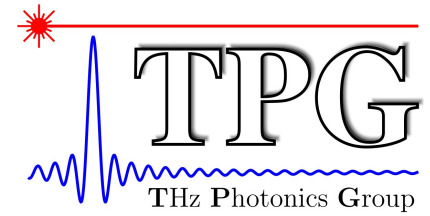




**Technische
Universität
Braunschweig**



Grundlagen der Informationstechnik (Wireless)

Drahtlose Kommunikation / Berechnung von Funkstrecken

Thomas Schneider

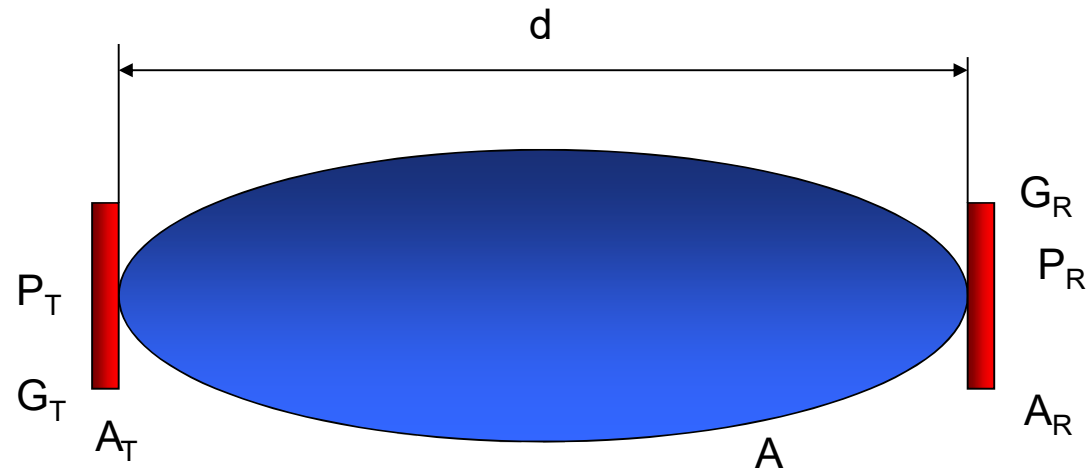
Inhalt

- Motivation und Einführung
- Die elektromagnetische Welle
- Der drahtlose Kanal
- Antennen
- Ausbreitung e/m Wellen
- **Berechnung von Funkstrecken**
- THz-Kommunikation
- Funksysteme
- Optische Kommunikation
- Silizium Photonik
- Plasmonik

- **Grundgleichung**
- **Link Budget**
- **Beispiel für Richtfunkstrecke**

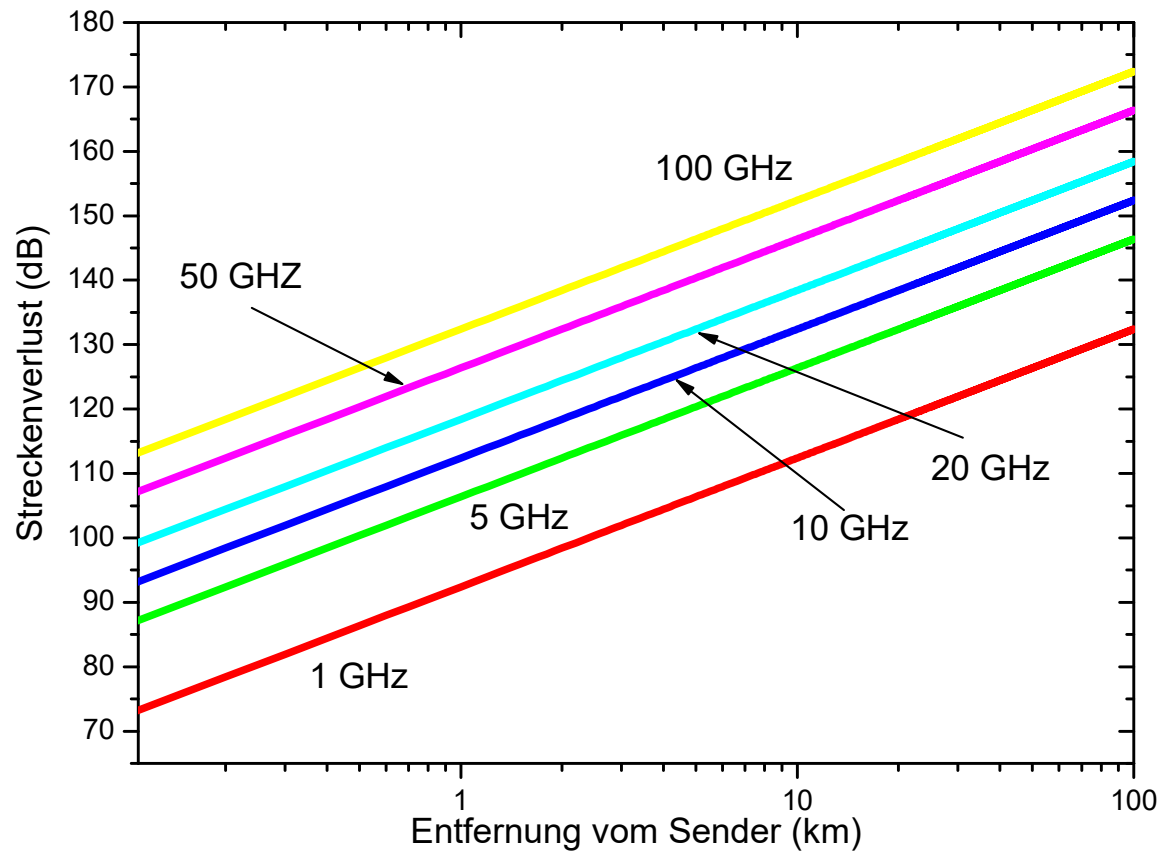
- **Grundgleichung**
- Link Budget
- Beispiel für Richtfunkstrecke

