



OTTO VON GUERICKE  
UNIVERSITÄT  
MAGDEBURG

EIT

FAKULTÄT FÜR  
ELEKTROTECHNIK UND  
INFORMATIONSTECHNIK

# Lehrpfad Elektrotechnik und Informationstechnik

Schuljahr 2015/2016

Informationsmaterial für Schüler und Lehrer

Gültig vom 01.09.2015 bis 31.08.2016

## Vorwort

Der „Lehrpfad Elektrotechnik und Informationstechnik“ der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg wendet sich an technisch interessierte Schüler<sup>1</sup> von Gymnasien und Fachgymnasien ab Klasse 10 und liegt hier in der aktualisierten Fassung für das Schuljahr 2015/16 vor.

Mit diesem Angebot werden zwei wesentliche Ziele verfolgt:

- Es wird die Möglichkeit geschaffen, sich in Ergänzung zum Schulstoff näher mit den Grundlagen der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik sowie mit neuesten Forschungsgebieten vertraut zu machen.
- Die Schüler lernen die Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik näher kennen. Sie gewinnen Einblicke hinsichtlich der technischen Ausrüstung, der räumlichen Verhältnisse und der Arbeitsweise bei der studentischen Ausbildung und finden so vielleicht Interesse an einem späteren Studium.

Der Lehrpfad im engeren Sinne besteht aus den Teilen „Schülerexperimente“ und „Demonstrationsversuche“. Darüber hinaus bietet die Fakultät besonders interessierten Jugendlichen Arbeitsgemeinschaften sowie Stellen für ein Betriebspraktikum an.

Nach Auswahl der Schülerexperimente bzw. Demonstrationsversuche durch die verantwortlichen Fachlehrer bitten wir um rechtzeitige Information (Anzahl der Schüler, Klassenstufe, geplante Termine usw.). Anmeldungen oder organisatorische Anfragen richten Sie bitte zunächst an Dr.-Ing. Mathias Magdowski, der die Koordinierung vornehmen und Sie an die jeweiligen fachlichen Betreuer weiter vermitteln wird. Um an Arbeitsgemeinschaften teilzunehmen oder eine Praktikantenstelle zu erhalten, können Schüler sich auch direkt an die betreuenden Mitarbeiter wenden.

Aktuelle Informationen zu den Angeboten des Lehrpfades können Sie auch der Homepage der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik entnehmen.

<http://www.eit.ovgu.de/Studium+und+Karriere/Studieninteressenten.html>

Gerne nehmen wir auch Ihre Kritiken und Hinweise zu den Angeboten des Lehrpfades entgegen.

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik  
Dr.-Ing. Mathias Magdowski

Werner-von-Siemens-Gebäude 09, Zimmer 228  
Universitätsplatz 2  
39106 Magdeburg

Tel.: (0391)-67-52195

Fax: (0391)-67-11236

Email: [mathias.magdowski@ovgu.de](mailto:mathias.magdowski@ovgu.de)

---

<sup>1</sup>Zur besseren Lesbarkeit wird auf die gesonderte weibliche Form verzichtet. Alle folgenden Erläuterungen gelten aber selbstverständlich für beide Geschlechter.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Schülerexperimente</b>	<b>2</b>
1.1	Messen elektrischer Größen . . . . .	2
1.2	Experimentelle Untersuchung von Wechselstromwiderständen . . . . .	4
1.3	Elektrische Maschinen in Bewegung . . . . .	6
1.4	Mit Strom zur Bewegung . . . . .	7
1.5	Was steckt in deiner Sprache? . . . . .	8
1.6	Messungen auf Hochfrequenzleitungen . . . . .	9
<b>2</b>	<b>Demonstrationsversuche</b>	<b>12</b>
2.1	Mit Röntgenstrahlen dreidimensional in den Körper schauen . . . . .	12
2.2	Mit dem Magnetresonanztomograf dreidimensional in den Körper schauen .	12
2.3	Früchteraten mit Ultraschall . . . . .	12
2.4	Rettungswagen der Zukunft . . . . .	12
2.5	Das Smartphone als Röntgendosimeter . . . . .	12
2.6	Moderne Kommunikationstechnologien im Kurzwellenbereich – Funktechnik gestern und heute . . . . .	12

# 1 Schülerexperimente

Die Schüler führen elektrotechnische Experimente in den Laboren für studentische Ausbildung durch. Der Inhalt orientiert sich in erster Linie am Physikunterricht der Gymnasien und soll eine Festigung und Ergänzung der dort vermittelten Kenntnisse bewirken. In einigen Versuchen lassen sich auch Kenntnisse des Informatikunterrichtes anwenden und deren Nutzung in der Elektrotechnik nachvollziehen.

