

UNTERSUCHUNG DER IMPULSANTWORT EINER ULTRABREITBANDIGEN ANTENNE MIT DIELEKTRIKUM IM FERN- BZW. NAHFELD

Sebastian Sczyslo

sebastian.sczyslo@stud.uni-duisburg-essen.de

29. Juni 2006



BOSCH



Inhalt



Inhalt

1 Einleitung



Inhalt

- 1 Einleitung
- 2 Grundlagen



Inhalt

- 1 Einleitung
- 2 Grundlagen
- 3 Simulation





Inhalt

- 1 Einleitung
- 2 Grundlagen
- 3 Simulation
- 4 Messverfahren und Eigenschaften der verwendeten Antenne





Inhalt

- 1 Einleitung
- 2 Grundlagen
- 3 Simulation
- 4 Messverfahren und Eigenschaften der verwendeten Antenne
- 5 Messergebnisse





Inhalt

- 1 Einleitung
- 2 Grundlagen
- 3 Simulation
- 4 Messverfahren und Eigenschaften der verwendeten Antenne
- 5 Messergebnisse
- 6 Zusammenfassung





Inhalt

- 1 Einleitung
- 2 Grundlagen
- 3 Simulation
- 4 Messverfahren und Eigenschaften der verwendeten Antenne
- 5 Messergebnisse
- 6 Zusammenfassung

- bestehendes Universalortungsgerät: Wallscanner Dtect-100



BILD: Dtect-100

- bestehendes Universalortungsgerät: Wallscanner Dtect-100



BILD: Dtect-100

- Verbesserung des Gerätes \Rightarrow Bestimmung der Wandfeuchte

- bestehendes Universalortungsgerät: Wallscanner Dtect-100



BILD: Dtect-100

- Verbesserung des Gerätes \Rightarrow Bestimmung der Wandfeuchte

Ziel: Aufbau eines Messplatzes zur Messung der komplexen Dielektrizitätszahl ϵ_r

Inhalt

- ① Einleitung
- ② **Grundlagen**
- ③ Simulation
- ④ Messverfahren und Eigenschaften der verwendeten Antenne
- ⑤ Messergebnisse
- ⑥ Zusammenfassung



DER DIELEKTRISCHE HALBRAUM





DER DIELEKTRISCHE HALBRAUM

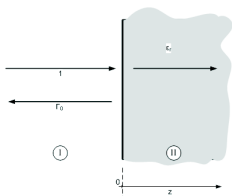
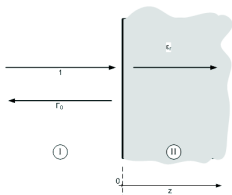


BILD: Reflexion am dielektrischen Halbraum

DER DIELEKTRISCHE HALBRAUM



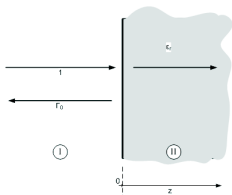
Feldwellenimpedanz

$$\underline{\eta} = \frac{j\omega\mu}{\underline{\gamma}}$$

BILD: Reflexion am dielektrischen Halbraum



DER DIELEKTRISCHE HALBRAUM

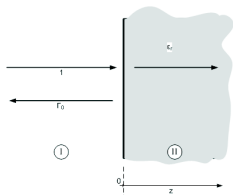


Feldwellenimpedanz

$$\begin{aligned} \underline{\eta} &= \frac{j\omega\mu}{\underline{\gamma}} \\ &= \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \end{aligned}$$

BILD: Reflexion am dielektrischen Halbraum

DER DIELEKTRISCHE HALBRAUM



Feldwellenimpedanz

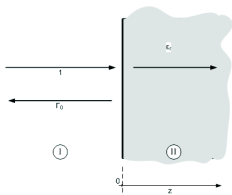
$$\begin{aligned}\underline{\eta} &= \frac{j\omega\mu}{\underline{\gamma}} \\ &= \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}\end{aligned}$$

BILD: Reflexion am dielektrischen Halbraum

Lösen des Randwertproblems über die Maxwell'schen Gleichungen:

$$\begin{aligned}\underline{\Gamma}_0 &= \frac{\underline{\eta} - \eta_0}{\underline{\eta} + \eta_0} \\ &= \frac{1 - \sqrt{\epsilon_r}}{1 + \sqrt{\epsilon_r}}\end{aligned}$$

DER DIELEKTRISCHE HALBRAUM



Feldwellenimpedanz

$$\begin{aligned}\underline{\eta} &= \frac{j\omega\mu}{\underline{\gamma}} \\ &= \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}\end{aligned}$$

BILD: Reflexion am dielektrischen Halbraum

Lösen des Randwertproblems über die Maxwell'schen Gleichungen:

$$\begin{aligned}\underline{\Gamma}_0 &= \frac{\eta - \eta_0}{\eta + \eta_0} \\ &= \frac{1 - \sqrt{\epsilon_r}}{1 + \sqrt{\epsilon_r}}\end{aligned}$$

$\underline{\Gamma}_0$ entspricht der Übertragungsfunktion $H(\omega)$



dielektrischer Halbraum

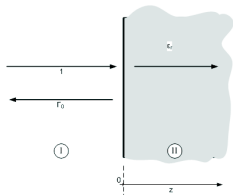
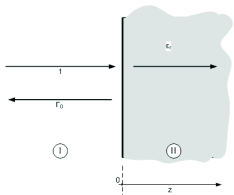