Antennen

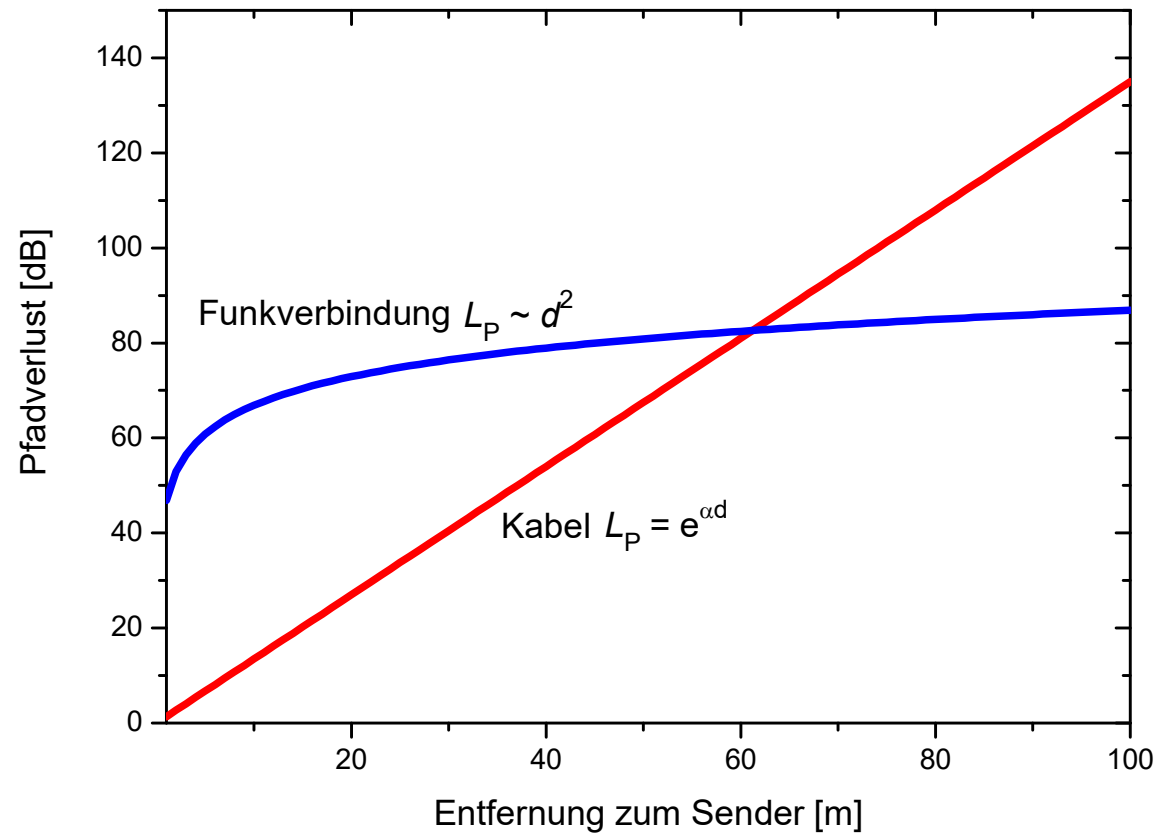


$$L_P = 32.4 + 20 \log f_{\text{MHz}} + 20 \log d_{\text{km}} - G_T - G_R$$

Antennen



Antennen

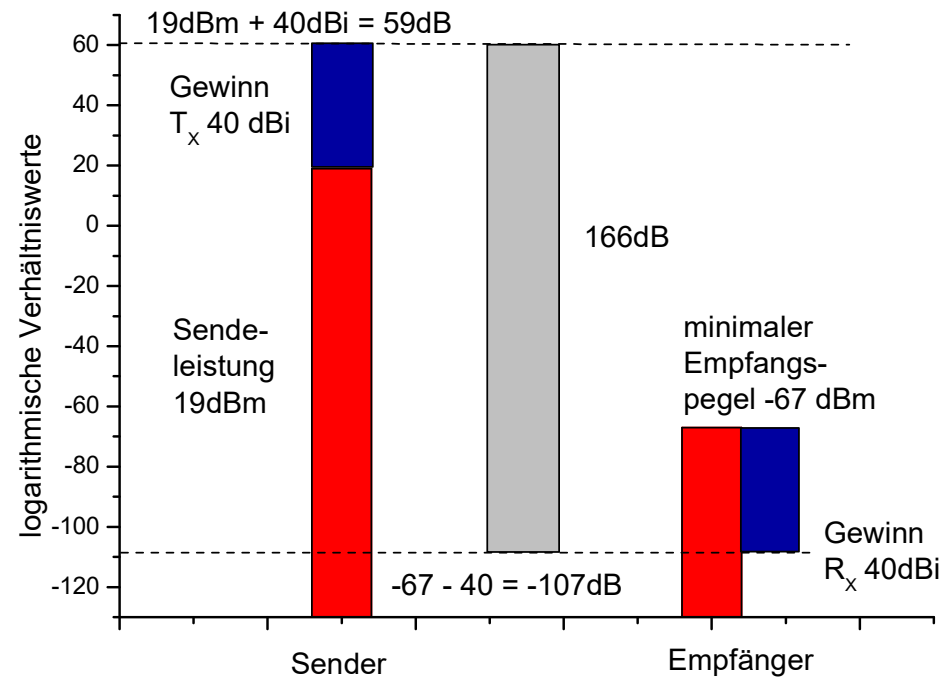


- Grundgleichung
- **Link Budget**
- Beispiel für Richtfunkstrecke

Antennen

Sendeleistung 19dBm
Minimaler Empfangspegel -67dBm
Gewinn Ant Rx 40dBi
Gewinn Ant Tx 40dBi
Frequenz 23GHz

