

## Hochfrequenztechnik

Arbeitsgebiete des Lehrstuhls für Hochfrequenztechnik der CAU sind „Ultra-Breitbandtechnik“, „Verstärkerprinzipien in Hochfrequenz-Kommunikations-Systemen“ und „Hochfrequenz-Sensorik“, sowie Charakterisierung und Anwendung von „Materialien der Hochfrequenztechnik“. Außerdem wird „Molekülspektroskopie“ betrieben.

Mit „Ultra-Breitbandtechnik“ (UWB, ultra-wideband) werden Arbeiten zur Fremdkörpererkennung, zur Materialcharakterisierung und im Bereich Innenraumradar durchgeführt. Hier ist die Forschung in Teilbereichen so weit fortgeschritten, dass die Verfahren zur praktischen Anwendung kommen. Neue Systemkonzepte werden für Hochfrequenz-Leistungsverstärker erforscht, um hohen Wirkungsgrad mit Verzerrungsfreiheit (Linearität) zu vereinen. Dies ist in modernen drahtlosen Nachrichtensystemen notwendig, weil moderne Modulationsverfahren oder Vielträger-Systeme erhebliche Amplitudenvariationen und damit Linearitätsanforderungen nach sich ziehen. Solche Verstärker-Systeme verbinden gleichzeitig moderne Digitalelektronik mit Hochfrequenz-Schaltungstechnik. Es stehen die „outphasing“-Technik, Envelope-Elimination and Restoration (EER) und sequentiell geschaltete Verstärker im Vordergrund. Die „Hochfrequenz-Sensorik“ stellt ein Arbeitsgebiet dar, auf dem der Lehrstuhl über langjährige Erfahrung verfügt. Es entstanden bereits unter anderem Mikrowellen-Sensoren zur Bestimmung von Stoff-Eigenschaften oder -Zuständen und solche basierend auf Radarprinzipien, beispielsweise zur Füllstandsmessung in Containern und Lagertanks. Die vorhandene Erfahrung wird zur Schaffung immer neuer, verbesserter Sensoren eingesetzt. Das Arbeitsfeld „Molekülspektroskopie im Millimeter- und Submillimeterwellenbereich“ konzentriert sich auf Molekülspektroskopie und auf die technische Verbesserung von Spektrometern. Prof. Dr. A. Guarnieri leitet diesen Bereich.

### Ergebnisse

#### Ultra-Breitbandtechnik

##### *Zeitbereichs-Spektrometer zur Materialcharakterisierung*

Auf Zeitbereichsreflektometrie (TDR) basierende Messverfahren werden seit einigen Jahren am Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik untersucht. Dabei kommen kurze Impulse mit Anstiegszeiten im 100ps-Bereich zur Anwendung (Ultra-Breitband Impulse). Aus der zeitlichen Verformung der Impulse bei Wechselwirkung mit dem Messgut kann dabei auf bestimmte Materialeigenschaften geschlossen werden. Mit sehr gutem Erfolg ließen sich im Labor solche Verfahren für die Ermittlung von Lebensmittelqualität einsetzen. Beispielsweise ist die schnelle und zerstörungsfreie Bestimmung der Frische von Fisch auf diese Weise möglich. Diese Verfahren werden derzeit anwendungsreif gemacht. In Kooperation mit führenden Unternehmen aus den Bereichen der Fischverarbeitung und der Qualitätssicherung wird ein handgehaltenes Gerät zur Bestimmung unterschiedlicher Qualitätsmerkmale von Fisch zur Marktreife entwickelt. Das Gerät ist ausschließlich mit kommerziell erhältlichen integrierten Schaltkreisen aufgebaut, die überwiegend eigentlich für Kommunikations- und Rechner-technik genutzt werden. Die Frequenz-Bandbreite von ca. 0-7.5GHz läßt sich durch den Einsatz von Schaltkreisen für die Takterzeugungssystemen von Computern realisieren. Ferner sind durch die ständig steigenden Übertragungsraten in optischen Nachrichtensystemen auch aus diesem Bereich viele Hochgeschwindigkeits-Komponenten erhältlich. Das Gerät ist überwiegend mit oberflächenmontierten Bauelementen aufgebaut, um eine einfache und kostengünstige industrielle Herstellung zu gewährleisten.

Um das Messgerät unabhängig von Umwelteinflüssen (z.B. Temperaturschwankungen) betreiben zu können, wie sie beispielsweise in Kühlhäusern oder Auktionshallen vorkommen, wurden interne Kalibrations- und Korrekturroutinen implementiert. Diese Algorithmen sind in der Firmware des Mikroprozessors integriert und laufen unsichtbar ständig im Hintergrund ab. Dabei werden Korrekturen der Zeitbasis und der Amplitude vorgenommen, indem a priori Wissen über das zu kalibrierende Messgerät genutzt wird.