BILD: Reflexion am dielektrischen Halbraum



dielektrischer Halbraum

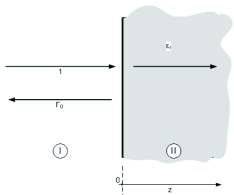


$$\underline{\Gamma}_0 = \frac{\underline{\eta} - \eta_0}{\underline{\eta} + \eta_0}$$

BILD: Reflexion am dielektrischen Halbraum



dielektrischer Halbraum



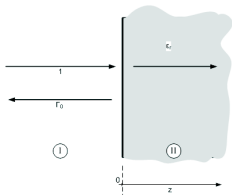
$$\underline{\Gamma}_0 = \frac{\eta - \eta_0}{\eta + \eta_0}$$

BILD: Reflexion am dielektrischen Halbraum

$$\underline{S}_{11} = \frac{\underline{Z} - \underline{Z}_0}{\underline{Z} + \underline{Z}_0}$$

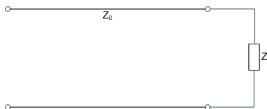


dielektrischer Halbraum



$$\underline{\Gamma}_0 = \frac{\eta - \eta_0}{\eta + \eta_0}$$

BILD: Reflexion am dielektrischen Halbraum



$$\underline{S}_{11} = \frac{\underline{Z} - \underline{Z}_0}{\underline{Z} + \underline{Z}_0}$$

BILD: Ersatzschaltbild des dielektrischen Halbraums

DIE DIELEKTRISCHE PLATTE

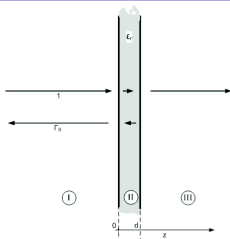


BILD: Reflexion an der dielektrischen Platte

Lösungsmöglichkeiten

DIE DIELEKTRISCHE PLATTE

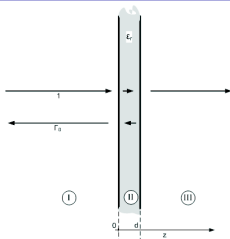


BILD: Reflexion an der dielektrischen Platte

Lösungsmöglichkeiten

- Maxwell'schen Gleichungen



DIE DIELEKTRISCHE PLATTE

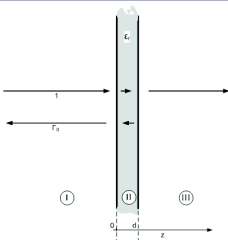


BILD: Reflexion an der dielektrischen Platte

Lösungsmöglichkeiten

- Maxwell'schen Gleichungen \Rightarrow ESB: $\lambda/4 - \text{Transformator}$

DIE DIELEKTRISCHE PLATTE

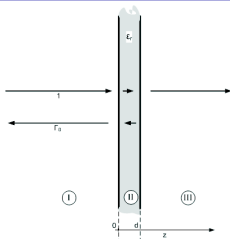


BILD: Reflexion an der dielektrischen Platte

Lösungsmöglichkeiten

- Maxwell'schen Gleichungen \Rightarrow ESB: $\lambda/4$ – *Transformer*
- Signalflussdiagramm



LÖSUNG MIT SIGNALFLUSSDIAGRAMM

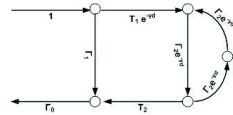
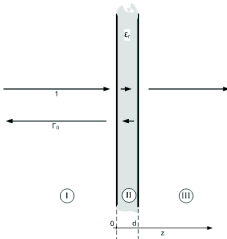


BILD: Reflexion an der dielektrischen Platte

BILD: Signalflussdiagramm



LÖSUNG MIT SIGNALFLUSSDIAGRAMM

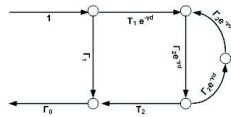
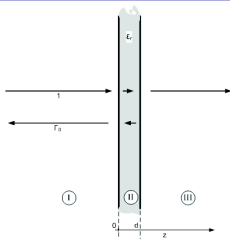


BILD: Reflexion an der dielektrischen Platte BILD: Signalflussdiagramm

$$\underline{\Gamma}_0 = \underline{\Gamma}_1 + \underline{T}_1 e^{-\gamma^2 d} \frac{\underline{\Gamma}_2 \underline{T}_2 e^{-\gamma^2 d}}{1 - \underline{\Gamma}_2^2 e^{-2\gamma^2 d}}$$



LÖSUNG MIT SIGNALFLUSSDIAGRAMM

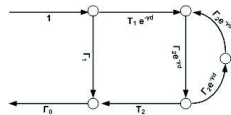
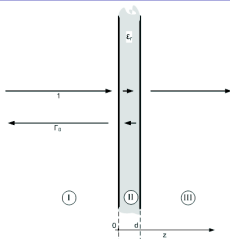


BILD: Reflexion an der dielektrischen Platte BILD: Signalflussdiagramm

$$\begin{aligned}\underline{\Gamma}_0 &= \underline{\Gamma}_1 + \underline{T}_1 e^{-\gamma_2 d} \frac{\underline{\Gamma}_2 \underline{T}_2 e^{-\gamma_2 d}}{1 - \underline{\Gamma}_2^2 e^{-2\gamma_2 d}} \\ &= \frac{\underline{\Gamma}_1 (1 - e^{-2\gamma_2 d})}{1 - \underline{\Gamma}_1^2 e^{-2\gamma_2 d}}\end{aligned}$$