Die Schülerexperimente sind für Schüler ab der 10. Klasse vorgesehen, insbesondere für Schüler, die das Fach Physik im Leistungskurs belegen. Die teilnehmenden Schüler werden von wissenschaftlichen Mitarbeitern intensiv betreut. Alle Versuche finden mit einleitenden und begleitenden Erläuterungen des Betreuers statt, insbesondere auch zur Bedienung der zur Verfügung stehenden Gerätetechnik.

Die einzelnen Experimente sind so ausgelegt, dass in der Regel 3, maximal 4 Schüler eine Versuchsgruppe bilden. In den Laborpraktika der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik sind die Versuchsstände zu den einzelnen Experimenten meist nur einmal, in einigen Fällen auch zweimal vorhanden. Damit ist die Anzahl der Teilnehmer, die gleichzeitig das gleiche Experiment durchführen können, begrenzt. Bei größeren Schülerzahlen ist die wechselseitige Durchführung der Experimente zu verschiedenen Zeiten bzw. an verschiedenen Tagen möglich. Jeder Versuch dauert 2 bis 3 Stunden.

## 1.1 Messen elektrischer Größen

### Was kann man sich darunter vorstellen?

Elektrische Größen lassen sich relativ einfach und sehr genau messen. Da viele andere physikalische Größen (wie z. B. Temperatur und Druck) in eine elektrische Größe umgewandelt werden können, ist das Messen elektrischer Größen für viele praktische Anwendungen sehr wichtig. Im Schülerversuch experimentieren wir mit verschiedenen Messgeräten, untersuchen die Unterschiede zwischen „alten“ (analogen) und „modernen“ (digitalen) Multimetern und nehmen den Zeitverlauf verschiedener Signale mit einem Oszilloskop auf.

### Was steckt inhaltlich dahinter?

- Bedienung von analogen Zeigerinstrumenten (siehe Abbildung 1.1a) und von Digitalmultimetern (siehe Abbildung 1.1b)
- Messen von Strom und Spannung in einfachen Widerstandsnetzwerken (Strom- und Spannungsteiler)
- Gleichzeitige Messung von Strom und Spannung zwecks Bestimmung von Widerstand und Leistung; strom- und spannungsrichtiges Messen



(a) Analoges Multimeter



(b) Digitales Multimeter

Abbildung 1.1: Verschiedene Multimeter zum Messen elektrischer Größen

- Überprüfung der Widerstandswerte mittels Multimeter und der Leistungswerte mittels Wattmeter
- Bedienung eines Digitalspeicheroszilloskops (siehe Abbildung 1.2), Oszillographieren verschiedener zeitlicher Spannungsverläufe bei unterschiedlichen Einstellungen des Oszilloskops (Verstärkungen, Zeitablenkung), ggf. Erzeugung von Lissajous-Figuren, Verwendung zur Frequenzmessung, Ausmessen der dargestellten Verläufe mit Hilfe der Cursors des DSO, Speichern der Verläufe auf einem USB-Stick

