

Diplomarbeit

**Untersuchung der Antennen- und Wellenausbreitungseigenschaften von
UWB-Antennen in Geräten der Unterhaltungselektronik**

Taleb Ahmed Ould Mohamed

Universität Duisburg-Essen *Hochfrequenztechnik*

Prof. Dr.-Ing. K. Solbach,

IMST GmbH : Dr.-Ing. D. Manteuffel

- 1) Motivation & Einleitung**
- 2) UWB-Modellierung des Gesamtsystems**
- 3) Ergebnisse der Antennenmodellierung:
klassische UWB- Antennencharakterisierung
im Freiraum**
- 4) Ergebnisse der Systemmodellierung: Geräte
der Unterhaltungselektronik in einer
Wohnumgebung**
- 5) Zusammenfassung und Ausblick**



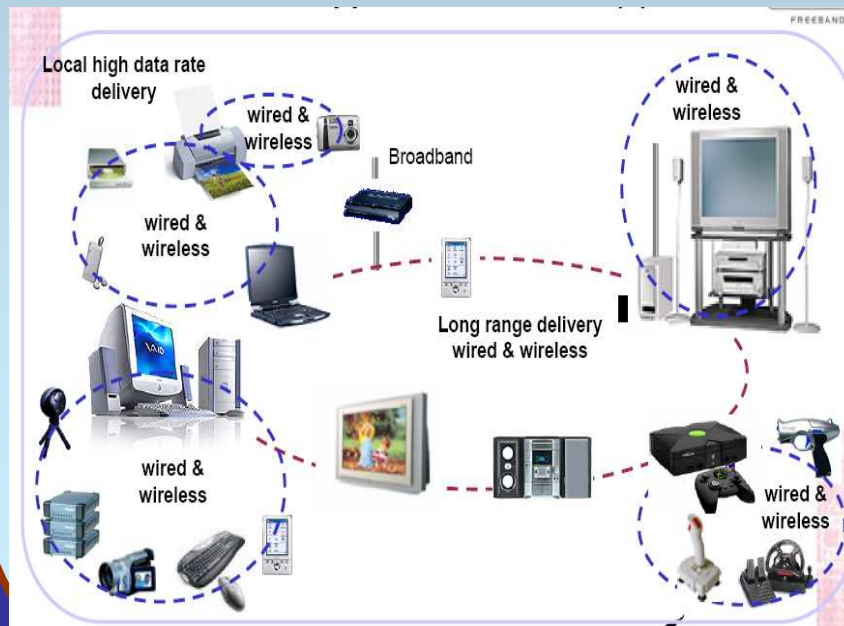
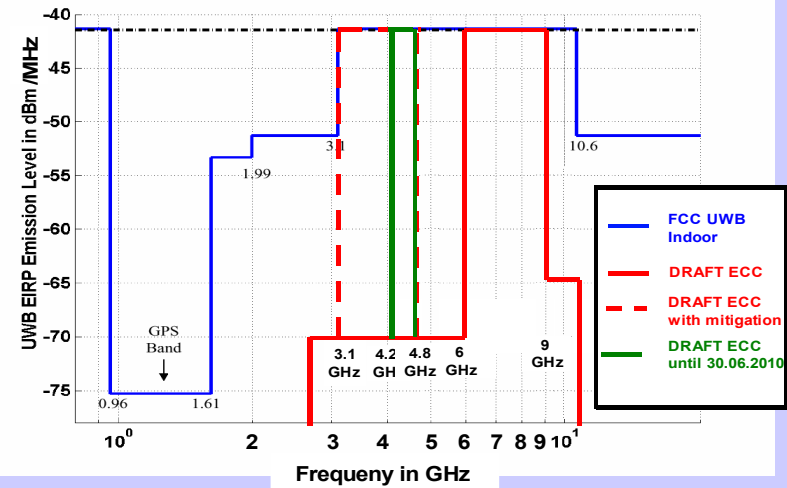
- 1) **Motivation & Einleitung**
- 2) UWB-Modellierung des Gesamtsystems
- 3) Ergebnisse der Antennenmodellierung: klassische UWB- Antennencharakterisierung im Freiraum
- 4) Ergebnisse der Systemmodellierung: Geräte der Unterhaltungselektronik in einer Wohnumgebung
- 5) Zusammenfassung und Ausblick



- **Motivation**

- Wachsendes Interesse an breitbandigen drahtlosen Systemen in den modernen Nahbereichs-Kommunikationstechnik.

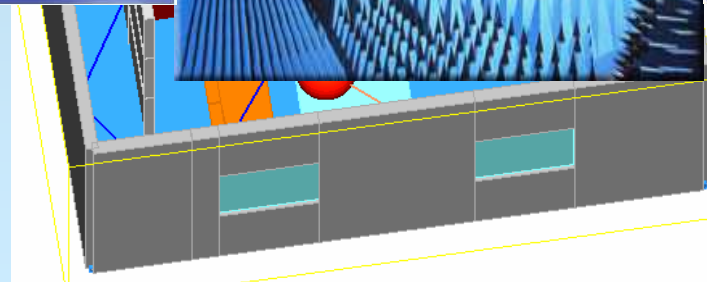
- Anforderungen:
 - Höhere Datenraten
 - Geringe Kosten
 - Keine Frequenzlizenz



- **Bisher: getrennte Charakterisierungen,**
 - **Wenig realistische Szenarien:**
 - Antennen werden im Freiraum (Antennenkammer) charakterisiert.
 - Ausbreitungskanäle werden mit Größen Antennen gemessen.

- **Hier: Realistische Channel Modeling,**

-  iert.
- 
- 



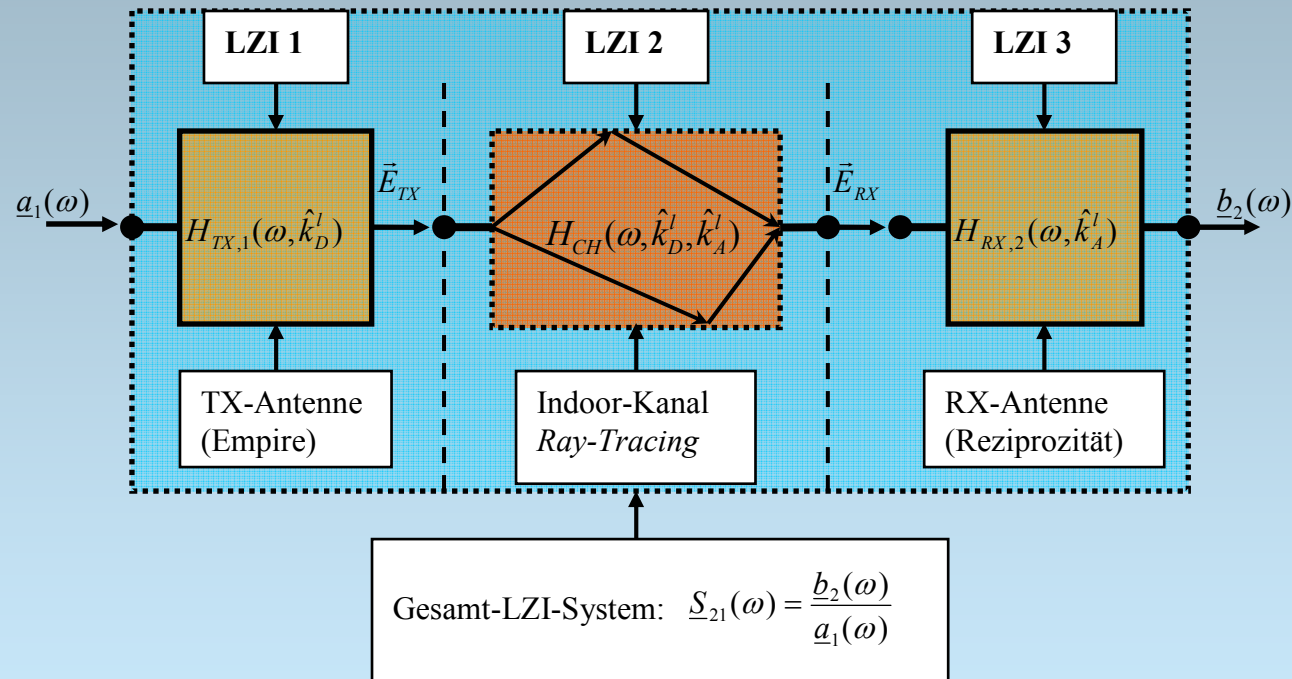


■ Lösungsansatz:

- Die UWB-Antennen werden entworfen, optimiert [1] und im Freiraum vollständig als LZI-System charakterisiert.
- Mittels einer Wellenausbreitungs- und Umgebungsmodellierungsprogramm wird der Übertragungskanal durch Verwendung eines isotropen Strahlers auch als LZI-System charakterisiert.
- Die aus Schritt 1 und 2 gewonnenen LZI-Systeme werden nach LZI-Systemtheorie zu einem LZI-Gesamtsystem modelliert (LZI-Raytracing-Methode).

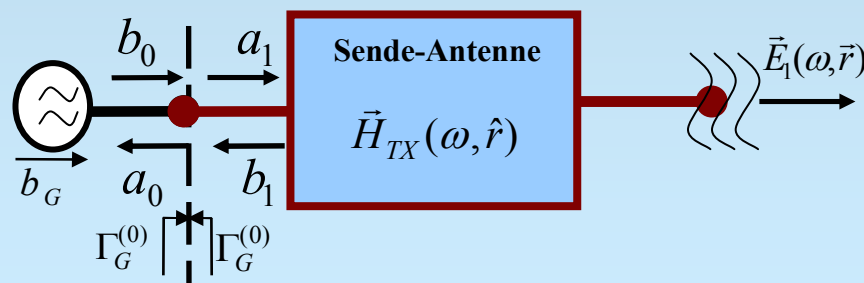
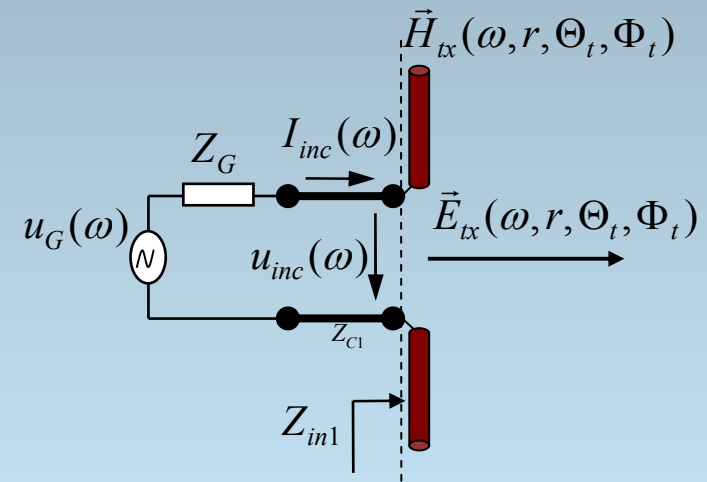
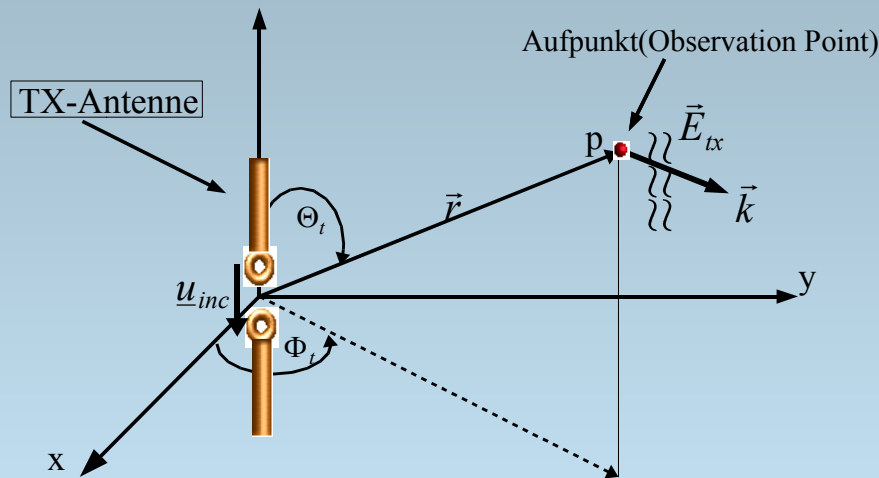
[1] D. Manteuffel: *Considerations for the Design of UWB Antennas for Mobile and Consumer Equipment*.
In: Cape Town International Convention Centre (CTICC)
Technical Papers: 04 May-06 May 2005.

