

*Vortrag über die Bachelor Arbeit*

*Experimentelle Bestimmung der  
Ersatzschaltbilder von SMD-  
Bauelementen*

*von Ouajdi Ochi*

*Fachgebiet Hochfrequenztechnik  
Prof. Dr-Ing. K.Solbach*

Freitag, 28. Mai  
2010

Universität Duisburg Essen

Fachgebiet Hochfrequenztechnik

# *Inhalt*

- ❖ *Motivation*
- ❖ *SMT*
- ❖ *Parasitäre Elemente*
- ❖ *Messverfahren*
- ❖ *Modellbildung*
- ❖ *Ergebnisse*
- ❖ *Zusammenfassung*

•Motivation

•SMT

•Parasitäre Elemente

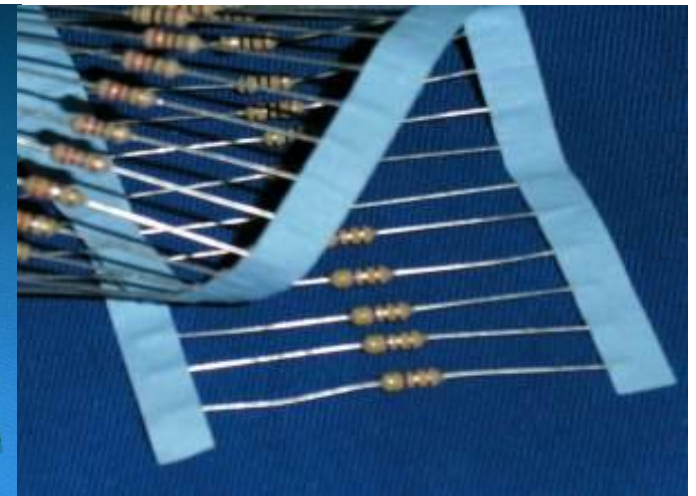
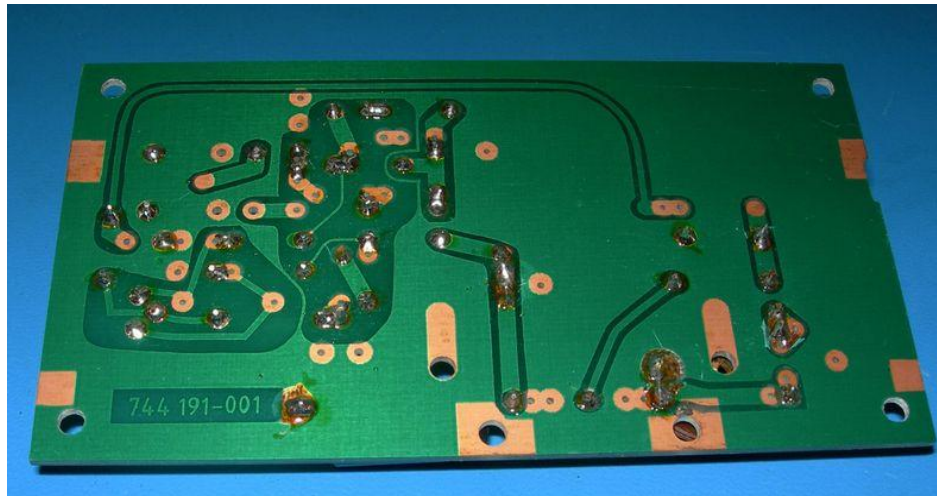
•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung

- Frühere Technologie: Durchsteckmontage (THT)
- Probleme:
  - Bauelemente mit langen Anschlüssen
  - Kontaktlöcher bei der Befestigung
  - Hoher Platzbedarf
  - Hohe Herstellungskosten



•Motivation

•SMT

•Parasitäre Elemente

•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung

- Wachendes Interesse an:
  - Mehr Qualität und Effizienz
  - Niedrige Produktionskosten
  - Hohes Integrationsgrad

Versuche diese Technologie zu ersetzen

Entstehung der Oberflächenmontage (SMT)



## Ziel der Arbeit

• *Motivation*

• *SMT*

• *Parasitäre Elemente*

• *Messverfahren*

• *Modellbildung*

• *Ergebnisse*

• *Zusammenfassung*

• **Bestimmung der Parasitären Elementen  
Verschiedener SMD-Widerstände und  
Kapazitäten durch Vergleich zwischen  
Messung und Simulation.**

•Motivation

•SMT

•Parasitäre Elemente

•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

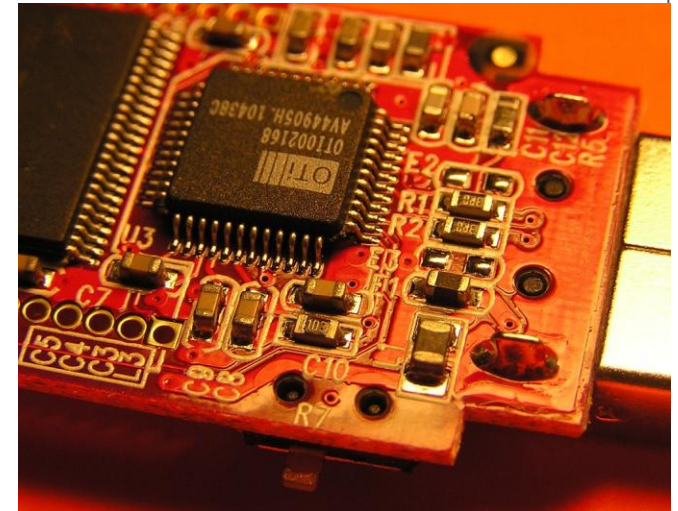
•Zusammenfassung

## •Eigenschaften von SMD-Bauelementen

- Kleine Abmessungen
- Keine bedrahtete Anschlüsse
- Direkte Befestigung auf die Oberfläche der Leiterplatte

## •Vorteile

- Hohes Integrationsgrad möglich
- Günstige HF-Eigenschaften
- Verringerung der Kosten
- Bessere Qualität





•Motivation

•SMT

•Parasitäre Elemente

•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung

### ■ Probleme bei hohen Frequenzen:

#### ■ Parasitäre Elemente

### ■ SMD-Widerstände:

- Skin-Effekt → Zunahme des Widerstandswertes mit steigender Frequenz
- Stromfluss im Leiter → Magnetfeld → Induktive Wirkung
- Spannungsabfall zwischen zwei beliebige Punkten auf der Oberfläche → Elektrisches Feld → Kapazitive Wirkung

•Motivation

•SMT

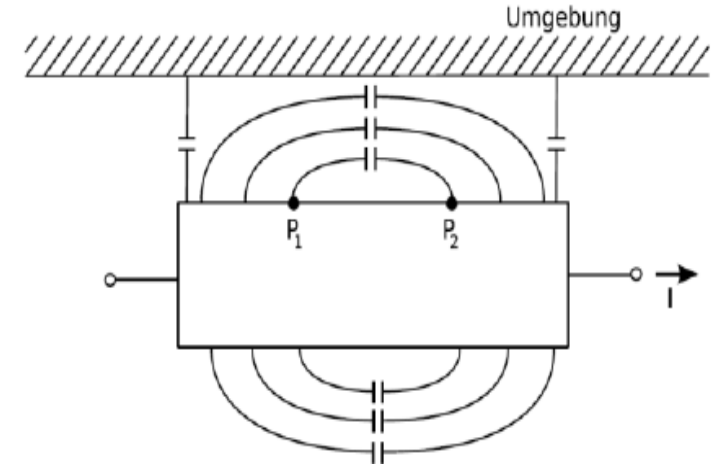
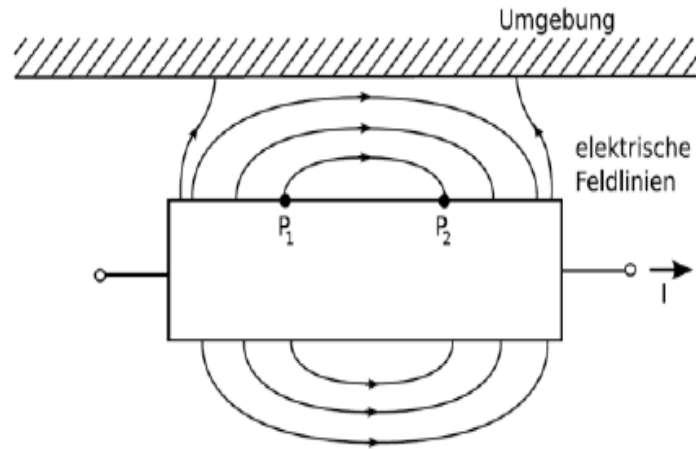
•Parasitäre Elemente

•Messverfahren

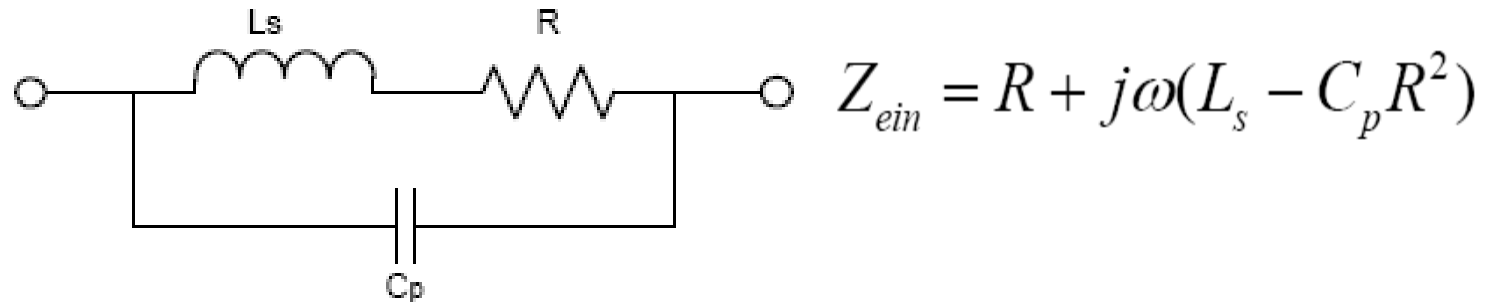
•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung



## •Mögliches Ersatzschaltbild





•Motivation

•SMT

•Parasitäre Elemente

•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung

## ■ SMD-Kondensatoren

- Ohmsche Verluste ( Dielektrische Verluste , Ohmsche Anteile der Bahnwiderstände, Endliche Leitfähigkeit des Isolierstoffs...)
- Stromfluss im Leiter → Magnetfeld → Induktive Wirkung

## • Mögliches Ersatzschaltbild



$$Z = R_{ges} + j\left(\omega L_s - \frac{1}{\omega C}\right)$$

•Motivation

•SMT

•Parasitäre Elemente

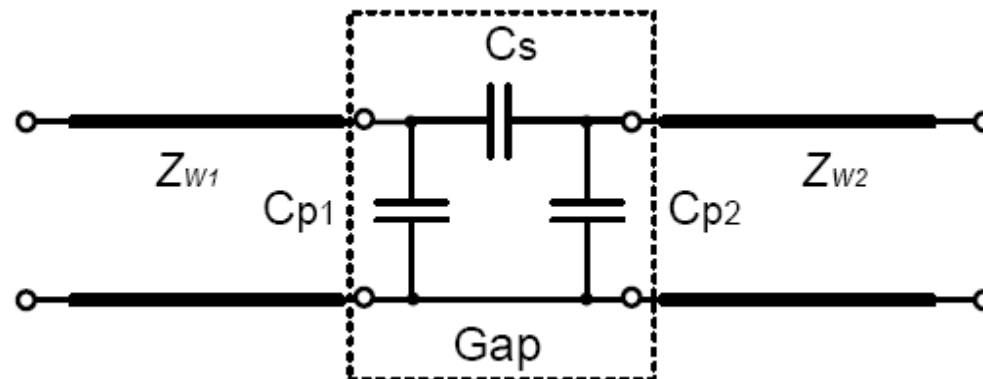
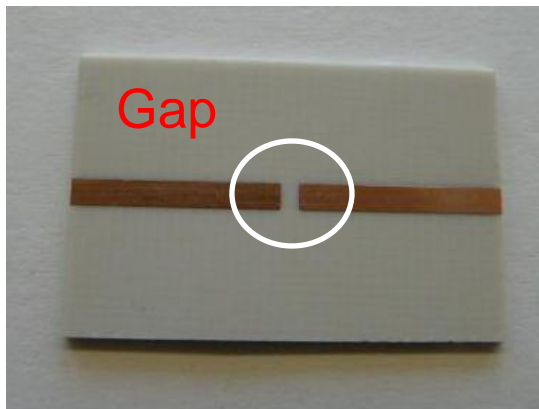
•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung

## 1. Herstellung der Mikrostreifenleitung



Leitungsimpedanz:  $50 \Omega$   
 Leiterbahnenbreite:  $1,78 \text{ mm}$   
 Fläche:  $2 * 3 \text{ cm}^2$   
 Substrat: RO4003

SMA



•Motivation

•SMT

•Parasitäre Elemente

•Messverfahren

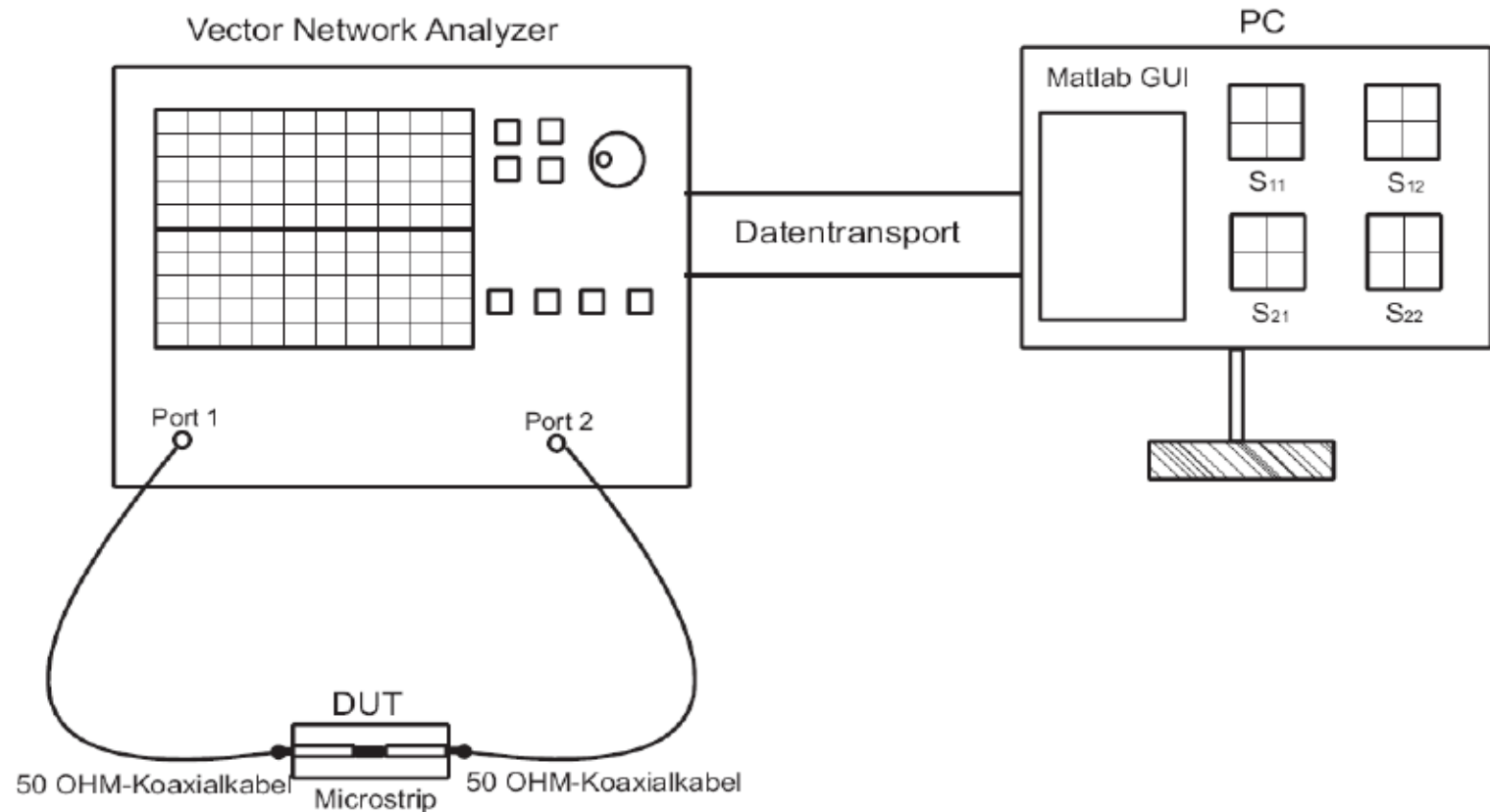
•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung

## 2. Das Löten

### 3. Das Messaufbau



•Motivation

•SMT

•Parasitäre Elemente

•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

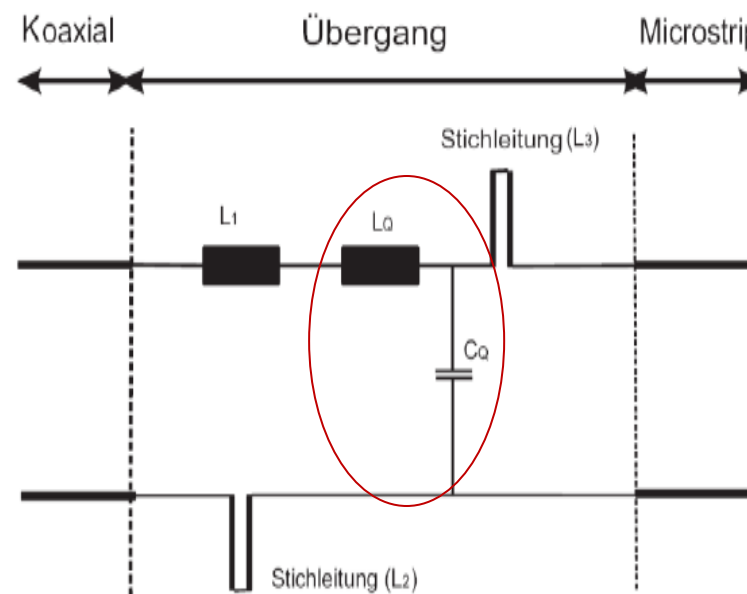
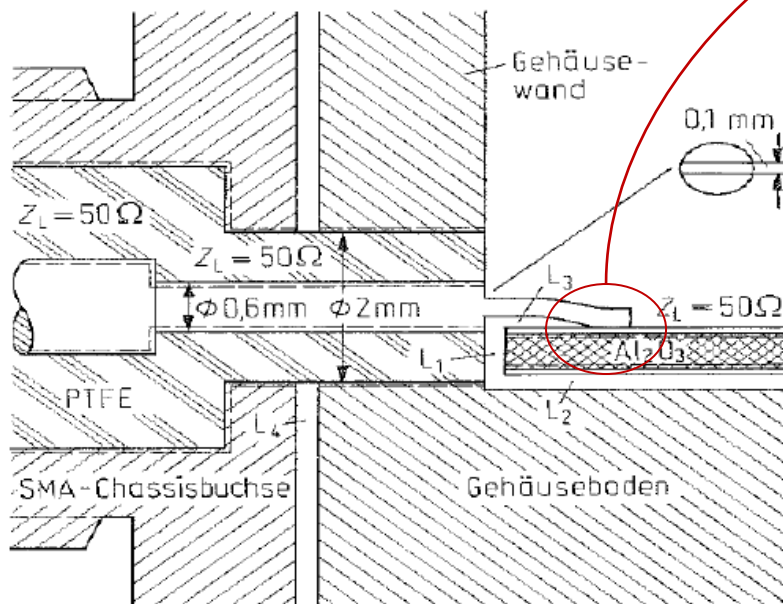
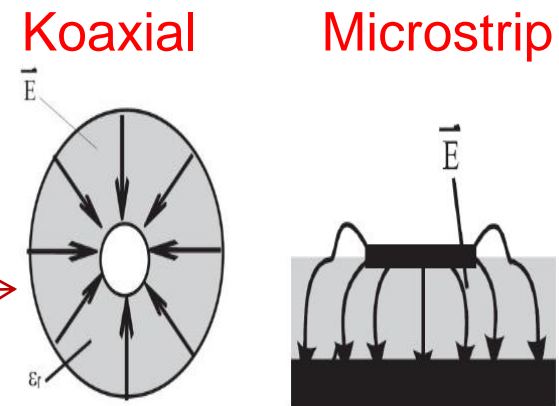
•Zusammenfassung