Richtfunkstrecke

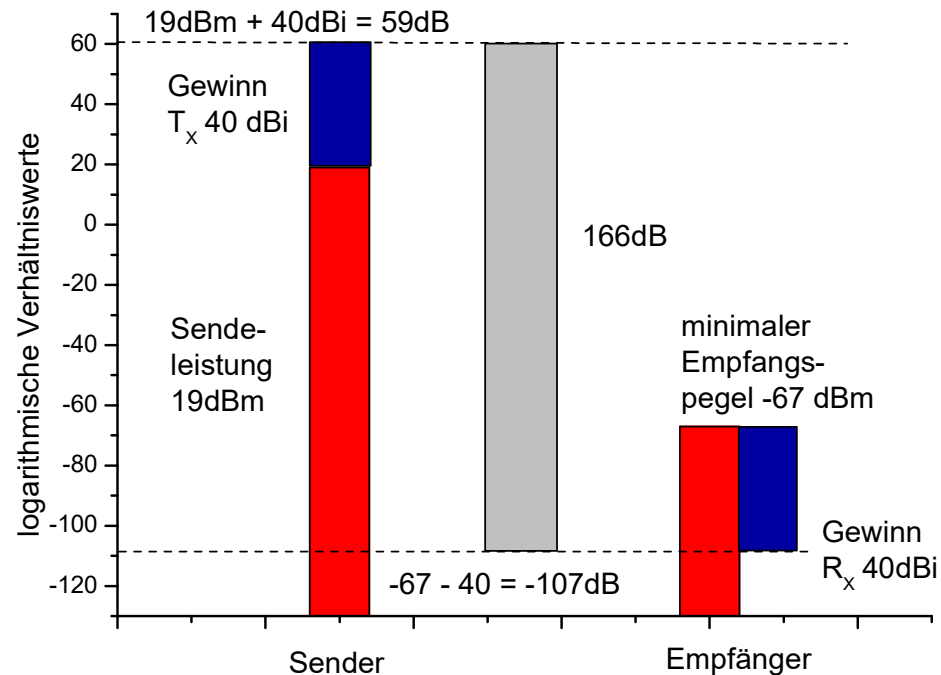


Antennen

EIRP = equivalent isotropically radiated power

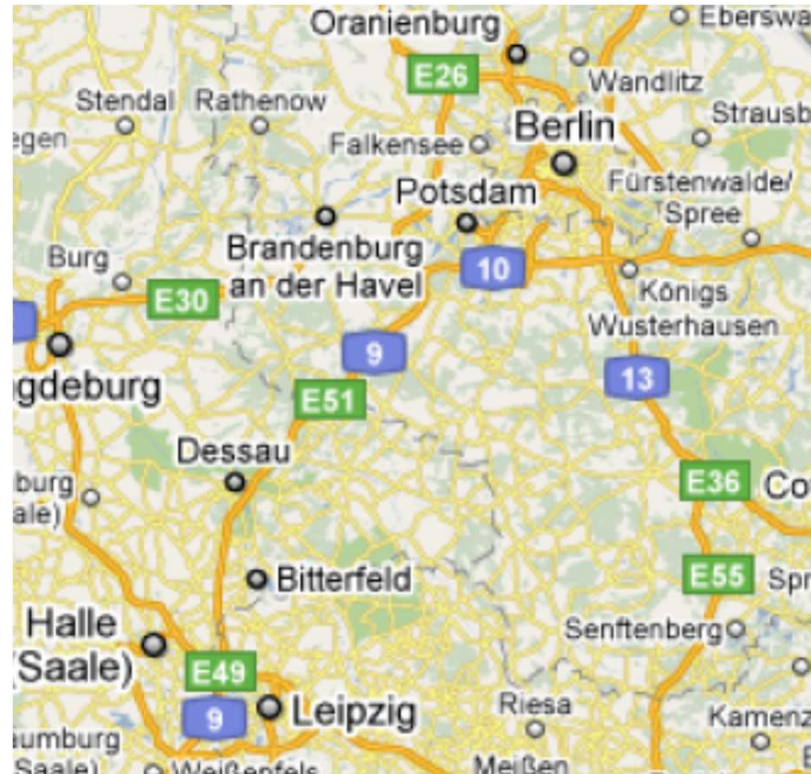
ERP = effective radiated power

$$\begin{aligned} \text{EIRP} &= \text{ERP} + 2.15 \\ \text{ERP} &= \text{EIRP} - 2.15 \end{aligned}$$



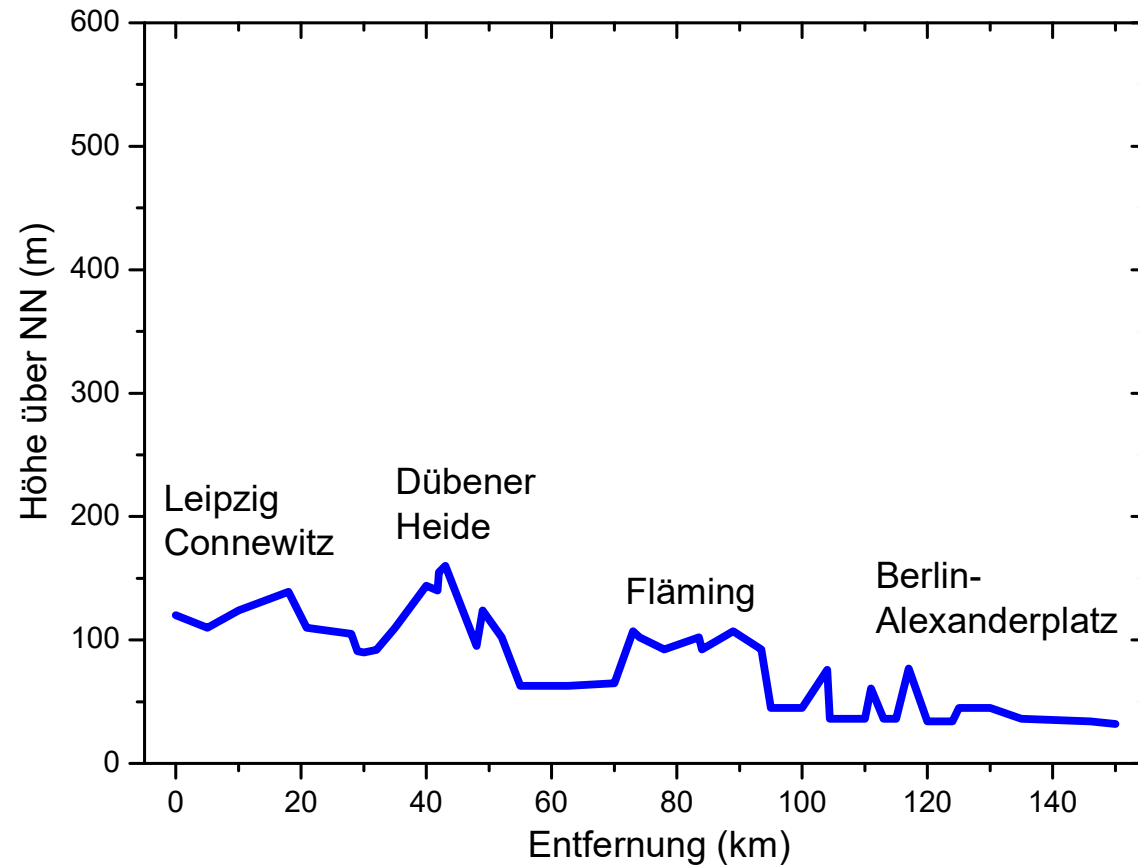
- Grundgleichung
- Link Budget
- **Beispiel für Richtfunkstrecke**

Antennen

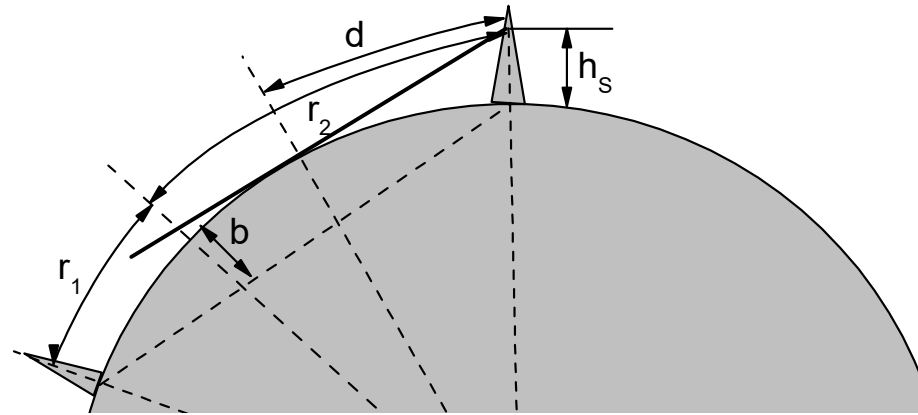


$$D = R \cos^{-1} [\cos \theta_1 \cos \theta_2 \cos (\lambda_1 - \lambda_2) + \sin \theta_1 \sin \theta_2]$$

