

## Einrichtung eines Antennenmesssystems für sogenannte Fernfeld-Messungen

angefertigt von  
cand.-ing. Guido Joormann

bei Prof. Dr.-Ing. K. Solbach  
Fachgebiet Hochfrequenztechnik  
an der Universität Duisburg-Essen

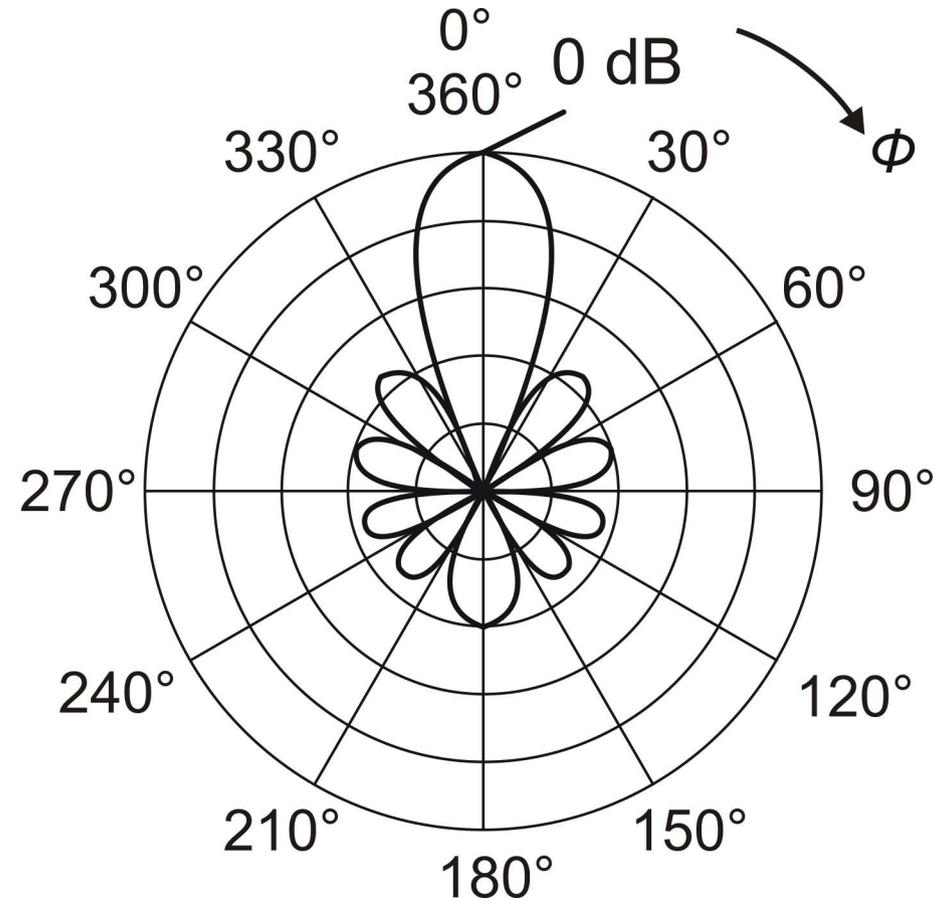
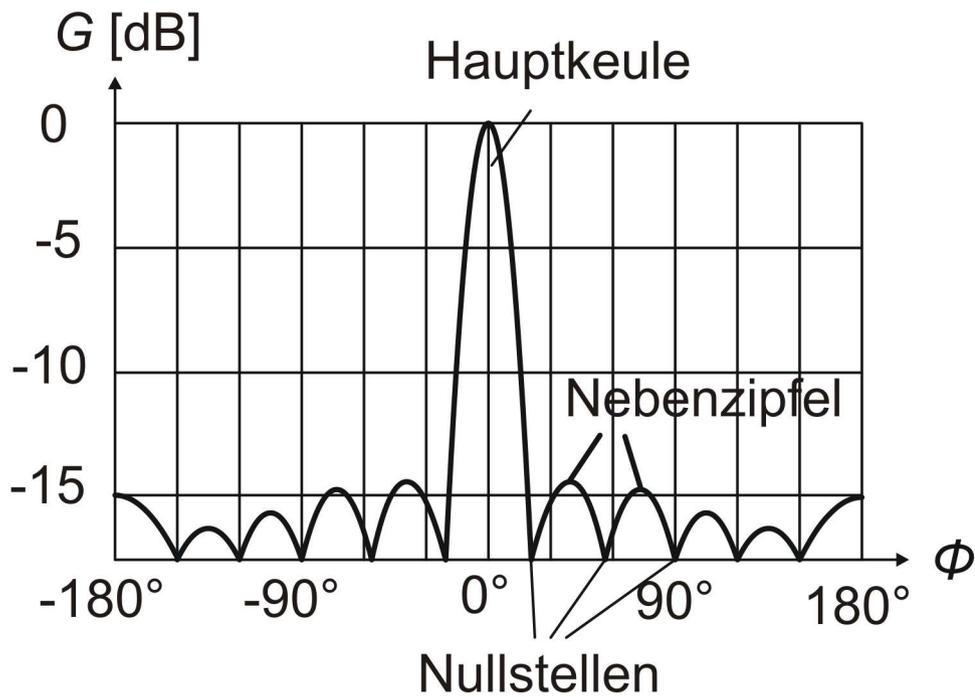
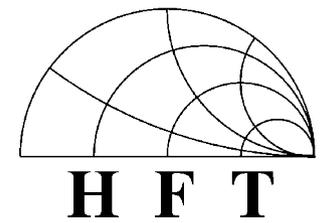
- Zielsetzung
- Grundlagen
- Messverfahren
- Messaufbau
- Messfehler
- Messdurchführung → Das Programm MiDAS
- Ergebnisse / Zusammenfassung

