



STUDIENBRIEF

BRÜCKENKURS - EINFÜHRUNG IN DIE HOCHFREQUENZTECHNIK

Brückenkurs - Einführung in die Hochfrequenztechnik
der Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Informatik und Psychologie
an der Universität Ulm

2 Einführung in die Hochfrequenztechnik

Kürzel / Nummer:	HFT
Englischer Titel:	
Leistungspunkte:	3 ECTS
Semesterwochenstunden:	
Sprache:	Deutsch
Turnus / Dauer:	/ 1 Semester
Modulverantwortlicher:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Menzel
Dozenten:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Menzel Dipl.-Ing. Tobias Chaloun
Einordnung des Moduls in Studiengänge:	Geeignet als Brückenkurs für den Masterstudiengang Sensorsystemtechnik.
Voraussetzungen (inhaltlich):	<ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen der Elektrotechnik - Höhere Mathematik (insbesondere Vektoranalysis) - Analoge Schaltungen (insbesondere Vierpolparameter) - Signale und Systeme
Lernziele:	Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer sind nach erfolgreichem Abschluss des Moduls in der Lage, grundlegende Eigenschaften wichtiger Komponenten von Hochfrequenzsystemen zu beschreiben und ihr Verhalten zur Dimensionierung von Schaltungen zu nutzen. Sie können grundlegende Methoden zur Analyse und zum Entwurf einfacher Hochfrequenzschaltungen und -systeme anwenden. Sie können die Gesetzmäßigkeiten der Hochfrequenztechnik anwenden, um die Grundbegriffe und wesentlichsten Zusammenhänge der elektromagnetischen Verträglichkeit zu erklären und sie in einfachen Fällen auf die Optimierung von HF-Systemen zu anzuwenden.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> - Reale Bauelemente - Kurze Übersicht über die Maxwell'schen Gleichungen, Randbedingungen, Wellengleichung, Vektorpotential, Poynting-Vektor, Skineneffekt, ebene Welle - Smith-Diagramm, Reflexion von Wellen durch Impedanzen, Impedanztransformation durch Leitungen und andere Bauelemente - Wellengrößen, Beschreibung linearer, zeitinvarianter Wellen-N-Tore durch Streuparameter, Signalflussgraphen - Elektronisches Rauschen - Komponenten wie Filter, Koppler, Verstärker, Mischer - Grundbegriffe Antennen - Einführung Wellenausbreitung
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> - Vorlesungsunterlagen (Folien der Vorlesungsvideos, Übungen) - Vorlesungsvideos - Literaturliste im Kursmaterial
Lehrveranstaltungen und Lehrformen:	Präsenzveranstaltungen: <ul style="list-style-type: none"> - Präsenzveranstaltung E-Learning: <ul style="list-style-type: none"> - Online-Studium - Online-Übung

Abschätzung des
Arbeitsaufwands:

Erarbeitung des Onlinematerials: 50 h
Präsenzveranstaltungen inkl. Vor- und Nachbereitung: 20 h
Vorbereitung auf die mündliche Prüfung: 20 h
Summe: 90 h

Leistungsnachweis
und Prüfungen:

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt aufgrund des Bestehens einer schriftlichen oder mündlichen (abhängig von der Teilnehmerzahl) Prüfung.

Voraussetzungen
(formal):

Keine

Notenbildung:

Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Modulprüfung.

Grundlagen der Hochfrequenztechnik

Inhalt dieses Kurses

1. Einführung in die HF-Technik, reale Bauelemente, HF-Effekte
2. Elektromagnetische Felder und Wellen
 - Teil 1: Maxwell'sche Gleichungen, Randbedingungen, Wellengleichung
 - Teil 2: Vektorpotential, Poynting-Vektor, Skineffekt, ebene Welle
3. HF-Wellenleiter
 - Teil 1: Leitungsgleichungen
 - Teil 2: Reflexionsfaktor, Leitungstypen
4. Reflexionsfaktordiagramm (Smith-Chart)
5. Streuparameter
6. Rauschen
7. Passive Bauelemente und Komponenten
 - Teil 1: Filter
 - Teil 2: Koppler, Leistungsteiler
8. Verstärker
9. Mischer
10. Antennen
11. Wellenausbreitung

Grundlagen der Hochfrequenztechnik

Reale Bauelemente

a) Widerstände

Aufbau von konventionellen Widerständen:

Drahtwiderstände

Schichtwiderstände (homogene Schichten, Wendel)

Anschlüsse von Widerständen:

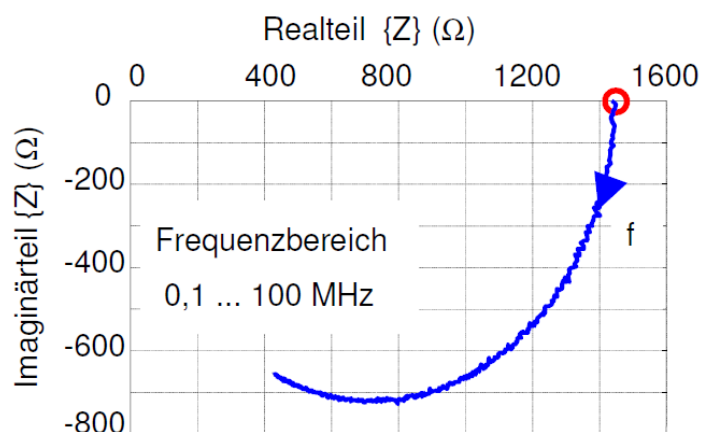
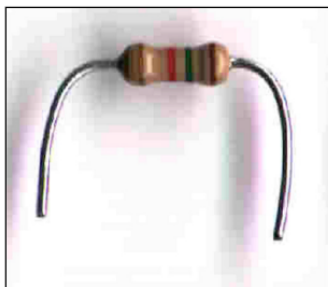
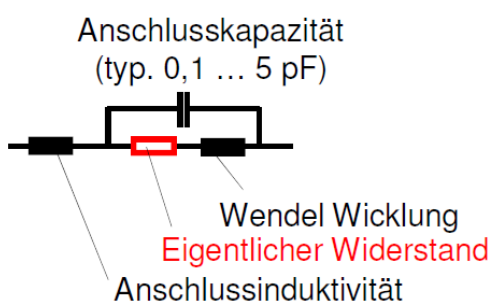
Kappen zur Halterung des eigentlichen Widerstandskörpers

Anschlussdrähte

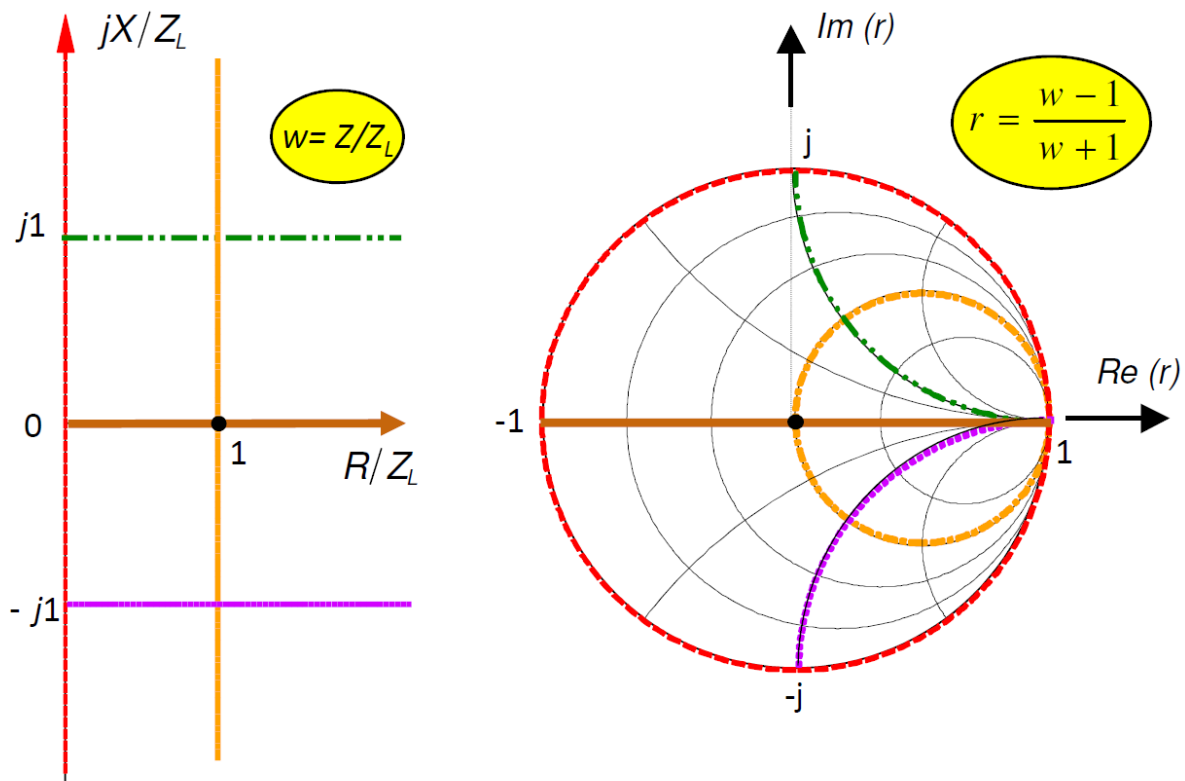
→ **Zusätzliche Kapazitäten und Induktivitäten**