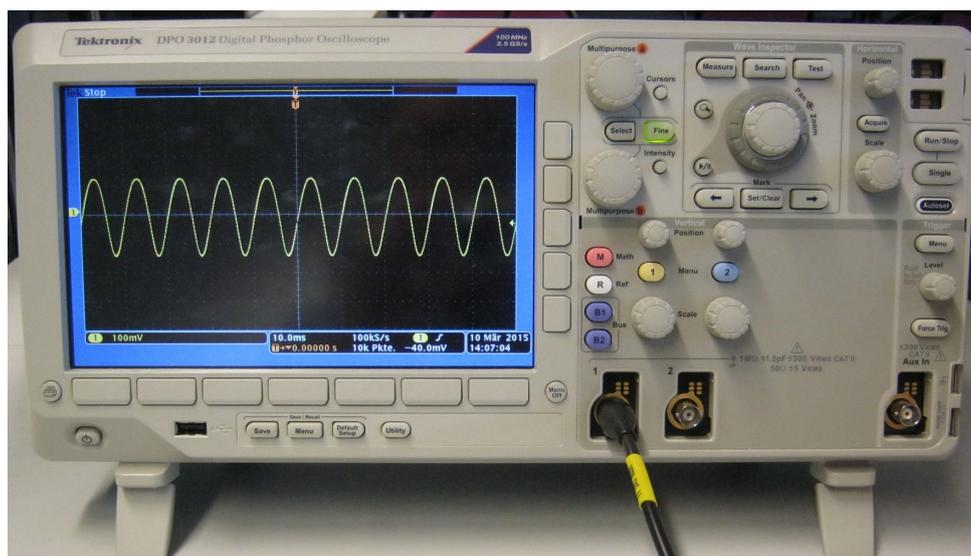


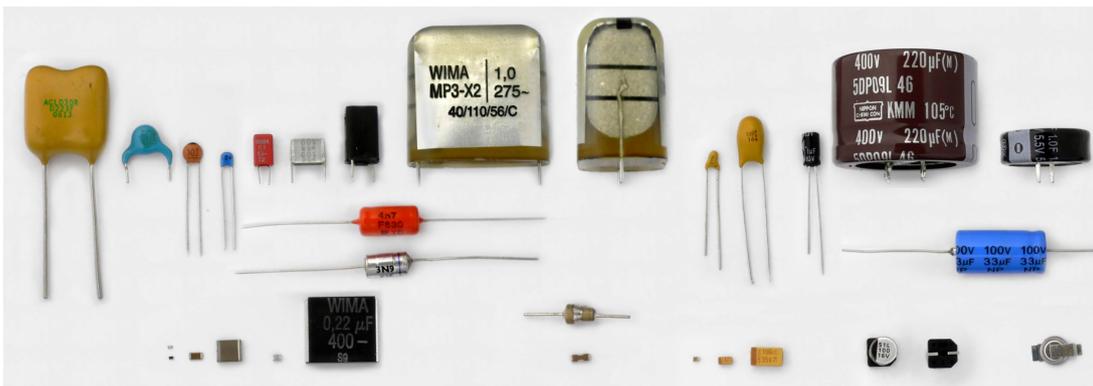
Abbildung 1.2: Digitalspeicheroszilloskop

## 1.2 Experimentelle Untersuchung von Wechselstromwiderständen

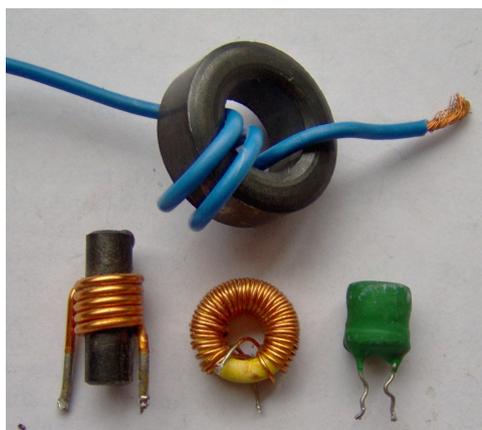
### Was kann man sich darunter vorstellen?

Fast alle modernen Geräte der Unterhaltungselektronik wie Fernseher, Computer, Tablet-PCs und Handys funktionieren intern mit Gleichspannung. Unser Stromversorgungsnetz hingegen funktioniert mit Wechselspannung. So liefert z. B. jede Steckdose bei euch zu Hause eine Spannung von 230 V mit einer Frequenz von 50 Hz. Wechselspannungen kann man transformieren und damit auch über weite Entfernungen sehr verlustarm übertragen. Außerdem kann man mit Wechselspannung sehr einfach Motoren betreiben und noch ein paar andere tolle Sachen machen.