- Das Fachgebiet HFT verfügt über eine Mikrowellen-Antennenmesskammer; Fernfeld-Messungen und zylindrische Nahfeld-Messungen sind darin möglich
- Im Frequenzbereich  $1 \text{ GHz} \leq f \leq 20 \text{ GHz}$  sollen Fernfeldmessungen ermöglicht werden
- Ein geeignetes Messverfahren / geeigneter Messaufbau soll gefunden und beschrieben werden
- Beschreibung des Mess- und Auswerteprogramms MiDAS der Firma ORBIT
- Der Ablauf einer beispielhaften Messdurchführung soll schrittweise beschrieben werden

- Reale Antennen haben eine Richtwirkung, d.h. Richtungen mit bevorzugter Abstrahlung
- Richtwirkung wird durch „Strahlungscharakteristik“ oder „Richtcharakteristik“ beschrieben
- Richtcharakteristik ist dreidimensional
- Meist reichen flächenhafte Schnitte durch die Richtcharakteristik → „Strahlungsdiagramm“ oder „Richtdiagramm“

- Richtdiagramm als Horizontal- und Vertikaldiagramm
- Im Richtdiagramm ist der Gewinn  $G$  über den horizontalen Winkel  $\phi$  oder den vertikalen Winkel  $\Theta$  aufgetragen
- Richtdiagramm in Polarkoordinaten-Form oder in kartesischen Koordinaten

# Richtdiagramme



Kartesisches Strahlungsdiagramm

Polares Strahlungsdiagramm

Der Gewinn  $G_E$  einer Antenne ist definiert als:

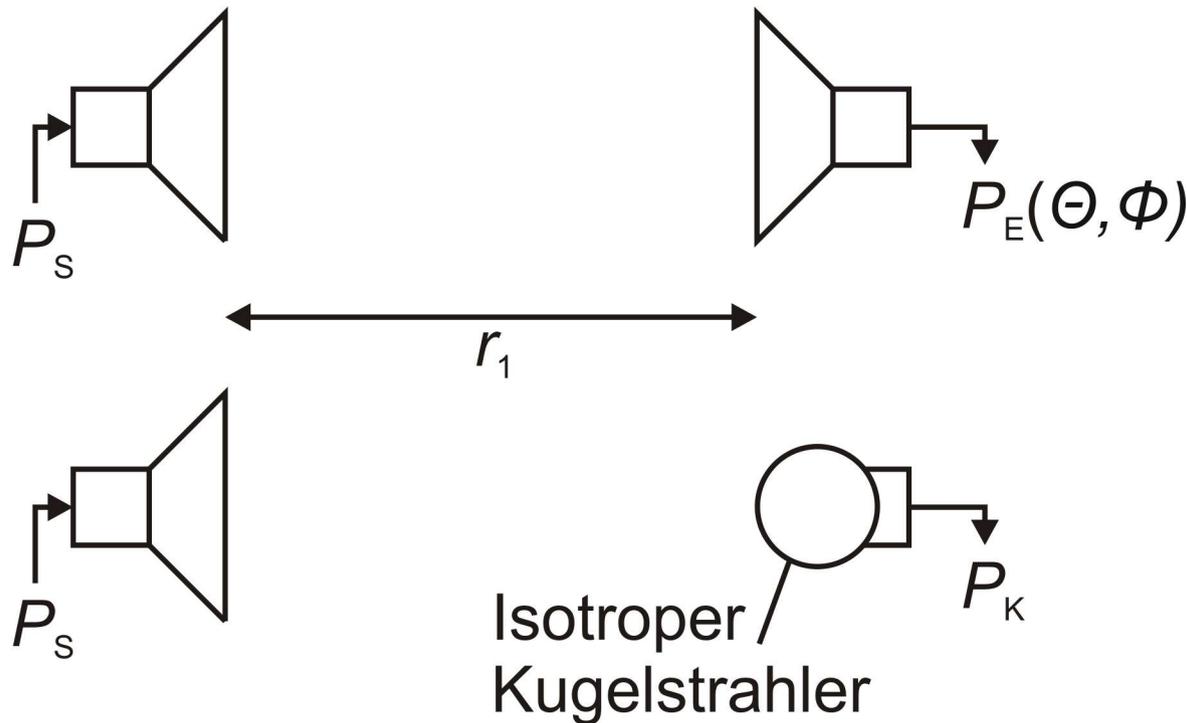
$$G_E = (P_{E,\text{verf}} / P_K) \quad \text{oder in [dB]:} \quad G_E = 10 \text{ dB} \cdot \log(P_{E,\text{verf}} / P_K)$$