Grundlagen der Hochfrequenztechnik

Widerstände



Grundlagen der Hochfrequenztechnik

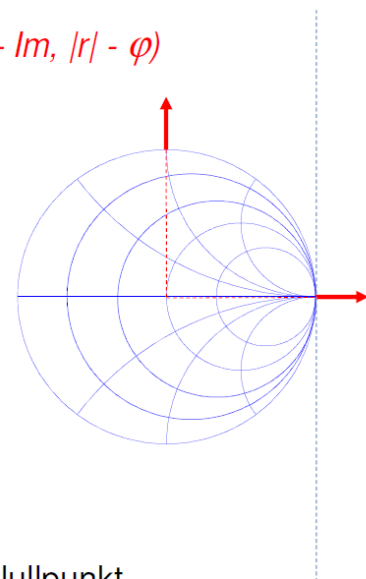


Grundlagen der Hochfrequenztechnik

Kombination von zwei Koordinatensystemen im Smith-Chart

- Kartesisches/zylindrisches Koordinatensystem für r ($Re - Im, |r| - \varphi$)
- Krummliniges Koordinatensystem für Z

Jeder Punkt ist dem jeweiligen Wertepaar $\{Z, r\}$ zugeordnet, man kann also zwischen den Beschreibungsarten hin- und herspringen

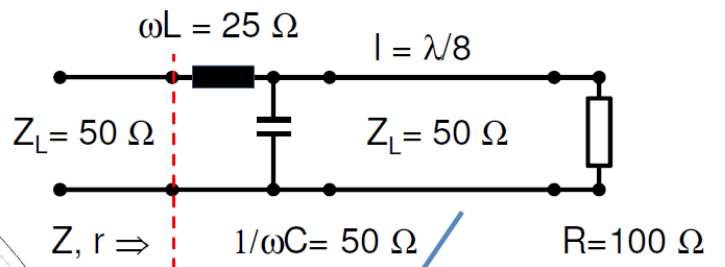
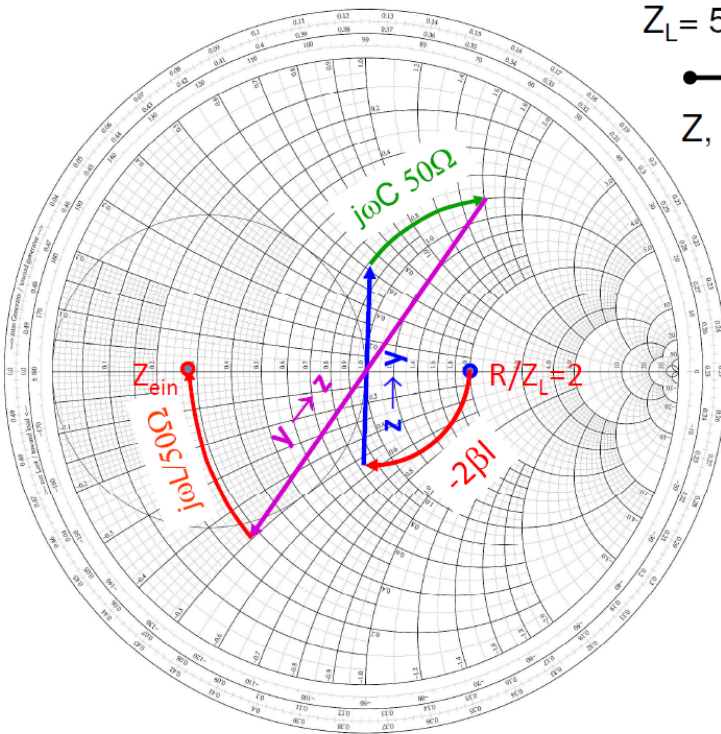


Eigenschaften:

- Realteil $\{w\} \geq 0 \Rightarrow$ Abbildung auf Einheitskreis
- $w = 1 \Rightarrow r = 0$
- w rein imaginär $\Rightarrow |r| = 1$
- w rein reell \Rightarrow waagerechte Gerade durch Nullpunkt
- Realteil $\{w\} = const \Rightarrow$ Kreise mit Mittelpunkt auf der reellen Achse
- Imaginärteil $\{w\} = const \Rightarrow$ Kreise mit Mittelpunkt auf der Geraden Realteil $\{r\} = 1$

Grundlagen der Hochfrequenztechnik

Schaltungsbeispiel

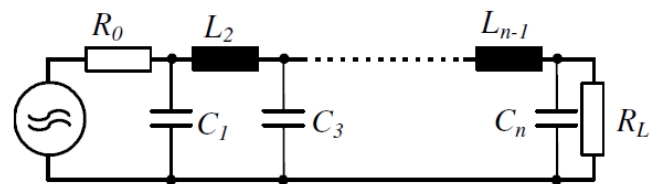
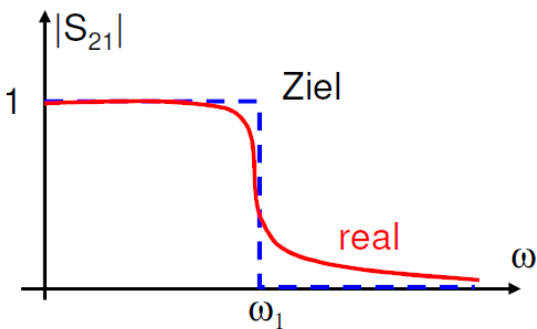


$$2\beta l = 2 \frac{2\pi}{\lambda} l/8 = \frac{\pi}{2}$$

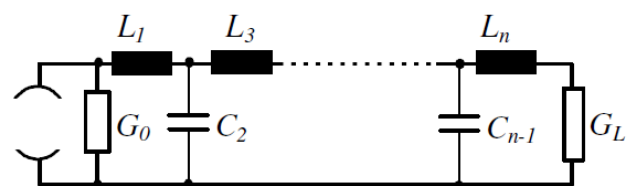
Grundlagen der Hochfrequenztechnik

Filter

Ausgangspunkt: Tiefpassfilter



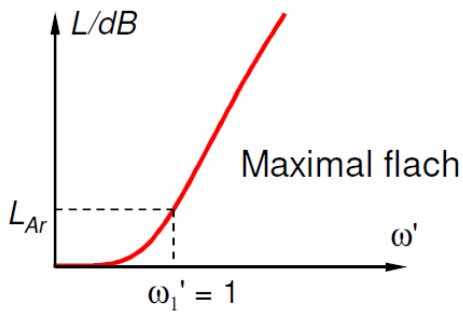
oder dual



Für das weitere Vorgehen gilt die Einschränkung $R_0 = R_L$
 ($R_0 \neq R_L$ ist in einigen Fällen möglich).

Grundlagen der Hochfrequenztechnik

Filtercharakteristiken

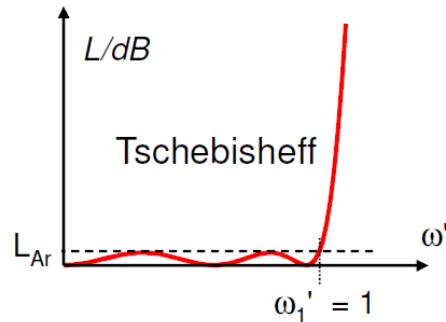


$$L(\omega')/dB = 10 \cdot \log_{10} [1 + \varepsilon \cdot (\omega')^{2n}]$$

$$\varepsilon = 10^{L_{Ar}/10} - 1$$

n: Anzahl der (reaktiven) Filterelemente
 → „Ordnung“ des Filters
 L_{Ar} wird üblicherweise zu 3 dB gesetzt.

Die Ableitung von $L(\omega')$ nach ω' hat eine $(2n-1)$ fache Nullstelle bei ω'_1 .



$$L(\omega')/dB = 10 \cdot \log_{10} \{1 + \varepsilon \cos^2 [n \cdot \arccos(\omega')]\}$$

für $\omega' < \omega'_1 = 1$

$$L(\omega')/dB = 10 \cdot \log_{10} \{1 + \varepsilon \cosh^2 [n \cdot \operatorname{arcosh}(\omega')]\}$$