SIGNALFLUSSDIAGRAMM MIT N REFLEXIONEN

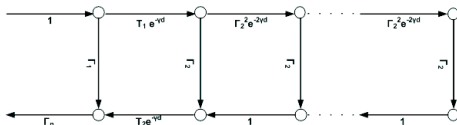


BILD: Signalflussdiagramm mit n Reflexionen

$$\underline{\Gamma}_{n=2} = \underline{\Gamma}_1 + \underline{T}_1 \underline{\Gamma}_2 \underline{T}_2 e^{-2\underline{\gamma}d}$$



SIGNALFLUSSDIAGRAMM MIT N REFLEXIONEN

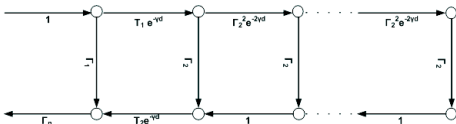


BILD: Signalflussdiagramm mit n Reflexionen

$$\Gamma_{n=2} = \Gamma_1 + T_1 \Gamma_2 T_2 e^{-2\gamma d}$$

$$\Gamma_{n=3} = \Gamma_1 + \Gamma_2 T_1 T_2 e^{-2\gamma d} + \Gamma_2^3 T_1 T_2 e^{-4\gamma d}$$



SIGNALFLUSSDIAGRAMM MIT N REFLEXIONEN

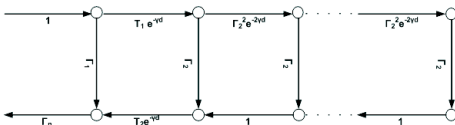


BILD: Signalflussdiagramm mit n Reflexionen

$$\underline{\Gamma}_{n=2} = \underline{\Gamma}_1 + \underline{T}_1 \underline{\Gamma}_2 \underline{T}_2 e^{-2\underline{\gamma}_2 d}$$

$$\underline{\Gamma}_{n=3} = \underline{\Gamma}_1 + \underline{\Gamma}_2 \underline{T}_1 \underline{T}_2 e^{-2\underline{\gamma}_2 d} + \underline{\Gamma}_2^3 \underline{T}_1 \underline{T}_2 e^{-4\underline{\gamma}_2 d}$$

$$\underline{\Gamma}_n = \underline{\Gamma}_1 [1 - (1 - \underline{\Gamma}_1^2) e^{-2\underline{\gamma}_2 d} \sum_{i=0}^{n-2} (\underline{\Gamma}_1^2 e^{-2\underline{\gamma}_2 d})^i]$$

Inhalt

- 1 Einleitung
- 2 Grundlagen
- 3 **Simulation**
- 4 Messverfahren und Eigenschaften der verwendeten Antenne
- 5 Messergebnisse
- 6 Zusammenfassung



ZEITBEREICH VS. FREQUENZBEREICH

Frequenzbereich, weil



ZEITBEREICH VS. FREQUENZBEREICH

Frequenzbereich, weil

- Materialien **zeitinvariant**, aber **frequenzvariant**

ZEITBEREICH VS. FREQUENZBEREICH

Frequenzbereich, weil

- Materialien **zeitinvariant**, aber **frequenzvariant**
- Antenne ist eine Art Bandpasssystem

ZEITBEREICH VS. FREQUENZBEREICH

Frequenzbereich, weil

- Materialien **zeitinvariant**, aber **frequenzvariant**
- Antenne ist eine Art Bandpasssystem
- Auflösbarkeit im Zeitbereich eingeschränkt, aufgrund zu niedrigerer Samplingfrequenz des vorhandenen Oszilloskops

SIMULATION DIELEKTRISCHER HALBRAUM

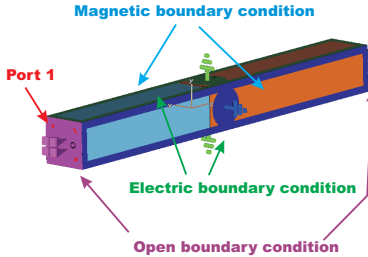
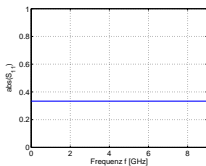
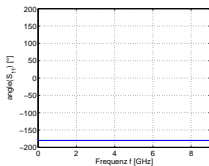
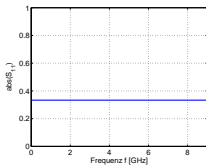
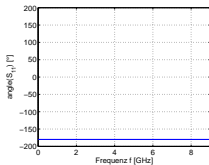


BILD: Modell zur Simulation des dielektrischen Halbraums

SIMULATION DES DIELEKTRISCHEN HALBRAUMS

BILD: Betrag von \underline{S}_{11} über f BILD: Phase von \underline{S}_{11} über f 