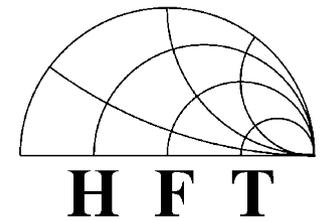
- $P_{E,\text{verf}}$  : die verfügbare Empfangsleistung einer optimal bezüglich Richtcharakteristik und Polarisation orientierten Empfangsantenne im ebenen Wellenfeld
- $P_K$  : ist die Empfangsleistung des Kugelstrahlers am gleichen Ort im ebenen Wellenfeld

Der Gewinn beschreibt also, wie viel mehr ( $G_E > 0$  dB) oder weniger ( $G_E < 0$  dB) Leistung eine Antenne als eine Vergleichsantenne (isotroper Kugelstrahler oder Dipol) liefert.

Gewinn einer Antenne ausgedrückt als Funktion der Raumwinkel  $\Phi$  und  $\Theta$  mit Testantenne als Empfangsantenne:

$$G(\Theta, \Phi) = P_E(\Theta, \Phi) / P_K \quad \text{für Speiseleistung } P_S = \text{konstant}$$





Der Richtfaktor  $D$  einer Antenne ist definiert als:

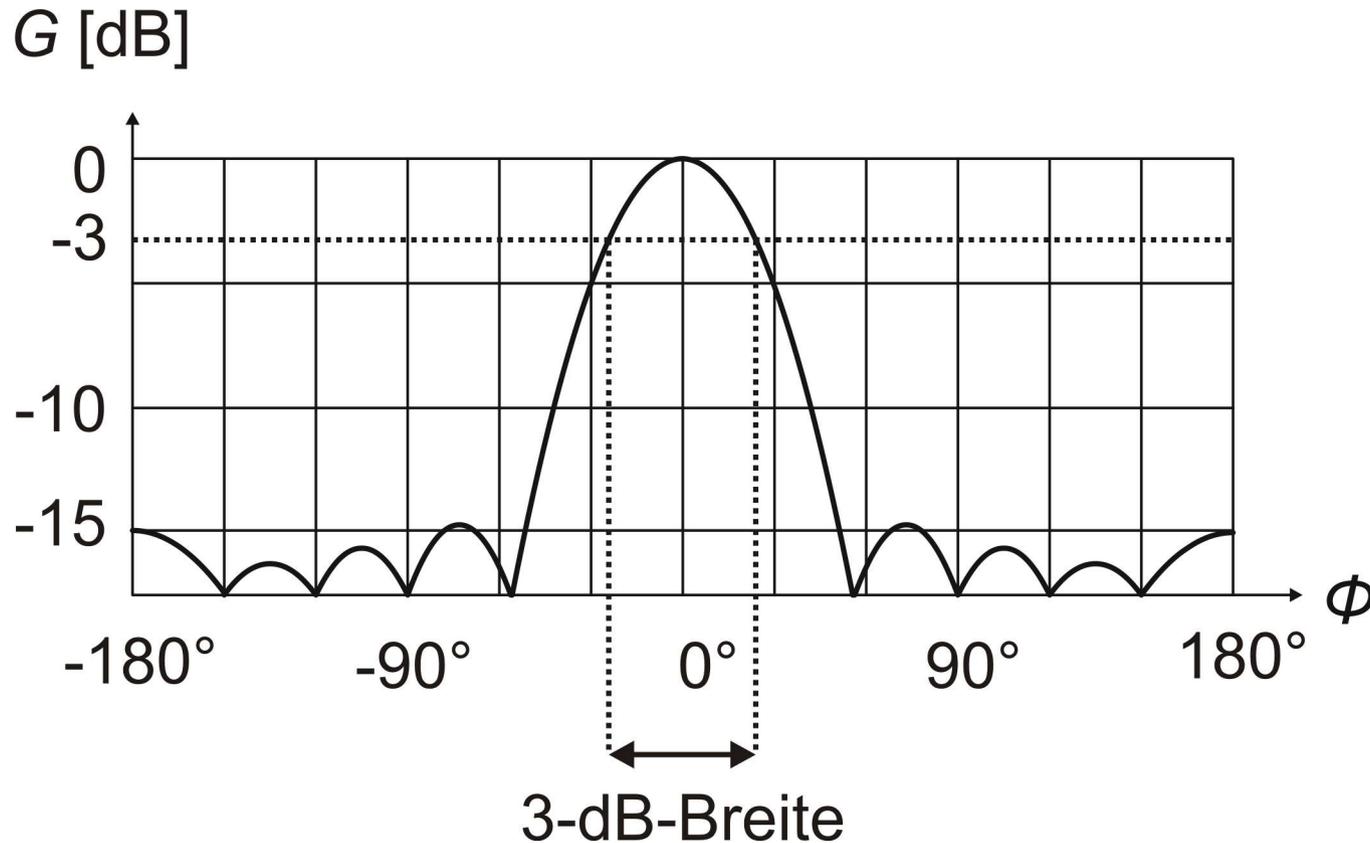
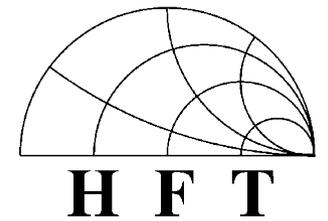
$$D = P_{E,\max} / P_K$$