Dazu braucht man Bauelemente, die je nach Frequenz der Wechselspannung ein anderes Verhalten zeigen. Das sind Spulen und Kondensatoren (siehe Abbildung 1.3). Beide Bauelemente können kurzzeitig elektrische Energie zwischenspeichern. Damit lassen sich z. B. Schwingkreise oder Filter für die Kommunikationstechnik oder Transformatoren und Wandler für die Energietechnik bauen. Im Schülerversuch experimentieren wir mit verschiedenen Spulen, Kondensatoren und deren Zusammenschaltungen.



(a) Kondensatoren [http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AVerschiedene\\_Kondensatoren.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AVerschiedene_Kondensatoren.JPG) von Elcap via Wikimedia Commons



(b) Spulen [http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AElectronic\\_component\\_inductors.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AElectronic_component_inductors.jpg) von FDominec via Wikimedia Commons

Abbildung 1.3: Verschiedene Kondensatoren und Spulen in unterschiedlichen Bauformen

**Was steckt inhaltlich dahinter?**

- Gleichstromwiderstand von  $R$ ,  $L$  und  $C$  messen (Multimeter oder Strom-/Spannungsmessung)
- Wechselstromwiderstand  $Z = U/I$  von  $R$ ,  $L$  und  $C$  in Abhängigkeit von der Frequenz messen
- Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung für  $R$ ,  $L$  und  $C$  messen (Oszilloskop)
- Reihenschaltung von  $R$  und  $L$  bzw. von  $R$  und  $C$ , Messung von  $Z$
- Nachweis von  $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$  bzw.  $Z = \sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}$
- Reihenschaltung von  $R$ ,  $L$  und  $C$ , Messung von  $Z$ ,
- Nachweis von  $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}$ ,  $Z = f(\omega)$  mit Extremwertverhalten
- Phasenverschiebung bei Reihenschaltung von  $R$  und  $L$ ,  $R$  und  $C$  bzw.  $R$ ,  $L$  und  $C$
- Messung mit Oszilloskop (Verhalten von  $R$ ,  $L$  und  $C$  im Wechselstromkreis)

## 1.3 Elektrische Maschinen in Bewegung

### Was kann man sich darunter vorstellen?

An verschiedenen Beispielen (z. B. inverses Pendel, Kran oder Fahrstuhl) wird gezeigt, wie elektrische Antriebe Bewegungen und Bewegungsabläufe beeinflussen. Hierfür zeigen wir euch die verschiedenen technischen Systeme (siehe Abbildung 1.4), analysieren sie und erklären die physikalischen Zusammenhänge. Darauf aufbauend werden dann Aufgaben für diese Antriebssysteme definiert. Mit einem Computerprogramm können dann die entsprechenden Regeln abgeleitet und abschließend praktisch getestet werden.



Abbildung 1.4: Linearmotor zur Positionierung

### Was steckt inhaltlich dahinter?

- Physik der Bewegung (Kinematik und Dynamik)
- Aufbau von elektrischen Antriebssystemen
- Grundbegriffe der Regelung von elektrischen Maschinen

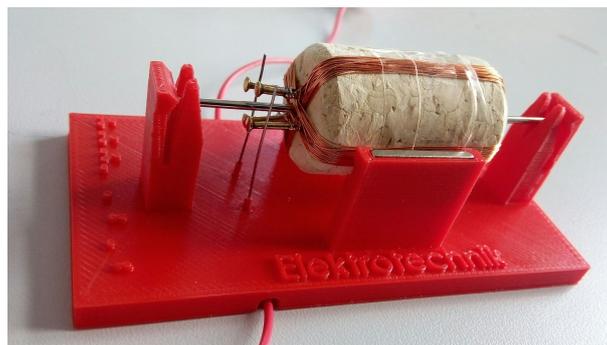
## 1.4 Mit Strom zur Bewegung

### Was kann man sich darunter vorstellen?

Im Rahmen dieses Experiments bauen wir eine eigene kleine Gleichstrommaschine (siehe Abbildung 1.5) auf und entdecken so die Zusammenhänge zwischen elektrischem Strom, Magnetfeld und Kraftwirkung. Anhand des schrittweisen systematischen Aufbaus, wird der Grundaufbau von elektrischen Maschinen erklärt, Problemstellungen abgeleitet, Lösungen aufgezeigt und praktisch umgesetzt.