■ Lösungsansatz:



- 1) Motivation & Einleitung
- 2) **UWB-Modellierung des Gesamtsystems**
- 3) Ergebnisse der Antennenmodellierung: klassische UWB- Antennencharakterisierung im Freiraum
- 4) Ergebnisse der Systemmodellierung: Geräte der Unterhaltungselektronik in einer Wohnumgebung
- 5) Zusammenfassung und Ausblick

- **Sendeantenne:**
 - **Charakterisierung der Sendeantenne als LZI-System**

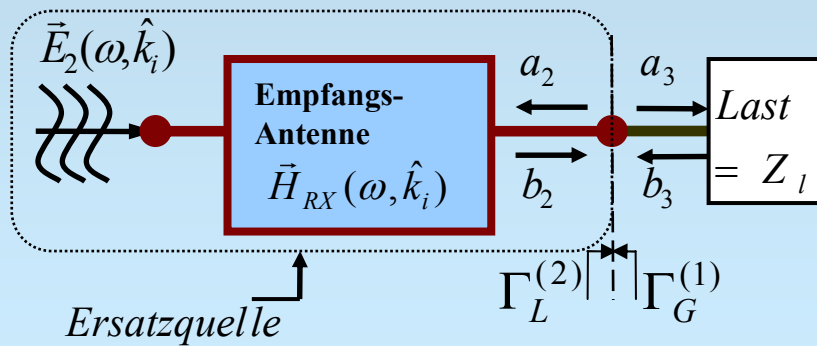
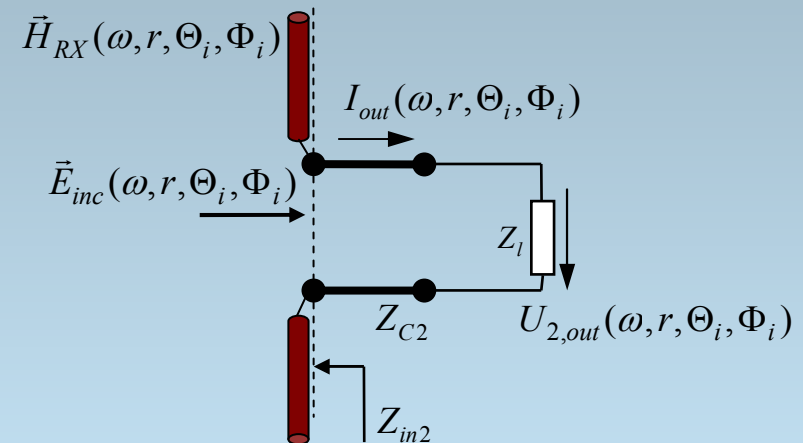
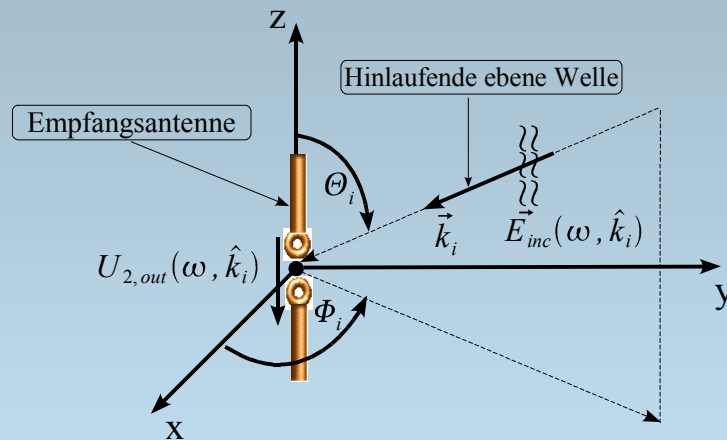


$$a_1(\omega) = U_{inc}(\omega) / \sqrt{Z_{C1}}$$

$$\vec{E}_1(\omega, \vec{r}) = \vec{E}_{TX}(\omega, \vec{r}) / \sqrt{Z_{F,0}}$$

$$\vec{H}_{TX}(\omega, \hat{r}) = \frac{\vec{E}_1(\omega, \vec{r})}{a_1(\omega)} \sqrt{4\pi r} e^{jk_0 r}$$

- **Empfangsantenne:**
 - **Charakterisierung der Empfangsantenne als LZI-System**

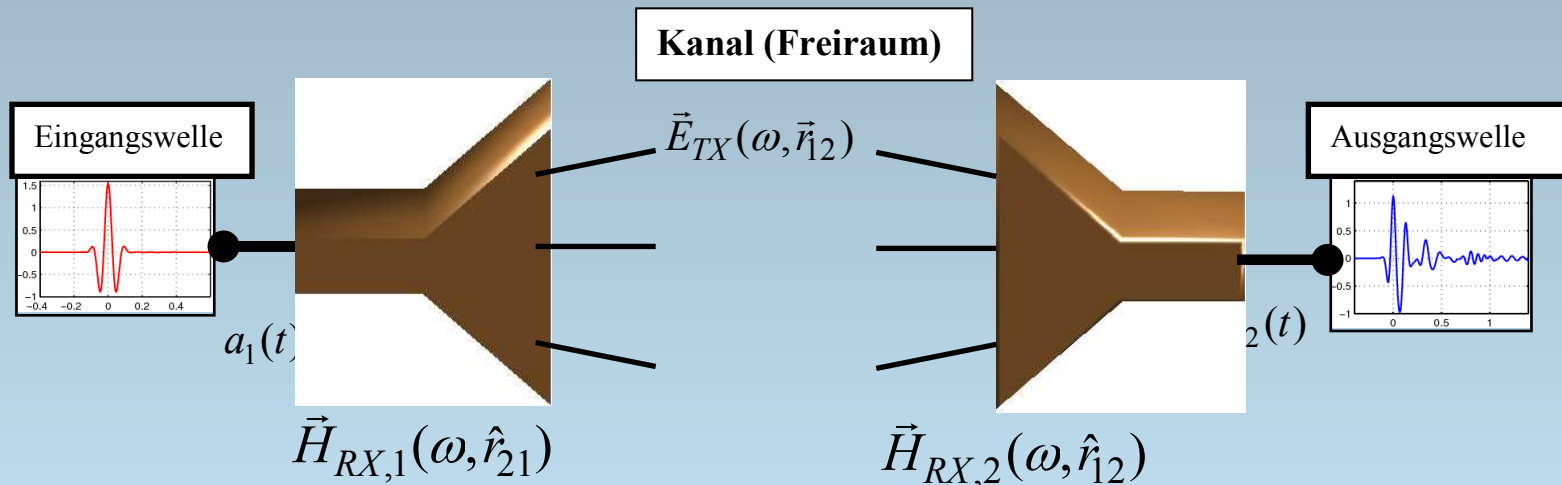


$$\vec{E}_2(\omega, \hat{k}_i) = \vec{E}_{inc}(\omega, \hat{k}_i) / \sqrt{Z_{F,0}}$$

$$b_2(\omega, \hat{k}_i) = U_{2,out}(\omega) / \sqrt{Z_{C2}}$$

$$b_2(\omega, \hat{k}_i) = \sqrt{4\pi} \vec{H}_{RX}(\omega, \hat{k}_i) \cdot \vec{E}_2(\omega, \hat{k}_i)$$

■ Antennensystem in Freiraum:



Die Übertragung durch das Antennensystem verursacht Signalverzerrung .

Zur Beurteilung dieser Verzerrung wurden charakteristische Größen eingeführt.

■ Charakteristische Größen der Antennen

■ Frequenzbereich

■ Gewinn (IEEE-Gain):

$$G_{iso}(\omega, \hat{r}) = \frac{\|\vec{H}_{TX}(\omega, \hat{r})\|^2}{1 - |S_{11}(\omega)|^2}$$

■ Group Delay:

$$\tau_g(\omega) = -\frac{d\varphi(\omega)}{d\omega} = -\frac{d\varphi(f)}{2\pi df}$$

$$\tau_{g,rel}(\omega) = \tau_g(\omega) - \bar{\tau}_g$$

$$\tau_{g,RMS} = \sqrt{\frac{1}{\omega_2 - \omega_1} \int_{\omega_1}^{\omega_2} \tau_{g,rel}^2(\omega) d\omega}$$

■ Zeitbereich

■ FWHM:

$$w_{0.5}(\Theta, \Phi) = t_1 \mid_{h_{rx}^+(t_1, \Theta, \Phi) = p/2} - t_2 \mid_{t_2 < t_1 \wedge h_{rx}^+(t_2, \Theta, \Phi) = p/2}$$

■ Klingeln:

$$\tau_{r,\alpha} = t_\alpha \mid_{h_{rx}^+(t_\alpha, \Theta, \Phi) = \alpha \cdot p(\Theta, \Phi)} - t_p \mid_{t_p < t_\alpha \wedge h_{rx}^+(t_p, \Theta, \Phi) = p(\Theta, \Phi)}$$

■ PDP:

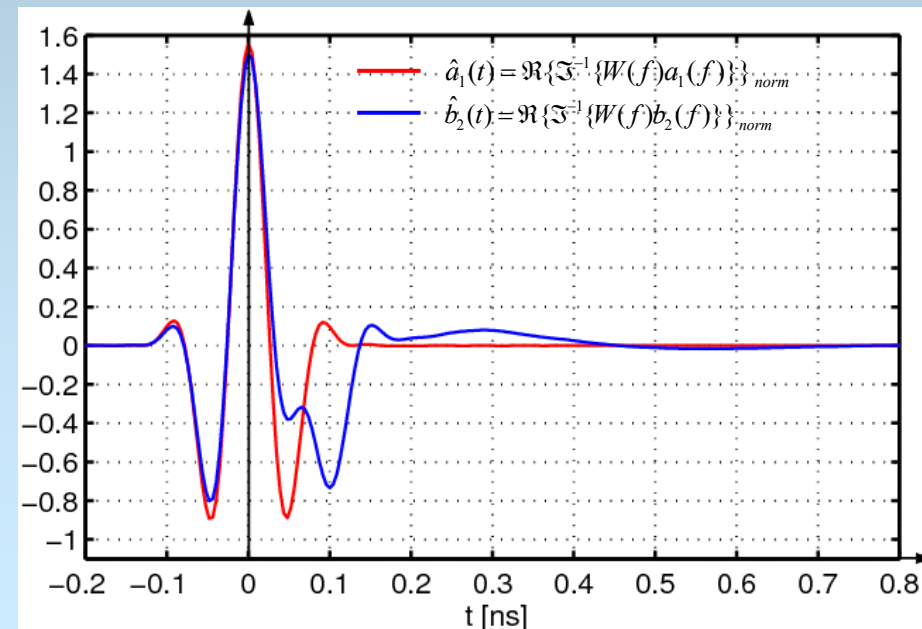
$$\bar{\tau}_D(\Theta, \Phi) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} t \mid h_{tx}(t, \Theta, \Phi) \mid^2 dt}{\int_{-\infty}^{\infty} \mid h_{tx}(t, \Theta, \Phi) \mid^2 dt}$$

- RMS- Delay Spread:

$$\tau_{DS,RMS}(\Theta, \Phi) = \sqrt{\frac{\int_{-\infty}^{\infty} (t - \bar{\tau}_D(\Theta, \Phi))^2 |h_{tx}(t, \Theta, \Phi)|^2 dt}{\int_{-\infty}^{\infty} |h_{tx}(t, \Theta, \Phi)|^2 dt}}$$

- Wiedergabetreue (Fidelity):

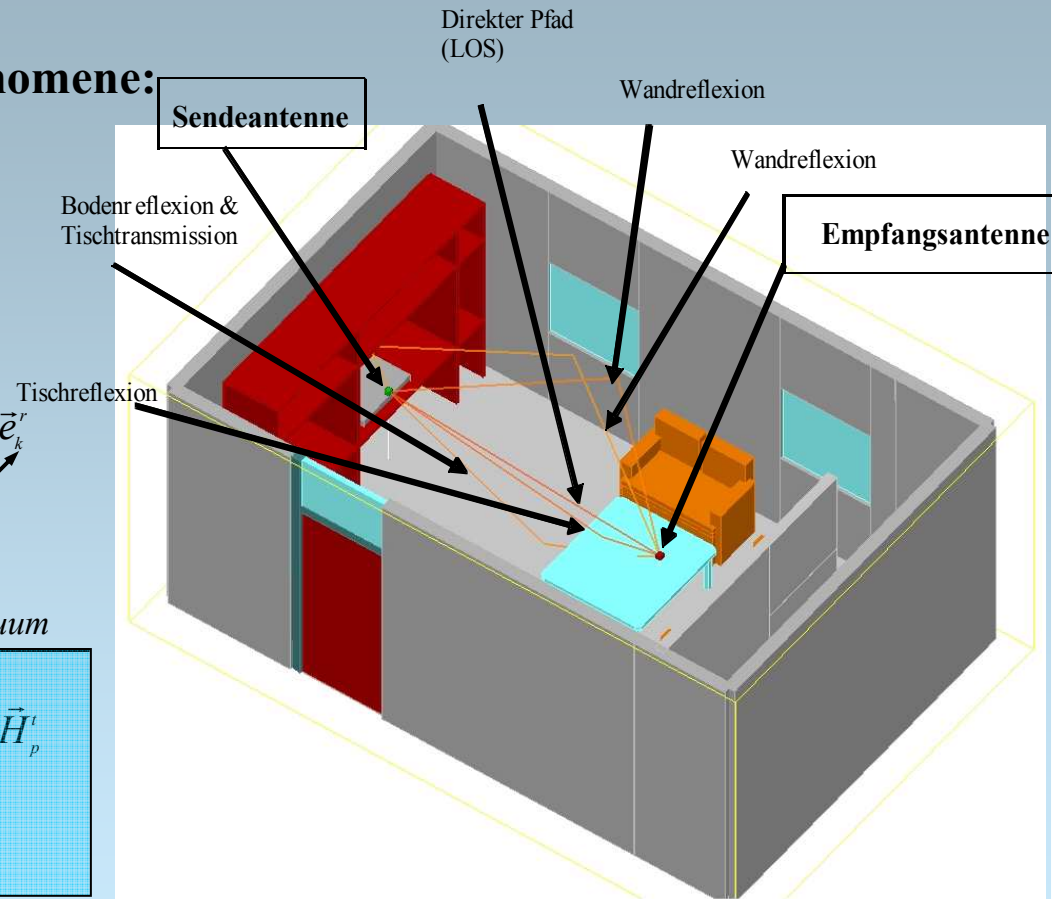
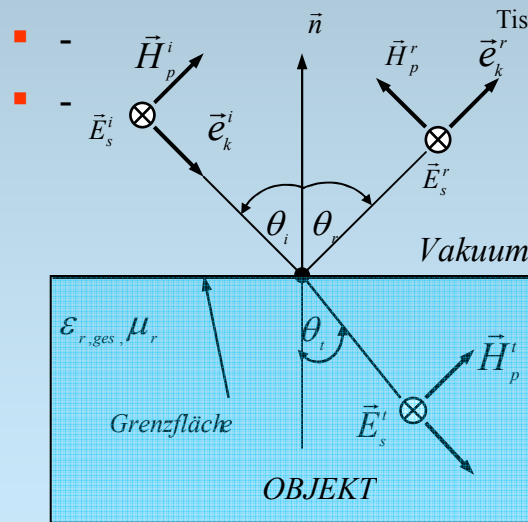
$$F = \max_{\tau} \int_{-\infty}^{\infty} \hat{r}(t - \tau) \hat{f}(t) dt$$



■ Indoor-Kanal

■ Wellenausbreitungsphänomene:

- Reflexion
- Transmission
- Beugung
- Streuung



Charakterisierung des Übertragungskanals als LZI-System mittels Wellenausbreitung-Modellierungsprogramm (Raytracing)!



