



6. Übung zur Hochfrequenztechnik I Antennensysteme

Galina Georgieva

WiSe 2020/2021

Sende-Empfang-Antennensysteme:

- 1) Kenngrößen und Zusammenhänge in einem Sende-Empfang-Antennensystem.
- 2) Dimensionierung einfacher Antennensysteme.

Für ein Sende-Empfang-Antennensystem sind folgende Größen von Bedeutung:

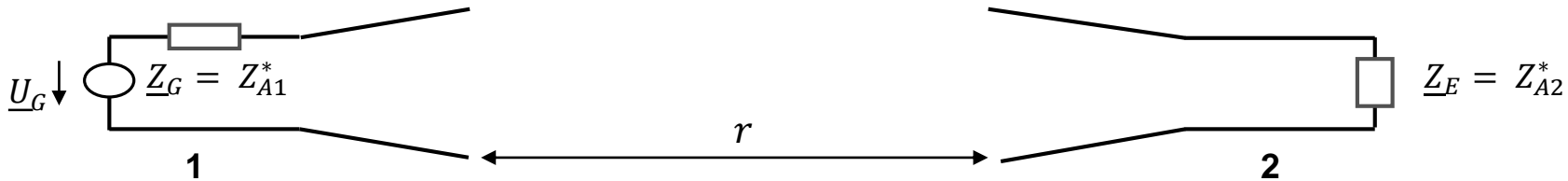
- Richtfaktor (Directivity): $D = \frac{\text{Leistungsdichte der Antenne in Hauptstrahlrichtung}}{\text{Leistungsdichte eines isotropen Kugelstrahlers}}$
- Antennenwirkungsgrad $\eta_A = \frac{\text{Von der Antenne abgestrahlten Leistung}}{\text{In die Antenne eingespeiste Leistung}}$
- Gewinn $G_{iso} = \eta_A \cdot D$. Für $\eta_A = 1$ sind Gewinn und Richtfaktor identisch.
- Antennenwirkfläche A_W - ein Maß dafür, wieviel von der gesendeten Leistungsdichte in Leistung am Empfänger umgesetzt wird.

- Kurze lineare Antenne: $A_W = \frac{3\lambda_0^2}{8\pi}$, λ_0 ist die Freiraumwellenlänge.
- Aperturantenne mit konstanter Belegung: Wirkfläche = Antennenfläche.
- N-Antennen Array – die Einzelwirkflächen addieren sich: $A_{W,ges} = N \cdot A_{W,einzel}$

- Wirkfläche und Gewinn einer Antenne stehen im konstanten Verhältnis:

$$\frac{A_W}{G_{iso}} = \frac{\lambda_0^2}{4\pi}$$

Sende-Empfang Antennensystem



Sendung von 1 nach 2: Die von Antenne 1 abgestrahlte Leistungsdichte berechnet sich mit:

$$S_1 = S_{\text{Isotr. Kugelstrahler}} \cdot G_{\text{iso},1} = \frac{P_S}{4\pi r^2} \cdot G_{\text{iso},1}$$

Die von Antenne 2 empfangene Leistung berechnet sich mit:

$$P_E = A_{W2} \cdot S_1 = A_{W2} \frac{P_S}{4\pi r^2} \cdot G_{\text{iso},1} \rightarrow \frac{P_E}{P_S} = \frac{A_{W2} \cdot G_{\text{iso},1}}{4\pi r^2}$$

Empfangene Leistung (Antenne 2) ← P_E ← Wirkfläche (Antenne 2) ← A_{W2} ← Abgestrahlte Leistungsdichte (Antenne 1) ← S_1