(a) Einzelteile



(b) Fertiger Motor

Abbildung 1.5: Gleichstrommaschine zum Selber Bauen

### Was steckt inhaltlich dahinter?

- Magnetisches Feld und elektrischer Strom
- Grundaufbau von elektrischen Maschinen
- Kraftwirkung im magnetischen Feld

## 1.5 Was steckt in deiner Sprache?

Jeden Tag sprichst du tausende von Wörtern und kannst dich so mit deiner Umgebung verständigen. Hast du schon mal darüber nachgedacht, wie dein Gehör und dein Gehirn Sprache verarbeitet? Dies ist ein komplexer Prozess, der verschiedene Schritte der Informationsverarbeitung umfasst. Deine Ohren sind dabei Empfänger, die Schall in elektrische Signale umwandeln. Diese Signale werden über Neuronen an dein Gehirn übermittelt und dort entsprechend verarbeitet.

Auf der anderen Seite stehen die Fragen: Wie gelingt es nun aber deinem Computer oder Smartphone dich zu verstehen? Wie werden die akustischen Informationen aus Sprache in Signale übersetzt, die ein technisches System verarbeiten und verstehen kann? Dazu müssen wir die Biologie verlassen und uns mit Methoden der Signalverarbeitung beschäftigen. Wir analysieren die Merkmale, die in der Sprache stecken und schauen uns die entsprechende Verarbeitungskette im Rechner an.

Nach den Grundlagen der Sprachverarbeitung wenden wir uns der Analyse deiner Sprache zu. Allein durch mathematische Verfahren – durch so genannte Formanten im Spektralbereich der Sprache – gelingt es, das Geschlecht, aber auch das Alter des Sprechers zu unterscheiden. Dies testen wir direkt mit eurer Hilfe, da wir in einer Sprecherkabine, wie sie im Radio und Fernsehen verwendet wird, Aufnahmen mit euch durchführen. Am Ende unseres gemeinsamen Experiments können wir unser Wissen einsetzen, um einen Vocoder zu erstellen, mit dem du dir deine Sprache rechnergestützt verstellen kannst. Solch ein System darf in keinem guten Agentenfilm fehlen. Und DU weißt, wie mittels eines Computers und etwas Signalanalyse (insbesondere Fourieranalyse) ein solches System funktioniert!

### Was steckt inhaltlich dahinter?

Aufbauend auf den alltäglichen Erfahrungen von Schüler im Umgang mit Sprachsystemen, wie z. B. Siri, die auf fast allen gängigen Smartphones zur Verfügung stehen, werden die Grundlagen der automatischen Sprachverarbeitung erarbeitet. Dazu wird zunächst kurz auf die biologischen Grundlagen, insbesondere des menschlichen Hörens, eingegangen und entsprechende mathematische Modelle abgeleitet (logarithmische Mel-Skala, siehe Abbildung 1.6).

In der automatischen Sprachverarbeitung werden Signalverarbeitungsschritte auf den zuvor aufgenommenen Daten durchgeführt, die in spektralen und prosodischen Merkmalen münden. Im Schülerexperiment wird der Fokus auf die Signalverarbeitungskette gelegt. Zunächst wird das sogenannte Windowing (Fensterung) betrachtet, bei dem das Gesamtsignal schrittweise mittels einer Fensterfunktion (siehe Abbildung ??) betrachtet wird. Gängige Fensterfunktionen sind dabei Hamming-, Hanning- und Blackman-Fenster. Im Experiment werden wir hauptsächlich das Hanning-Fenster verwenden.