- **Problem (1):**
 - Raytracing-Programme sind schmalbandige Simulationsprogramme.
- **Problem (2):**
 - Es können nur Standardantennen verwendet werden!
 - Dipolantenne u. ä.
 - Keine spezielle Antennen.
- **Lösungsansatz:**
 - LZI-Raytracing-Methode!



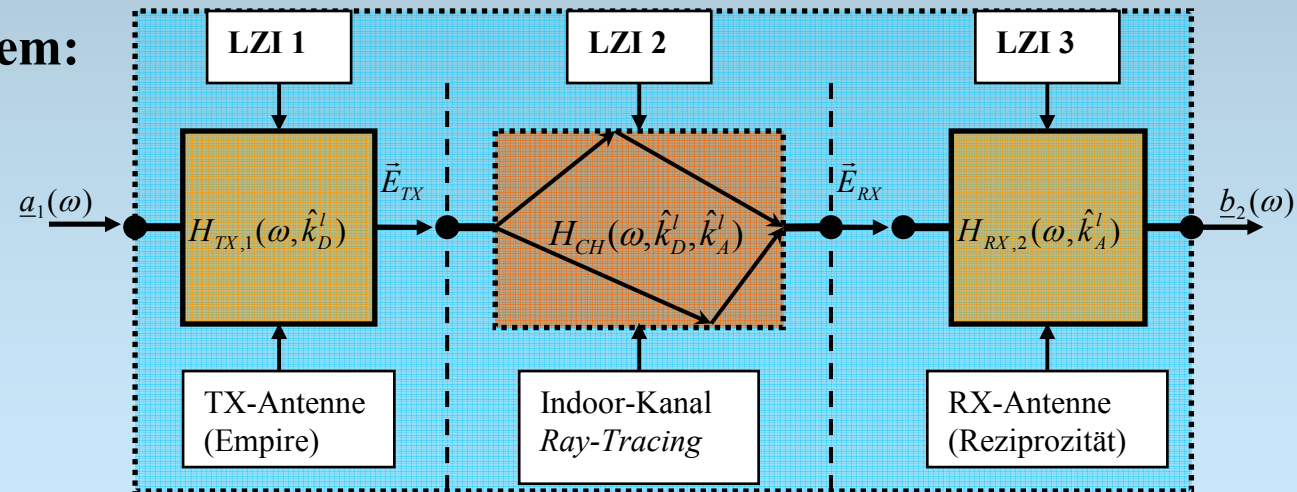
- **Lösungsschritte:**
 - **Schritt 1:**
 - Breitbandige Simulation der Wellenausbreitung ermöglichen (Erweiterung des Raytracing).
 - **Schritt 2:**
 - Schnittstelle zwischen Antennen und Wellenausbreitung implementieren.

■ UWB-Modellierung: LZI-Raytracing-Methode:

■ Kanal:



■ System:

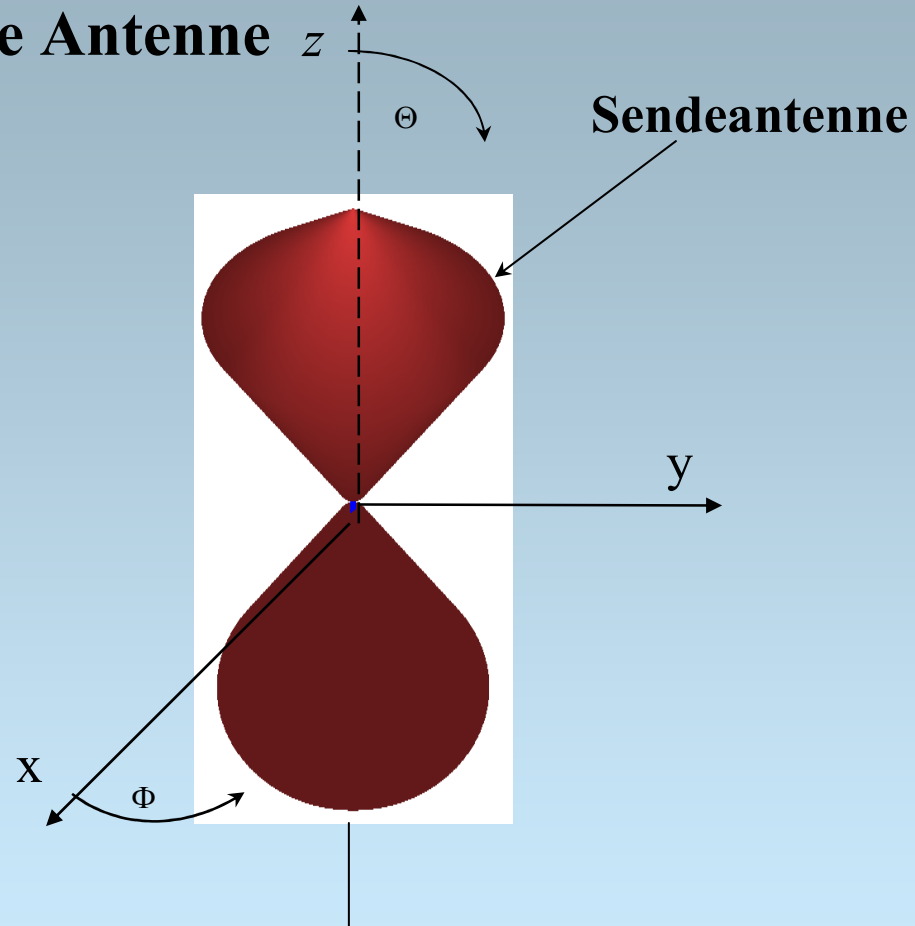


Gesamt-LZI-System:
$$\underline{S}_{21}(\omega) = \frac{b_2(\omega)}{a_1(\omega)}$$



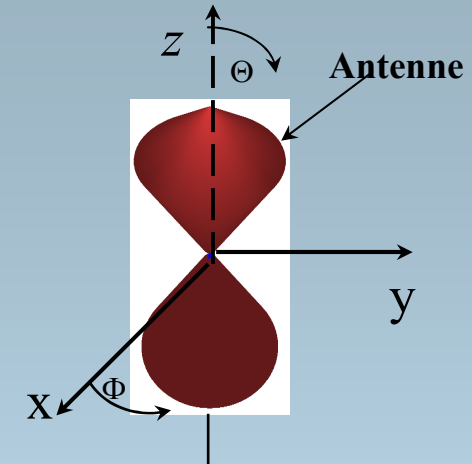
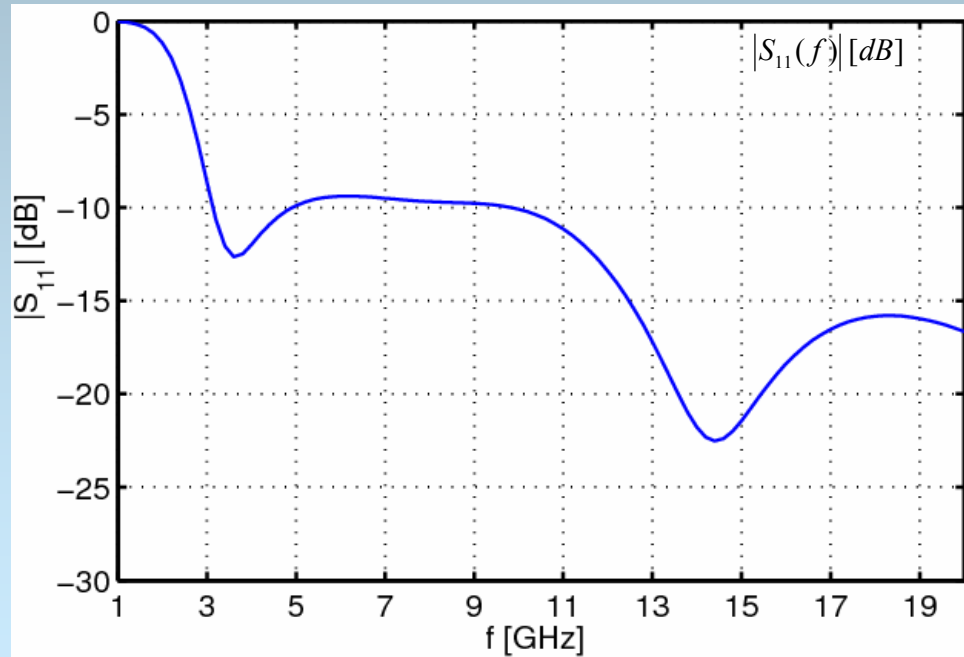
- Motivation & Einleitung
- UWB-Modellierung des Gesamtsystems
- **Ergebnisse der Antennenmodellierung:
klassische UWB- Antennen-Charakterisierung
im Freiraum**
- Ergebnisse der Systemmodellierung: Geräte der
Unterhaltungselektronik in einer Wohnumgebung
- Zusammenfassung und Ausblick

(1) Bikonische Antenne



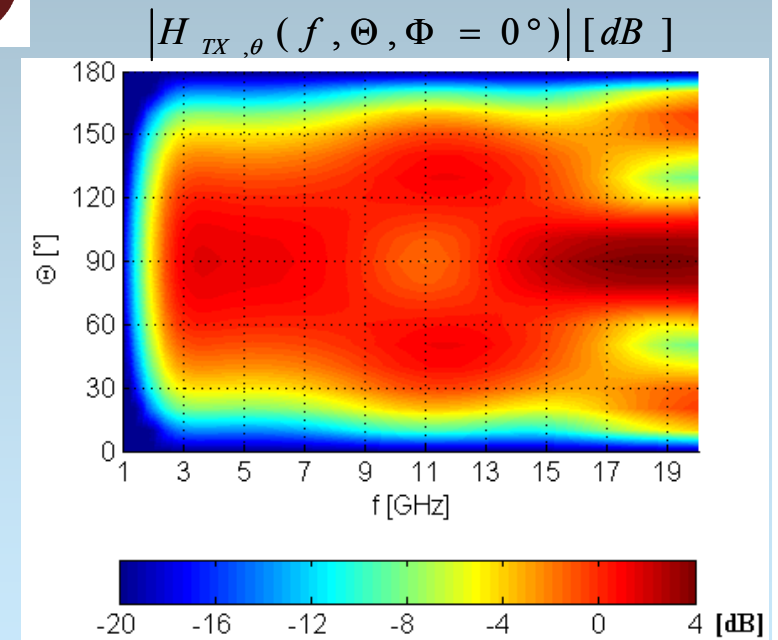
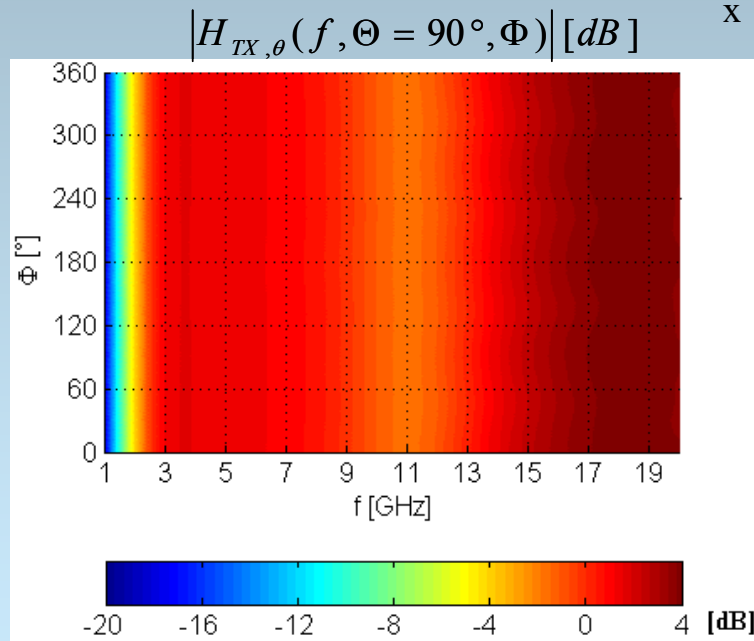
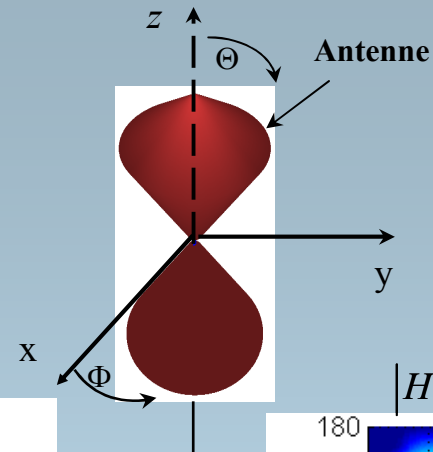
▪ Antenne ist breitbandig, vertikal polarisiert !

- Charakteristische Größen
- a) Frequenzbereich
 - Anpassung:



- Im Frequenzbereich [3 GHz – 20 GHz] ist die Antenne gut angepasst.