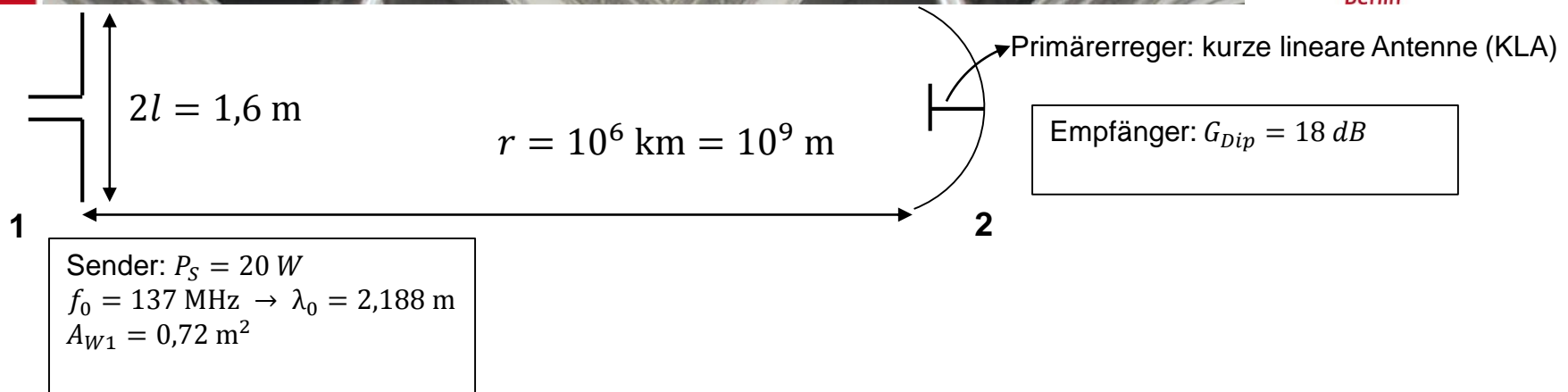
Sendung von 2 nach 1: Wegen Reziprozität gilt:

$$\frac{P_E}{P_S} = \frac{A_{W1} \cdot G_{\text{iso},2}}{4\pi r^2}$$

$$\Rightarrow A_{W1} \cdot G_{\text{iso},2} = A_{W2} \cdot G_{\text{iso},1}$$

$$\frac{P_E}{P_S} = \left(\frac{\lambda_0}{4\pi r} \right)^2 \cdot G_{\text{iso},1} \cdot G_{\text{iso},2}$$

Beispiele



Gegeben ist die Sende-Empfang Antennenanordnung in der Abbildung. Die Empfängerseite besteht aus einer kurzen linearen Antenne, deren Gewinn durch einen Parabolspiegel erhöht wird.

a) Gesucht wird die Wirkfläche des Empfängers A_{W2} .

$$\frac{A_{W2}}{G_{iso,2}} = \frac{\lambda_0^2}{4\pi} \quad \text{mit } G_{iso,2} = G_{KLA} \cdot G_{Dip}, \quad G_{KLA} = \frac{3}{2}$$

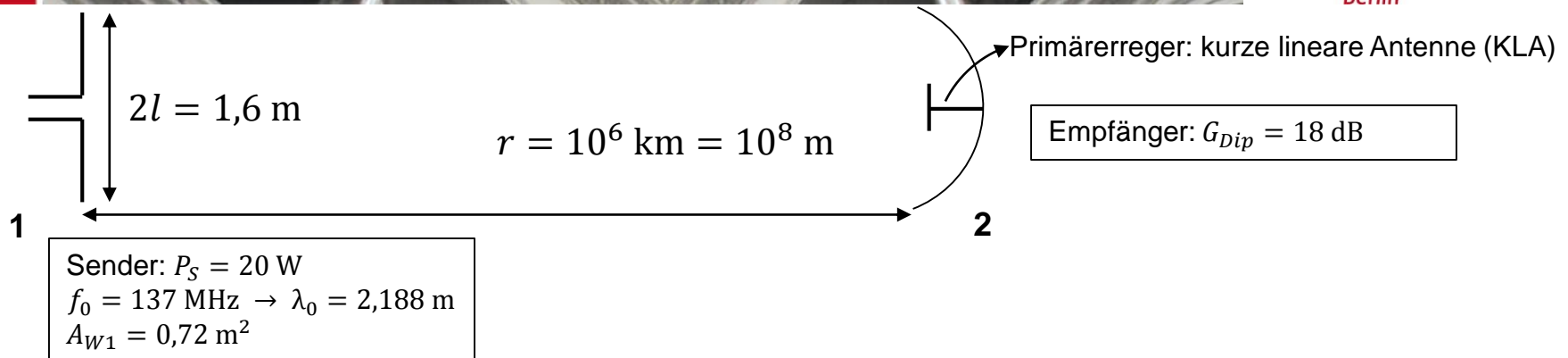
$$G_{Dip} = 10^{\frac{18}{10}} = 63 \rightarrow G_{iso,2} = \frac{3}{2} \cdot 63 \approx 94,64$$

$$A_{W2} = G_{iso,2} \frac{\lambda_0^2}{4\pi} \approx 36 \text{ m}^2$$

Der Gewinn in dB muss immer umgerechnet werden.