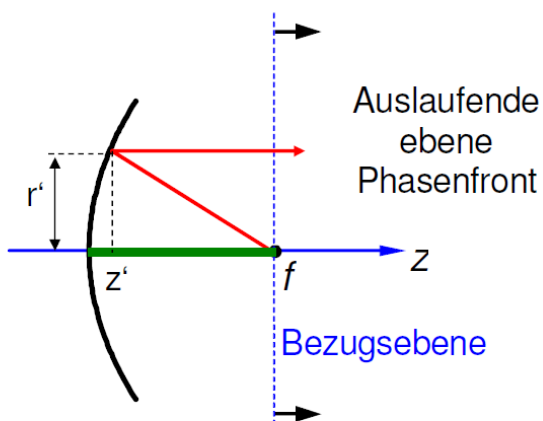
für $\omega' > \omega'_1 = 1$

$$\varepsilon = 10^{L_{Ar}/10} - 1$$

Vorteil diese Filtertyps: Die Filterdämpfung steigt wesentlich schneller an als beim maximal flachen Filter.

Grundlagen der Hochfrequenztechnik

Parabolantenne



Bei großen Antennenflächen ($D \gg \lambda$) kann man eine (erste) Berechnung strahlenoptisch durchführen.

Alle Strahlen vom Brennpunkt zur gestrichelten Bezugsebene müssen gleich lang sein.

$$\sqrt{r'^2 + (f - z')^2} + f - z' = 2f$$

$$\sqrt{r'^2 + (f - z')^2} = f + z'$$

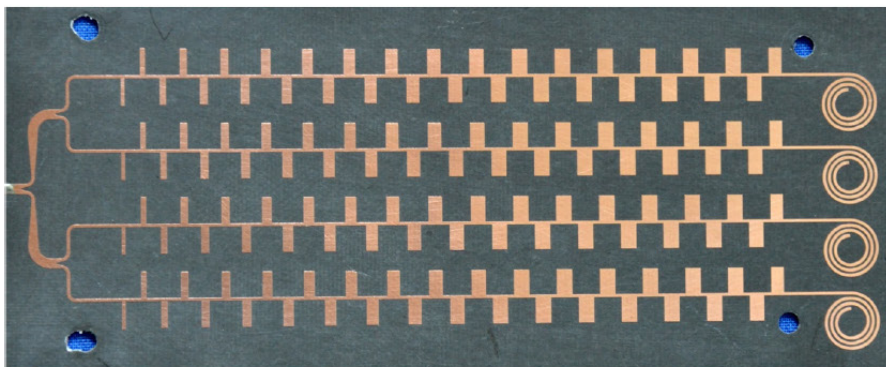
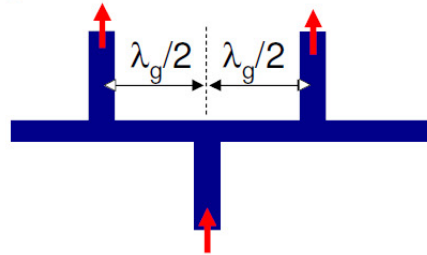
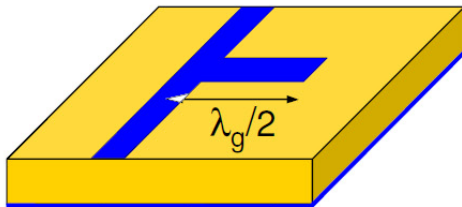
$$r'^2 + f^2 + z'^2 - 2fz' = f^2 + z'^2 + 2fz'$$

$$r'^2 = 4fz'$$

Grundlagen der Hochfrequenztechnik

Mikrostreifenleitungsantenne

a) Abstrahlung eines offenen Leitungsendes



Ansprechpartner

Dr. Gabriele Gröger
Albert-Einstein-Allee 45
89081 Ulm



Tel 0049 731 – 5 03 24 00
Fax 0049 731 – 5 03 24 09

gabriele.groeger@uni-ulm.de
www.uni-ulm.de/saps

Wiss. Leiter der SAPS: Prof. Dr.-Ing. Hermann Schumacher

Postanschrift

Universität Ulm
School of Advanced Professional Studies
Albert-Einstein-Allee 45
89081 Ulm

Die Entwicklung des Zertifikatskurses als Brückenkurs für den weiterbildenden Studiengang Innovations- und Wissenschaftsmanagement wird gefördert im Projekt „NOW:- Master – Nachfrageorientierte Weiterbildung bis zum Masterabschluss“ im Programm „Initiativen zum Ausbau berufsbegleitender Masterangebote“ des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg.

Gefördert vom



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT,
FORSCHUNG UND KUNST