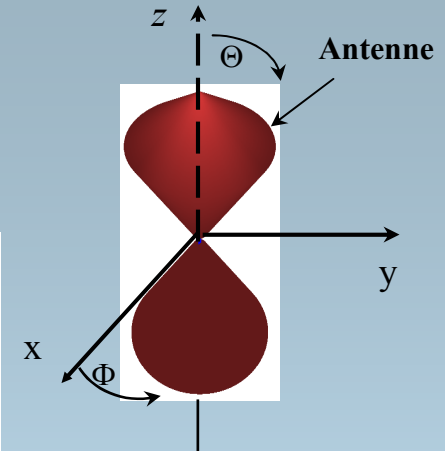
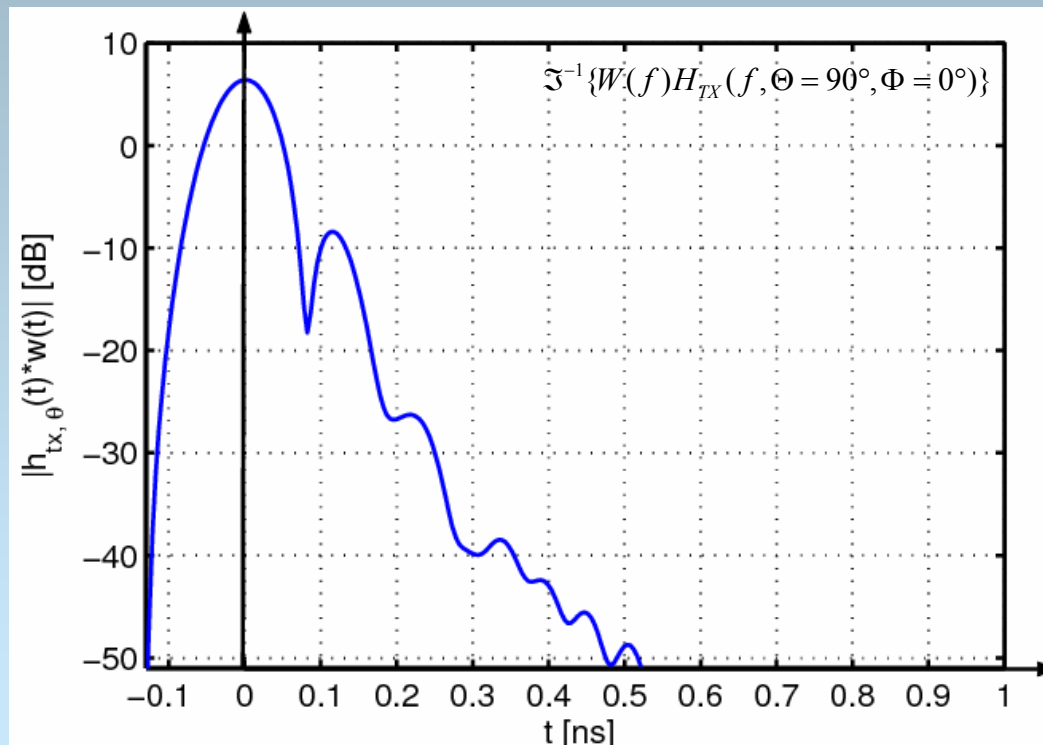
Sendcharakteristik



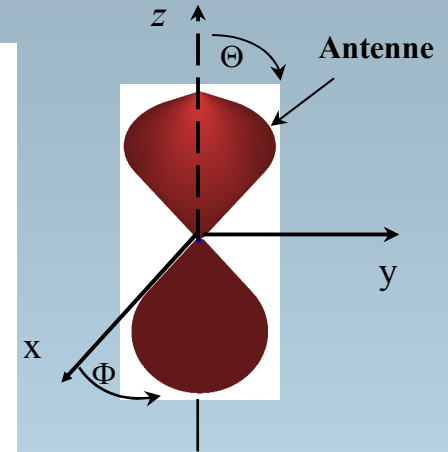
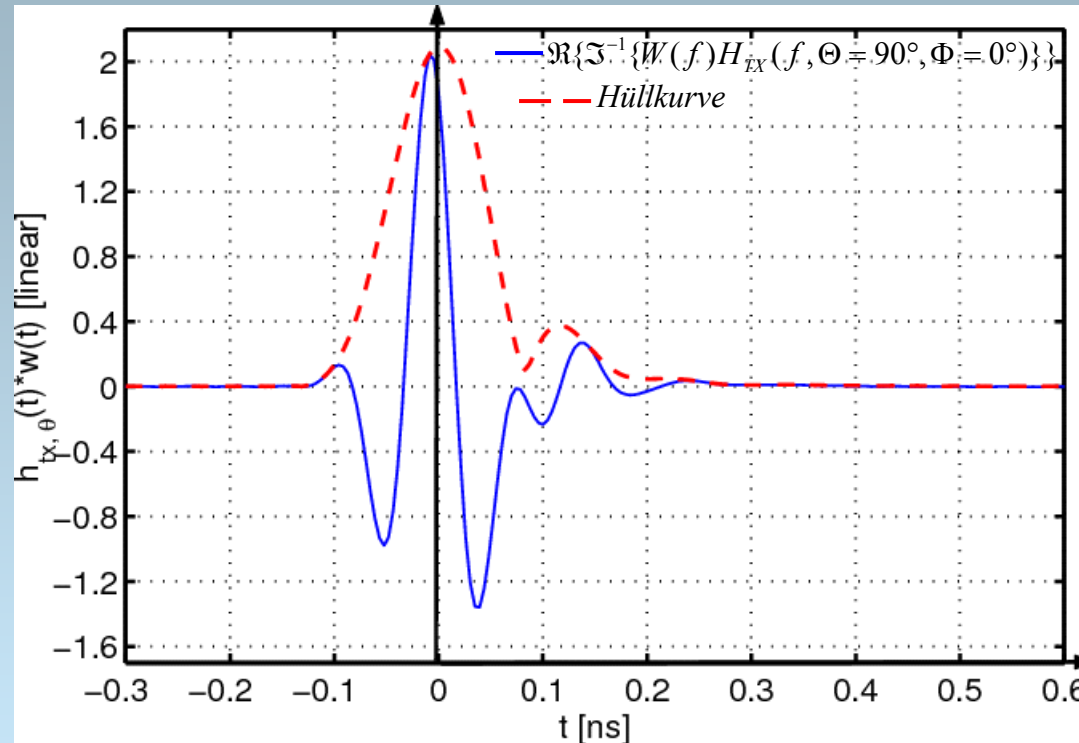
- Die Sendecharakteristik der Antenne weist in horizontaler Richtung eine gute Symmetrie (omnidirektional).

b) Zeitbereich

- Impulsantwort



FWHM und Klingeln



FWHM:

$$w_{0.5}(\Theta = 90^\circ, \Phi^\circ) = 76 \text{ ps}$$

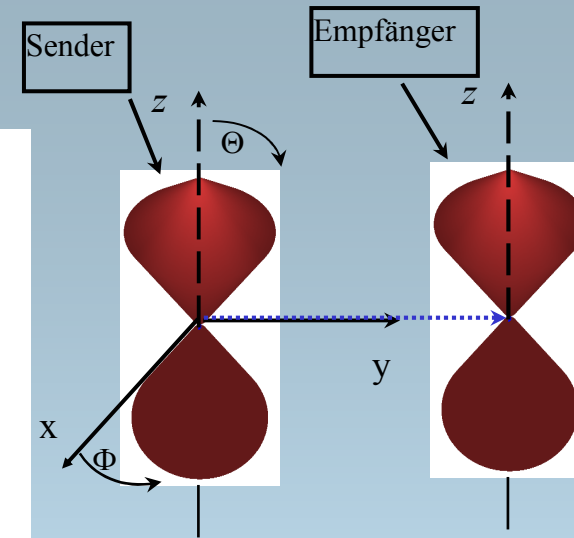
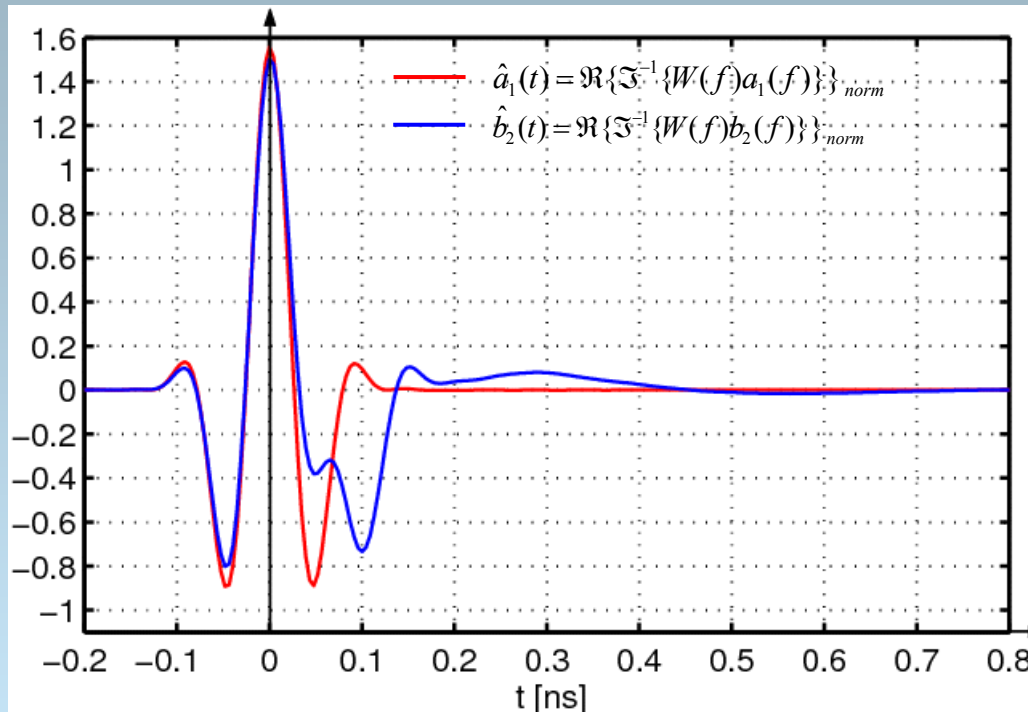
Klingeln:

$$\tau_{r,\alpha=0.1}(\Theta = 90, \Phi = 0^\circ) = 170 \text{ ps}$$

RMS Delay Spread:

$$\tau_{DS,RMS}(\Theta = 90, \Phi = 0^\circ) = 33.72 \text{ ps}$$

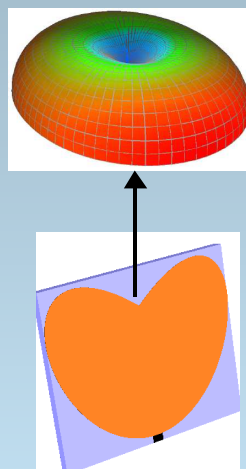
■ Fidelity



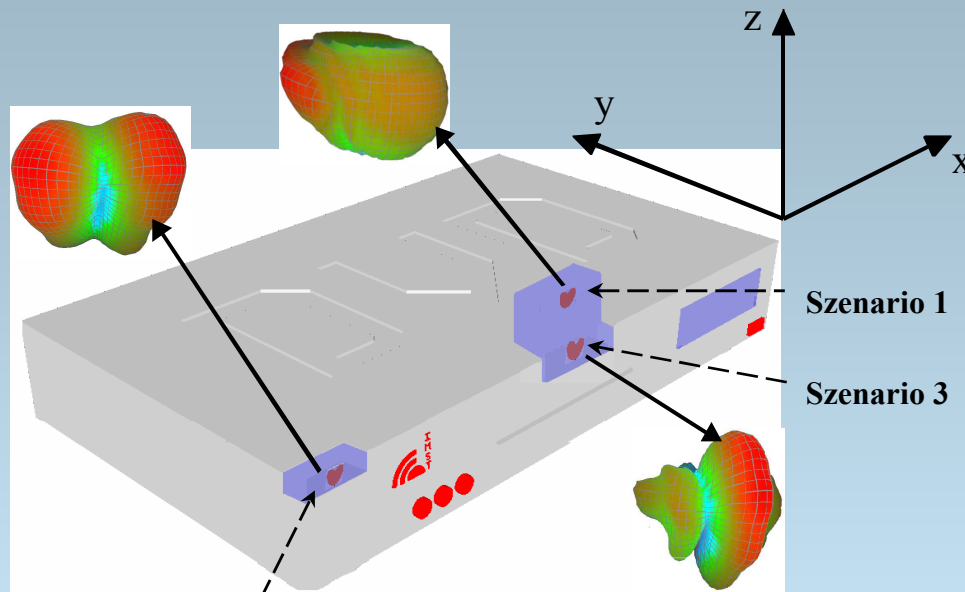
■ Gute Übereinstimmung zwischen Eingangs- und empfangenen Signal !