$P_{E,\max}$  : maximale Empfangsleistung im ebenen Wellenfeld

$P_K$  : mittlere Empfangsleistung, die angenommen wird,  
wenn die Antenne die Strahlung aus allen Richtungen  
gleich gut empfangen könnte

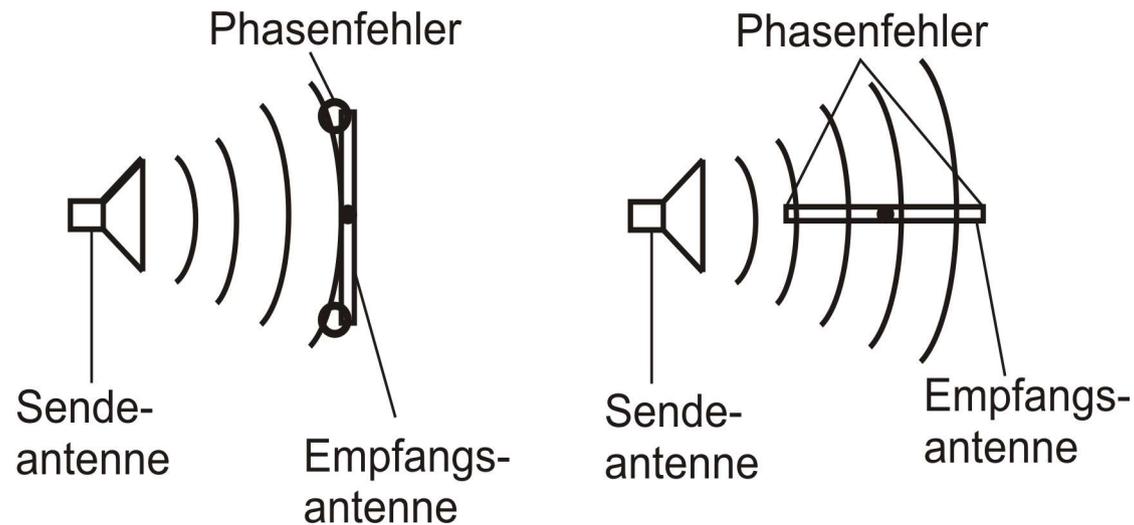
$$G = \eta \cdot D \quad \text{mit} \quad \eta = P_s / (P_s + P_v) \leq 1$$