Antennen



Antennen



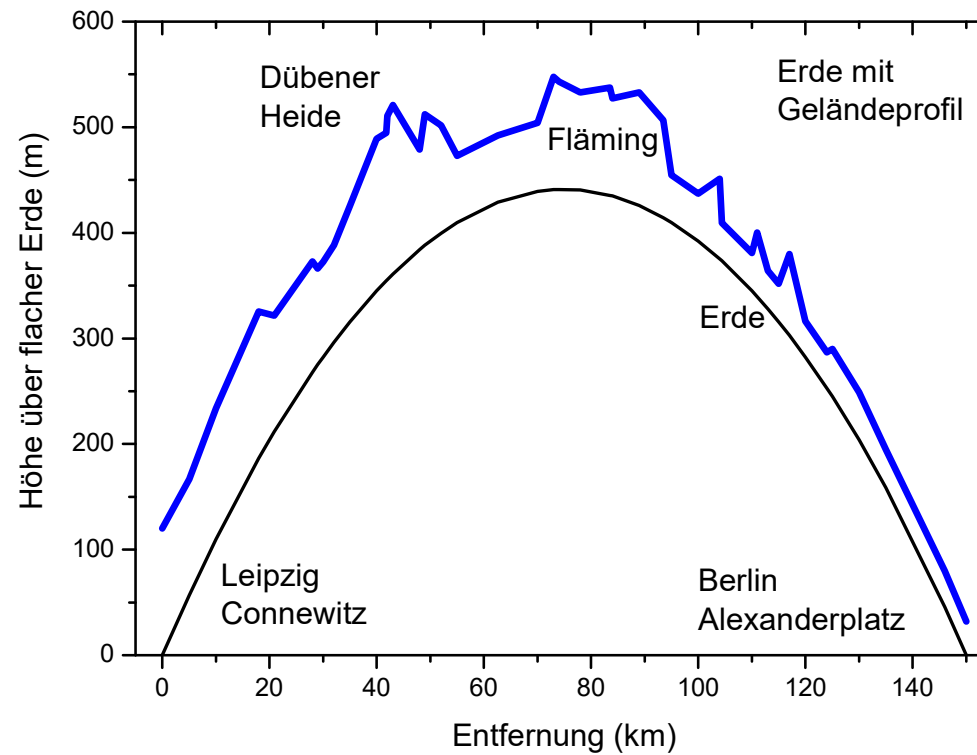
Erdkrümmung

$$b \approx \frac{r_1 r_2}{2R}$$

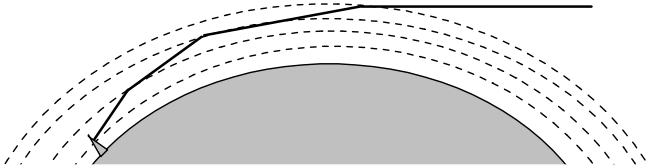
Radio-Horizont

$$d = \sqrt{2Rh_s}$$

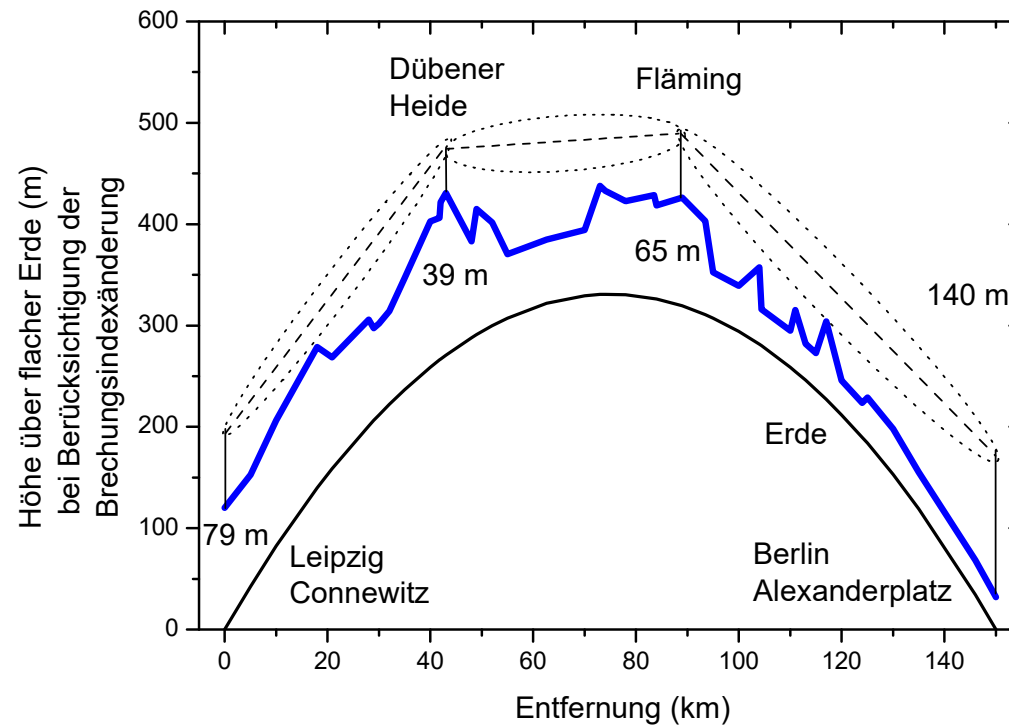
Antennen



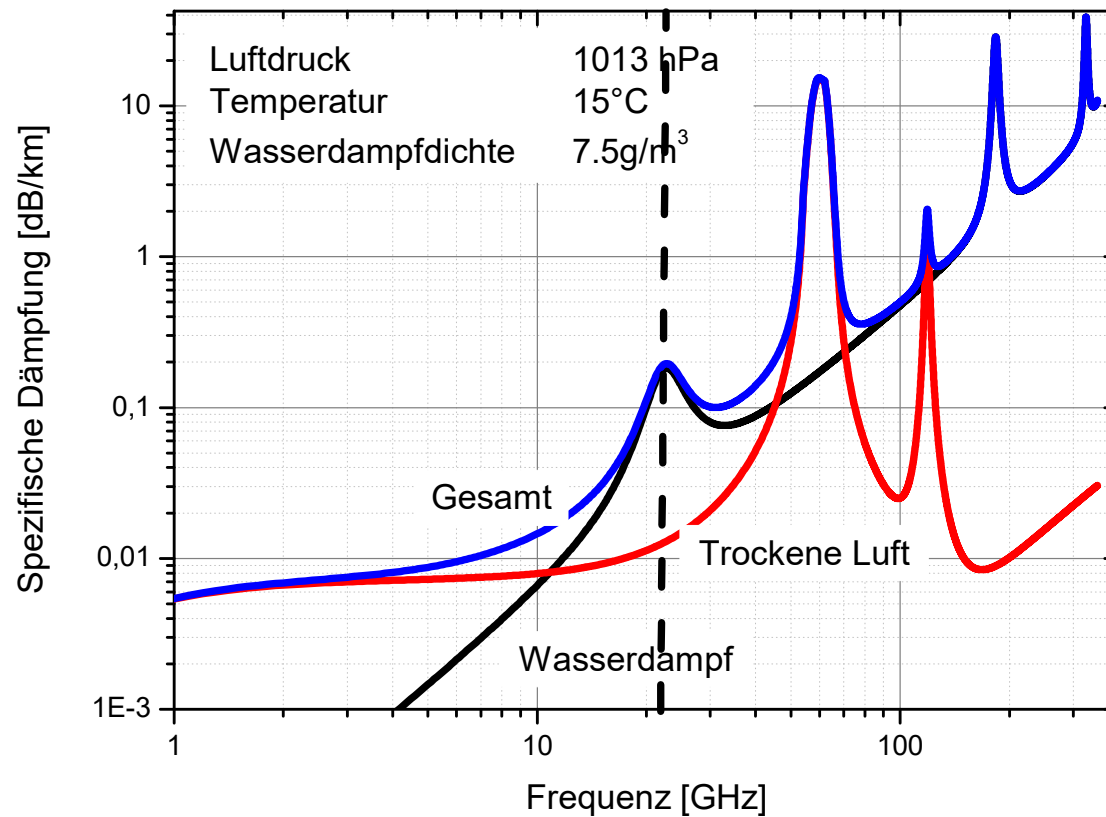
Antennen



$$R_{\text{eff}} = 8500 \text{ km}$$

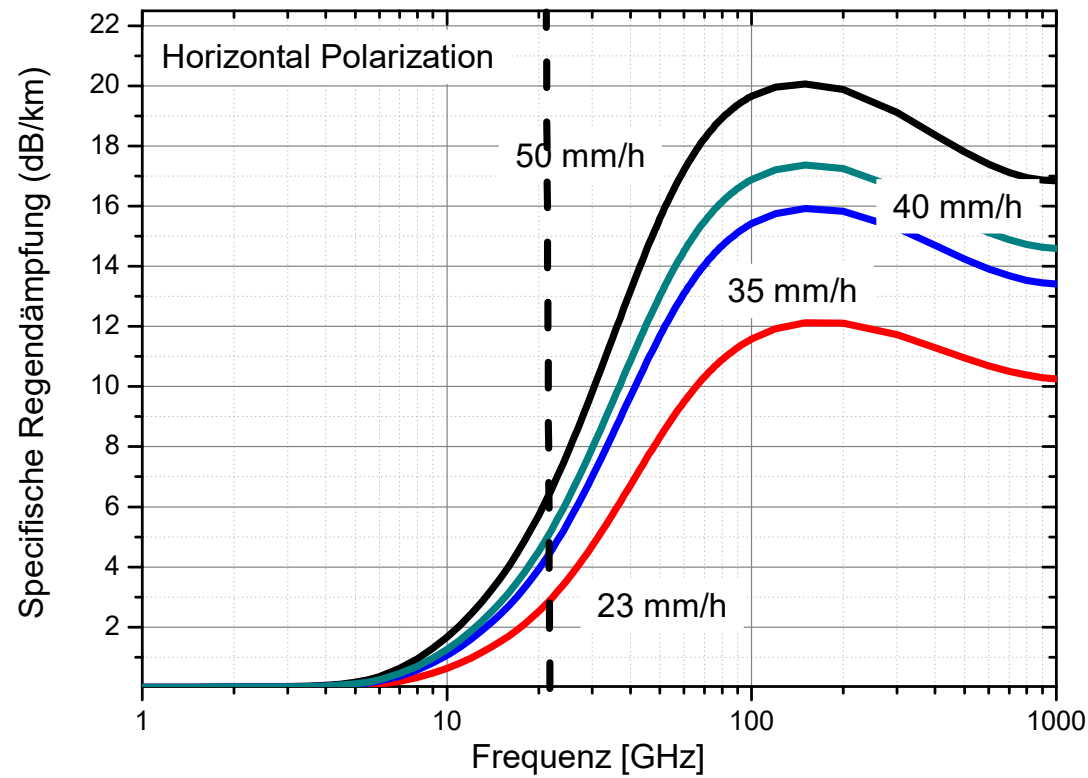