Als Messsonde dient eine offene Koaxialleitung in industrieller APC7-Technik, so dass hochpräzise Messungen möglich sind. Jedoch müssen auch bei dieser Sondenform Fertigungstoleranzen beachtet werden, die leicht zu verfälschten

Messergebnissen führen können. Diese Fehler werden mit Hilfe von künstlichen neuronalen Netzen (KNN) eliminiert, die durch Vermessung von Kalibriermaterialien mit der jeweiligen APC7-Sonde bestimmt werden. Die KNN werden anschließend zur Filterung der TDR-Messdaten verwendet, so dass ein Messwert vorliegt, der unabhängig von den Sondenparametern ist.

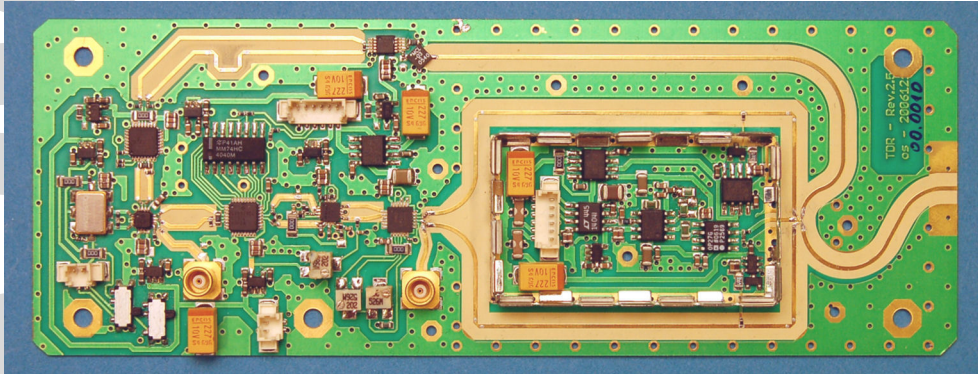


Abb. 1: Zeitbereichs-Spektrometer

### *Fremdkörperdetektion mit Mikrowellen*

Ein weiteres Anwendungsfeld für Ultra-Breitbandimpulse ist die Fremdkörperdetektion. Fremdkörper finden sich oft in Materialschüttungen und müssen dort ausgesondert werden. Dies ist insbesondere bei automatisierten Produktionsanlagen ein großes praktisches Problem. Wenn sie niedrige Frequenzanteile enthalten, sind elektromagnetische Impulse in der Lage, tief einzudringen, ohne das Basismaterial zu zerstören oder zu verunreinigen. Sie werden an Inhomogenitäten reflektiert und gestreut. Dazu muss der Fremdkörper einen Kontrast zu seinem Umfeld aufweisen. Neben der reinen Detektion ist die genaue Lokalisation von Interesse. Hier wird die kurze Impulsanstiegszeit ausgenutzt. Ziel ist dabei, mit elektromagnetischen Impulsen ein einfaches und robustes Verfahren zur schnellen Entscheidung zu etablieren und nicht, mit aufwändigen Röntgen- oder Magnetresonanzverfahren zu konkurrieren. Es wird ein Transmissionsverfahren mit einer Sendeantenne und einer Zeile von Empfangsantennen eingesetzt. Die verwendete Ultrabreitband-Technik zeichnet sich durch besonders geringe Störanfälligkeit und niedrige Leistungsabgabe aus. Die elektromagnetischen Pulse mit sehr kurzen Anstiegszeiten beinhalten bei bewegten Schüttgütern durch Dopplerverschiebung, Laufzeitverzögerung, Streuung und Dämpfung in allerding subtiler Weise eine Fülle von Informationen über das durchquerte Medium, so dass Rückschlüsse auf dessen Zusammensetzung möglich sind. Es zeigt sich, dass viele Fremdkörper in unterschiedlichen Umgebungen mit hoher Wahrscheinlichkeit detektierbar sind und die Ortsbestimmung sehr exakt erfolgen kann. Durch den Einsatz eines Feldsimulationsprogramms wurde das Streuverhalten komplexer Körper im elektro-magnetischen Wechselfeld modelliert um so theoretische und praktische Ansätze für deren Entdeckung zu finden.

### Verstärkerprinzipien in Hochfrequenz-Kommunikationssystemen

#### *Leistungsverstärker mit hohem Wirkungsgrad*

In diesem Projekt werden grundlegende Untersuchungen zur Verbesserung des Wirkungsgrades von Leistungsverstärkern für zukünftige Anwendungen in digitalen Kommunikationssystemen durchgeführt. Aufgrund der bei modernen Modulationsverfahren neben einer Phasenmodulation ausgeprägt vorhandenen Amplitudenmodulation werden die Leistungsverstärker 5-10dB unterhalb der eigentlichen Spitzenleistung betrieben, um Linearität zu gewährleisten. Dadurch wird z.B. für Verstärker im A- oder AB-Betrieb insgesamt nur ein mittlerer Wirkungsgrad von lediglich 3-10 Prozent erreicht.

