Sendeleistung (in Watt) ist mindestens erforderlich?



Lösung:

$$a_{\text{ges}} = 2 \cdot a_{\text{Ant}} + a_{\text{EME}} = 2 \cdot 22 \text{ dB} - 251 \text{ dB} = -207 \text{ dB} \quad (4)$$

$$a_{\text{ges}} = 10 \text{ dB} \cdot \lg \frac{P_2}{P_1}$$

$$\frac{a_{\text{ges}}}{10 \text{ dB}} = \lg \frac{P_2}{P_1}$$

$$10^{\frac{a_{\text{ges}}}{10 \text{ dB}}} = \frac{P_2}{P_1}$$

$$P_1 = \frac{P_2}{10^{\frac{a_{\text{ges}}}{10 \text{ dB}}}} \quad (3)$$

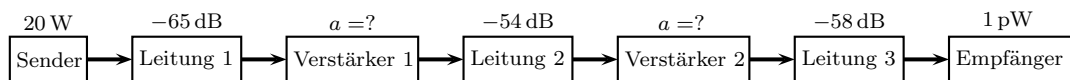
$$P_1 = \frac{10^{-18} \text{ W}}{10^{\frac{-207 \text{ dB}}{10 \text{ dB}}}}$$

$$P_1 = \frac{10^{-18}}{10^{-20,7}}$$

$$P_1 = 10^{2,7} \text{ W}$$

$$P_1 = 500 \text{ W}$$

Aufgabe 4



Ein Sender ist über eine sehr lange Leitung mit einem Empfänger verbunden. Die erforderliche Mindest-Empfangsleistung beträgt 1 pW (Pico-Watt = 10^{-12} W). Zur Pegelanhebung werden **zwei gleiche** Verstärker in die Leitung geschaltet, wie oben dargestellt. Wie groß ist die nötige Verstärkung a (in dB) **eines** solchen Zwischenverstärkers bei den im Bild angegebenen Pegel- und Dämpfungswerten?

Lösung:

$$a_{\text{ges}} = 10 \text{ dB} \cdot \lg \frac{P_2}{P_1} = 10 \text{ dB} \cdot \lg \frac{10^{-12} \text{ W}}{20 \text{ W}} = 10 \text{ dB} \cdot (-13,3) = -133 \text{ dB} \quad (5)$$

$$a_{\text{ges}} = -65 \text{ dB} + a - 54 \text{ dB} + a - 58 \text{ dB}$$

$$-133 \text{ dB} = 2a - 177 \text{ dB} \quad | + 177 \text{ dB}$$

$$44 \text{ dB} = 2a$$

$$a = 22 \text{ dB} \quad (5)$$

Aufgabe 5

Die Dämpfung einer Leitung beträgt -76 dB. Welche Leistung muss eingespeist werden, damit den Empfänger mit 50Ω Eingangswiderstand eine Spannung von 1 mV erreicht?

Lösungsvariante 1:

$$P_2 = \frac{U_2^2}{R} = \frac{(1 \text{ mV})^2}{50 \Omega} = 20 \text{ nW}$$

$$a = 10 \text{ dB} \cdot \lg \frac{P_2}{P_1}$$

$$\frac{a}{10 \text{ dB}} = \lg \frac{P_2}{P_1}$$

$$10^{\frac{a}{10 \text{ dB}}} = \frac{P_2}{P_1}$$

$$P_1 = \frac{P_2}{10^{\frac{a}{10 \text{ dB}}}}$$

$$= \frac{20 \text{ nW}}{10^{\frac{a}{10 \text{ dB}}}}$$

$$= \frac{10^{\frac{-76 \text{ dB}}{10 \text{ dB}}}}{20 \cdot 10^{-9} \text{ W}}$$

$$= \frac{10^{-7,6}}{20 \cdot 10^{-9} \text{ W}}$$

$$P_1 = 0,796 \text{ W}$$

Lösungsvariante 2:

$$a = 20 \text{ dB} \cdot \lg \frac{U_2}{U_1}$$

$$\frac{a}{20 \text{ dB}} = \lg \frac{U_2}{U_1}$$

$$10^{\frac{a}{20 \text{ dB}}} = \frac{U_2}{U_1}$$

$$U_1 = \frac{U_2}{10^{\frac{a}{20 \text{ dB}}}}$$

$$= \frac{1 \text{ mV}}{10^{\frac{a}{20 \text{ dB}}}}$$

$$= \frac{10^{\frac{-76 \text{ dB}}{20 \text{ dB}}}}{1 \cdot 10^{-3} \text{ V}}$$

$$= \frac{10^{-3,8}}{1 \cdot 10^{-3} \text{ V}}$$

$$U_1 = 6,31 \text{ V}$$

$$P_1 = \frac{U_1^2}{R} = \frac{6,31^2}{50 \Omega} = 0,796 \text{ W}$$

Aufgabe 6

Welche Aussage über den **Wellenwiderstand** einer Leitung ist richtig?

- Je größer der Wellenwiderstand einer Leitung, desto größer die Verluste.
- Je kleiner der Wellenwiderstand einer Leitung, desto größer die Verluste.
- Der Wellenwiderstand einer Leitung muss dem Eingangs- und Ausgangswiderstand der angeschlossenen Komponenten entsprechen.

Aufgabe 7

In ein Koaxkabel ist Wasser eingedrungen. Welche Folgen hat das für seinen Wellenwiderstand?