Der Gewinn einer kurzen linearen Antenne ist $3/2$. Dieser wird durch den Parabolspiegel verstärkt.

Beispiele



Gegeben ist die Sende-Empfang Antennenanordnung in der Abbildung. Die Empfängerseite besteht aus einer kurzen linearen Antenne, deren Gewinn durch einen Parabolspiegel erhöht wird.

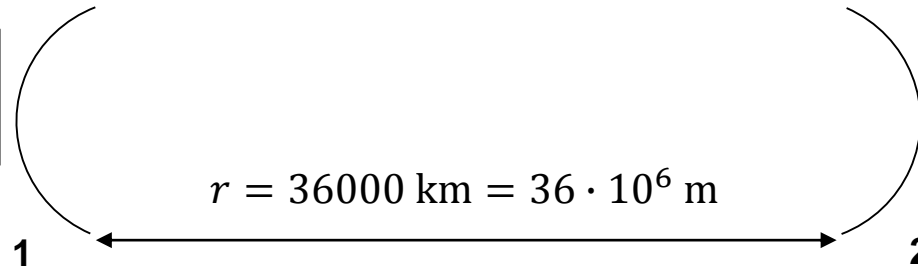
b) Wie groß ist die empfangene Leistung?

$$P_E = P_S \cdot \frac{A_{W2} \cdot G_{iso,1}}{4\pi r^2} \quad \text{mit} \quad G_{iso,1} = \frac{4\pi A_{W1}}{\lambda_0^2}$$

$$P_E = P_S \cdot \frac{A_{W1} \cdot A_{W2}}{\lambda_0^2 r^2} = 10^{-14} \text{ W}$$

Beispiele

Antenne 1: $P_S = 1 \text{ W}$
 $f_0 = 12 \text{ GHz} \rightarrow \lambda_0 = 0,025 \text{ m}$
 $D_1 = 0,25 \text{ m}$



Antenne 2: $D_2 = 10 \text{ m}$

Gegeben ist die Sende-Empfang Antennenanordnung in der Abbildung. Auf beiden Seiten befinden sich Parabolantennen mit den Durchmessern $D_{1,2}$.

a) Wie groß ist der Gewinn von Antenne 1?

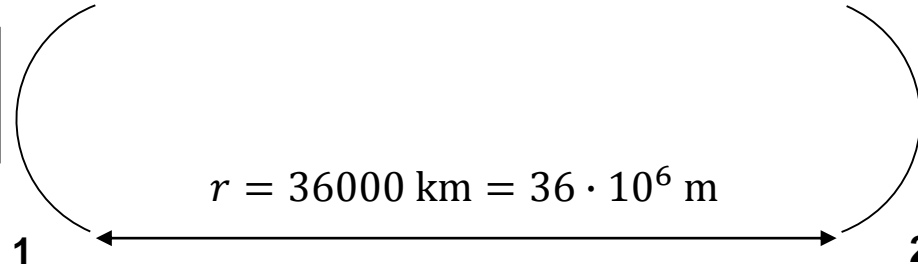
$$G_{iso,1} = \frac{4\pi A_{W1}}{\lambda_0^2} \quad \text{mit} \quad A_{W1} = \frac{\pi D_1^2}{4}$$

Parabolantenne:
Wirkfläche = Antennenfläche.
Antennenfläche entspricht einer Kreisfläche.

$$G_{iso,1} = 986 \triangleq 29,94 \text{ dB}$$

Beispiele

Antenne 1: $P_S = 1 \text{ W}$
 $f_0 = 12 \text{ GHz} \rightarrow \lambda_0 = 0,025 \text{ m}$
 $D_1 = 0,25 \text{ m}$