Um hier eine Verbesserung zu erzielen, kann man versuchen, die Betriebsspannung der Transistor-Verstärker dynamisch zu verändern. Hierzu eignen sich z.B. das „Envelope Tracking (ET)“ - und das „Envelope Elimination and Restoration (EER)“-Verfahren. Für das ET- Verfahren wird ein kleiner Signalanteil ausgekoppelt und hieraus die Einhüllende des modulierten Signals bestimmt. Diese wird dann mit Hilfe eines breitbandigen DC-DC Wandlers verstärkt. Die so gewonnene Spannung dient als (modulierte) Betriebsspannung des linearen HF-Verstärkers (z.B. Klasse A). Das EER- Verfahren unterscheidet

sich vom ET-Verfahren dadurch, dass als HF-Verstärker ein nichtlinearer Verstärker (z.B. Klasse-E) eingesetzt wird, der von sich aus schon einen hohen Wirkungsgrad aufweist. Hierzu wird das Nachrichtensignal nach Bestimmung der Einhüllenden begrenzt, so dass es dann nur phasenmoduliert durch den Verstärker geleitet wird.

Zur Realisierung des breitbandigen DC-DC Wandlers wurden Untersuchungen durchgeführt. Es wurde ein Klasse-S Modulator aufgebaut und dessen Verhalten untersucht. Weiterhin wurde begonnen, die digitale Signalverarbeitung in Echtzeit zur Steuerung der DC-DC Wandler auf einem FPGA zu implementieren. Weiterhin wurden neuartige Transistoren (GaN) auf ihr Verhalten bei modulierter Betriebsspannung untersucht.

Ein weiterer Ansatz zur Wirkungsgradverbesserung der Leistungsverstärkung ist der Einsatz von rekonfigurierbaren Verstärkernetzwerken. Hierzu werden mehrere Leistungsverstärker zusammen geschaltet und nur so viele wie für die momentane Ausgangsleistung nötig in Betrieb genommen. Die Restlichen sind abgeschaltet und verbrauchen daher keine Energie. Hierdurch wird der Wirkungsgrad erheblich verbessert. Zentrale Bedeutung hat dabei die Leistungsaufteilung und -zusammenführung des rekonfigurierbaren Verstärkernetzwerkes. Hierfür wurden neuartige schaltbare Richtkoppler entwickelt, die verlustlose Leistungsaufteilung ermöglichen. Diese neuartigen Richtkoppler werden zum Patent eingereicht. Derzeit laufen weitere Untersuchungen anderer Richtkopplerstrukturen auf ihre Eignung als schaltbarer Leistungsteiler.