- Einstellungen des VNA:  
Frequenzbereich: 50 MHz ...5 GHz  
Messpunkte: 201
- Untersuchte Bauelemente:  
10 SMD-Widerstände  
10 SMD-Kondensatoren
- Untersuchte Baugrößen  
0402  
0603



- Motivation
- SMT
- Parasitäre Elemente
- Messverfahren
- Modellbildung
- Ergebnisse
- Zusammenfassung

## Übergangselemente: Feldverzerrungen aufgrund des Querschnittsprungs von Koaxial- auf Mikrostreifenleitung



•Motivation

•SMT

•Parasitäre Elemente

•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

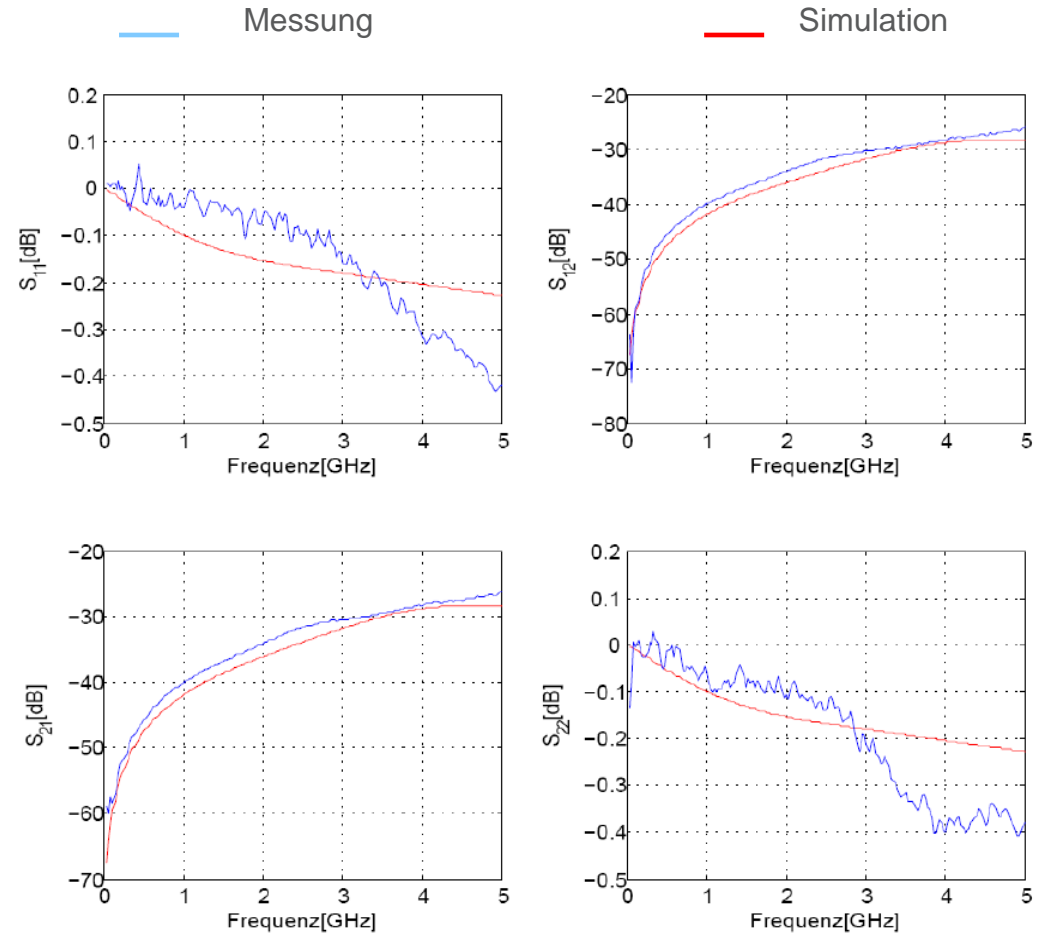
•Zusammenfassung

## Resultierende S-Parameter der Messung und Simulation

### Ergebnisse:

$$L_1 + L_Q = 0,01 \text{ pH}$$

$$C_Q = 0,065 \text{ pF}$$



## Das Simulationsmodell zur Bestimmung der parasitären Elementen

•Motivation

•SMT

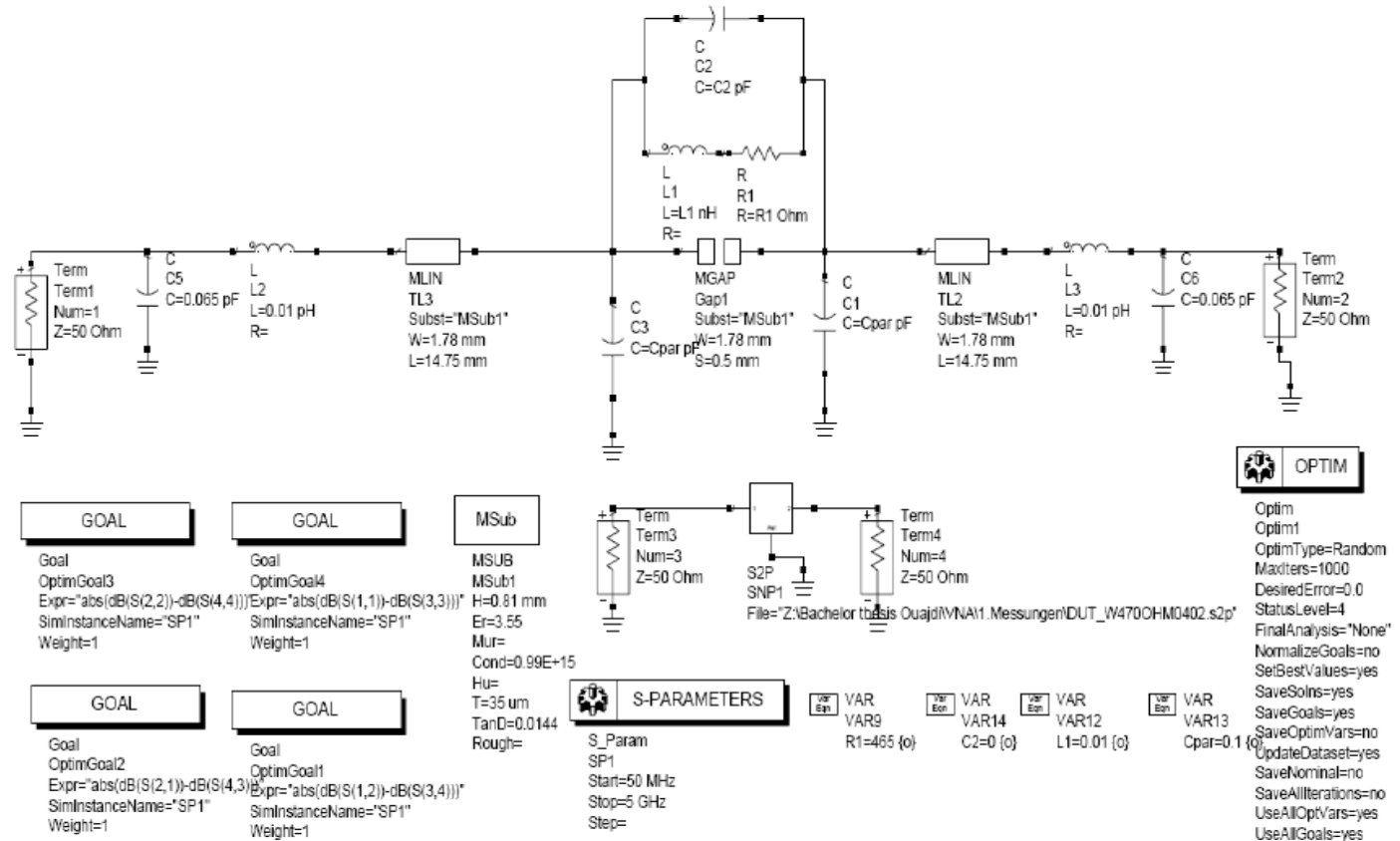
•Parasitäre Elemente

•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung



## Das Simulationsmodell zur Bestimmung der parasitären Elementen

•Motivation

•SMT

•Parasitäre Elemente

•Messverfahren

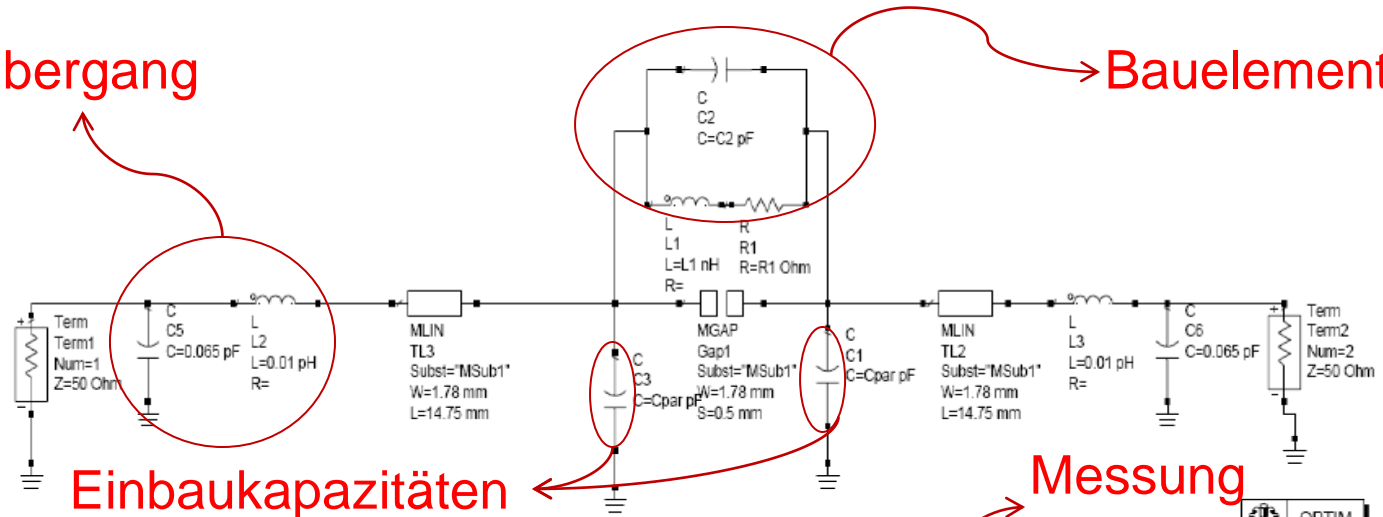
•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung

Übergang

Bauelement



**GOAL**

Goal  
OptimGoal3  
Expr="abs(dB(S(2,2))-dB(S(4,4)))  
SimInstanceName="SP1"  
Weight=1

**GOAL**

Goal  
OptimGoal4  
Expr="abs(dB(S(1,1))-dB(S(3,3)))  
SimInstanceName="SP1"  
Weight=1

**MSub**

MSub  
MSub1  
H=0.81 mm  
Er=3.55  
Mur=  
Cond=0.99E+15  
Hu=  
T=35 um  
TanD=0.0144  
Rough=

**GOAL**

Goal  
OptimGoal2  
Expr="abs(dB(S(2,1))-dB(S(4,3)))  
SimInstanceName="SP1"  
Weight=1

**GOAL**

Goal  
OptimGoal1  
Expr="abs(dB(S(1,2))-dB(S(3,4)))  
SimInstanceName="SP1"  
Weight=1

**S-PARAMETERS**

S\_Param  
SP1  
Start=50 MHz  
Stop=5 GHz  
Step=

**VAR**

VAR9  
R1=465 (o)

**VAR**

VAR14  
C2=0 (o)

**VAR**

VAR12  
L1=0.01 (o)

**VAR**

VAR13  
Cpar=0.1 (o)

**OPTIM**

Optim  
Optim1  
OptimType=Random  
MaxIters=1000  
DesiredError=0.0  
StatusLevel=4  
FinalAnalysis="None"  
NormalizeGoals=no  
SetBestValues=yes  
SaveSols=yes  
SaveGoals=yes  
SaveOptimVars=no  
UpdateDataset=yes  
SaveNominal=no  
SaveAllIterations=no  
UseAllOptVars=yes  
UseAllGoals=yes



## ■ S-Parameter: 100Ω-Widerstand 0603

•Motivation

•SMT

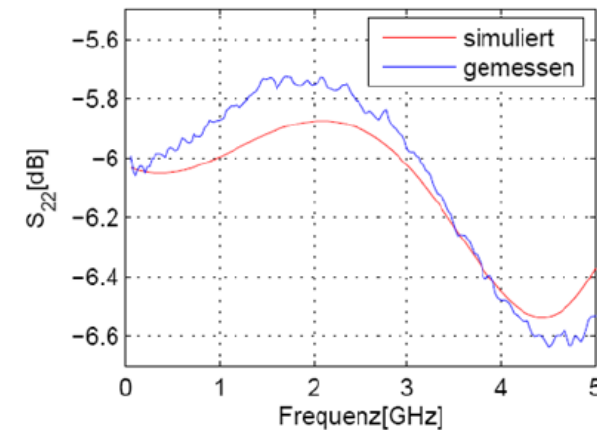
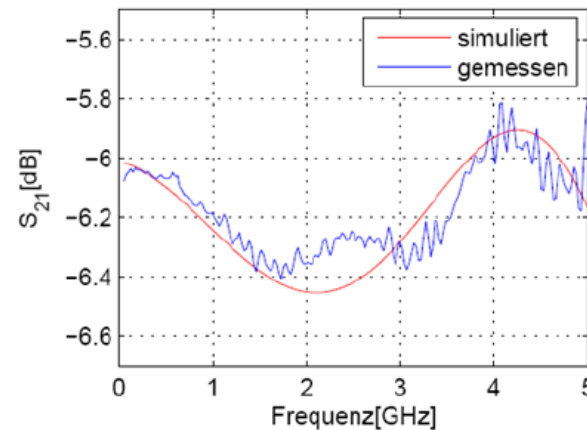
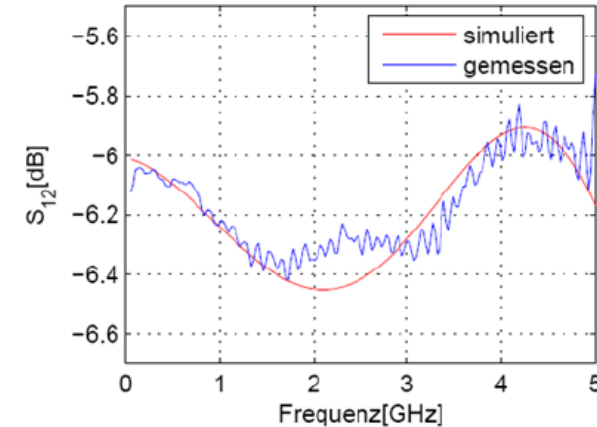
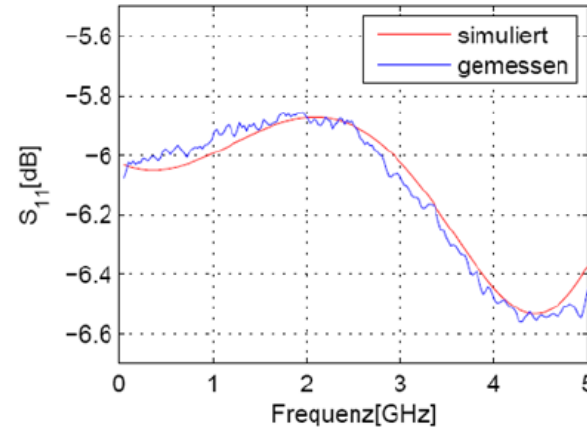
•Parasitäre Elemente