SIMULATION DES DIELEKTRISCHEN HALBRAUMS

BILD: Betrag von \underline{S}_{11} über f BILD: Phase von \underline{S}_{11} über f

$$\underline{S}_{11} = \frac{1 - \sqrt{\epsilon_r}}{1 + \sqrt{\epsilon_r}}$$

SIMULATION DES DIELEKTRISCHEN HALBRAUMS

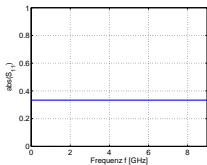


BILD: Betrag von \underline{S}_{11} über f

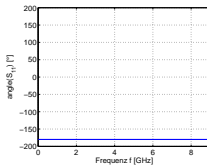
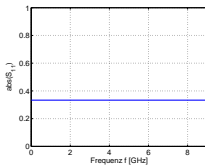
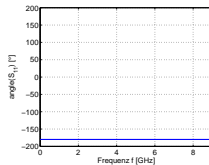


BILD: Phase von \underline{S}_{11} über f

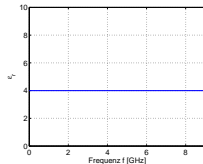
$$\underline{S}_{11} = \frac{1 - \sqrt{\epsilon_r}}{1 + \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{\underline{S}_{11} - 1}{\underline{S}_{11} + 1} \right)^2$$

SIMULATION DES DIELEKTRISCHEN HALBRAUMS

BILD: Betrag von \underline{S}_{11} über f BILD: Phase von \underline{S}_{11} über f

$$\underline{S}_{11} = \frac{1 - \sqrt{\epsilon_r}}{1 + \sqrt{\epsilon_r}}$$

BILD: ϵ_r über f

$$\epsilon_r = \left(\frac{S_{11} - 1}{S_{11} + 1} \right)^2$$



SIMULATION DER DIELEKTRISCHEN PLATTE

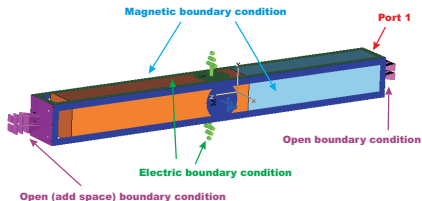


BILD: Modell zur Simulation der dielektrischen Platte

dielektrische Platte

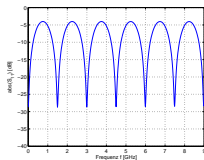


BILD: Betrag von \underline{S}_{11} über f

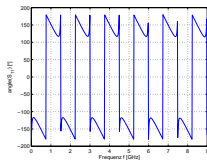
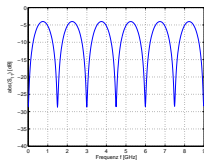
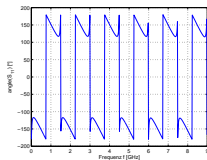
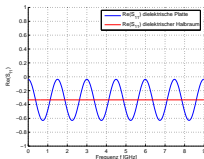
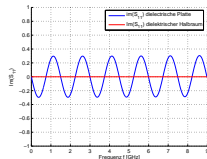


BILD: Phase von \underline{S}_{11} über f





dielektrische Platte

BILD: Betrag von \underline{S}_{11} über f BILD: Phase von \underline{S}_{11} über f BILD: $\text{Re}(\epsilon_r)$ über f BILD: $\text{Im}(\epsilon_r)$ über f 

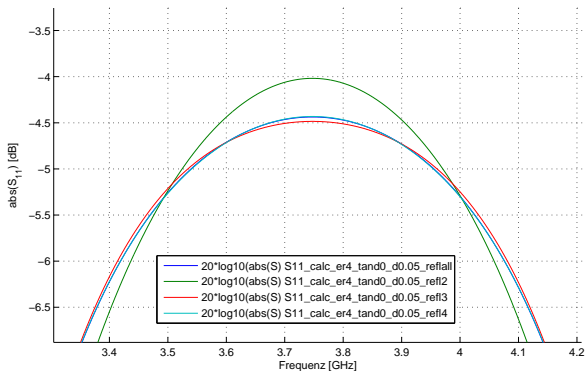


BILD: \underline{S}_{11} bei unterschiedlicher Reflexionsanzahl





RÜCKRECHNUNG

$$\underline{\Gamma}_0 = \frac{\underline{\Gamma}_1(1 - e^{-2\underline{\gamma}_2 d})}{1 - \underline{\Gamma}_1^2 e^{-2\underline{\gamma}_2 d}}$$





RÜCKRECHNUNG

$$\underline{\Gamma}_0 = \frac{\underline{\Gamma}_1(1 - e^{-2\underline{\gamma}_2 d})}{1 - \underline{\Gamma}_1^2 e^{-2\underline{\gamma}_2 d}}$$

Dicke d ist zunächst bekannt

⇒ **Problem:** $\underline{\epsilon}_r$ ist in $\underline{\Gamma}_1$ und in $\underline{\gamma}_2$ enthalten



RÜCKRECHNUNG

$$\underline{\Gamma}_0 = \frac{\underline{\Gamma}_1(1 - e^{-2\underline{\gamma}_2 d})}{1 - \underline{\Gamma}_1^2 e^{-2\underline{\gamma}_2 d}}$$

Dicke d ist zunächst bekannt

⇒ **Problem:** $\underline{\epsilon}_r$ ist in $\underline{\Gamma}_1$ und in $\underline{\gamma}_2$ enthalten ⇒ analytisch nicht auflösbar