$\eta$  : Antennenwirkungsgrad

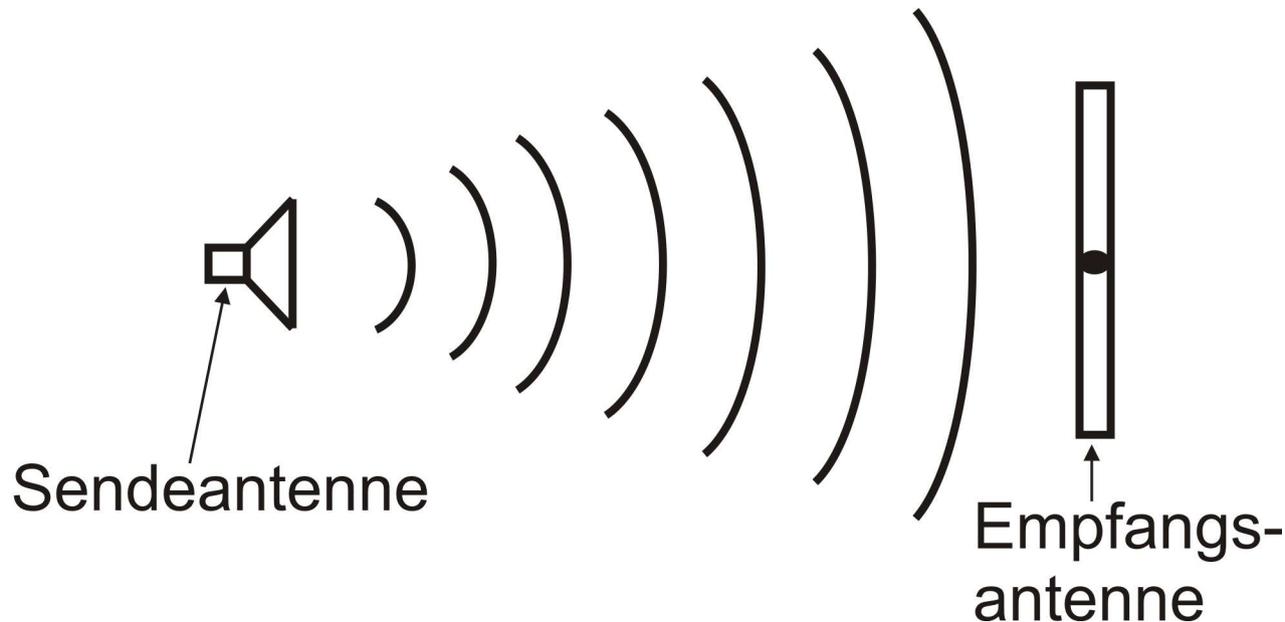


Die Halbwertsbreite, auch 3-dB-Breite genannt, ist der Winkelbereich im Richtdiagramm, in dem die Strahlungsdichte vom Maximum bis auf die Hälfte des Maximums sinkt.

- Nur bei unendlich großem Abstand zwischen Sende- und Empfangsantenne ist „ideale“ Fernfeld-Messung möglich
- Nur dann erhält man eine ebene Wellenfront an der Testantenne (Antenna Under Test, AUT)
- Vor allem bei großen Antennendimensionen kritisch  
→ erhebliche Phasenfehler



Für eine ideale Fernfeld-Messung wäre ein unendlich großer Abstand zwischen Sende- und Empfangsantenne nötig. Nur dann könnte man von einer ebenen Wellenfront, d.h. von gleichmäßiger Amplitude und gleichmäßiger Phase an der Antenne unter Test (*Antenna Under Test*, AUT) ausgehen.

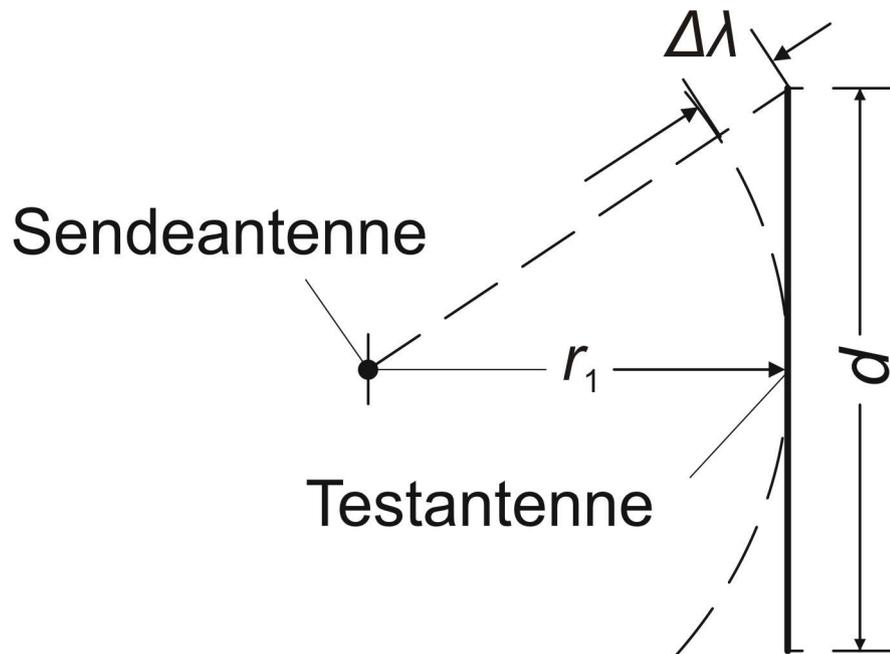


Näherung für den maximalen Phasenfehler:

$$\Delta\varphi \leq 2\pi / 16$$

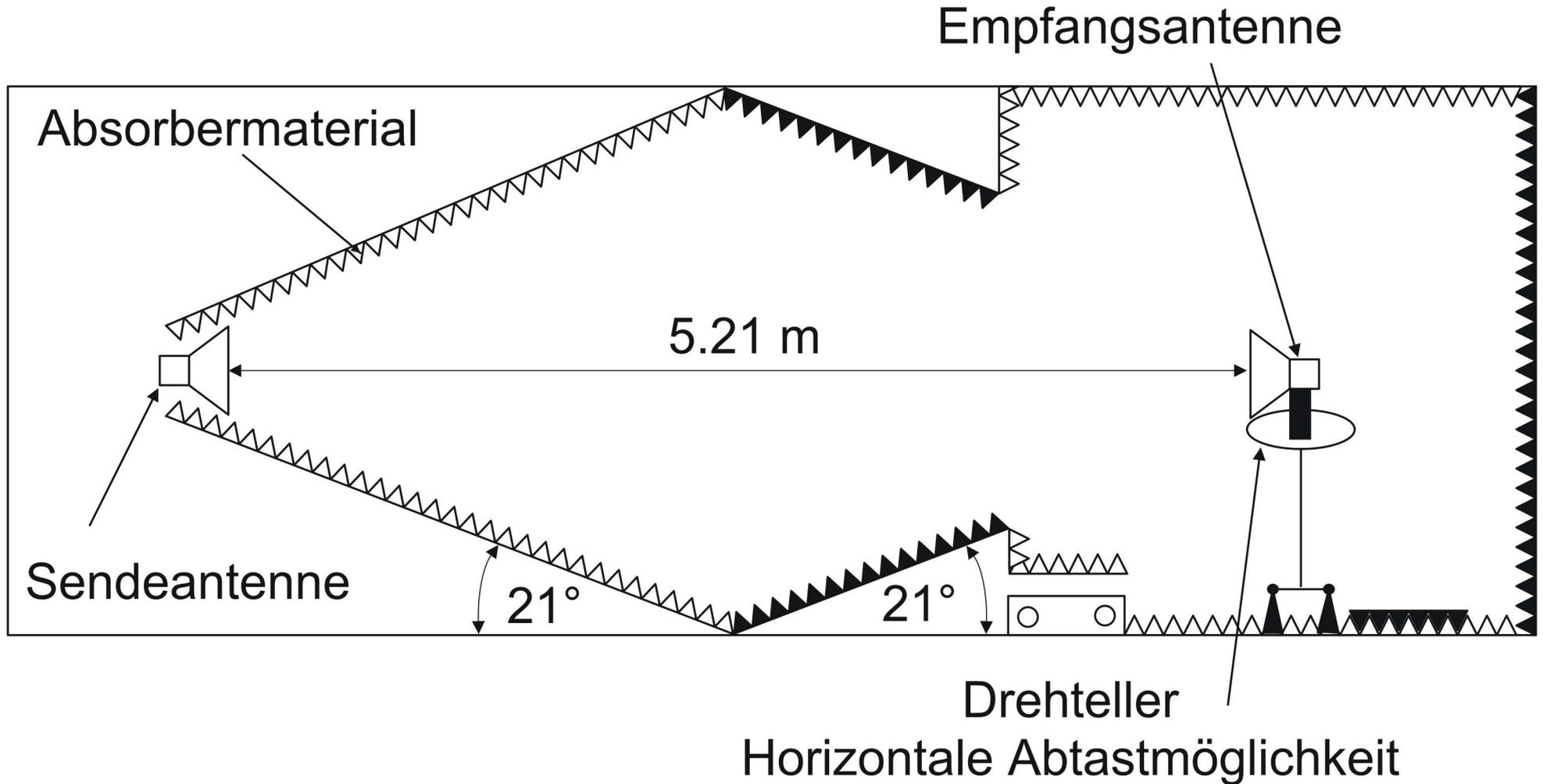
Näherung für den maximalen Wegunterschied:

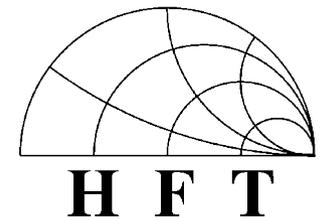
$$\Delta\lambda = \lambda_0 / 16$$



$d$  : größte Antennen-  
dimension

$$r_1 = \frac{2d^2}{\lambda_0} : \text{Minimaler Fernfeld-Abstand}$$



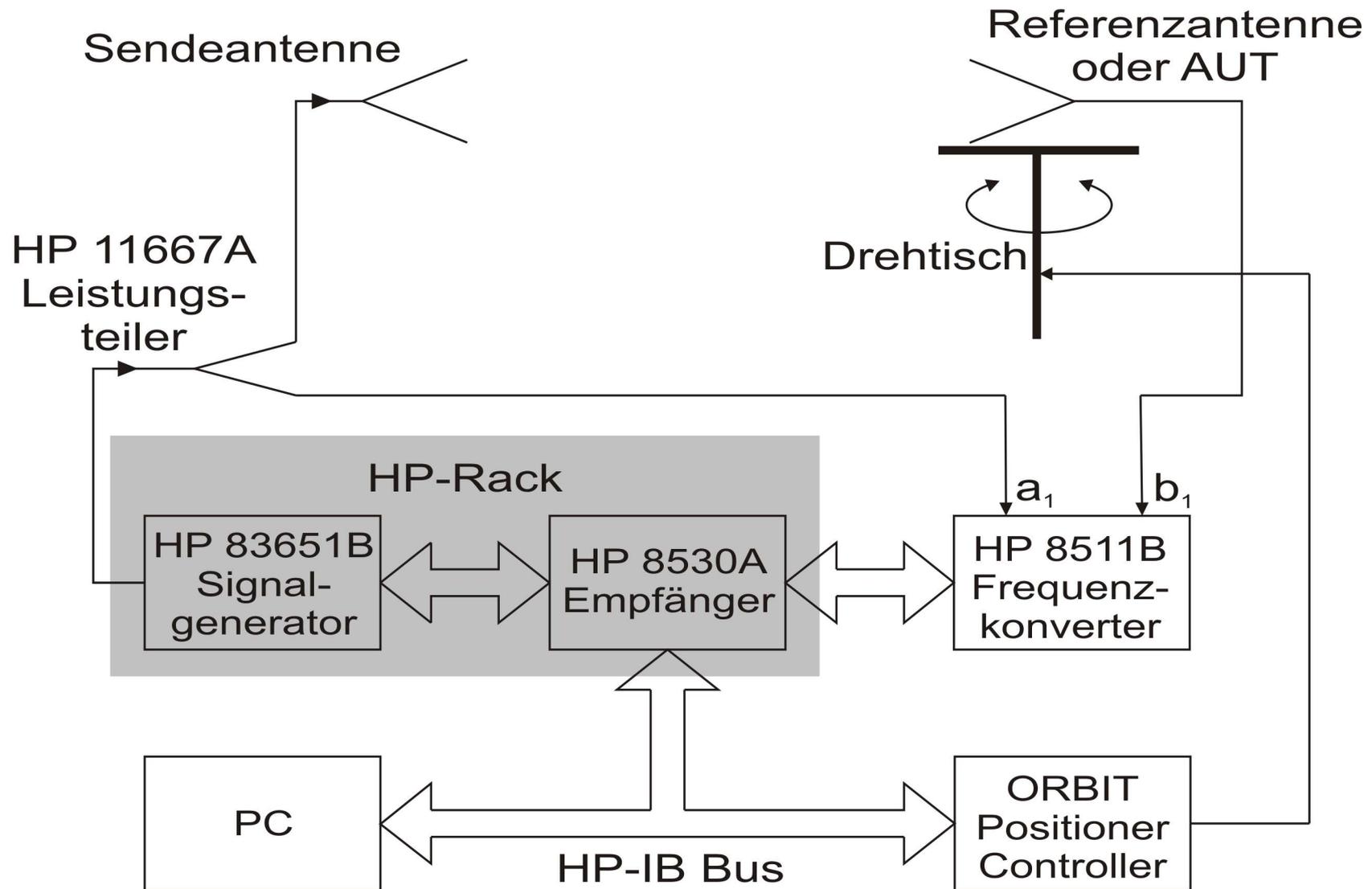


- Sendeanterie muss genügend große „Ruhige Zone“ am Ort der Empfangsantenne (AUT) erzeugen; sie muss passend stark bündeln
- Sendeanterie muss für den zu messenden Frequenzbereich geeignet sein
- An der Empfangsantenne muss bestimmte Mindestleistung ankommen
- Sender mit hoher Frequenzkonstanz wird benötigt
- Antennendrehstand muss die AUT tragen können (bei großen Antennen Drehmoment beachten)
- **Fernfeld-Abstand muss eingehalten werden**

- **Referenzmessung:**
- Zuerst Referenzantenne mit Gewinn  $G_{\text{ref}}$  als Empfangsantenne optimal auf die feststehende Sendeantenne ausrichten  
→ am Messempfänger wird die Spannung  $U_0$  oder die Leistung  $P_0$  gemessen
- Dann Referenzantenne durch AUT ersetzen und wieder optimal ausrichten  
→ am Messempfänger wird nun die Spannung  $U$  oder die Leistung  $P$  gemessen
- Gewinn der AUT  $G_E$  in [dB]:  
$$G_E = 10 \text{ dB} \cdot \log(P / P_0) + G_{\text{ref}} = 20 \text{ dB} \cdot \log(U / U_0) + G_{\text{ref}}$$