Lösung: Durch das höhere ε_r von Wasser steigt die Kapazität. Dadurch sinkt der Wellenwiderstand.

Aufgabe 8

Welche Folgen sind zu erwarten, wenn der Wellenwiderstand des Antennenkabels nicht zum Eingangswiderstand des (analogen) Fernsehempfängers passt?

Lösung: Durch die dabei entstehenden Reflektionen auf der Leitung entstehen sogenannte **Geisterbilder**.

Aufgabe 9

Ein Meterstück eines Koaxkabels hat zwischen Innen- und Außenleiter eine Kapazität von 40 pF. Schließt man es am Ende kurz, so ergibt sich eine Induktivität von $0,1 \mu\text{H}$. Welchen Wellenwiderstand hat das Kabel?

Lösung:

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{0,1 \mu\text{H}}{40 \text{ pF}}} = 50 \Omega$$

Aufgabe 10

Wie verändert sich der Wellenwiderstand einer verdrehten Zweidrahtleitung, wenn man die beiden Drähte entdrillt und deren Abstand voneinander vergrößert?

- Der Wellenwiderstand wird größer.
- Der Wellenwiderstand wird kleiner.
- Der Wellenwiderstand verändert sich dadurch nicht.

Aufgabe 11

Wie verändert sich der Wellenwiderstand eines Koaxkabels, wenn man die Länge des Koaxkabels verdoppelt, ohne die anderen Abmessungen und Materialien zu verändern?

- Der Wellenwiderstand wird größer.
- Der Wellenwiderstand wird kleiner.
- Der Wellenwiderstand verändert sich dadurch nicht.

Aufgabe 12

Welche Wellenlänge hat eine elektromagnetische Welle mit einer Frequenz von $f = 100 \text{ MHz}$? (Die Lichtgeschwindigkeit beträgt $c \approx 300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$.)

Lösung:

$$c = \lambda \cdot f \quad \Leftrightarrow \quad \lambda = \frac{c}{f} = \frac{300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}}{100 \text{ MHz}} = 3 \text{ m}$$

Aufgabe 13

Ein Stammleitungssystem wie hier dargestellt soll für den Fernsehempfang über eine BK-Anlage (Kabelfernsehen) erstellt werden.

Folgende Daten sind bekannt:

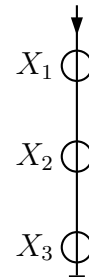
Empfangspegel am Einspeisepunkt: $65 \text{ dB}\mu\text{V}$

Mindestpegel am TV-Gerät: $57 \text{ dB}\mu\text{V}$

Auskoppeldämpfung einer Durchgangsdose: 16 dB

Durchgangsdämpfung einer Durchgangsdose: 1 dB

Kabeldämpfung je 100 Meter: 45 dB



Weiterhin sind folgende Leitungslängen bekannt:

Einspeisepunkt bis X_1 : 10 m

X_1 bis X_2 : 18 m

X_2 bis X_3 : 12 m

Muss ein Verstärker eingebaut werden? Wenn ja, wie groß muss seine Verstärkung mindestens sein? An welcher Stelle muss ein Verstärker eingebaut werden, falls das erforderlich ist?

Lösung:

$$l_{ges} = 10 \text{ m} + 18 \text{ m} + 12 \text{ m} = 40 \text{ m}$$

Das ist die Leitungslänge vom Einspeisepunkt bis zur letzten Dose. Die Leitungsdämpfung a_L wird bestimmt.

$$a_L = \frac{45 \text{ dB}}{100 \text{ m}} \cdot 40 \text{ m} = 18 \text{ dB}$$

Dazu kommen zwei Durchgangsdämpfungen bei X_1 und X_2 sowie eine Auskoppeldämpfung bei X_3 .

$$a_{ges} = a_L + 2 \cdot a_D + a_A = 18 \text{ dB} + 2 \cdot 1 \text{ dB} + 16 \text{ dB} = 36 \text{ dB}$$

Ohne zusätzlichen Verstärker erhielten wir diesen Pegel an der Dose X_3 :

$$U_3 = 65 \text{ dB}\mu\text{V} - 36 \text{ dB} = 29 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Erforderlich sind aber mindestens $57 \text{ dB}\mu\text{V}$. Die Differenz muss der Verstärker ausgleichen.

$$a_V = 57 \text{ dB}\mu\text{V} - \frac{29}{\text{dB}\mu\text{V}} = 28 \text{ dB}$$

Der zusätzliche Verstärker benötigt also eine Verstärkung von $a_V = 28 \text{ dB}$.

Dieser Verstärker muss direkt am Einspeisepunkt eingebaut werden.

Aufgabe 14

Aus welchem Grund muss man bei einem Stammleitungssystem an der letzten Durchgangsdose einen Abschlusswiderstand einbauen?

Lösung: Hier erwartet die Leitung den Abschluss, weil sie hier endet. Anderenfalls entstehen Reflektionen auf der Leitung.

Aufgabe 15

Weshalb sind bei einem Stichleitungssystem **keine** Abschlusswiderstände bei den Antennensteckdosen einzusetzen?

Lösung: Weil in den Stichleitungsverteilern eine Auskoppeldämpfung eingebaut ist, hat eine Fehlanpassung an der Antennensteckdose für den Rest der Anlage keine negativen Auswirkungen. Ist ein Empfangsgerät angeschlossen, dann stellt dieses den ordnungsgemäßen Abschlusswiderstand für die jeweilige Stichleitung dar. Die Enddose hat keine Auskoppeldämpfung.