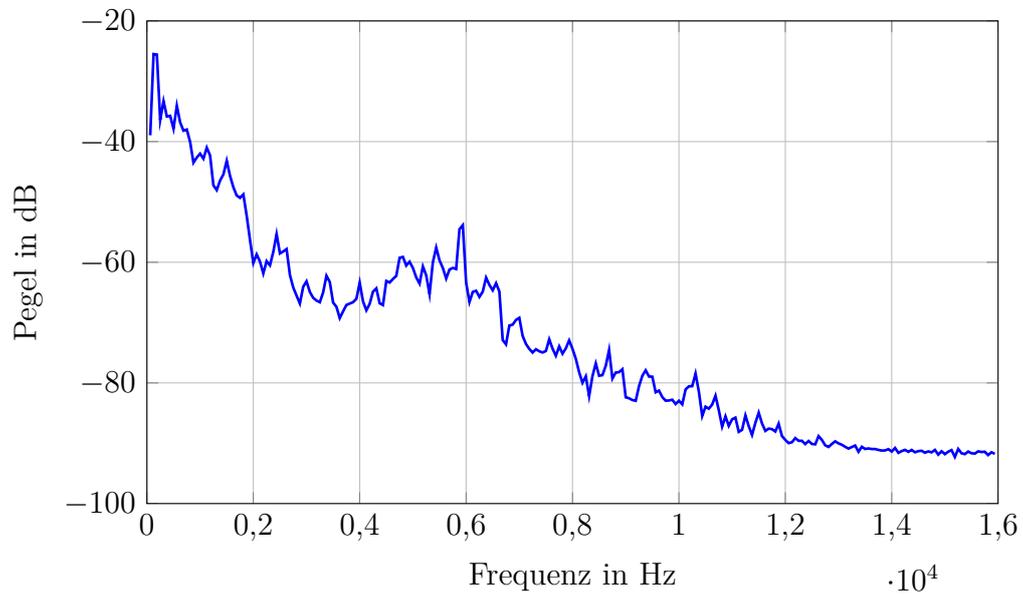


Abbildung 1.6: Typisches Spektrum eines Sprachsignals

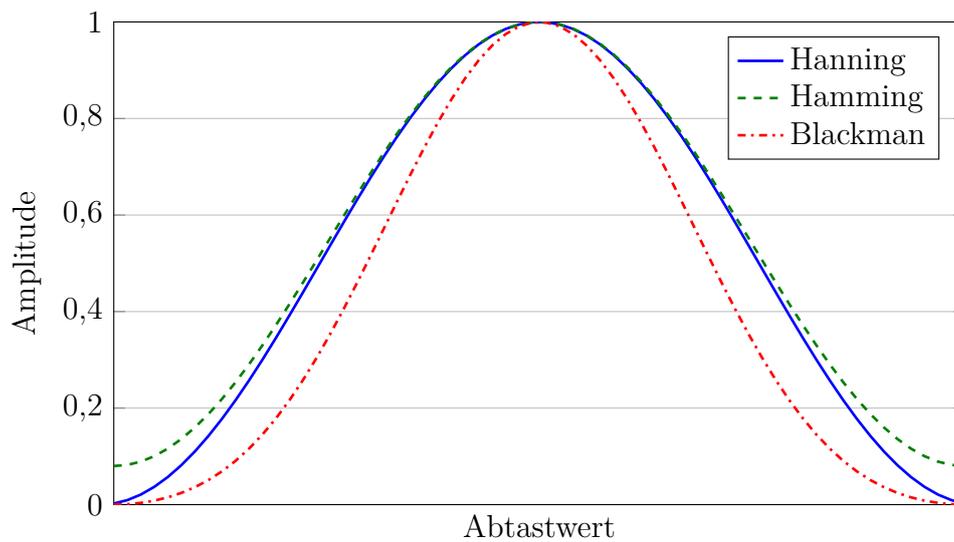


Abbildung 1.7: Verschiedene Fensterfunktionen

## 1.6 Messungen auf Hochfrequenzleitungen

### Einleitung

In der Hochfrequenztechnik sind Leitungen keine einfachen Verbindungen mehr, wie man sie aus Schaltbildern kennt, sondern werden selber zu Schaltelementen. Sobald also die Wellenlänge der Spektralkomponente mit der höchsten vorkommenden Frequenz in den Bereich der physikalischen Ausdehnung einer Schaltung kommt, müssen die Transformationseigenschaften von Leitungen mit berücksichtigt werden. Zur Beschreibung von Hochfrequenzleitungen geht man von hin- und rücklaufenden Wellen auf diesen Leitungen aus. Leitungsabschlüsse werden daher meistens nicht durch ihre Impedanz, wie in der Netzwerktheorie üblich, sondern durch ihren Reflexionskoeffizienten angegeben. Der Übergang von der Impedanz- in die Reflexionskoeffizienten-Ebene wird durch eine bilineare Transformation beschrieben.