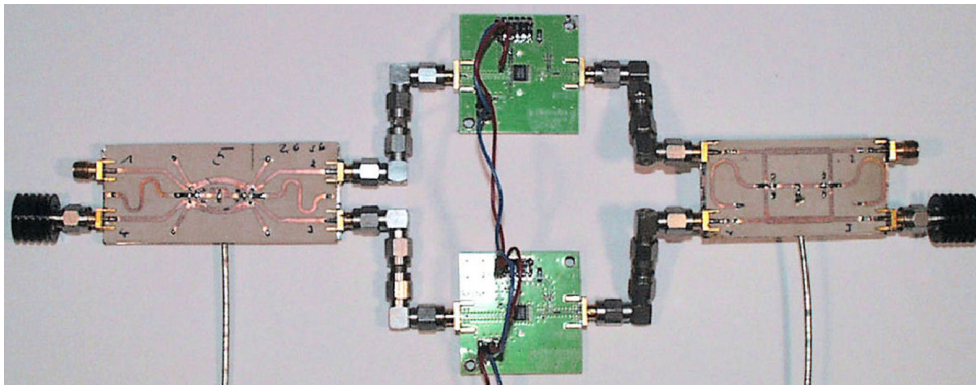


Abb. 2: Verstärker mit schaltbaren Richtkopplern

#### *Linearisierung von effizienten Leistungsverstärkern mit reaktiver Ausgangskopplung*

Bei Leistungsverstärkern besteht, wie schon angeklungen, das Problem, hohen Wirkungsgrad mit Linearität zu kombinieren. Hierfür werden unter anderem auch gekoppelte Verstärkerschaltungen mit direkter reaktiver Ausgangskopplung eingesetzt. Bei der sogenannten Chireix-Kopplung wird zur Wirkungsgrad-Verbesserung zweikanalig verstärkt. Die Lastgeraden der Verstärker werden mittels zuvor aus dem modulierten Originalsignal erzeugter Differenz-Phasenmodulation dynamisch so verändert, dass am Ausgang wieder das ursprüngliche Signal entsteht. Diese reaktive Chireix-Kopplung kann mit dem LINC-Verfahren kombiniert werden (LINC= Linear Amplification using Nonlinear Components). Hierbei werden aus einem amplituden- und phasenmodulierten Signal zwei Signale gewonnen, die ausschließlich Phasenmodulation (PM) mit einer konstanten Einhüllenden aufweisen. Die zwei PM-Signale können nun in Kompression und damit bei maximalem Wirkungsgrad verstärkt werden, ohne dass nichtlineare Intermodulationsverzerrungen auftreten, wobei die Verstärker nichtlinear sein dürfen. Die Lastgeraden-Modulation bei Leistungs-MOS-FETs führt zu einer Steigerung des Wirkungsgrades unterhalb der Vollaussteuerung (im „back off“). Da die Ausgangsspannung der Transistoren bei Modulation der Lastimpedanz nicht konstant bleibt und ein Betrieb als ideale Spannungsquelle nicht möglich ist, kommt es zwangsläufig zu Verzerrungen der Übertragungskennlinie. In unseren Forschungsarbeiten werden die Ursachen der nichtlinearen Verzerrungen sowie verschiedene digitale Vorverzerrungskonzepte theoretisch und praktisch untersucht. Hierbei werden statische und dynamische Verstärkermodelle entwickelt, die als Basis für eine Vorverzerrung und somit Linearisierung der Gesamtschaltung dienen. Hierfür steht ein am Lehrstuhl entwickelter komplexer Messaufbau zur messtechnischen Charakterisierung einerseits und zur Generierung komplexer Basisbandsignale (z.B. Testsignale, Vorverzerrungsfunktionen,

etc.) andererseits mit 4 Kanälen bis zu einer Bandbreite von ca. 120 MHz zur Verfügung. Der Applikations-Schwerpunkt liegt hier bei dem Mobilfunkstandard WCDMA (UMTS).

#### Mikrowellen-Sensorik

##### *Temperaturkompensierte Ringresonatoren*

Am Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik wurde ein neuartiger Resonator entwickelt, der auf einer dielektrisch gefüllten Trogleitung aus Aluminiumoxid basiert. Durch die Wahl dieser Struktur und des Materials wurden sehr geringe Verluste und ein sehr genau vorhersagbarer linearer Temperaturverlauf erzielt. Damit läßt sich eine um eine bis zwei Größenordnungen genauere Messung erzielen, als sie mit herkömmlichen Komposit-Resonatoren erreicht werden kann. Der Resonator läßt sich außerdem aus nur zwei Materialien fertigen und so gestalten, dass er hermetisch abgedichtet und für den explosionsgefährdeten Bereich geeignet ist.

#### Materialien für die Hochfrequenztechnik

##### *Magnetische Nanoverbundstrukturen für Hochfrequenzanwendungen*

In Kooperation mit dem Lehrstuhl für Materialverbunde und dem Lehrstuhl für Anorganische Funktionsmaterialien werden dort entwickelte neuartige magnetische Hochfrequenzmaterialien untersucht. Sie bestehen aus in Isolatoren (Kunststoffen) eingebetteten magnetischen Nanopartikeln. Mit diesen Materialien werden auch neue Hochfrequenzbauteile wie Induktoren und Transformatoren entwickelt. Ein Einsatzgebiet ist die Mobilfunkkommunikation. Spulen können mit integrierten magnetischen Kernen versehen werden. Dabei sind die Miniaturisierung und die Vergrößerung des Arbeitsfrequenzbereichs entscheidende Entwicklungsparameter. Bisher wurden mit analytischen Verfahren elektromagnetische Modelle für die Materialien als effektive Medien und zur Beschreibung der Nanoverbundstrukturen entwickelt. Parallel dazu erfolgt die Modellierung mikromechanischer toroider Induktoren zur Optimierung ihres Betriebsverhaltens bis in den Gigahertz-Bereich.

##### *Photonische Kristalle*

Seit dem Jahre 2004 werden in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Allgemeine Materialwissenschaften umfangreiche und zeitaufwendige Messungen der elektromagnetischen Feldverteilung von photonischen Kristallen durchgeführt. Dieses erfolgt in dem am Lehrstuhl vorhandenen Absorberraum, in dem ein rechnergesteuerter Feldscanner untergebracht ist. Bereits in den Vorjahren wurde messtechnisch nachgewiesen, dass mit photonischen Kristallen Metamaterialien mit negativem Brechungsindex erzeugt werden können. Im Jahre 2006 wurden die Messreihen dahingehend vertieft, die für eine Anwendung als Linse notwendige Struktur mit möglichst wenig Elementen zu realisieren. Eine weitere Fragestellung bei den durchgeführten Experimenten sind die Abbildungseigenschaften von photonischen Kristallen, die als Linse fungieren. Dafür wird vor den Linsen eine Punktquelle platziert, die bewegt wird. Bei den Messungen wird dann beobachtet, wie sich das Abbild hinter der Linse verschiebt. Die Messreihen sind noch nicht abgeschlossen.