•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung



• Motivation

• SMT

• Parasitäre Elemente

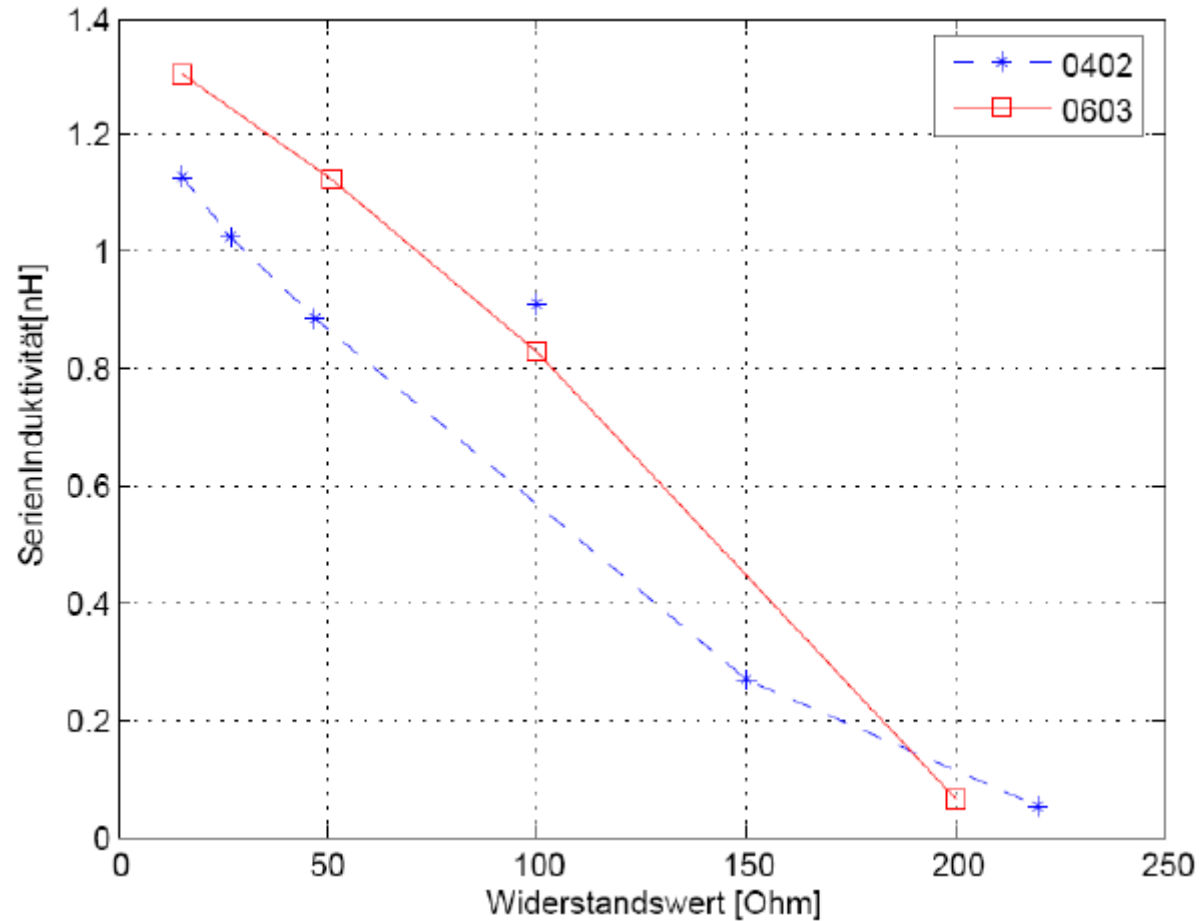
• Messverfahren

• Modellbildung

• Ergebnisse

• Zusammenfassung

## ■ Eigeninduktivität:



•Motivation

•SMT

•Parasitäre Elemente

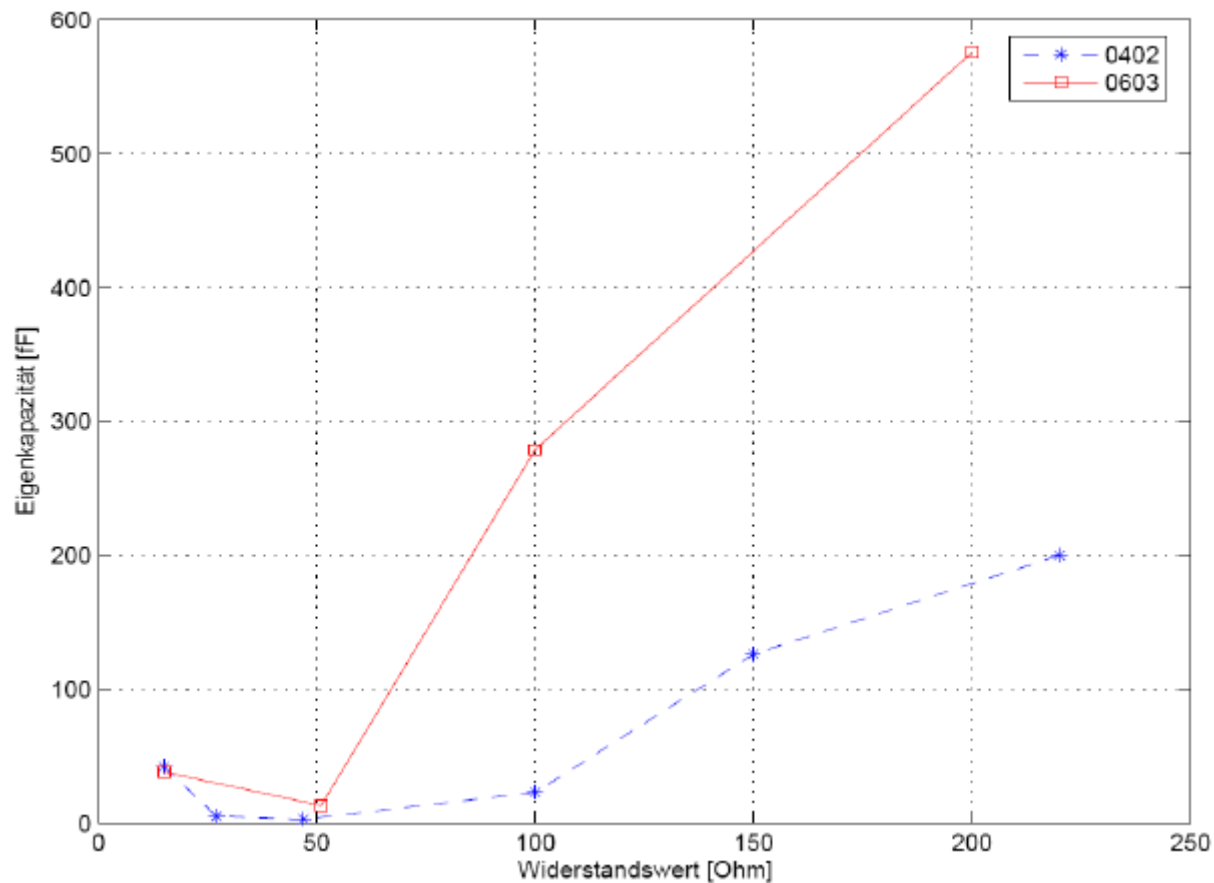
•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung

## ■ Eigenkapazität:



•Motivation

•SMT

•Parasitäre Elemente

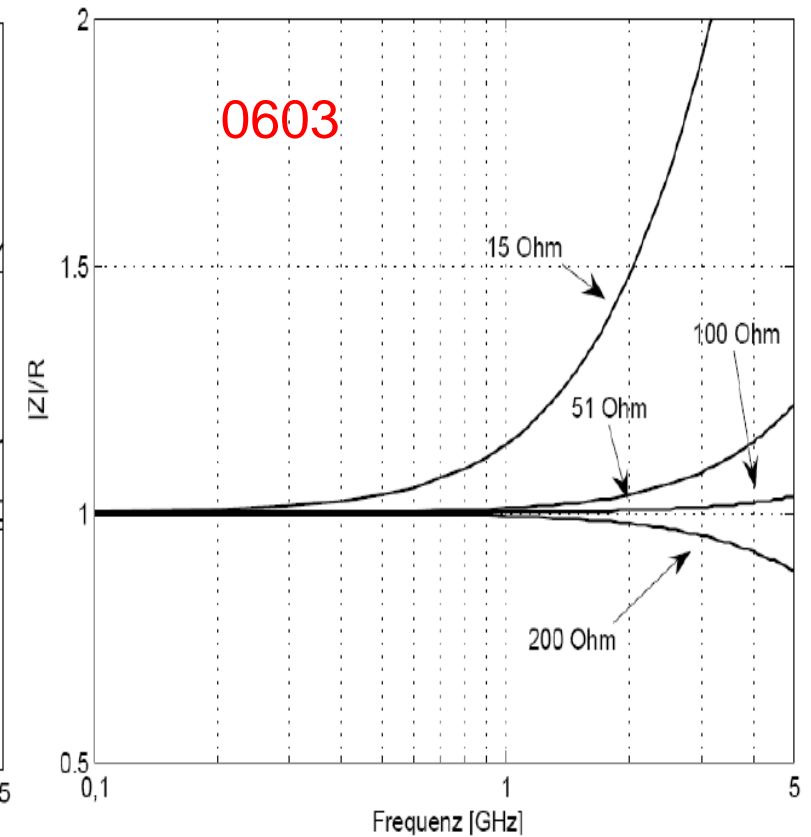
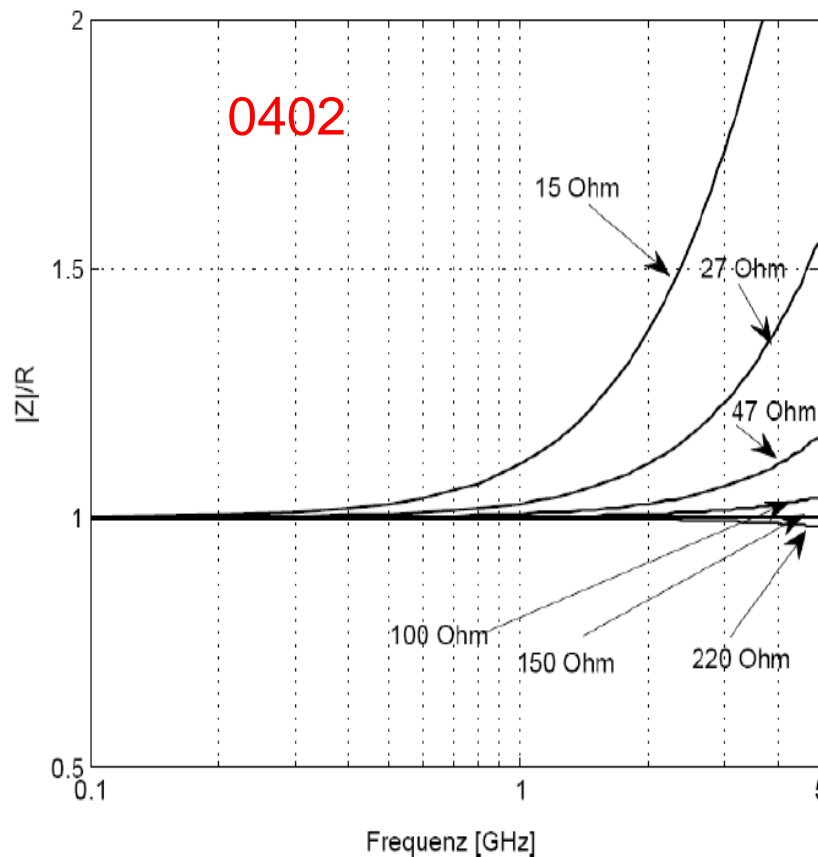
•Messverfahren