$$r_L = \frac{Z_L - Z_C}{Z_L + Z_C}$$

Hierbei ist  $r_L$  der Reflexionskoeffizient an der Last. Mit  $Z_L$  und  $Z_C$  werden die Lastimpedanz und die charakteristische Impedanz der Leitung bezeichnet. Der Effekt der Hochfrequenzleitung ist eine Drehoperation in der komplexen Reflexionskoeffizienten-Ebene.

$$r = r_L e^{-j\beta L}$$

Hierbei ist  $r$  der Reflexionskoeffizienten entlang der Leitung,  $\beta$  die Ausbreitungskoeffizienten und  $L$  der Abstand zwischen dem Abschluss und der Ebene, in der der Reflexionskoeffizient betrachtet wird. Beispielsweise kann durch eine Hochfrequenzleitung mit einer Länge, die einem Viertel der Leitungswellenlänge entspricht, ein Kurzschluss in einen Leerlauf verwandelt werden.

Die Messung von Reflexionskoeffizienten auf Leitungen stellt daher eine fundamentale Problemstellung in der Hochfrequenztechnik dar. Das entsprechende Messinstrument ist der sogenannte „vektorielle Netzwerkanalysator“, kurz VNA genannt. Bei der Messung solcher Reflexionskoeffizienten ergibt sich jedoch das prinzipielle Problem, dass alleine der unvermeidliche Übergang vom Leitungssystem des Messgerätes auf das der eigentlich zu vermessenden Leitung eine nicht zu vernachlässigende Störung darstellt. Um diese Störungen aus den Messergebnissen zu beseitigen sind ein entsprechendes Fehlermodell und Kalibriermessungen erforderlich.

### Durchzuführender Versuch

Im Frequenzbereich von 4 GHz bis 20 GHz, siehe Abbildung 1.7, sollen Reflexionsmessungen auf einer Koaxialleitung mit Hilfe eines vektoriellen Netzwerkanalysators durchgeführt werden, um die Länge einer mit einem Kurzschluss abgeschlossenen Leitung zu bestimmen. Bei dem Netzwerkanalysator handelt es sich um den Typ VectorStar MS4640A, wie in Abbildung 1.8 gezeigt. Die Messleitung hat eine Wellenimpedanz von  $50\Omega$  und einen sogenannten K-Konnektor als Anschluss, so dass die Leitung auch für Messungen bis zu Frequenzen von 40 GHz eingesetzt werden könnte.