#### Molekülspektroskopie

Die Molekülspektroskopie im Bereich der Millimeter- und Submillimeterwellenlängen (von Herrn Prof. Guarnieri durchgeführt) beschäftigt sich mit der rotationsspektroskopischen Untersuchung isolierter Moleküle in der Gasphase. In diesem Aggregationszustand befinden sich die Moleküle in einer stetigen Bewegung passend zu ihrer thermischen Energie. Ein Teil davon wird als Rotationsenergie gespeichert. Die Aktivität des Labors hat sich weiter auf die Steigerung des Auflösungsvermögens des Millimeter- und Submillimeterwellenspektrometers konzentriert, um sehr genaue Messungen der Übergangsabsorptionsfrequenzen zu gestalten. Beobachtungen im Millimeter- und Submillimeterwellenbereich haben zur Entdeckung von hunderten verschiedenen Molekülen in den interstellaren Wolken geführt. Die Laborspektren solcher Moleküle im Millimeter- und Submillimeterwellen-Bereich mit einer Genauigkeit  $\leq 1$  kHz sind heute deshalb für astrophysikalische Untersuchungen sehr gefragt. Das hiesige Spektrometer im Submillimeterbereich wurde zu diesem Zweck mit Komponenten ergänzt, die die Aufnahme von Lamb-Dips-Spektren der Absorptionslinien erlaubt haben. Diese Technik hat das Absorptionszentrum der Linien mit Genauigkeiten  $\leq 1$  kHz erlaubt. Eine entsprechende Arbeit wurde im

Journal of Molecular Spectroscopy im letzten Jahr veröffentlicht.

Im Rahmen des Kooperationsprojektes mit dem Institut für angewandte Physik der Russischen Akademie der Wissenschaften (Nizhnii Novgorod) wurden Spektren der verschiedenen Wasserisotopologen untersucht mit dem Ziel genauere Messungen der entsprechenden Frequenzen im Millimeter- und Submillimeter-Bereich zu bekommen, die mit einer Messgenauigkeit von  $\leq 1$  kHz für die Dynamik der interstellaren Wolken sehr gefragt sind. Dabei ist es uns gelungen, zum ersten Mal Linien von ortho- und para-Wasser auf Grund der verschiedenen Hyperfeinstrukturen zu beobachten und zu messen. Eine entsprechende Publikation wird im Journal for Molecular Spectroscopy erscheinen.



Abb. 3: Exkursion zu Philips-Medizinsysteme

## Personal

Leiter/-innen: Prof. Dr.-Ing. R. Knöchel; Sekretariat: M. Bork

Technisches Personal: Dipl.-Ing. (FH) W. Taute

Wissenschaftliche Mitarbeiter/-innen:

M.Sc. C.-C. Chao	01.03.-31.12.2006	fremd
UWB-Innenraumradar		
Dr.-Ing. F. Daschner	01.01.-31.12.2006	CAU
Photonische Kristalle / Mikrowellensensoren für dielektrische Eigenschaften / Miniaturisierter Netzwerkanalysator		
M.H. Eghlidi	01.10.-31.12.2006	DAAD
Simulation von magnetodielektrischen Nano-Materialien		
Dipl.-Ing. W. Gerhard	01.01.-31.12.2006	fremd
Verstärker mit hohem Wirkungsgrad		

Dipl.-Ing. A. Gülck	01.01.-31.12.2006	CAU
Identifikation von Objekten durch Mikrowellenstreuung		
Dipl.-Ing. F. Hettstedt	01.10.-31.12.2006	DFG
Magnetische Nanoverbundstrukturen für Hochfrequenzanwendungen		
Dipl.-Ing. T. Lehmann	01.01.-31.12.2006	BIS
Wirkungsgradverbesserung von Leistungsverstärkern		
Dr.-Ing. H. Liu	01.10.-31.12.2006	Humboldt
Doherty-Leistungsverstärker		
Dr.-Ing. O. Schimmer	01.01.-31.12.2006	CAU
Industrielle Weiterentwicklung eines Zeitbereichs-Messsystems		
M.Sc. O. Teplyuk	01.06.-31.12.2006	fremd
Messung der Partikeldichte in Abgasen		

## Vorlesungen, Seminare und Praktika

### *Winter 2005/2006*

Leitungstheorie, 2 (+ 1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,  
R. Knöchel (+ F. Daschner)

Hochfrequenzschaltungen für Mobil- und Satellitenfunk, 2 (+ 1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,  
R. Knöchel (+ T. Lehmann)

Radar, 2 (+ 1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,  
R. Knöchel (+ A. Gülck)

Praktikum Hochfrequenztechnik, 4 Std. Praktikum/Woche,  
R. Knöchel (+ F. Daschner, A. Gülck, T. Lehmann, O. Schimmer)

Seminar Hochfrequenztechnik, 1 Std. Seminar/Woche,  
R. Knöchel

### *Sommer 2006*

Nichtlineare Schaltungen, 2 (+ 1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,  
R. Knöchel (+ A. Gülck)

Hochfrequenztechnik, 2 (+ 1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,  
R. Knöchel (+ F. Daschner)

Radar, 2 (+ 1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,  
R. Knöchel (+ A. Gülck)

Communication Devices II: RF Communication, 2 (+ 1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,  
R. Knöchel (+ T. Lehmann)