RÜCKRECHNUNG

$$\underline{\Gamma}_0 = \frac{\underline{\Gamma}_1(1 - e^{-2\underline{\gamma}_2 d})}{1 - \underline{\Gamma}_1^2 e^{-2\underline{\gamma}_2 d}}$$

Dicke d ist zunächst bekannt

⇒ **Problem:** $\underline{\epsilon}_r$ ist in $\underline{\Gamma}_1$ und in $\underline{\gamma}_2$ enthalten ⇒ analytisch nicht auflösbar

⇒ **Lösung:** numerische Algorithmen



RÜCKRECHNUNGSALGORITHMEN

- Complete-Bandwidth-Fit: MMSE über das gesamte Frequenzband

RÜCKRECHNUNGSALGORITHMEN

- **Complete-Bandwidth-Fit:** MMSE über das gesamte Frequenzband
- **Splitted-Bandwidth-Fit:** MMSE über Teile des Frequenzbands

RÜCKRECHNUNGSALGORITHMEN

- **Complete-Bandwidth-Fit:** MMSE über das gesamte Frequenzband
- **Splitted-Bandwidth-Fit:** MMSE über Teile des Frequenzbands
- **Get-thick:** quasianalytische Berechnung, zusätzlich Berechnung der Dicke



GET-THICK

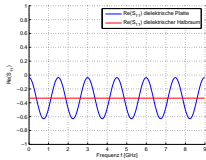


BILD: $\text{Re}(\epsilon_r)$ über f

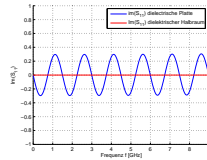


BILD: $\text{Im}(\epsilon_r)$ über f

Vorraussetzung: ϵ_r **stückweise konstant** über der Frequenz

GET-THICK

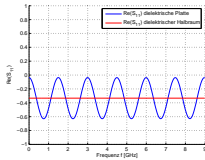


BILD: $\text{Re}(\epsilon_r)$ über f

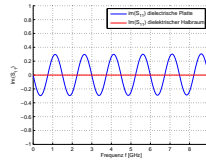


BILD: $\text{Im}(\epsilon_r)$ über f

Vorraussetzung: ϵ_r **stückweise konstant** über der Frequenz

- Mittelwertbildung über eine Sinusschwingung ergibt den imReflektionsfaktor der Grenzschicht

GET-THICK

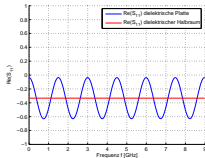


BILD: $\text{Re}(\epsilon_r)$ über f

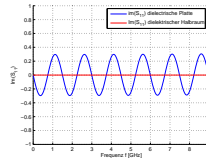


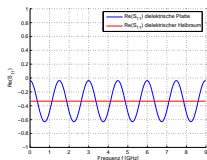
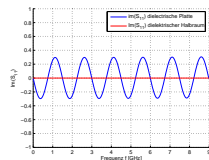
BILD: $\text{Im}(\epsilon_r)$ über f

Vorraussetzung: ϵ_r **stückweise konstant** über der Frequenz

- Mittelwertbildung über eine Sinusschwingung ergibt den imReflektionsfaktor der Grenzschicht
- Rückrechnung wie im Fall des dielektrischen Halbraums



GET-THICK

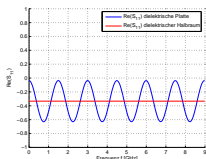
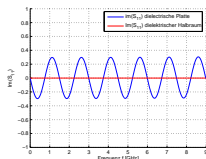
BILD: $\text{Re}(\epsilon_r)$ über f BILD: $\text{Im}(\epsilon_r)$ über f

Vorraussetzung: ϵ_r **stückweise konstant** über der Frequenz

- Mittelwertbildung über eine Sinusschwingung ergibt den imReflektionsfaktor der Grenzschicht
- Rückrechnung wie im Fall des dielektrischen Halbraums
- Abstand zwischen zwei Minima ermitteln ($\lambda/2$ -Transformator)



GET-THICK

BILD: $\text{Re}(\epsilon_r)$ über f BILD: $\text{Im}(\epsilon_r)$ über f

Voraussetzung: ϵ_r **stückweise konstant** über der Frequenz

- Mittelwertbildung über eine Sinusschwingung ergibt den im Reflektionsfaktor der Grenzschicht
- Rückrechnung wie im Fall des dielektrischen Halbraums
- Abstand zwischen zwei Minima ermitteln ($\lambda/2$ -Transformator)
- Dicke ermitteln aus $\lambda/2$ Beziehung

Inhalt

- 1 Einleitung
- 2 Grundlagen
- 3 Simulation
- 4 **Messverfahren und Eigenschaften der verwendeten Antenne**
- 5 Messergebnisse
- 6 Zusammenfassung

MESSPRINZIP

Messung des Reflexionsparameters \underline{S}_{11} der dielektrischen Platte an der Grenzschicht



MESSPRINZIP

Messung des Reflexionsparameters \underline{S}_{11} der dielektrischen Platte an der Grenzschicht

⇒ Messung mit dem Netzwerkanalysator





MESSPRINZIP

Messung des Reflexionsparameters S_{11} der dielektrischen Platte an der Grenzschicht

⇒ Messung mit dem Netzwerkanalysator

Messfehler





MESSPRINZIP

Messung des Reflexionsparameters S_{11} der dielektrischen Platte an der Grenzschicht