→ $F(\Theta = 90, \Phi = 0^\circ) = 84.9\%$

■ Integration [1]



a) Planare Mono-Cone-Antenne an einer geerdeten Ebene



Szenario 2

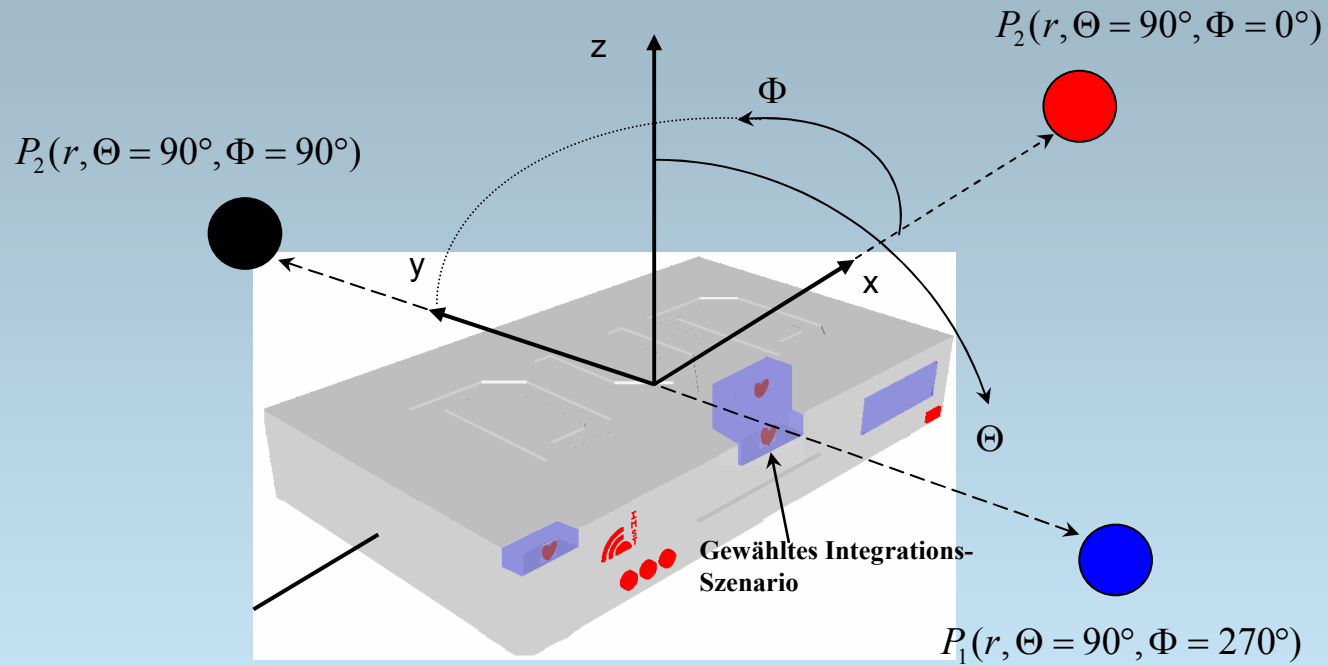
b) Integrationsszenarien und Richtcharakteristiken

Szenario 1

Szenario 3

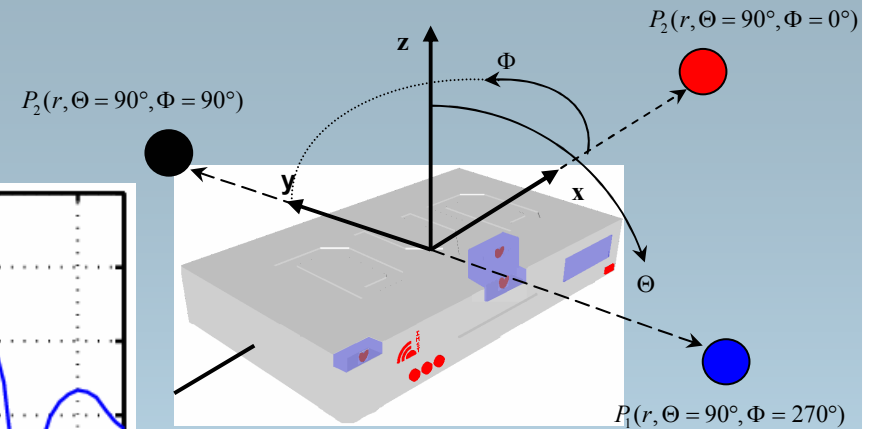
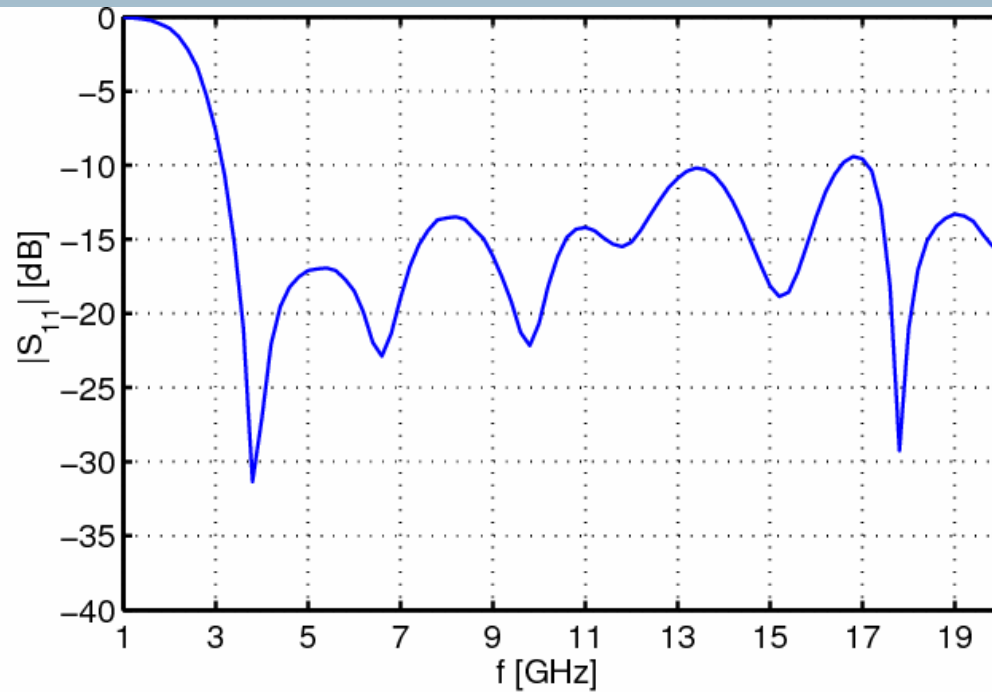
[1] D. Manteuffel: *Considerations for the Design of UWB Antennas for Mobile and Consumer Equipment*. In: Cape Town International Convention Centre (CTICC) Technical Papers: 04 May-06 May 2005.

(2) DVD-Antenne



a) Frequenzbereich

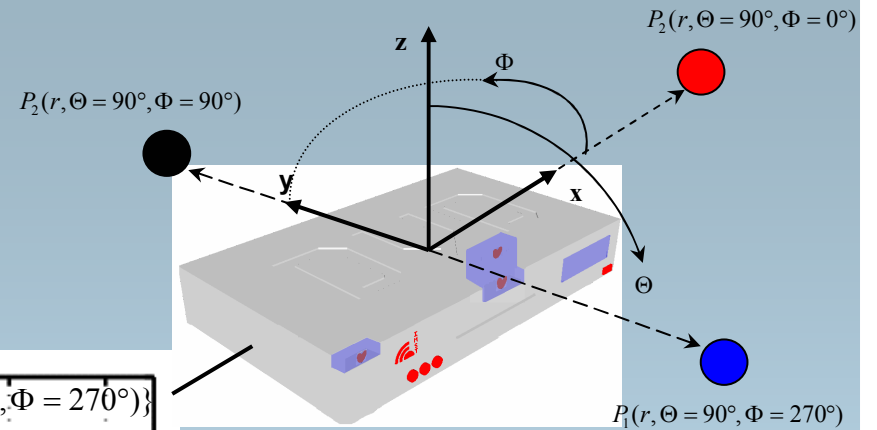
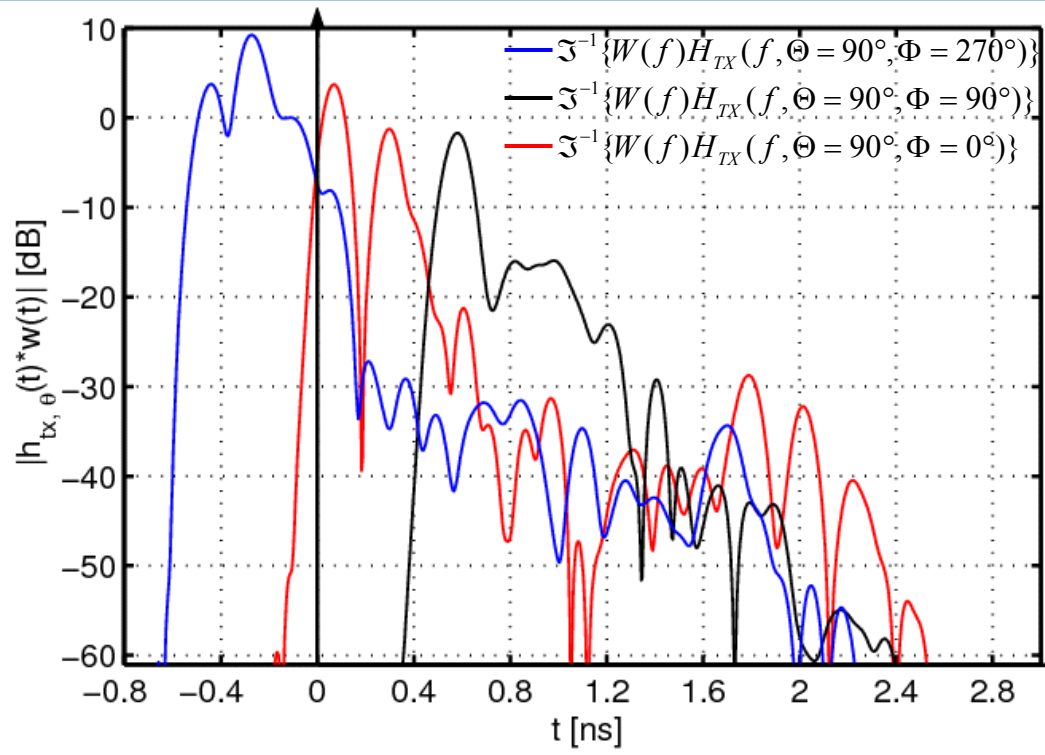
- Anpassung



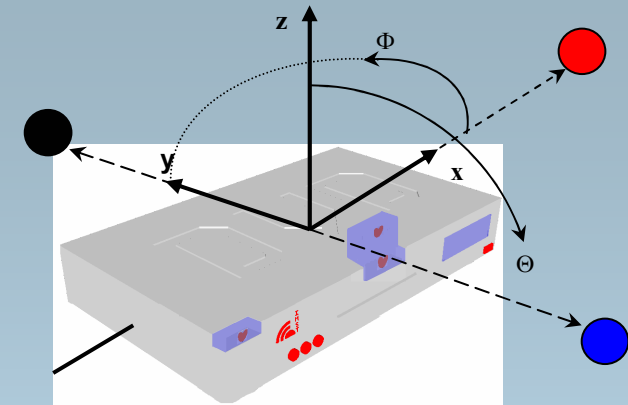
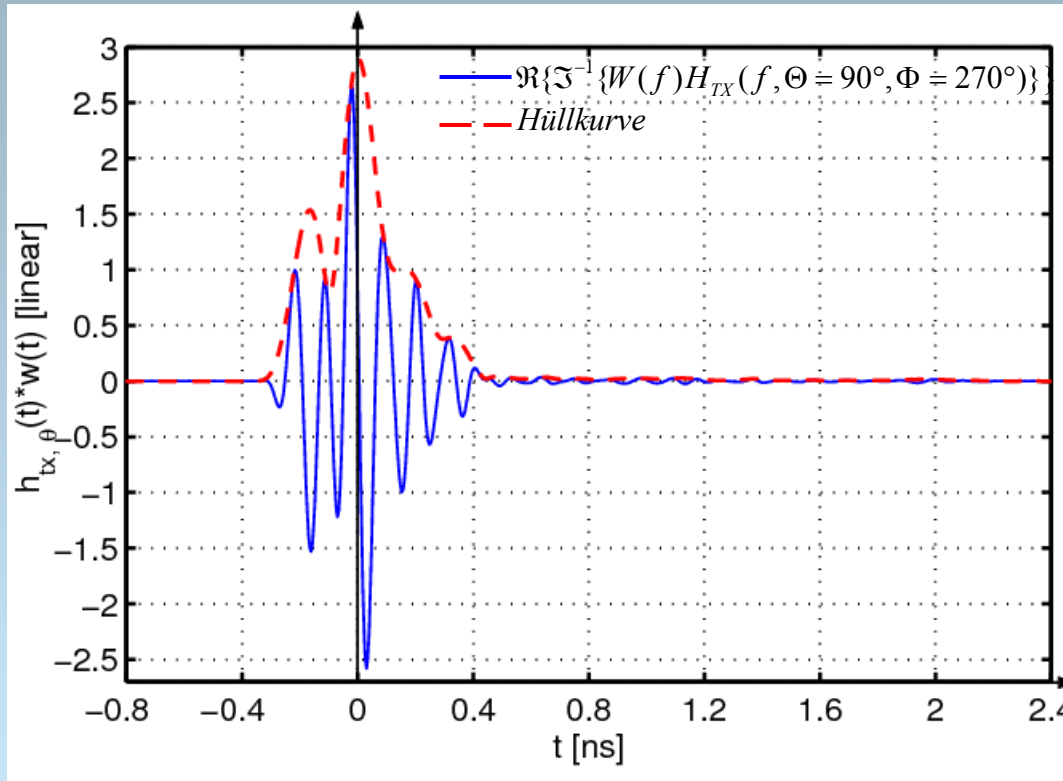
- Im Frequenzbereich [3 GHz – 20 GHz] ist die Antenne gut angepasst.
- Ergebnis der Optimierung der Antenne in [1]

b) Zeitbereich

- Impulsantwort



FWHM und Ringing



FWHM:

$$\tau_{r,\alpha=0.1}(\Theta = 90^\circ, \Phi = 270^\circ) = 360 \text{ ps}$$

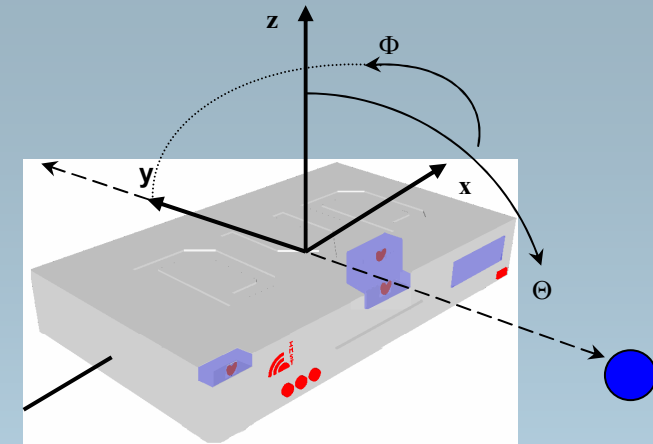
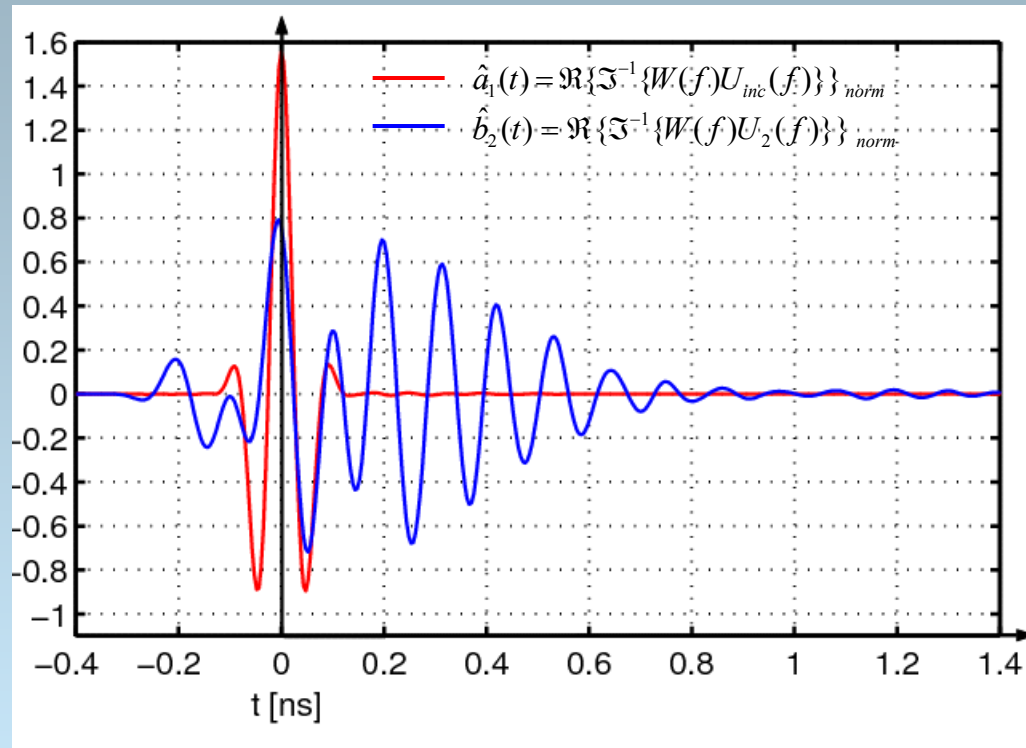
Klingeln:

$$w_{0.5}(\Theta = 90^\circ, \Phi = 270^\circ) = 160 \text{ ps}$$

RMS Delay Spread:

$$\tau_{DS,RMS}(\Theta = 90^\circ, \Phi = 270^\circ) = 0.1073 \text{ ns}$$

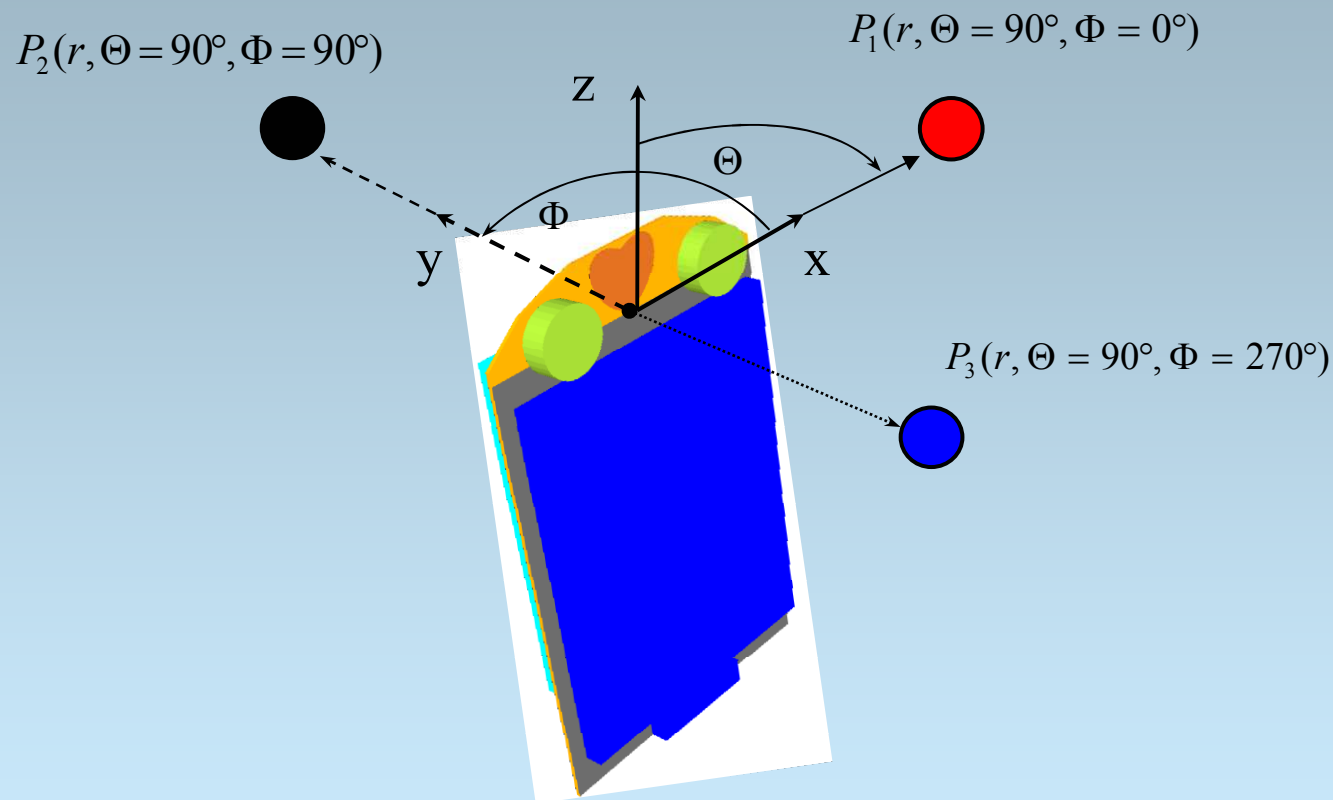
■ Fidelity



■ Mäßige Übereinstimmung zwischen Eingang- und empfangenen Signal !

→ $F(\Theta = 90, \Phi = 270^\circ) = 50.25\%$

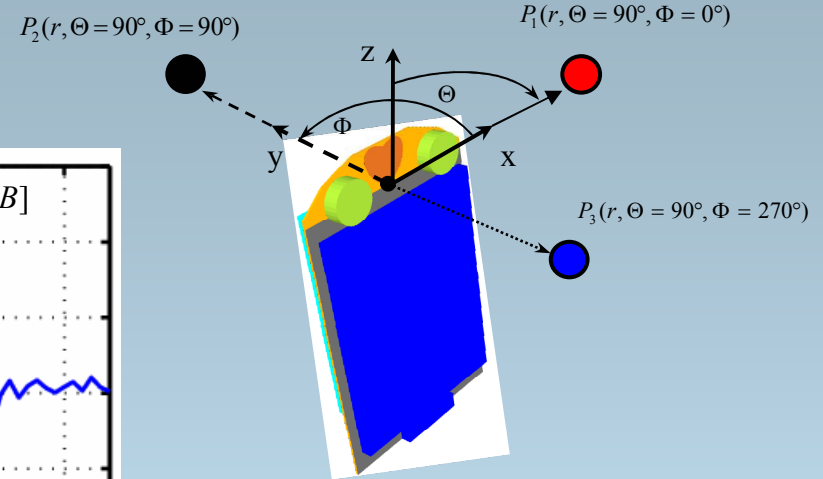
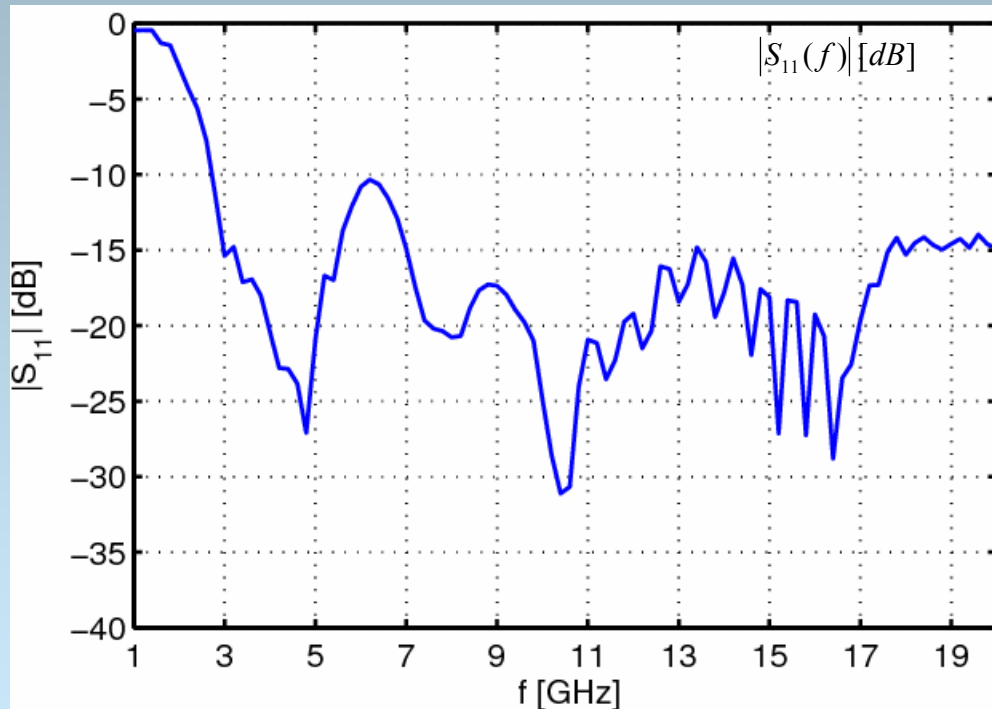
(3) Mobile-Antenne [1]



[1] D. Manteuffel: *Considerations for the Design of UWB Antennas for Mobile and Consumer Equipment*. In: Cape Town International Convention Centre (CTICC) Technical Papers: 04 May-06 May 2005.

a) Frequenzbereich

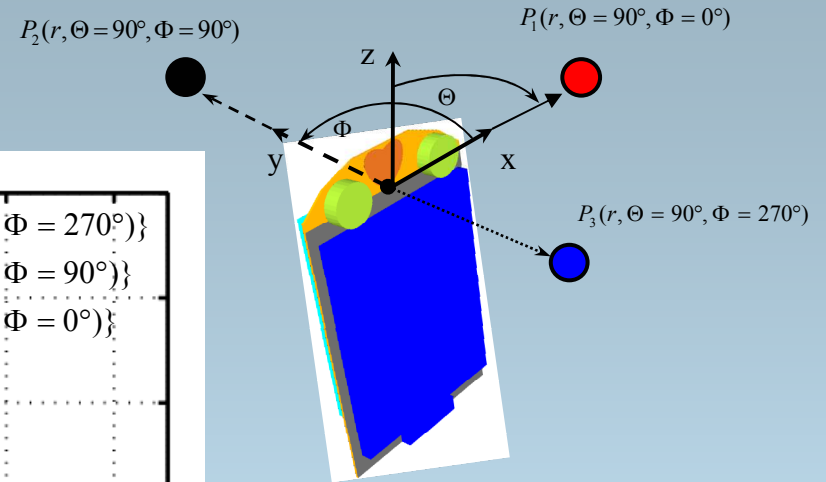
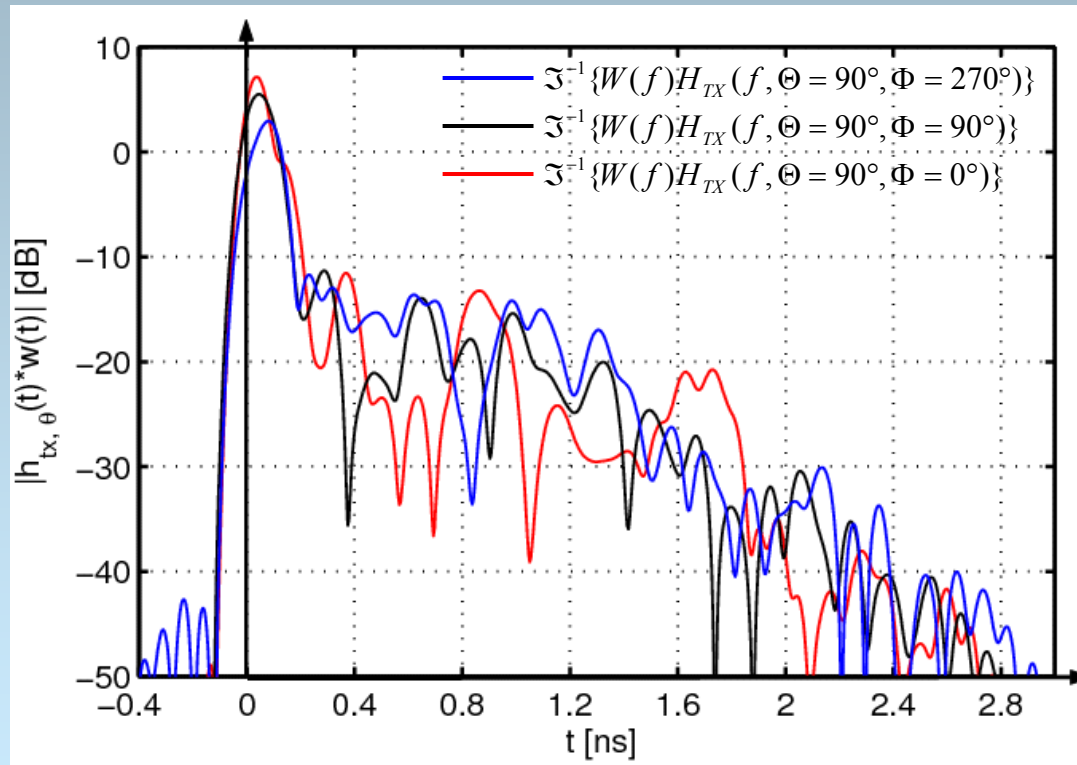
- Anpassung