Hochfrequenzmesstechnik, 2 (+ 1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,  
R. Knöchel (+ T. Lehmann)

Praktikum Hochfrequenztechnik, 4 Std. Praktikum/Woche,  
R. Knöchel (+ F. Daschner, A. Gülck, T. Lehmann, O. Schimmer)

Seminar Hochfrequenztechnik, 1 Std. Seminar/Woche,  
R. Knöchel

*Winter 2006/2007*

Leitungstheorie, 2 (+ 1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,  
R. Knöchel (+ F. Daschner)

Hochfrequenzschaltungen für Mobil- und Satellitenfunk, 2 (+ 1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,  
R. Knöchel (+ T. Lehmann)

Radar, 2 (+ 1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,  
R. Knöchel (+ F. Hettstedt)

Praktikum Hochfrequenztechnik, 4 Std. Praktikum/Woche,  
R. Knöchel (+ F. Daschner, A. Gülck, F. Hettstedt, T. Lehmann, O. Schimmer)

Seminar Hochfrequenztechnik, 1 Std. Seminar/Woche,  
R. Knöchel

### **Drittmittel**

Q-Bioanalytic / ChiPro GmbH, *Dielektrisches Zeitbereichsreflektometer (Q-Check)*, 01.05.2005-30.04.2007 (95000 EUR)

Q-Bioanalytic / ChiPro GmbH, *Untersuchung des Reifegrades von Früchten (B-Ripe)*, 01.05.2005-30.04.2007 (49000 EUR)

Deutsche Forschungsgemeinschaft, *Magnetic nanocomposites for rf applications in mobile communication*, 01.10.2006-30.09.2008 (136566)

Deutscher Akademischer Austausch Dienst, *Leonhard-Euler-Projekt, Zielland: Ukraine*, 01.07.2006-31.08.2007 (8580)

### **Weitere Zusammenarbeiten, Technologietransfers und Konsultationen**

Mit dem Lehrstuhl für „Allgemeine Materialwissenschaften“ (Prof. Föll) der **Technischen Fakultät der CAU** besteht eine intensive Zusammenarbeit im Bereich „Photonische Kristalle“. Realisierte derartige Kristalle werden am Lehrstuhl für „Hochfrequenztechnik“ hinsichtlich der Feldverteilung im echofreien Raum charakterisiert.

Mit den Lehrstühlen für „Materialverbunde“ (Prof. Faupel) und für „Anorganische Funktionsmaterialien“ (Prof. Quandt) der **Technischen Fakultät der CAU** wird im Bereich „Magnetische Nanokomposite“ für hochfrequenztechnische Anwendungen kooperiert.

Mit der **Kharkov National University (KNU)**, Kharkov, Ukraine, assoziiert mit den Forschungsinstituten der ukrainischen Akademie der Wissenschaften „Institute of Radiophysics (IRE)“, Prof. Shchegoleva und Prof. Khlopov, und dem „Institute of Radioastronomy (IRA)“, Prof. Vavriv, besteht eine Kooperation hinsichtlich Radiophysik und Radioelektronik, Radartechnik und biologischen Wirkungen elektromagnetischer Wellen und Felder, sowie im Rahmen des Leonard Euler Programmes des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD).

Mit der **Technischen Universität Hamburg Harburg**, Prof. Dr. A. Jacob und Prof. Dr. K. Schünemann, besteht Zusammenarbeit in den Bereichen „Mikrowellenkomponenten“, „Mikrowellen-Messtechnik“ und „Radartechnik“.

Mit dem **Applied Physics Institute der Russian Academy of Science** (Dr. Gera Golubjatnikov und Dr. Vladimir Markov) besteht eine Zusammenarbeit bezüglich Submillimeter-Schaltungstechnik und Molekülspektroskopie.

Kooperation über „Mikrowellensensorik“ für Anwendungen im Bereich Lebensmitteltechnik im Rahmen von Nacharbeiten des Projektes SEQUID und für Support von Messgeräte-Prototypen besteht mit der **Bundesforschungsanstalt für**

Ernährung und Lebensmittel - Forschungsbereich Fischqualität, Hamburg , Prof. Dr. J. Oehlenschläger, dem Swedish Institute for Food and Biotechnology, SIK, Göteborg, Schweden , U.K. Berger, dem CSIC - Instituto del Frio Consejo Superior de Investigaciones Cientificas, Spanien , Dr. Tejada, und dem IPIMAR - Instituto de Investigacao das Pescas e do Mar - Departamento de Inovacao Tecnologica e Valorizacao dos Produtos da Pesca, Portugal , Dr. Nunes.

Mit der Firma **Q-Bioanalytic** , Bremerhaven, besteht eine Kooperation zur Entwicklung von Zeitbereichs-Messgeräten zur Qualitätsbestimmung von Lebensmitteln.

Mit der Firma **AMS - Advanced Microwave Systems** , Elmshorn besteht eine Kooperation über „Feuchte- und Dichtemesstechnik mit Mikrowellen“.