⇒ Messung mit dem Netzwerkanalysator

Messfehler

⇒ **Kalibrierung**



3-TERM ERROR

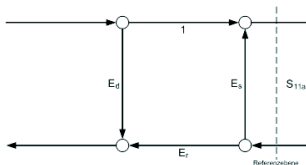


BILD: Signalflussdiagramm der systematischen Fehler

3-TERM ERROR

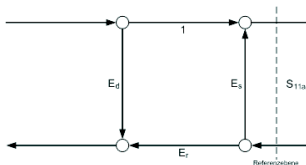


BILD: Signalflussdiagramm der systematischen Fehler

3 Fehler \Rightarrow 3 Standards

3-TERM ERROR

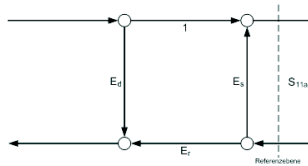


BILD: Signalflussdiagramm der systematischen Fehler

3 Fehler \Rightarrow 3 Standards

- Short: Metallplatte
- Load: Absorbermaterial
- Open: nicht möglich im freien Raum
 \Rightarrow Shifted Short oder definiertes Material



MESSAUFBAU

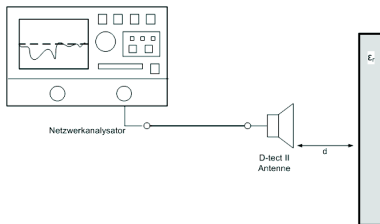


BILD: Messaufbau

MESSAUFBAU

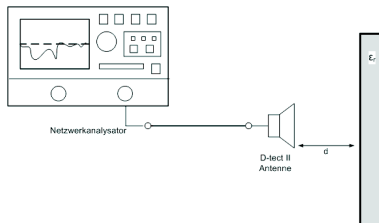


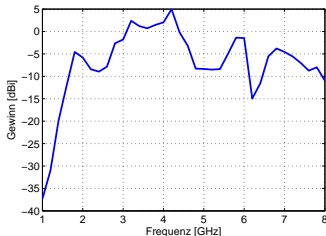
BILD: Messaufbau

Größe der Platte in Abhängigkeit des 3dB-Öffnungswinkels und des Fernfeldabstands der Antenne wählen

EIGENSCHAFTEN DER ANTENNE

Art der Antenne: gerichteter Dipol

- Fernfeldabstand: $r_{ff} \approx 100\text{mm}$
- Nahfeldbereich: $r_{rn} \approx 25\text{mm}$
- größter 3dB-Öffnungswinkel im Frequenzbereich zwischen 2-8 GHz:
 $\alpha_{3dB} = 105^\circ$
- Gewinn:



Inhalt

- 1 Einleitung
- 2 Grundlagen
- 3 Simulation
- 4 Messverfahren und Eigenschaften der verwendeten Antenne
- 5 **Messergebnisse**
- 6 Zusammenfassung