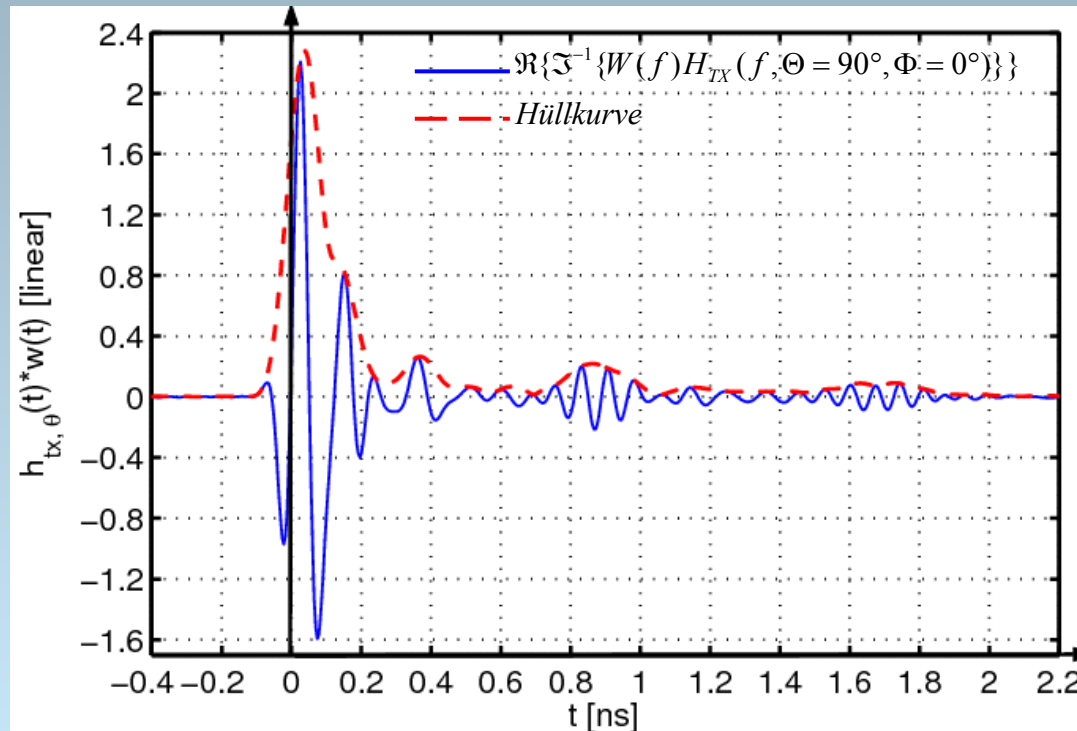
- Im Frequenzbereich [3 GHz – 20 GHz] ist die Antenne gut angepasst.
- Ergebnis der Optimierung der Antenne in [1].

b) Zeitbereich

- Impulsantwort

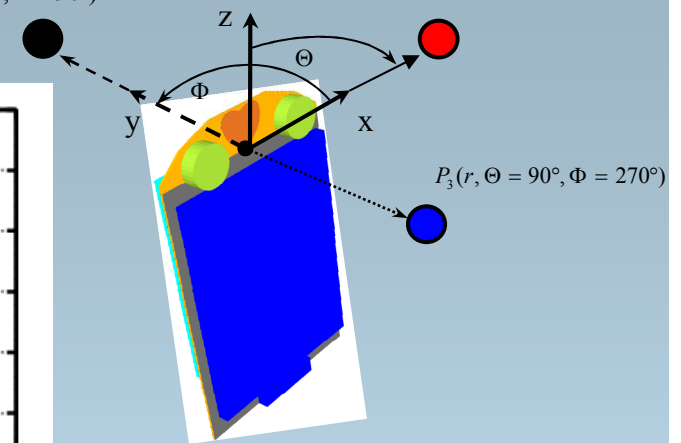


- FWHM und Klingeln (Ringing):



$$P_2(r, \Theta = 90^\circ, \Phi = 90^\circ)$$

$$P_1(r, \Theta = 90^\circ, \Phi = 0^\circ)$$



$$P_3(r, \Theta = 90^\circ, \Phi = 270^\circ)$$

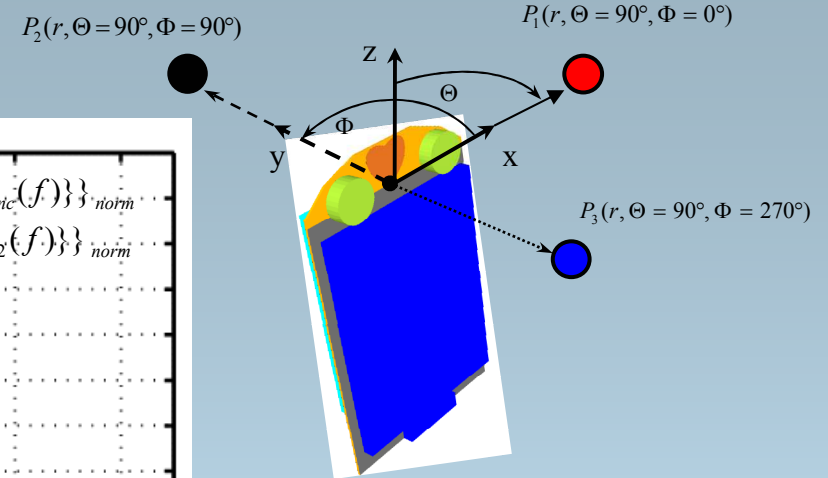
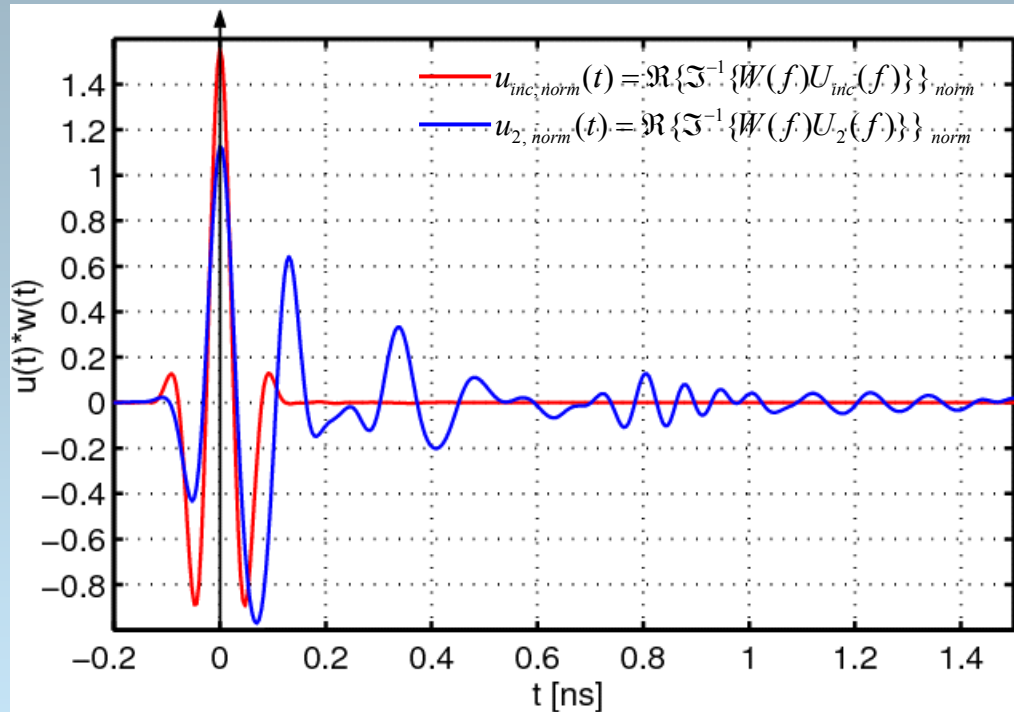
- FWHM:
- Klingeln (Ringing):
- RMS Delay Spread:

$$\tau_{r, \alpha=0.1}(\Theta = 90, \Phi = 0^\circ) = 860 \text{ ps}$$

$$w_{0.5}(\Theta = 90^\circ, \Phi = 0^\circ) = 180 \text{ ps}$$

$$\tau_{DS, RMS}(\Theta = 90, \Phi = 0^\circ) = 0.166 \text{ ns}$$

Fidelity



■ Gute Übereinstimmung zwischen Eingangs- und empfangenen Signal!
 ■ langes Klingeln senkt die Wiedergabetreue !

$\longrightarrow F(\Theta = 90, \Phi = 0^\circ) = 72.34\%$



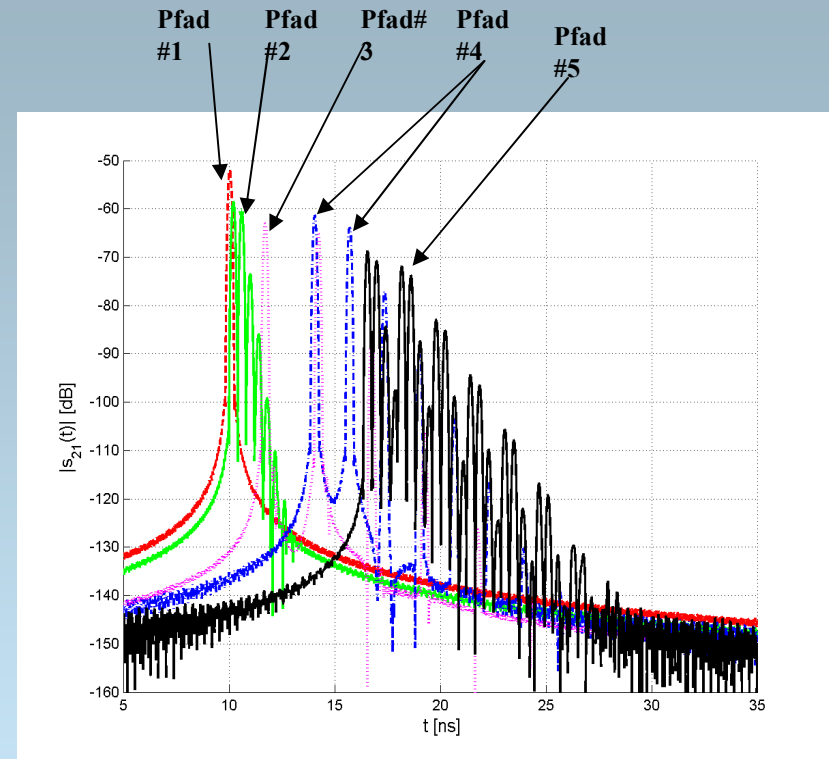
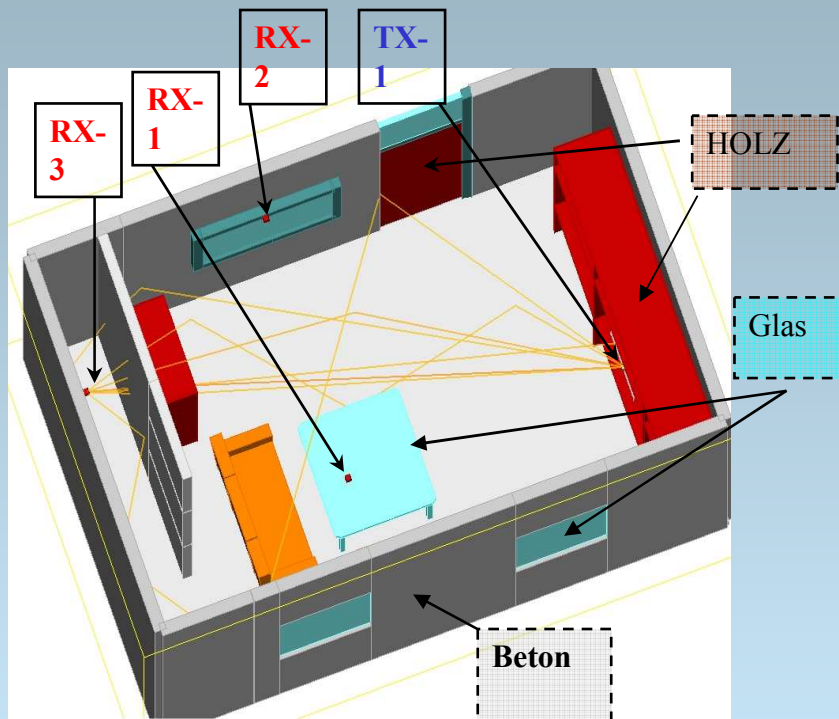
■ **Beurteilung der Antennenqualität:**

Antenne	$\tau_{g,RMS}$ [ps]	$w_{0.5}$ [ps]	$\tau_{r,0.1}$ [ps]	τ_{DS} [ps]	Fidelity F [%]
Bikonische Antenne	38	76	170	33.72	84.9
Integrierte Antenne in einem mobilen Endgerät	249	180	860	166	72.34
Integrierte Antenne in einem DVD- Gerät	195	160	360	107	50.25

- Trotz Anpassung, verursacht die Integration der Antenne erhebliche Signalverzerrung:
- Langes Klingeln (Ringing).
 - Großer Delay Spread.
 - Niedrige Wiedergabetreue.