Mit der Firma **Trützschler** , Mönchengladbach wird zusammengearbeitet hinsichtlich hochgenauer Dichtemessung an Fasern im Bereich des Textilmaschinenbaus.

Mit **NXP Semiconductors** , Nijmegen, Holland, besteht eine Kooperation im Bereich Hochfrequenz-Leistungsverstärker.

Mit **NXP Semiconductors** , Hamburg, besteht eine Kooperation bezüglich mikromechanischer Systeme zu „Testschaltungen bei Mikrofonen“.

Mit **Baker Hughes INTEQ GmbH** , Celle wird im Bereich Hochfrequenzsensoren kooperiert.

## Diplom- und Master-Arbeiten

R. Dombach, *Ultrabreitband-Messsystem zur Charakterisierung dielektrischer Materialien*, 13.06.2006

F. Hettstedt, *HF-Leistungsverstärker mit schaltbarer Ausgangsleistung*, 07.08.2006

J. Zhang, *Klasse-S Verstärker zur breitbandigen DC-DC Konvertierung*, 11.08.2006

## Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2006

F. Daschner, R. Knöchel, W. Taute, C. Döscher, *Feuchte- und Dichtemessung, Präzise und zerstörungsfreie Bestimmung in Echtzeit*, GIT Laborfachzeitschrift, **11/2006**, 1024 - 1027 (2006)

F. Daschner, R. Knöchel, E. Foca, J. Carstensen, V.V. Sergentu, H. Föll, I.M. Tiginyanu, *Photonic crystals as host material for a new generation of microwave components*, Advances in Radio Science, **4**, 17 - 19 (2006)

E. Foca, H. Föll, J. Carstensen, V.V. Sergentu, I.M. Tiginyanu, F. Daschner, R. Knöchel, *Strongly frequency dependent focussing efficiency of a concave lens based on two-dimensional photonic crystals*, Applied Physics Letters, **88**, 011102 (2006)

W. Gerhard, R. Knöchel, *Differentially coupled outphasing WCDMA transmitter with inverse class F power amplifiers*, IEEE Radio and Wireless Symposium Digest, 355 - 358 (2006)

W. Gerhard, R. Knöchel, *Improvement of power amplifier efficiency by reactive Chireix combining, power back off and differential phase adjustment*, IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, 1887 - 1890 (2006)

W. Gerhard, R. Knöchel, *A 2.14 GHz inverse class F Si-LDMOS power amplifier with voltage second harmonic peaking*, Proceedings 2nd German Microwave Conference, (2006)

G.Yu. Golubiatnikov, V.N. Markov, A. Guarnieri, R. Knöchel, *Hyperfine structure of H<sub>2</sub> 160 and H<sub>2</sub> 180 measured by Lamb-dip technique in the 180-560 GHz frequency range*, Journal of Molecular Spectroscopy, **240**, 251 - 254 (2006)

A. Gülck, O. Schimmer, R. Knöchel, *Detection, Localisation and Tracking of Foreign Objects Using UWB-Pulses*, Proceedings 2nd German Microwave Conference, (2006)

O. Schimmer, R. Knöchel, *A fast handheld TDR-System based on commercially available hardware*, Proceedings of the Mediterranean Microwave Symposium 2006, 523 - 526 (2006)



- O. Schimmer, R. Plagge, R. Knöchel, *Bestimmung von Materialfeuchte im Bauwesen mit Hilfe eines miniaturisierten breitbandigen Zeitbereichsreflektometers*, Berichtsband zum Workshop IFFP 2006, 15 - 21 (2006)
- Reinhard Knöchel, Ian Oppermann, Armin Wittneben, *Guest Editorial*, IEEE Trans. on Microw. Theory Tech., vol.54, No.4, 1633 - 1636 (2006)

## Patent-Anmeldungen

- Reinhard Knöchel, Wolfgang Taute, Claas Döscher, *Mikrowellensensor zur Messung der dielektrischen Eigenschaften eines Produkts*, Gebrauchsmusterschrift Deutsches Patentamt, 11.05.2006, DE 20 2004 020 949 U1 2006.06.14
- Reinhard Knöchel, Wolfgang Taute, Claas Döscher, *Mikrowellenmessvorrichtung zur Bestimmung mindestens einer Messgröße an einem Produkt*, Europäisches Patentamt, 16.05.2006, EP06009520
- Reinhard Knöchel, Wolfgang Taute, Claas Döscher, *Split Ring Resonator*, Europäisches Patentamt, 20.08.2006, EP06018052