Antennen



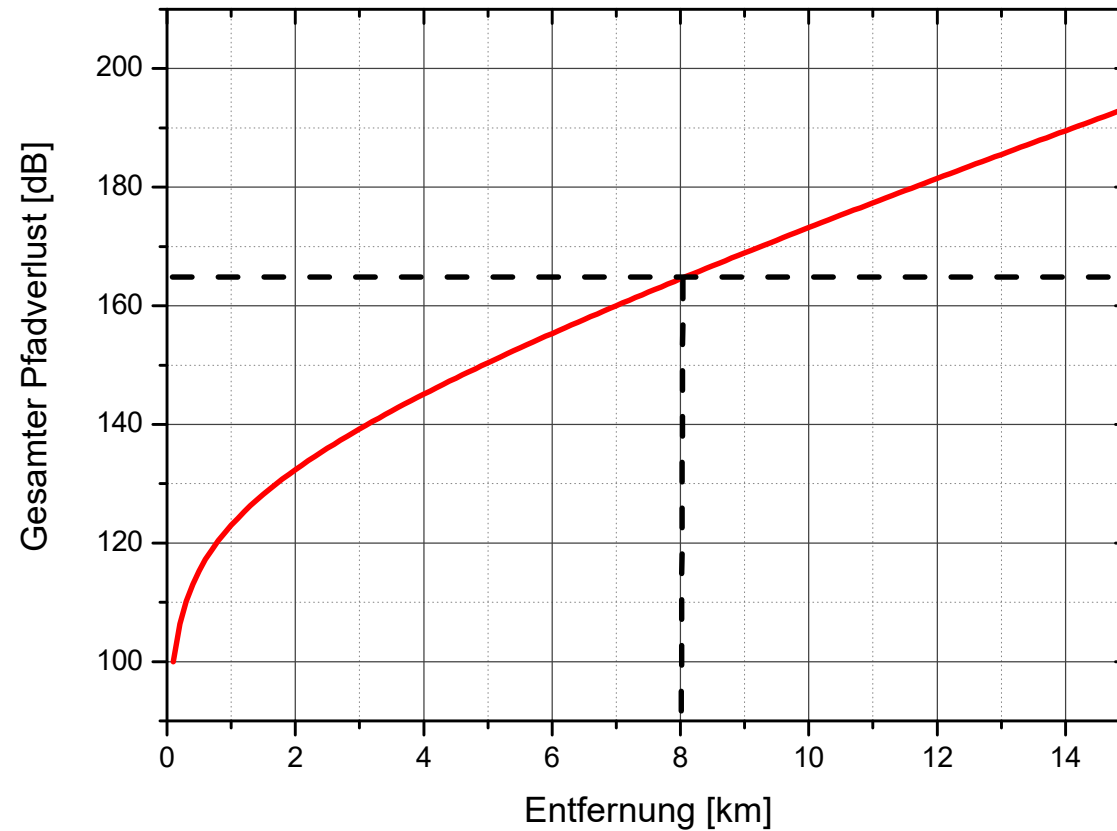
0.194dB/km@23GHz

Antennen

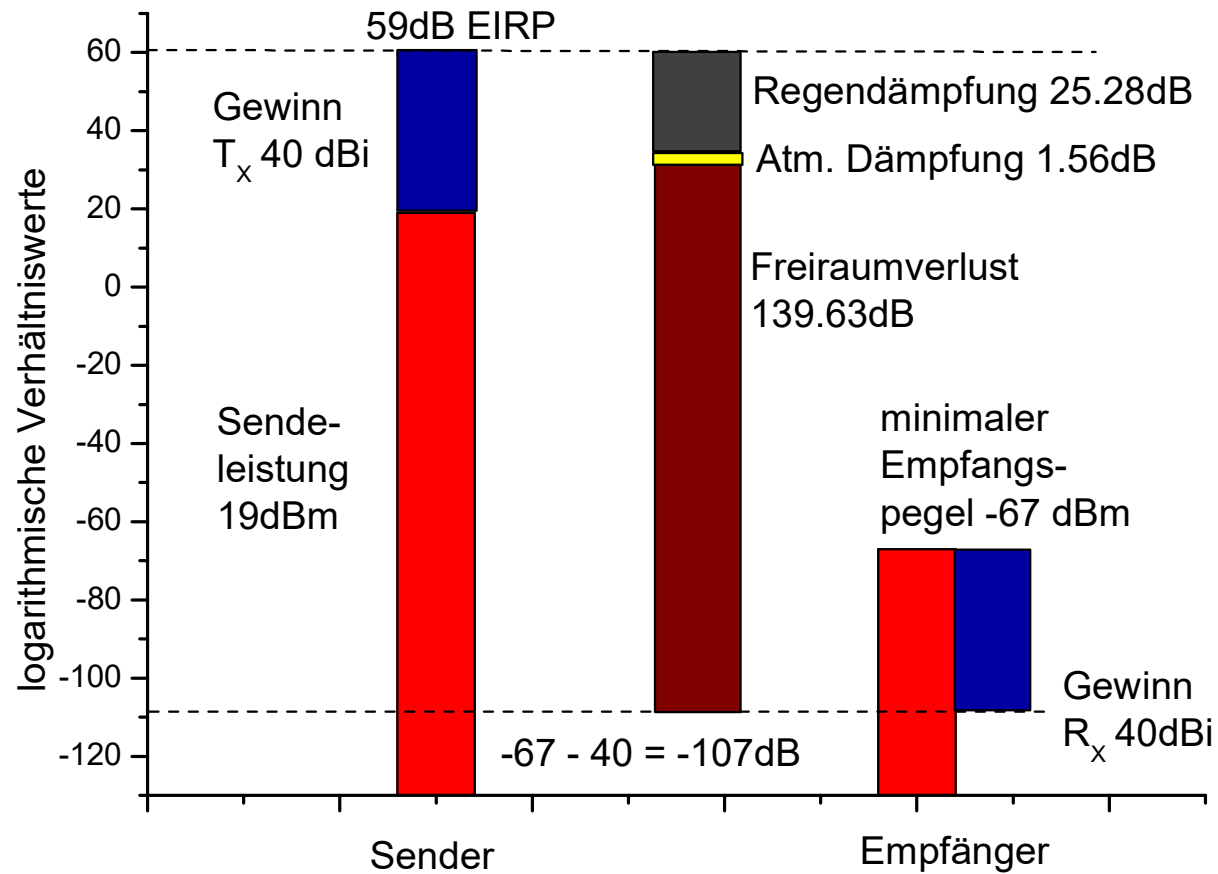


40mm/h → 5.566dB/km@23GHz

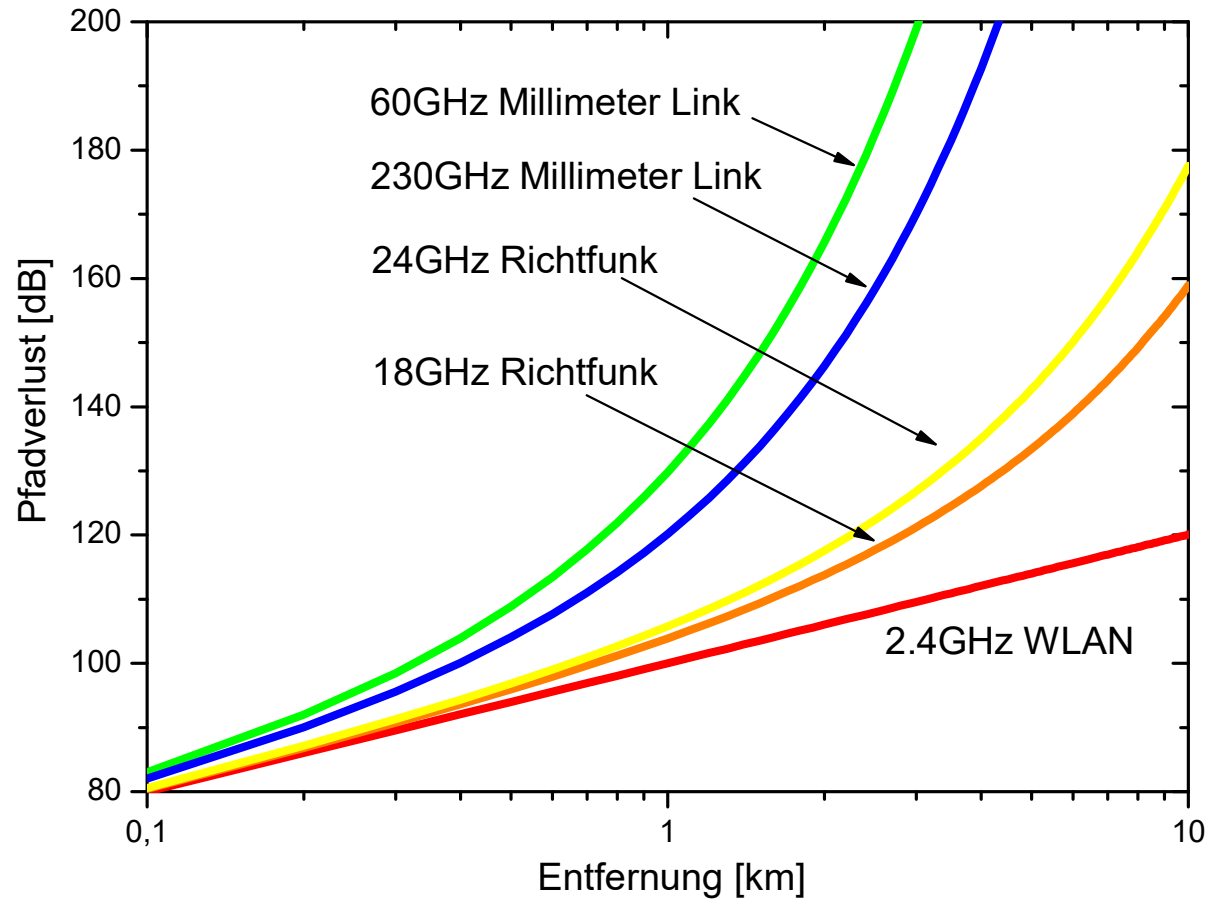
Antennen



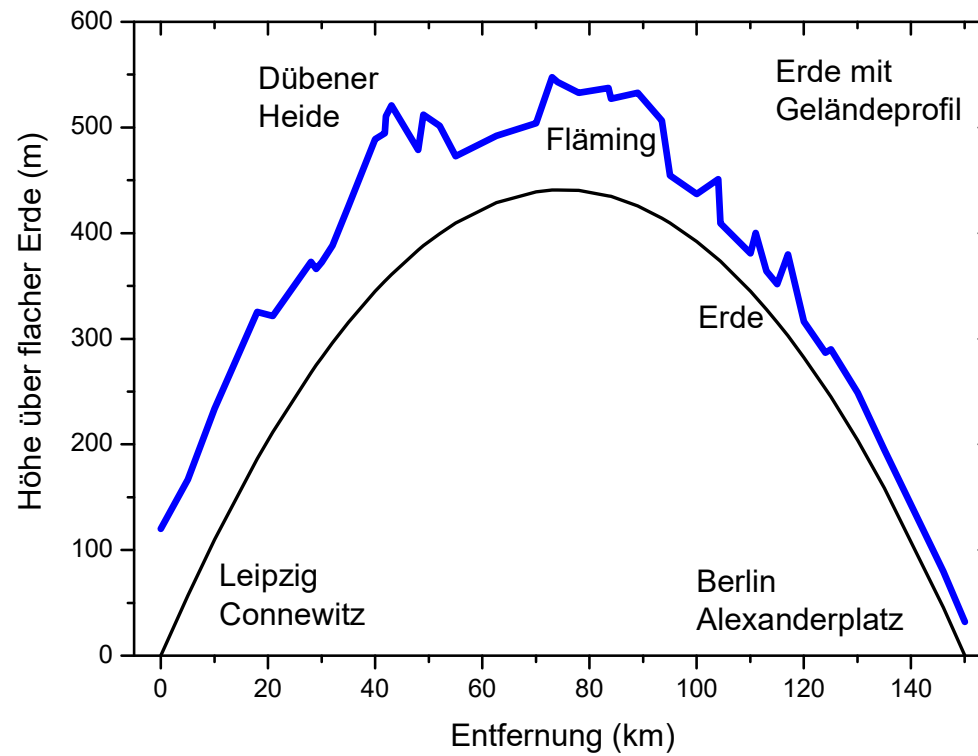
Antennen



Antennen

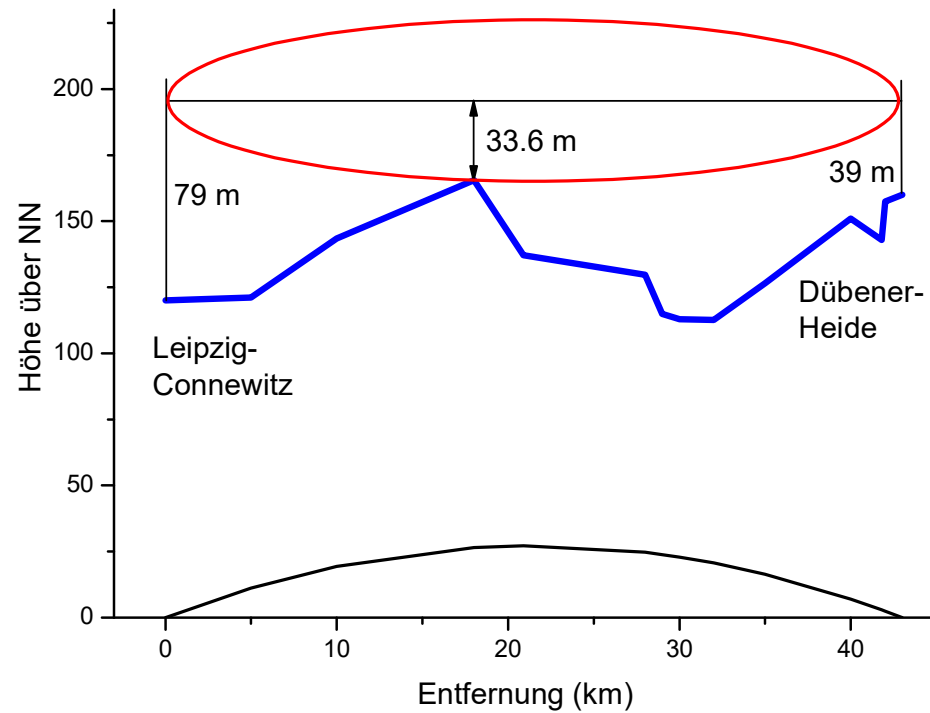


Antennen