•Modellbildung

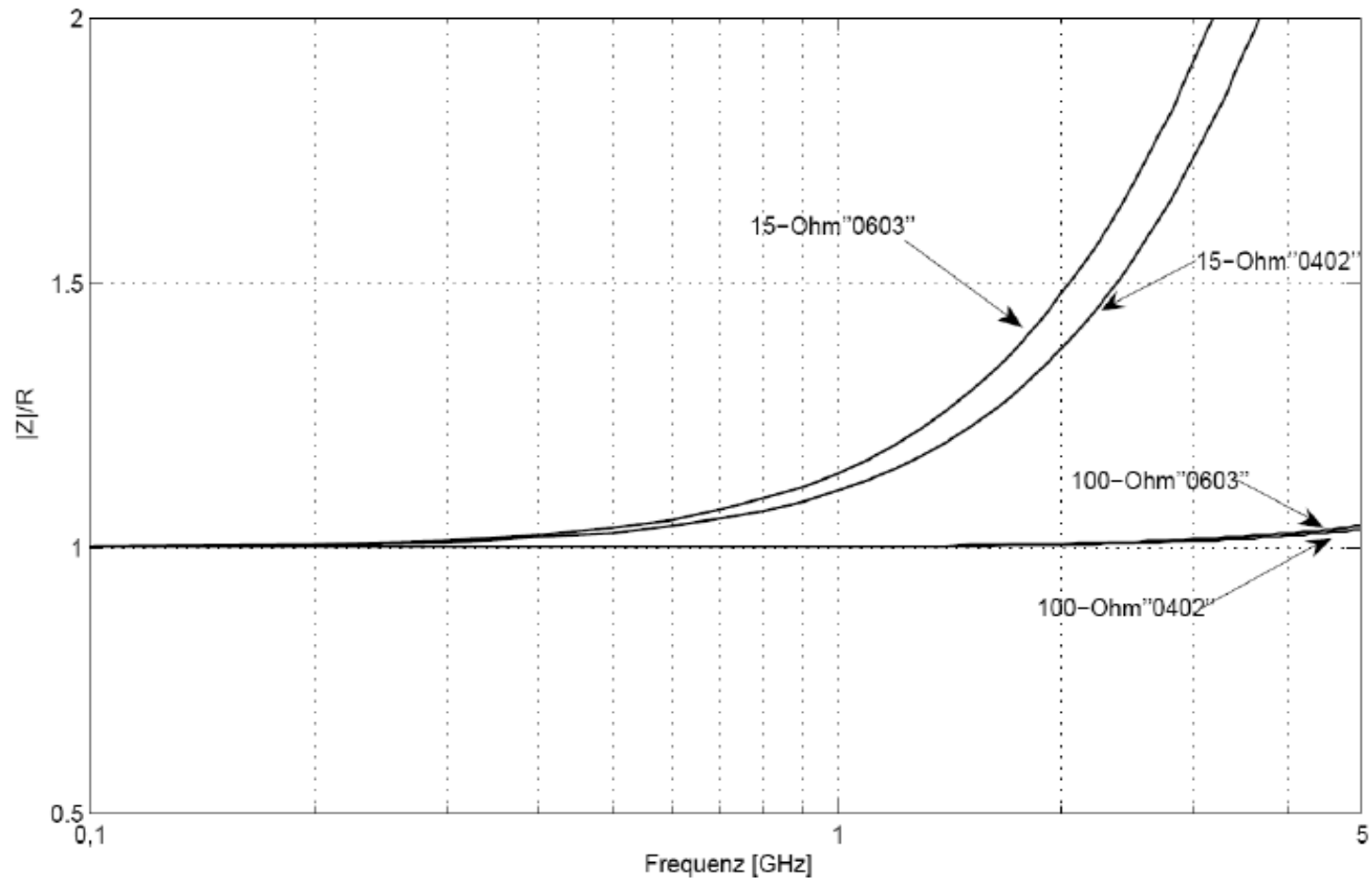
•Ergebnisse

•Zusammenfassung

## Verlauf der normierten Impedanz:



## ■ Vergleich nach Abmessungen:



•Motivation

•SMT

•Parasitäre Elemente

•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung

## ■ Vergleich nach Montage-Art:

•Motivation

•SMT

•Parasitäre Elemente

•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung

	100Ω-0402		100Ω-0603	
Montage	C [pF]	L <sub>s</sub> [nH]	C [pF]	L <sub>s</sub> [nH]
Normal	0,02281	0,91	0,279	0,82
Kopfüber	0,04365	0,77	0,26221	0,79
Seitlich	0,02486	0,98	0,21901	1,00