## Präsentationen

- W. Gerhard, R. Knöchel, *Differentially coupled outphasing WCDMA transmitter with inverse class F power amplifiers*, IEEE Radio and Wireless Symposium, San Diego, USA, 18.01.2006
- F. Daschner, R. Knöchel, *Mikrowellen Resonatoren zur zerstörungsfreien Feuchtemessung in Echtzeit*, 1. Jahrestagung des Arbeitskreises Prozessanalytik der Gesellschaft Deutscher Chemiker, Berlin, 22.03.2006
- W. Gerhard, R. Knöchel, *A 2.14 GHz inverse class F Si-LDMOS power amplifier with voltage second harmonic peaking*, German Microwave Conference 2006, Karlsruhe, 29.03.2006
- A. Gülck, *Localisation and Tracking of Foreign Objects Using UWB-Pulses*, 2nd German Microwave Conference, Karlsruhe, 30.03.2006
- E. Foca, J. Carstensen, H. Föll, F. Daschner, R. Knöchel, V.V. Sergentu, I.M. Tiginyanu, *Polarization dependent functionality of optical elements based on (quasi) periodic two-dimensional structures*, Photonic Metamaterials from Random to Periodic, Freeport, Bahamas Grand Island, 05.-08.06.2006
- W. Gerhard, R. Knöchel, *Improvement of power amplifier efficiency by reactive Chireix combining, power back off and differential phase adjustment*, IEEE MTT-S International Microwave Symposium, San Francisco, USA, 15.06.2006
- O. Schimmer, R. Plagge, R. Knöchel, *Bestimmung von Materialfeuchte im Bauwesen mit Hilfe eines miniaturisierten breitbandigen Zeitbereichsreflektometers*, Innovative Feuchtemessung in Forschung und Praxis, Karlsruhe, 21.09.2006
- O. Schimmer, R. Knöchel, *A fast handheld TDR-System based on commercially available hardware*, Mediterranean Microwave Symposium 2006, Genua, Italien, 17.10.2006
- R. Knöchel, W. Taute, *Characteristics of Lumped Element Branch Line Couplers*, XVI International Conference on Microwaves, Radar and Wireless Communications, MIKON 2006, Krakau, Polen, 22.-26.05.2006
- R. Knöchel, *Mikrowellen-Sensoren für die Prozesskontrolle*, Kolloquium Forschungszentrum Jülich, Jülich, Deutschland, 06.04.2006

## Andere Aktivitäten und Ereignisse

R. Knöchel ist: Mitglied im Programmkomitee des „IEEE International Microwave Symposium“, Vice-Chairman des Technischen Komitees (TC) MTT-16 „Microwave Systems“ des IEEE, Mitglied des „Technical Coordination Committee (TCC)“ des IEEE-MTT, zuständig für „European Liaison“, Mitglied des „Executive Committee“ der „International Conference on Ultrawideband“ (ICUWB), Mitglied im „editorial board“ der Fachzeitschrift „Frequenz“, Mitglied im Fachausschuss 7.3 „Mikrowellentechnik“ des VDE, Mitglied in der „URSI“, Kommission A, Mitglied der „European Microwave Association (EuMA)“, Gutachter in der Auswahlkommission des Deutschen Akademischen Auslandsdienstes (DAAD) für Ausländer aus der Region Nordafrika/Nahost, Gutachter im Preiskomitee des „Schmidt Römhild Technologiepreises“, Reviewer für verschiedene Fachzeitschriften und Konferenzen. Er diente als Chairman für diverse Sitzungsleitungen bei Konferenzen

(u.a. German Microwave Conference, IEEE International Microwave Symposium, European Microwave Conference).

**Prof. Dr. Reinhard Knöchel** war mit Prof. A. Stelzer, Linz, Österreich, Prof. R. Weigel, Erlangen und Dr. J. Sachs, Ilmenau Organisator eines ganztägigen Workshops mit dem Titel „UWB for Wireless Communication, Local Positioning and Sensing“ auf dem IEEE International Microwave Symposium 2006 in Long Beach, California, USA.

**Prof. Dr. Reinhard Knöchel** war ebenfalls zusammen mit Prof. Dr. Ian Oppermann, Oulu, Finland und Prof. Dr. A. Wittneben, ETH Zürich „Guest Editor“ der „Special Issue on Ultra-Wideband“ der IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, April 2006, Vol.54, No.4.

**Dr.-Ing. Frank Daschner** erhielt einen Lehrauftrag zur Durchführung der englischsprachigen Vorlesung „Radio Frequencies I“ an der Fachhochschule Lübeck.

**Dipl.-Ing. Walter Gerhard** erhielt einen Lehrauftrag an der Fachhochschule Lübeck für den ISE RF.

**Dipl.-Ing. Walter Gerhard** war Reviewer für die „IEEE Microwave and Wireless Components Letters“.

Der Lehrstuhl wirkte mit an der Schüler AG Technik (Bau von FM-Radios durch die Schüler) und an der Projektwoche Mobilfunk.

Es wurden zwei eintägige Studentenkursionen zu Blaupunkt, Hildesheim (09.02.2006) und Philips Medical, Hamburg (18.07.2006) durchgeführt, wie immer hervorragend organisiert von Herrn Dipl.-Ing. T. Lehmann.

*Am Lehrstuhl arbeitend:* Prof. A. Guarneri, Leiter der Arbeitsgruppe „Molekülspektroskopie“.