- 1) Motivation & Einleitung
- 2) UWB-Modellierung des Gesamtsystems
- 3) Ergebnisse der Antennenmodellierung: klassische UWB- Antennencharakterisierung im Freiraum
- 4) Ergebnisse der Systemmodellierung: Geräte der Unterhaltungselektronik in einer Wohnumgebung**
- 5) Zusammenfassung und Ausblick

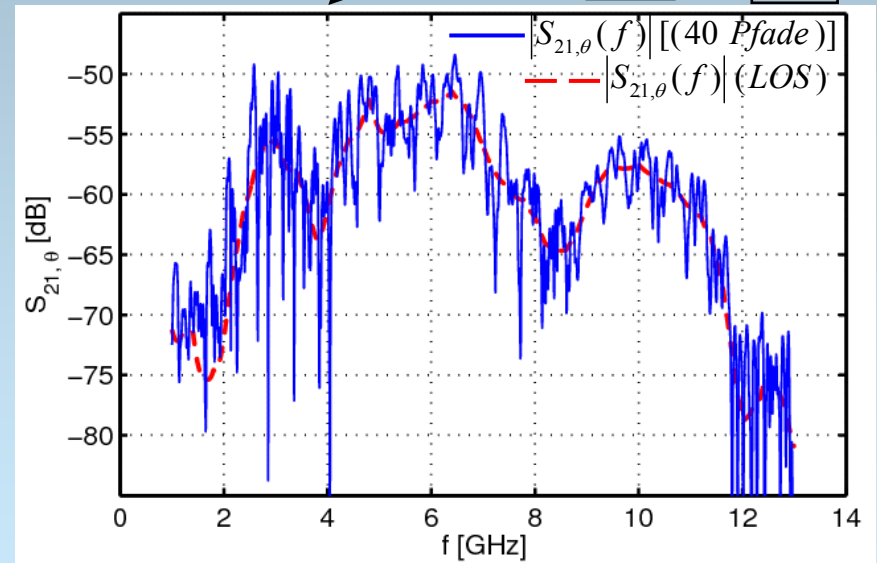
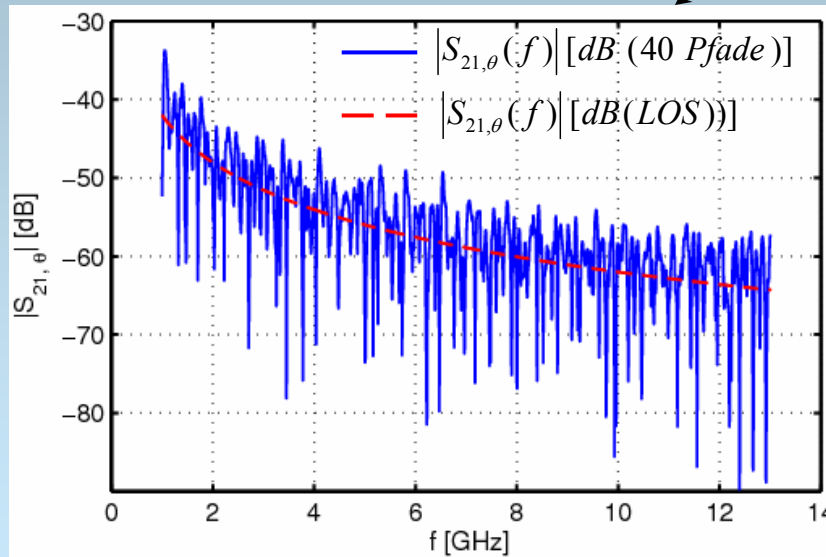
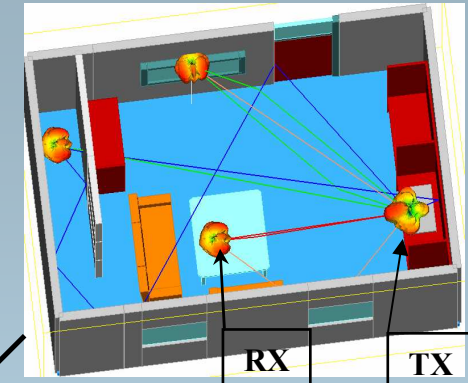
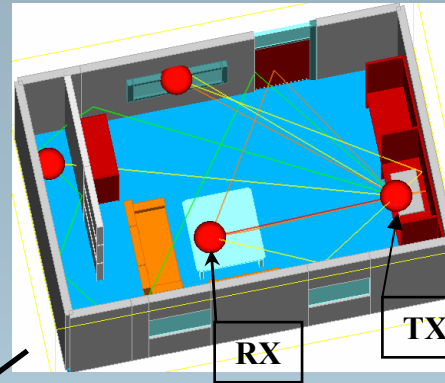
■ Kanäle



■ Ein Sender und drei Empfänger:

- Kanal 1 (TX1→RX1): mit LOS und etwa. gleicher Höhe.
- Kanal 2 (TX1→RX2): mit LOS aber unterschiedliche Höhen.
- Kanal 3: (TX1→RX3): ohne LOS aber auf gleicher Höhe.

- Kanal 1
 - Frequenzbereich
 - Übertragungsfaktor:



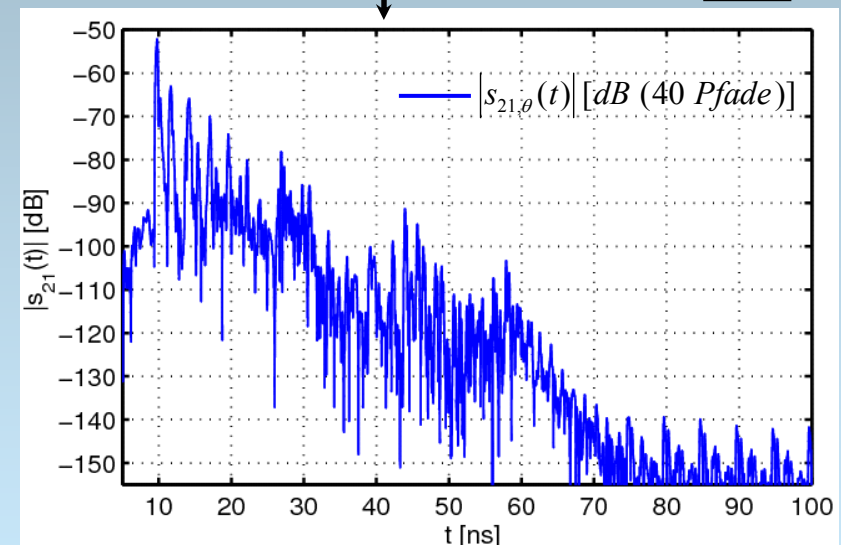
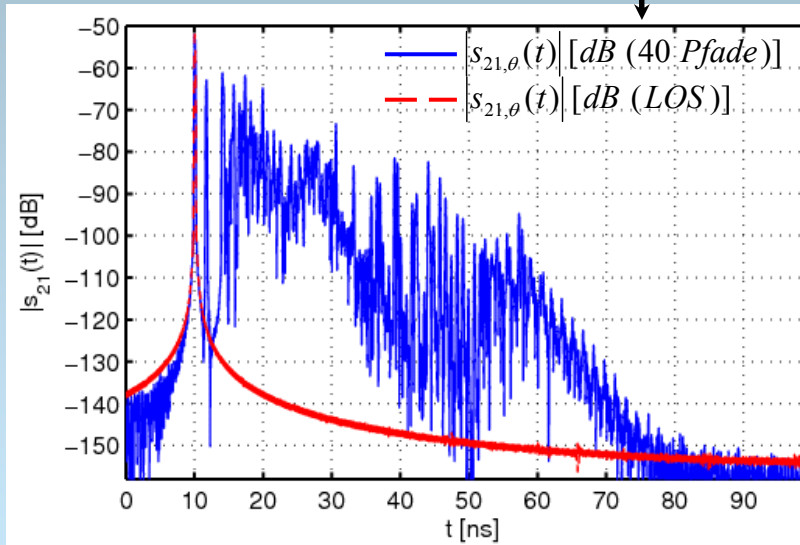
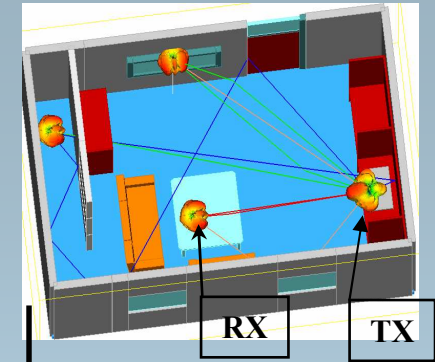
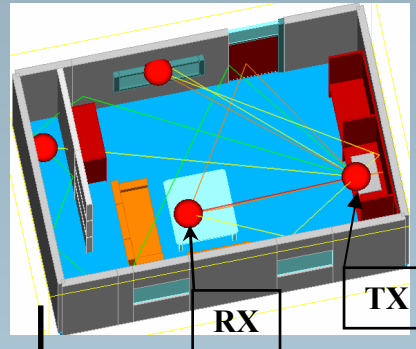
↑ ■ Charakteristische Größen in FD

$\bar{\tau}_g = 11.5 \text{ ns}$
 $\tau_{g,RMS} = 9.01 \text{ ns}$

$\bar{\tau}_g = 10.3 \text{ ns}$
 $\tau_{g,RMS} = 5.57 \text{ ns}$



- Zeitbereich
- Impulsantwort



- Charakteristische Größen im TD:

$$\bar{\tau}_D = 10.3 \text{ ns}$$

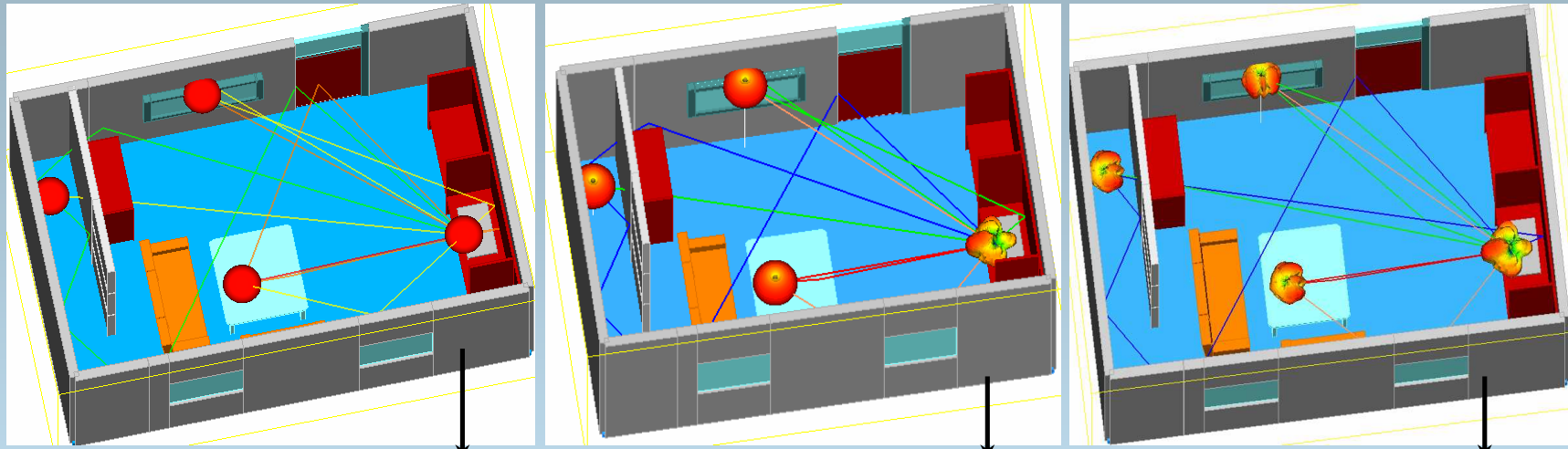
$$\tau_{DS,RMS} = 1.17 \text{ ns}$$

$$\bar{\tau}_D = 9.8 \text{ ns}$$

$$\tau_{DS,RMS} = 0.32 \text{ ns}$$



■ Bewertung (Alle Kanäle):



Antenne Kanal	TX = Isotroper Strahler RX = Isotroper Strahler		TX = integr. DVD-Antenne RX = Bikonische Antenne		TX = integr. DVD-Antenne RX = integr. Mobile-Antenne	
	$\tau_{g,RMS}$ [ns]	$\tau_{DS,RMS}$ [ns]	$\tau_{g,RMS}$ [ns]	$\tau_{DS,RMS}$ [ns]	$\tau_{g,RMS}$ [ns]	$\tau_{DS,RMS}$ [ns]
Kanal 1 (RX1)	9.01	1.17	4.38	0.23	5.56	0.32
Kanal 2 (RX 2)	9.57	1.42	9.68	2.62	10.19	3.09
Kanal 3 (RX 3)	9.31	1.9	9.27	0.86	7.17	0.91



- 1) Motivation & Einleitung
- 2) UWB-Modellierung des Gesamtsystems
- 3) Ergebnisse der Antennenmodellierung: klassische UWB- Antennencharakterisierung im Freiraum
- 4) Ergebnisse der Systemmodellierung: Geräte der Unterhaltungselektronik in einer Wohnumgebung
- 5) **Zusammenfassung und Ausblick**

- **Integrierte, optimierte kleine UWB-Antennen wurden charakterisiert.**
- **Zum Ermöglichen von UWB-Kanalmodellierung wurde ein schmalbandiger Raytracer erweitert.**
- **Eine Schnittstelle zwischen breitbandigen Kanalmodellierung und Antennenmodellierung wurde implementiert.**
- **Eine Methode (LZI-Raytracing-Methode) zur Modellierung des UWB-Gesamtsystem wurde entwickelt und validiert.**
- **Mit LZI-Raytracing-Methode wurde ein realistisches Szenario der „Geräte der Unterhaltungselektronik in einer Wohnumgebung“ charakterisiert.**



- **Aus der durchgeführten Charakterisierungen ergeben sich folgende zentrale Aussagen:**
 - **Antennen im Freiraum**
 - **Die Integration der Antenne erhebliche Signalverzerrung:**
 - **Langes Klingeln.**
 - **Großer Delay Spread.**
 - **Niedrige Wiedergabetreue.**
 - **UWB-Gesamtsystem**
 - **Für UWB-Indoor-Systeme spielen nicht die Antennen sondern der Mehrwegeausbreitungskanal hinsichtlich der Impulsspreizung und Phasendispersion die größte Rolle.**
 - **Die charakteristischen Größen der Antennen im Freiraum sind daher im Hinblick auf die Gesamtsystemmodellierung wenig aussagekräftig.**

- **Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**