## ■ S-Parameter eines 10pF-Kondensator 0603

•Motivation

•SMT

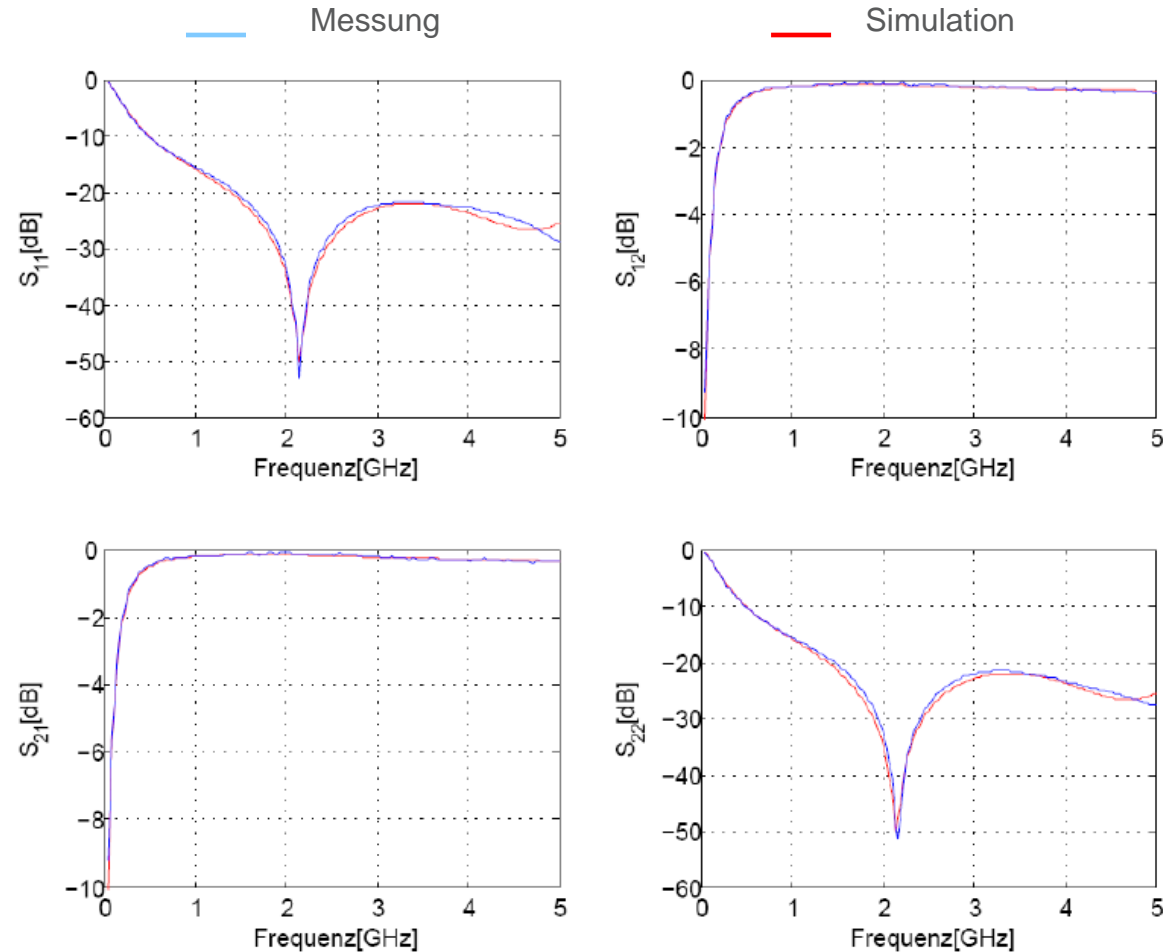
•Parasitäre Elemente

•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung



## Einfluss der Einbau- und Gap-Kapazitäten:

•Motivation

•SMT

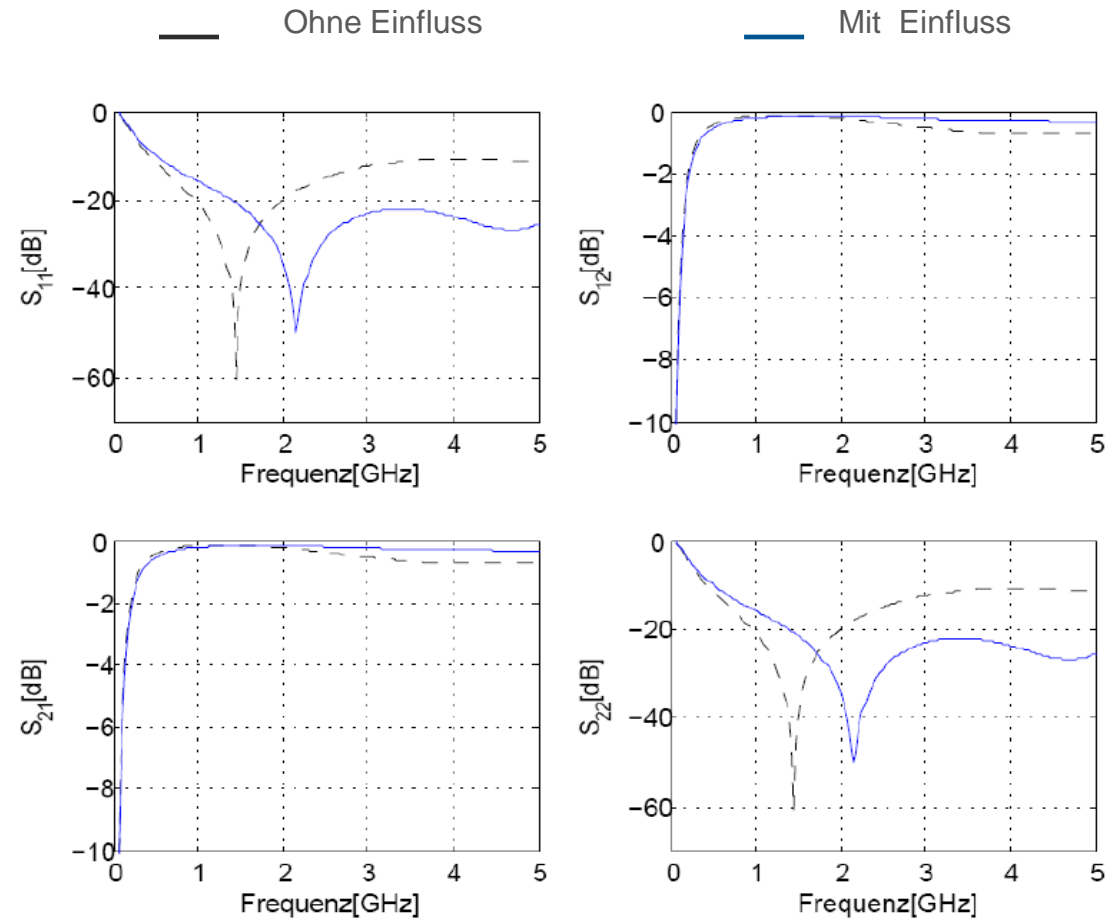
•Parasitäre Elemente

•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung





## ■ ESR: Ersatzserienwiderstand

•Motivation

•SMT

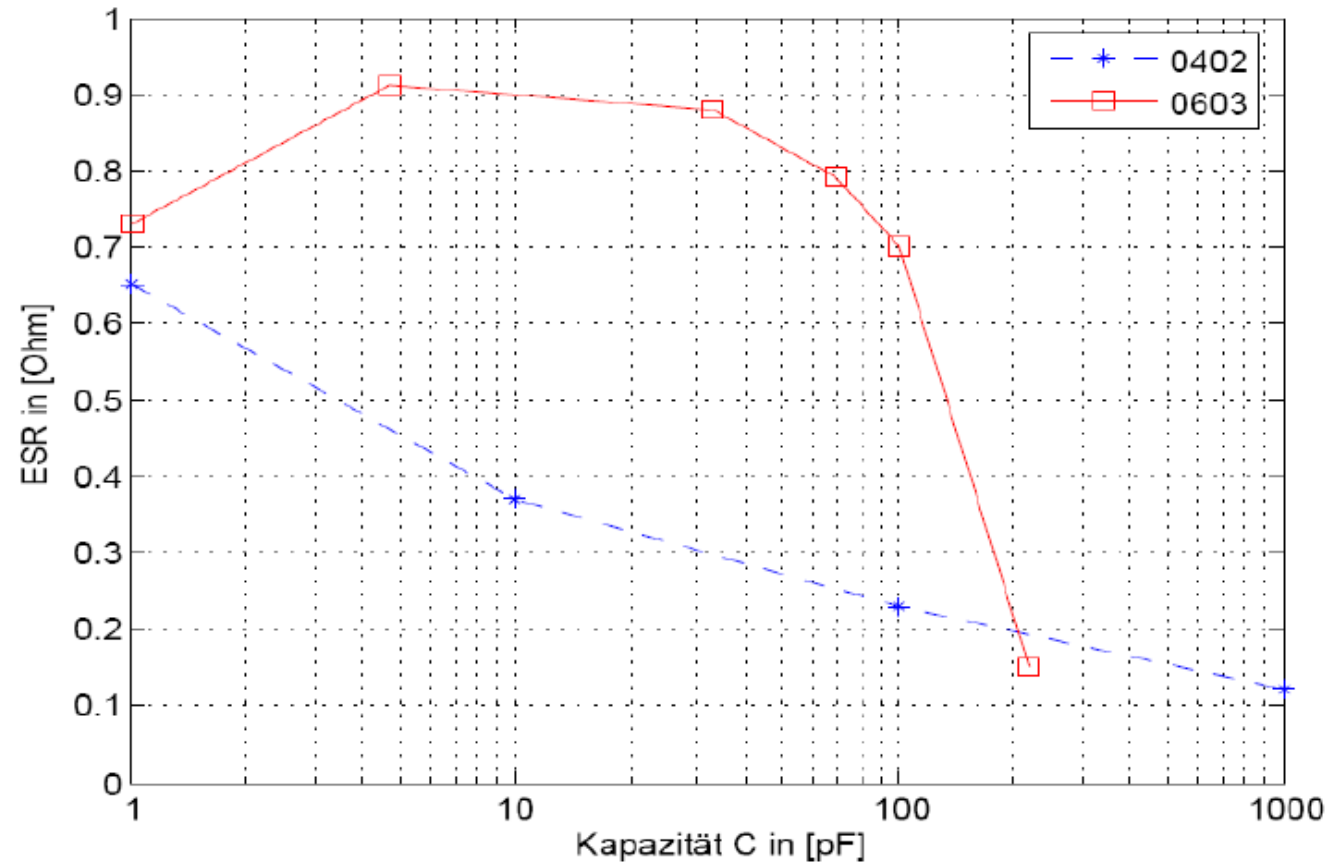
•Parasitäre Elemente

•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung



## ■ ESL: Ersatzserieninduktivität:

•Motivation

•SMT

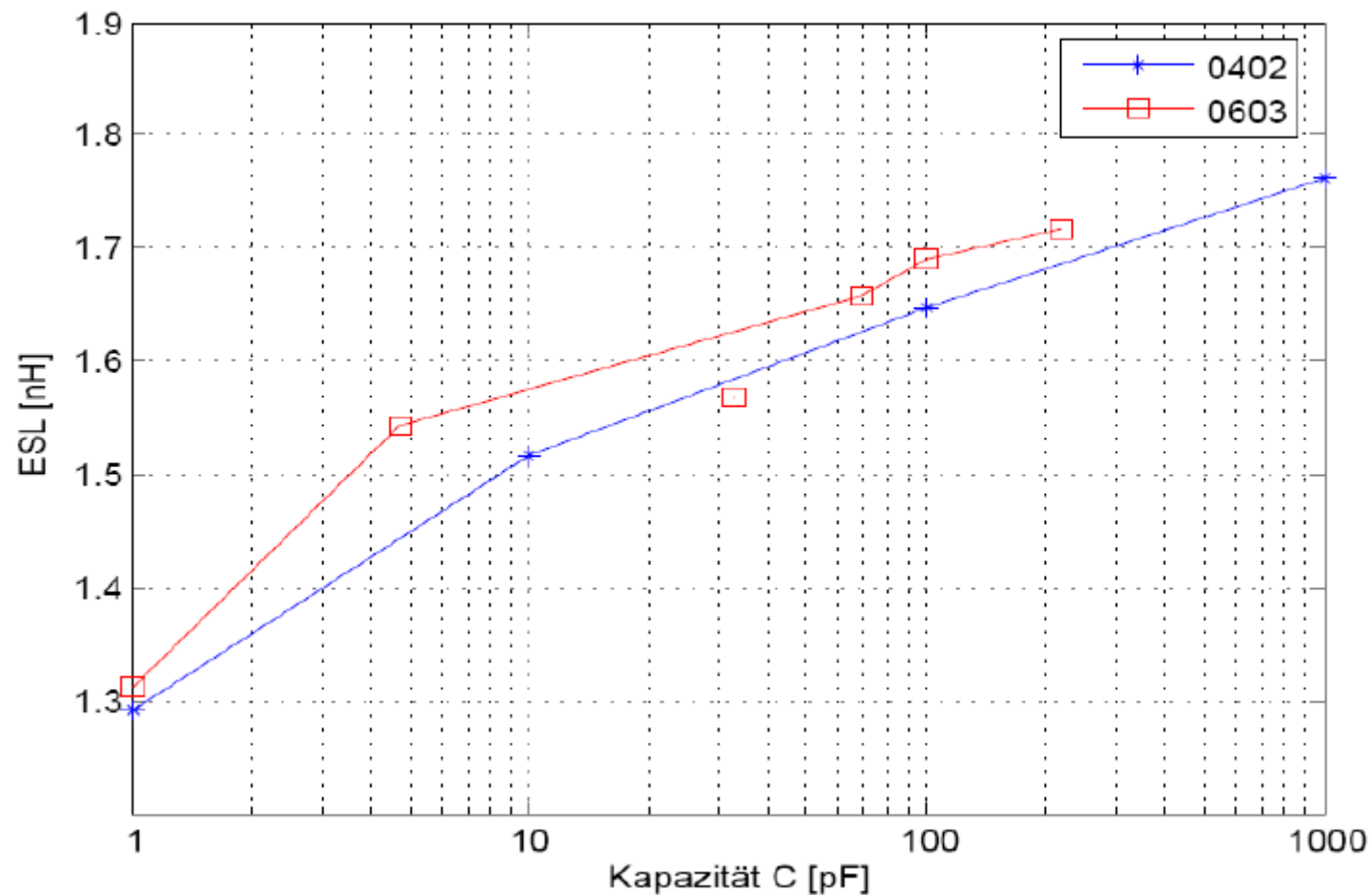
•Parasitäre Elemente

•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung



•Motivation

•SMT

•Parasitäre Elemente

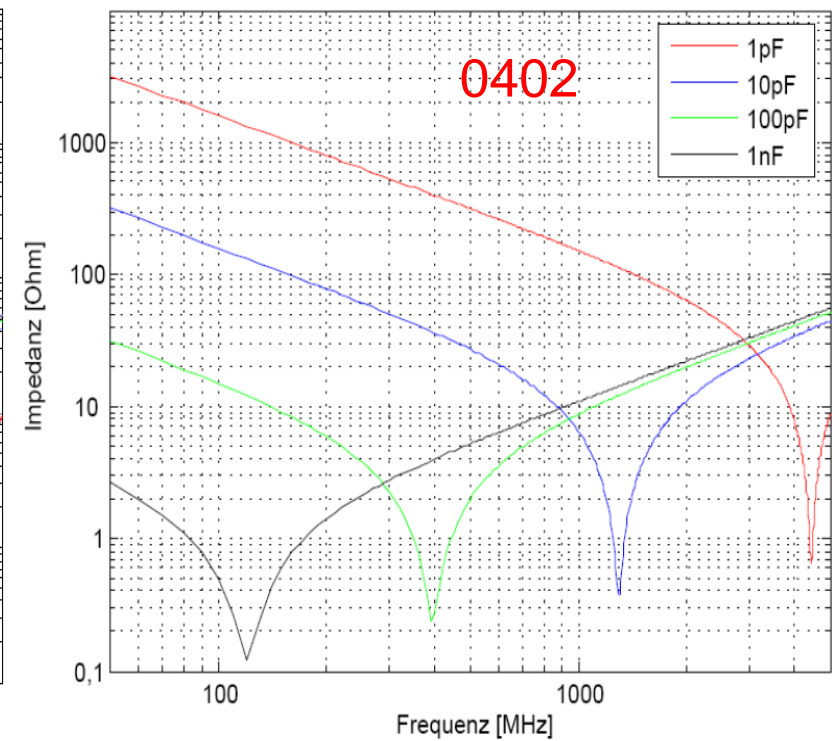
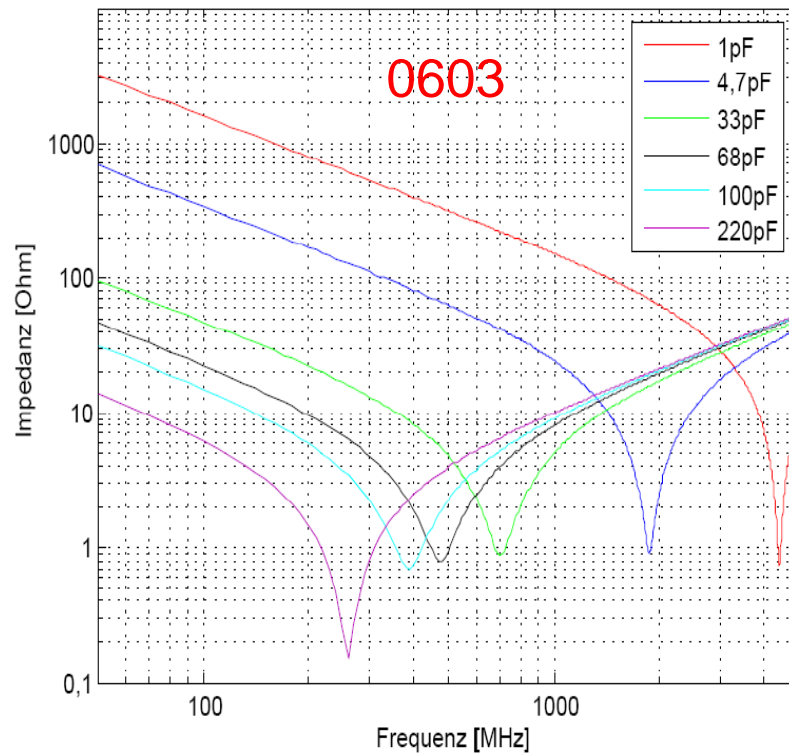
•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung

## ■ Impedanzverlauf der Kondensatoren



•Motivation

•SMT

•Parasitäre Elemente

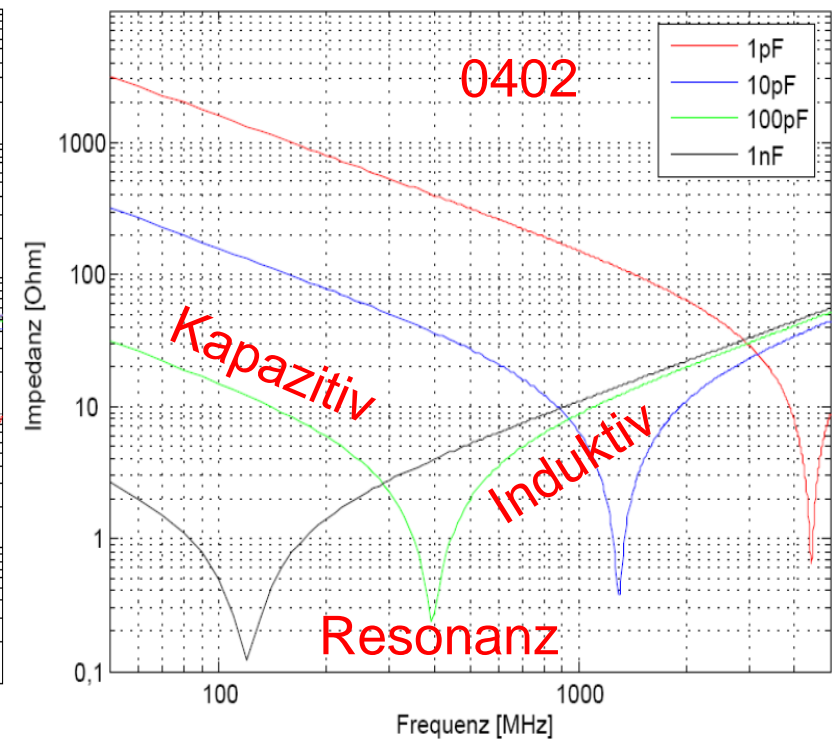
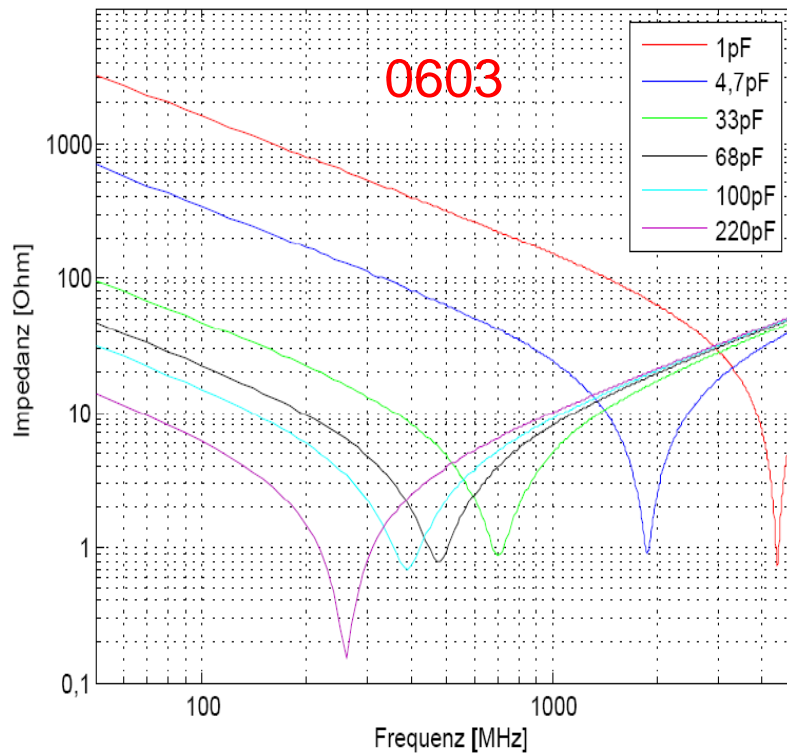
•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung

## ■ Impedanzverlauf der Kondensatoren



•Motivation

•SMT

•Parasitäre Elemente

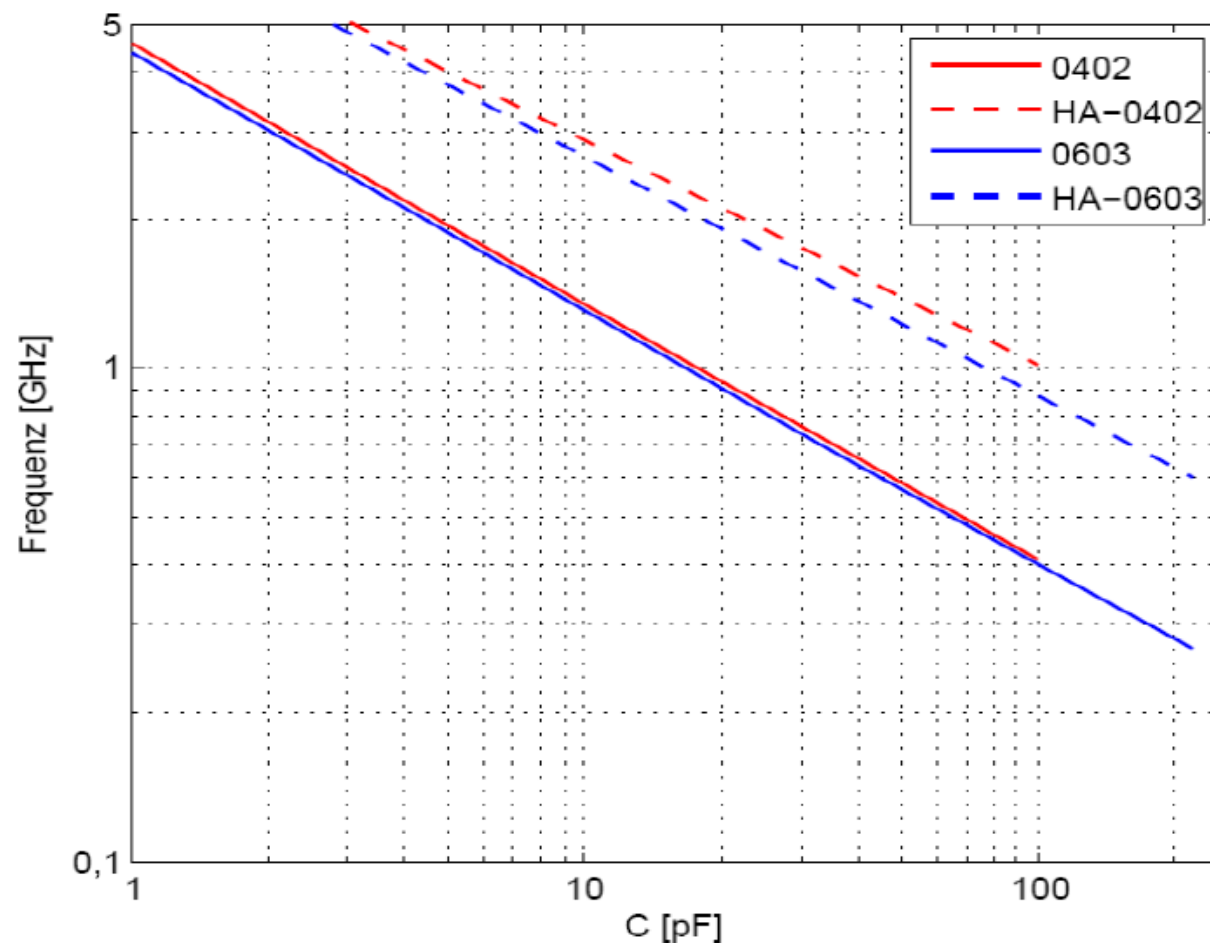
•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung

## ■ Vergleich der Resonanzfrequenzen:



•Motivation

•SMT

•Parasitäre Elemente

•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung

- Ergebnisse der Einbaukapazitäten:

Für Widerstände:

$$C_{\text{SUB,W}}=0,1 \pm 0,02 \text{ pF}$$

Für Kondensatoren:

$$C_{\text{SUB,K}}=0,2 \pm 0,05 \text{ pF}$$

- Herstellertoleranz:

33pF und 4,7 pF: Toleranzen von  $\pm 10\%$  bzw.  $\pm 20\%$

Andere Bauelemente:  $\pm 5\%$



## Zusammenfassung

•Motivation

•SMT

•Parasitäre Elemente

•Messverfahren

•Modellbildung

•Ergebnisse

•Zusammenfassung

- Bauelemente der Größe 0402 haben niedrige parasitäre Elemente als 0603 und damit bessere HF-Eigenschaften.
- Widerstände
  - Bei allen Widerstände ist die Serieninduktivität zwischen 0,04 und 1,3 nH, die Eigenkapazität zwischen 2 und 576 fF. Den größten Nutzfrequenzbereich haben Widerstände zwischen 100 und 220  $\Omega$ .
  - Kopfüber-Montage ist eine gute Möglichkeit Widerstände mit geringen parasitären Elementen zu erzielen.
- Kondensatoren
  - Die Nutzfrequenzbereich der Kondensatoren vergrößert sich mit steigenden Kapazitätswerten.
  - ESR zwischen 0,12 und 0,91  $\Omega$ , ESL zwischen 1,29 und 1,76 nH.

**DANKE FÜR IHRE  
AUFMERKSAMKEIT**



# FRAGEN?