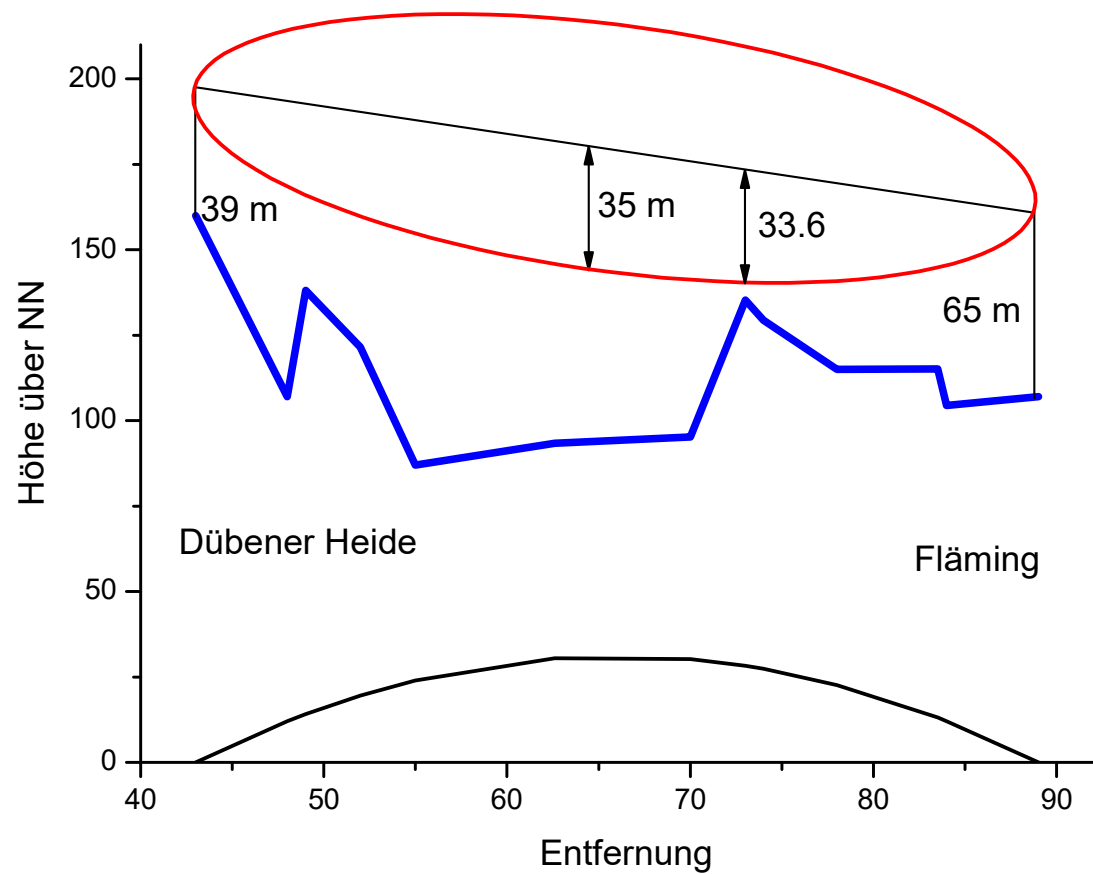
Antennen

1. Teilstrecke



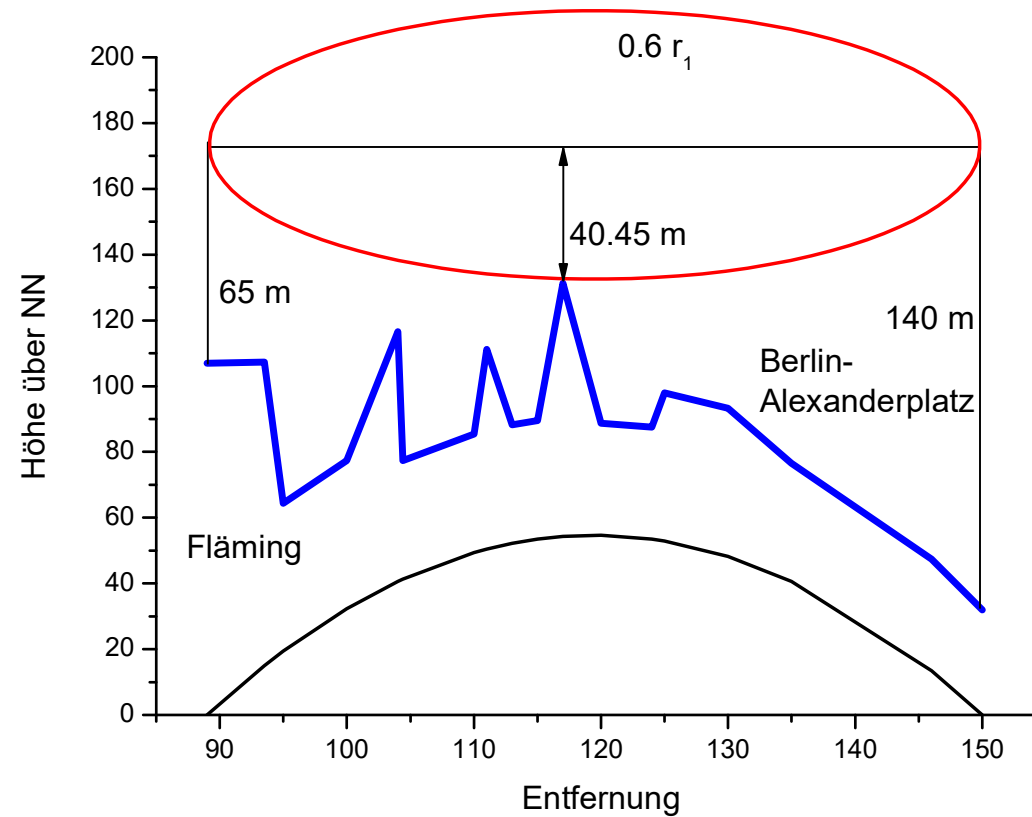
Antennen

2. Teilstrecke



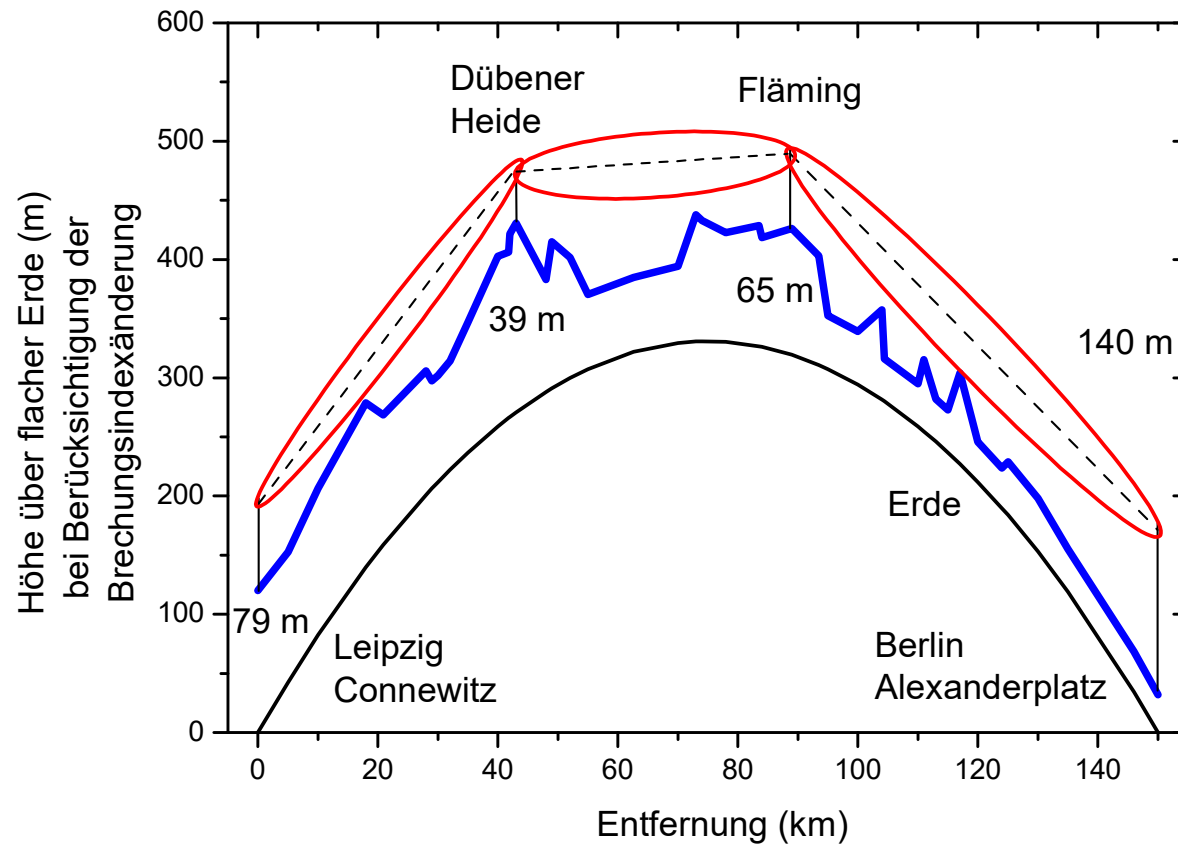
Antennen

3. Teilstrecke



Antennen

Gesamtsystem



Drahtlose Kommunikation

- Die Grundgleichung der Funkwellenausbreitung, oder Friis Formel, oder free-space path-loss Equation, bestimmt die Empfangsleistung in einer bestimmten Entfernung für die Freiraumausbreitung.
- Der Pfadverlust ist dabei quadratisch von der Frequenz und der Entfernung abhängig.
- Die Leistung bleibt, unabhängig von der Entfernung, gleich.
- Mit einer Link-Budget Analyse lassen sich Funkstrecken berechnen.

Drahtlose Kommunikation

- Die Grundgleichung der Funkwellenausbreitung, oder Friis Formel, oder free-space path-loss Equation, bestimmt die Empfangsleistung in einer bestimmten Entfernung für die Freiraumausbreitung.
- Der Pfadverlust ist dabei quadratisch von der Frequenz und der Entfernung abhängig.
- Die Leistung bleibt, unabhängig von der Entfernung, gleich.
- Mit einer Link-Budget Analyse lassen sich Funkstrecken berechnen.