ROHDATEN ABSORBER

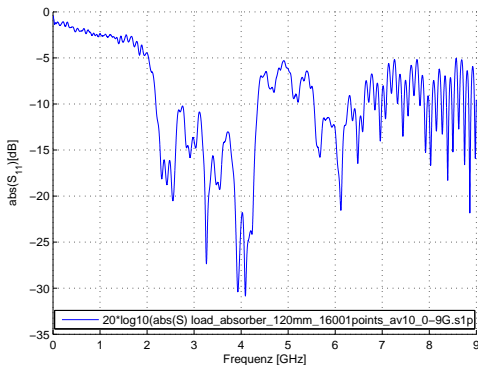


BILD: Empfangssignals einer Absorberplatte im Abstand von 120mm



ROHDATEN DES SHORTS UND DES SHIFTED SHORTS

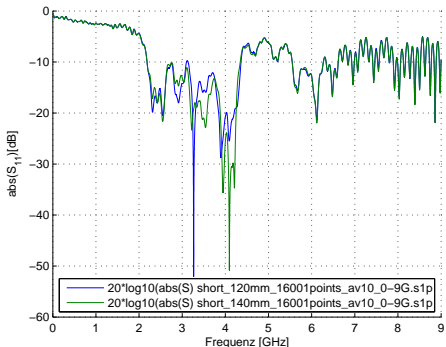


BILD: Empfangssignals zweier Kurzschlüsse bei 120mm und 140mm

Messergebnis im Fernfeldbereich

MESSERGEBNIS VON POLYAMID IM ABSTAND VON 120MM NACH KALIBRIERUNG

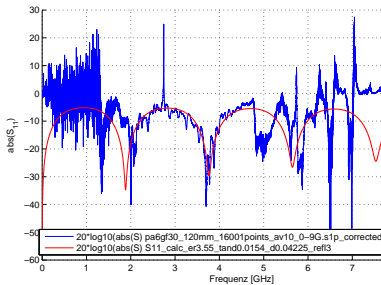


BILD: Betrag von \underline{S}_{11}

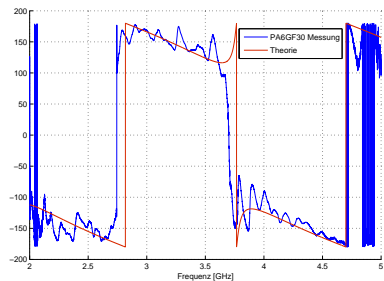


BILD: Phase von \underline{S}_{11}

Theorie aus Referenzmessung: $\epsilon'_r = 3,55$ und $\tan \delta = 0,0154$

Messergebnis im Fernfeldbereich

MESSERGEBNIS VON TEFLON IM ABSTAND VON 120MM NACH KALIBRIERUNG

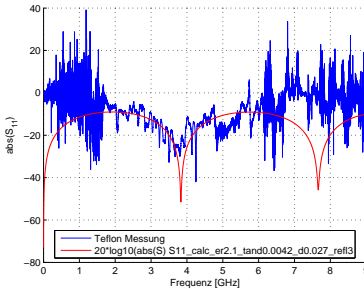


BILD: Betrag von \underline{S}_{11}

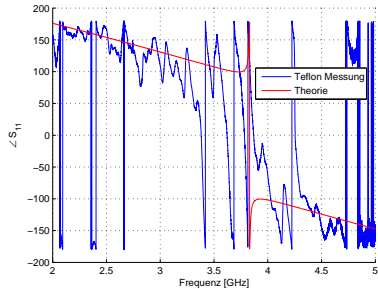


BILD: Phase von \underline{S}_{11}

Theorie aus Referenzmessung: $\epsilon_r' = 2,1$ und $\tan \delta = 0,00042$

Messergebnis im Fernfeldbereich

MESSERGEBNIS VON TEFLON IM ABSTAND VON 120MM NACH KALIBRIERUNG UND DATENFILTERUNG

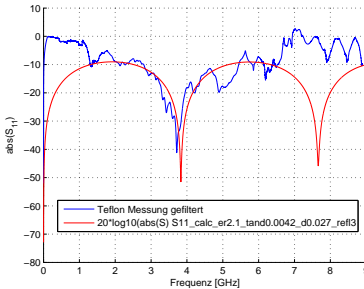


BILD: Betrag von \underline{S}_{11}

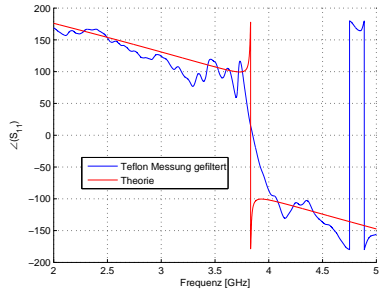


BILD: Phase von \underline{S}_{11}

Theorie aus Referenzmessung: $\epsilon_r' = 2,1$ und $\tan \delta = 0,00042$

strahlender Nahfeldbereich

MESSERGEBNIS VON POLYAMID IM ABSTAND VON 50MM NACH KALIBRIERUNG UND DATENFILTERUNG

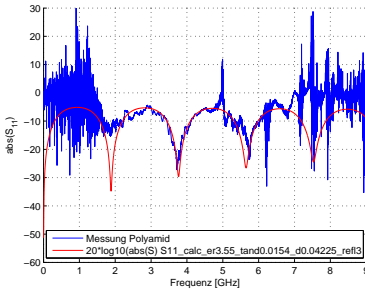


BILD: Betrag von \underline{S}_{11}

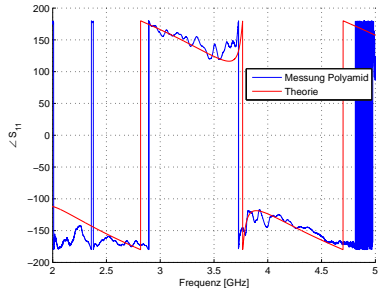


BILD: Phase von \underline{S}_{11}

Theorie aus Referenzmessung: $\epsilon_r' = 3,55$ und $\tan \delta = 0,0154$

strahlender Nahfeldbereich

MESSERGEBNIS VON TEFLON IM ABSTAND VON 50MM NACH KALIBRIERUNG UND DATENFILTERUNG

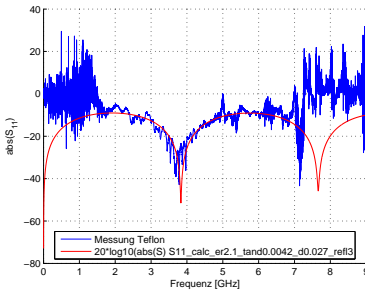


BILD: Betrag von \underline{S}_{11}

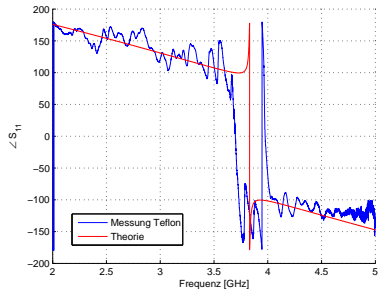


BILD: Phase von \underline{S}_{11}

Theorie aus Referenzmessung: $\epsilon_r' = 2,1$ und $\tan \delta = 0,00042$

MESSERGEBNIS VON POLYAMID IM REAKTIVEN NAFELDBEREICH

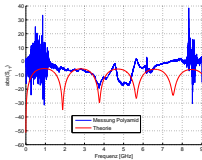


BILD: Betrag von \underline{S}_{11} mit $d=10\text{mm}$

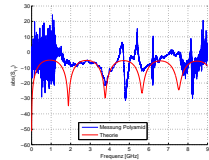


BILD: Betrag von \underline{S}_{11} mit $d=20\text{mm}$

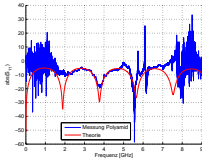


BILD: Betrag von \underline{S}_{11} mit $d=30\text{mm}$

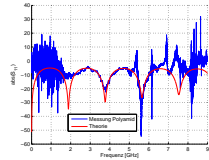


BILD: Betrag von \underline{S}_{11} mit $d=40\text{mm}$



BEISPIEL: POLYAMID IM ABSTAND VON 40MM MIT RÜCKRECHNUNG SPLITTED-BANDWIDTH

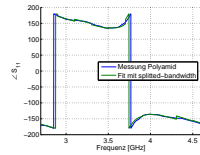
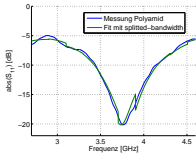