- **Messung mit zwei gleichen Antennen:**
- *a*: Zuerst beide Antennen optimal aufeinander ausrichten und erste Messung starten; gemessen wird das Verhältnis *a* von Sende- zu Empfangsleistung, in [dB]
- *b*: Funkfeld elektrisch überbrücken (mit Kabel) und zweite Messung durchführen, Verhältnis *b* (in [dB]) aufnehmen
- *c*: Freifelddämpfung (in [dB]) im Fernfeld:  
 $c = 20 \text{ dB} \cdot \log(4\pi \cdot r_1 / \lambda)$
- *a*, *b* und *c* sind frequenzabhängig
- Aus  $a = b + c - 2 \cdot G_E$  folgt dann:  $G_E [\text{dB}] = \frac{1}{2} (b + c - a)$

- **Messung mit drei Antennen:**
- Antenne A: AUT; Antennen B und C sollten ähnliche Abmessungen wie Antenne A haben
- Drei Messungen (A,B), (A,C) und (B,C) nach dem Verfahren „Messung mit zwei gleichen Antennen“ durchführen
- $a_1 = b + c - G_A - G_B$ ,       $a_2 = b + c - G_B - G_C$ ,  
 $a_3 = b + c - G_A - G_C$ ,
- $a_1, a_2, a_3$  in [dB], frequenzabhängig
- Gleichungssystem lösen  $\rightarrow$  liefert  $G_A, G_B$  und  $G_C$



- **Phasenfehler:**
  - $\Delta\varphi \leq 2\pi / 16$  am Rand der ruhigen Zone
    - als ob AUT spärliche Phasenfehler-Belegung hat
    - Nullstellen aufgefüllt und Nebenzipfel angehoben
- **Amplitudenfehler:**
  - sanfter Abfall zum Rand der ruhigen Zone
    - Absenkung der Nebenzipfel
    - scheinbar bessere Bündelung
  - Überlagerung von Streuwellen
    - Welligkeit im Diagramm
- **Abtastfehler:**
  - Mittelwertbildung bei Messung während Rotation
    - Nullstellen werden aufgefüllt, Winkelverschiebungen
  - Messung über mehrere Frequenzen während Rotation
    - Diagramme sind gegeneinander versetzt

- **Positionierfehler:**
  - Wenn AUT schrittweise gedreht und im Stillstand gemessen wird (kritisch bei großen Massen)
    - Einschwingvorgang → Winkelfehler
- **Mechanische Justierungsfehler:**
  - Maximum der AUT in zwei Dimensionen suchen
  - Wenn die AUT nicht so ausgerichtet ist, dass der Schnitt genau durch das absolute Keulenmaximum geht
    - alle Messungen um Abweichungsbetrag verfälscht
- **Mechanisches Drehzentrum:**
  - AUT muss genau um ihr Phasenzentrum gedreht werden
    - sonst Phasen- Amplituden- und Winkelfehler!

## Einschalten aller benötigten Geräte:

- Computer einschalten
- Licht und Lüftung in der Antennenmesskammer (neben Tür)
- Schalter für die Steckdosenleisten im Antennenmessraum
- *Hewlett Packard Systems-Rack (HP-Rack)* mit dem Hauptschalter (rechts oben im *Rack*) einschalten; Prüfen Sie, ob Positioner Controller korrekt eingeschaltet ist
- Prüfen Sie, ob sich der Antennenmessplatz im *HP8530A*-Modus befindet (sichtbar in der Anzeige des HP-Racks)
- Überwachungsmonitor einschalten
- Starten Sie das Programm „MiDAS 3.1“

- Zuerst Gewinn  $G$  über den Azimutalwinkel  $\phi$  messen  
( $-179.99^\circ \leq \phi \leq 179.99^\circ$ )
- Dann Sendeantenne und Referenzantenne sowie AUT um  $90^\circ$  drehen
- Gewinn  $G$  über den Polarwinkel  $\Theta$  messen  
( $-179.99^\circ \leq \Theta \leq 179.99^\circ$ )
- SPECTRUM TECHNOLOGIES Doppelsteg-Hornantenne als Sendeantenne
- ROHDE&SCHWARZ Doppelsteg-Hornantenne *HF 906* als Referenzantenne

- Messplatz für Fernfeldmessung eingerichtet
- Schnelle und einfache Bestimmung des absoluten Gewinns sowie des Richtdiagramms mittels Referenzmessungsverfahren möglich
- Gute Übereinstimmung der gemessenen Werte mit den angegebenen *Gain*-Werten in den Datenblättern
- ROHDE&SCHWARZ *HF 906* mit 0.3 dB Abweichung vermessen
- Andere Antennen meist weniger als 1 dB Abweichung