Antenne 2: $D_2 = 10 \text{ m}$

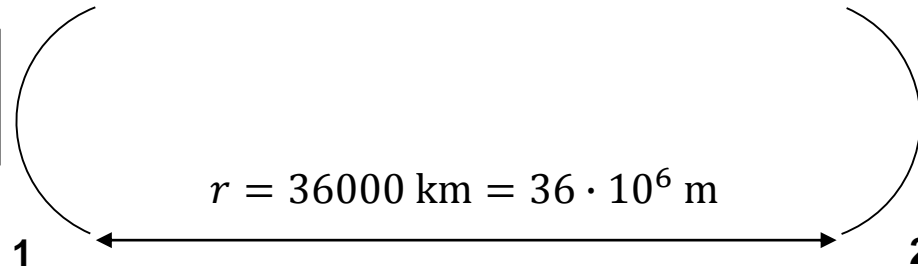
b) Antenne 1 wird als Sendeantenne betrieben. Wie groß ist die von Antenne 2 empfangene Leistung?

$$\frac{P_E}{P_S} = \frac{A_{W2} \cdot G_{iso,1}}{4\pi r^2} \text{ mit } A_{W2} = \frac{\pi D_2^2}{4}$$

$$P_E = 4,755 \cdot 10^{-12} \text{ W}$$

Beispiele

Antenne 1: $P_S = 1 \text{ W}$
 $f_0 = 12 \text{ GHz} \rightarrow \lambda_0 = 0,025 \text{ m}$
 $D_1 = 0,25 \text{ m}$



Antenne 2: $D_2 = 10 \text{ m}$

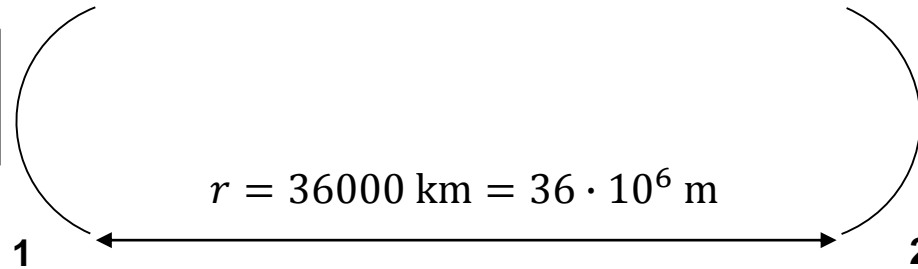
c) Nun wird Antenne 2 als Sendeantenne betrieben. Wie groß muss die Sendeleistung sein, damit von Antenne 1 empfangene Leistung mindestens 1 nW beträgt?

$$\frac{P_E}{P_S} = \frac{A_{W1} \cdot G_{iso,2}}{4\pi r^2} \quad \text{mit} \quad G_{iso,2} = \frac{4\pi A_{W2}}{\lambda_0^2}$$

$$P_{E,min} = P_S \cdot 4,76 \cdot 10^{-12} \stackrel{!}{=} 10^{-9} \text{ W} \rightarrow P_S = 210 \text{ W}$$

Beispiele

Antenne 1: $P_S = 1 \text{ W}$
 $f_0 = 12 \text{ GHz} \rightarrow \lambda_0 = 0,025 \text{ m}$
 $D_1 = 0,25 \text{ m}$



Antenne 2: $D_2 = 10 \text{ m}$

d) An der Stelle von Antenne 2 werden zwei Antennen mit den gleichen Eigenschaften eingesetzt. Welche Sendeleistung muss jede Antenne haben, damit die empfangene Leistung weiterhin 1 nW beträgt.

$$P'_S = 2P_S, \quad A'_{W2} = 2A_{W2}$$

$$P'_{E,min} = 1 \text{ nW} = P'_S \cdot \frac{A_{W1} \cdot A_{W2}'}{\lambda_0^2 r^2} = 4P_S \cdot \frac{A_{W1} \cdot A_{W2}}{\lambda_0^2 r^2} \rightarrow P_S = \frac{210}{4} = 52,5 \text{ W}$$

Zwei Sendeantennen führen zur Verdopplung der Sendeleistung und der Antennenwirkfläche.

Die empfangene Leistung muss verdoppelt werden. Welche Sendeleistung muss in diesem Fall jede der Sendeantennen haben?

$$P'_{E,min} = 2 \text{ nW} \rightarrow P_S = \frac{210}{2} = 105 \text{ W}$$