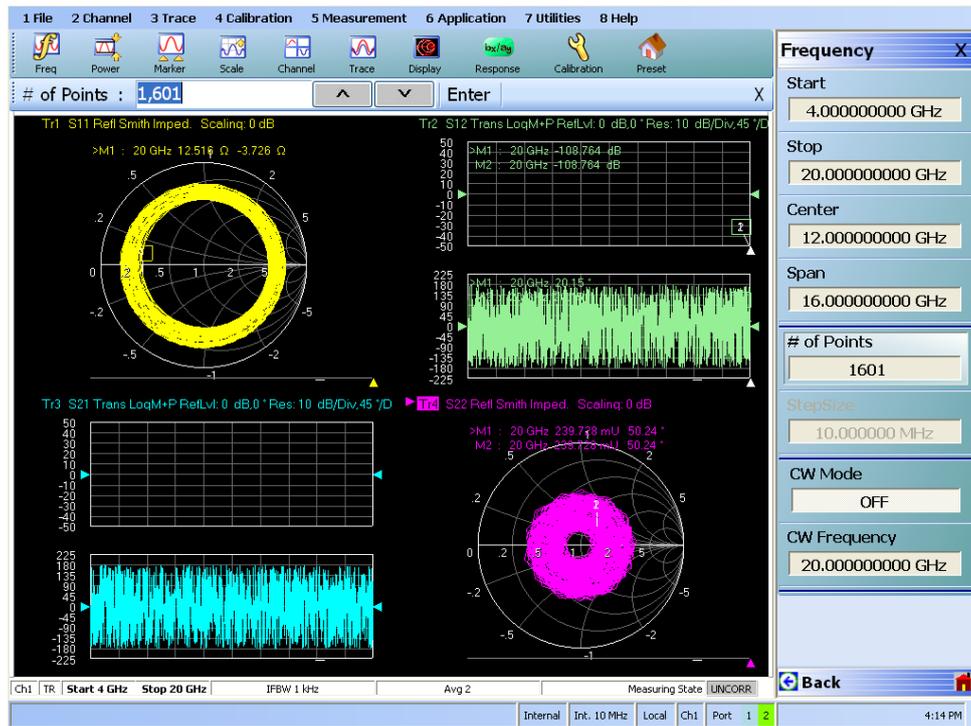


Abbildung 1.8: Wahl des Frequenzbereichs und der Anzahl der Messpunkte

Als Kalibriermethode soll das SOLT-Verfahren angewendet werden. „S“ steht dabei für Kurzschluss (Short), „O“ für Leerlauf (Open), „L“ für angepasste Last (Load) und der vierte Standard „T“ (Transmission) wird für die Messung eines einzigen Tores gar nicht benötigt. Im Rahmen des Versuches sollen die Kalibrierstandards im VNA definiert und dann vermessen werden, um die Parameter des Fehlermodells für den Übergang vom VNA auf die Messleitung zu bestimmen.

Als eigentliche Messaufgabe soll die Länge einer kurzgeschlossenen Leitung vermessen werden. Nach dem Kalibrieren des VNAs sollen daher der Reflexionskoeffizient am Eingang der Leitung als Funktion der Frequenz und daraus dann anschließend die Länge der Leitung bestimmt werden.

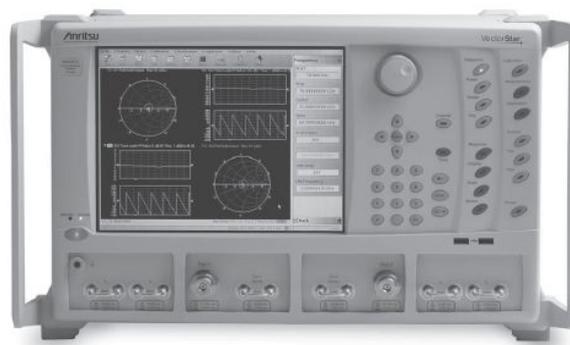


Abbildung 1.9: Netzwerkanalysator VectorStar MS4640A, Abbildung aus dem Handbuch von Anritsu

## **2 Demonstrationsversuche**

In diesem Teil des Lehrpfades werden den Schülern interessante Experimente aus der aktuellen Forschung auf den einzelnen Gebieten der Elektrotechnik und Informationstechnik vorgeführt. Die Schüler erhalten Informationsmaterial zu den einzelnen Versuchen. Die Nutzung dieses Teils des Lehrpfades ist zum Beispiel im Rahmen von Exkursionen und Projektwochen möglich, gegebenenfalls in Kombination mit Schülerexperimenten.

Die Versuchsstände gestatten Vorführungen vor einer begrenzten Anzahl von Schülern. Bei größeren Besucherzahlen ist eine Gruppeneinteilung bei wechselseitiger Versuchsdurchführung erforderlich. Die Dauer einer Vorführung ist sehr stark von den Besonderheiten des Demonstrationsversuches abhängig und beträgt zwischen 30 Minuten und 2 Stunden.

### **2.1 Mit Röntgenstrahlen dreidimensional in den Körper schauen**

### **2.2 Mit dem Magnetresonanztomograf dreidimensional in den Körper schauen**

### **2.3 Früchteraten mit Ultraschall**

### **2.4 Rettungswagen der Zukunft**

### **2.5 Das Smartphone als Röntgendosimeter**

### **2.6 Moderne Kommunikationstechnologien im Kurzwellenbereich – Funktechnik gestern und heute**