BILD: Betrag von \underline{S}_{11}

BILD: Phase von \underline{S}_{11}

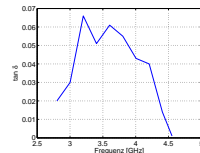
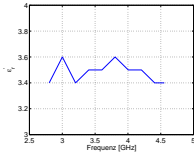


BILD: ϵ'

BILD: $\tan \delta$





BEISPIEL 2: POLYPROPYLEN MIT HILFE DES GET-THICK ALGORITHMUS

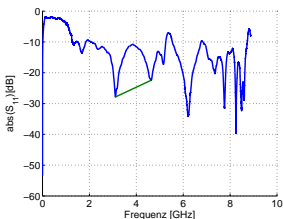


BILD: Betrag von \underline{S}_{11}

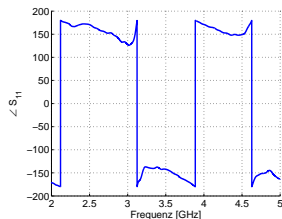


BILD: Phase von \underline{S}_{11}





BEISPIEL 2: POLYPROPYLEN MIT HILFE DES GET-THICK ALGORITHMUS

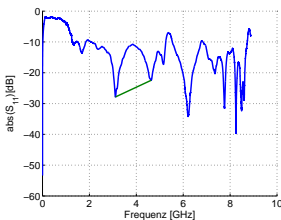


BILD: Betrag von \underline{S}_{11}

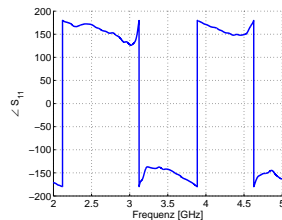


BILD: Phase von \underline{S}_{11}

	Referenzmessung	Messergebnis
ϵ_r	2,37	2,19



BEISPIEL 2: POLYPROPYLEN MIT HILFE DES GET-THICK ALGORITHMUS

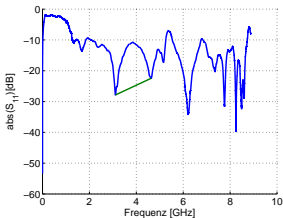


BILD: Betrag von \underline{S}_{11}

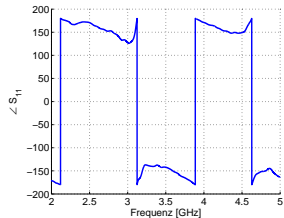


BILD: Phase von \underline{S}_{11}

	Referenzmessung	Messergebnis
ϵ_r	2,37	2,19
$\tan \delta$	0,0072	-0,0165

BEISPIEL 2: POLYPROPYLEN MIT HILFE DES GET-THICK ALGORITHMUS

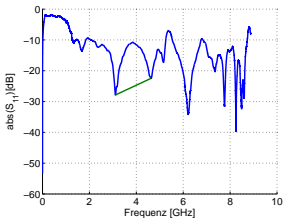


BILD: Betrag von \underline{S}_{11}

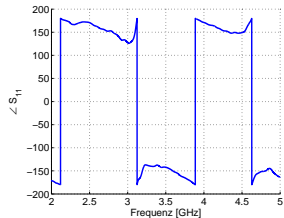


BILD: Phase von \underline{S}_{11}

	Referenzmessung	Messergebnis
ϵ_r	2,37	2,19
$\tan \delta$	0,0072	-0,0165
Dicke[mm]	65	66,2

Inhalt

- 1 Einleitung
- 2 Grundlagen
- 3 Simulation
- 4 Messverfahren und Eigenschaften der verwendeten Antenne
- 5 Messergebnisse
- 6 **Zusammenfassung**

ZUSAMMENFASSUNG

- Simulation ermöglicht Vorhersage des Reflexionsparameterverlaufs gegenüber der Frequenz abhängig von ϵ_r

ZUSAMMENFASSUNG

- Simulation ermöglicht Vorhersage des Reflexionsparameterverlaufs gegenüber der Frequenz abhängig von ϵ_r
- Rückrechneralgorithmen erlauben die Bestimmung der Dielektrizitätszahl ϵ_r

ZUSAMMENFASSUNG

- Simulation ermöglicht Vorhersage des Reflexionsparameterverlaufs gegenüber der Frequenz abhängig von ϵ_r
- Rückrechenalgorithmen erlauben die Bestimmung der Dielektrizitätszahl ϵ_r
- Kalibrierungsmethode erlaubt die Messung des Reflexionsparameters ab dem strahlenden Nahfeld



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

