

Hochfrequenztechnik

Seit Ende der achtziger Jahre vollzieht die Hochfrequenztechnik aufgrund von Halbleitertechnologischen Fortschritten einen Wandel weg von teuren Spezialanwendungen hin in Richtung auf Massenartikel und Konsumelektronik. Beispiele hierfür sind Satellitenfernsehen, KFZ-Abstandswarnradar und Mobilfunktechnik. Zu den Anwendungen, die im Zuge dieser Entwicklung erst heutzutage praktikabel werden, gehören auch industrielle Mikrowellen-Sensoren und -Messsysteme. Hier liegt ein erster Schwerpunkt der Tätigkeit des Lehrstuhls für Hochfrequenztechnik. Erfahrungen, die innerhalb der letzten zwanzig Jahre gesammelt wurden, erlauben, in diesem Bereich weltweit an vorderster Front mitzuarbeiten. Es entstanden unter anderem Mikrowellen-Sensoren auf dielektrometrischer Basis zur Bestimmung von Stoff-Eigenschaften oder -Zuständen und solche basierend auf Radarprinzipien, beispielsweise zur Füllstandsmessung in Containern und Lagertanks. Aktuelle Projekte befassen sich mit Sensoren zur Bestimmung der Zusammensetzung von Lebensmitteln und zur schnellen Qualitätsbestimmung, Messsystemen zur präzisen Feuchte- und Dichtemessung in Echtzeit und zur Charakterisierung dielektrischer Schichten. Ein zweiter Arbeitsschwerpunkt konzentriert sich auf elektronische Komponenten und Subsysteme für moderne nachrichtentechnische Anwendungen. Moderne Sender- und Empfängerkonzepte stehen dabei im Vordergrund. Ein erstes Projekt hat aktive Antennen zum Gegenstand, wobei insbesondere deren Rauschverhalten von Interesse ist. In einem zweiten Projekt werden moderne Leistungsverstärker-Prinzipien untersucht. In der Mobilfunktechnik stehen hier Wirkungsgrad und Linearität im Vordergrund. Versucht man, beide Eigenschaften gleichzeitig zu erreichen, führt das auf widersprüchliche Anforderungen beim Entwurf der elektronischen Schaltungen. Ein weiteres Arbeitsfeld am Lehrstuhl ist die Molekülspektroskopie im Mikro- und Submillimeterwellenbereich.

Results

Spektroskopische Verfahren im Frequenzbereich

Eine schnelle und zerstörungsfreie Bestimmung der Zusammensetzung von Materialien, insbesondere von Naturstoffen, ist in produktionstechnischen Anlagen oft erforderlich. Speziell im lebensmitteltechnischen Bereich hängen davon Authentizität, Sicherheit und Qualität der Produkte ab. Bisher stehen in diesem Bereich fast ausschließlich lebensmittelchemische Laboranalysen zur Verfügung, die hohen Zeitaufwand erfordern. Zielsetzung war daher, ein mikrowellentechnisches Schnellverfahren zu entwickeln, mit dem es möglich ist, in Sekunden oder Sekundenbruchteilen Aussagen über prozentuale Anteile bestimmter Bestandteile machen zu können und so Proben zu identifizieren, für die eine nähere Laboranalyse erforderlich ist. Dies würde beispielsweise die Überwachung stark vereinfachen. Die Bestimmung der Zusammensetzung von Lebensmitteln gelingt durch die multivariate Verarbeitung gemessener dielektrischer Spektren. Dabei wird der Verlauf der Permittivität im Frequenzbereich von 200 MHz bis 12 GHz ermittelt. In der Praxis hat sich gezeigt, dass es sogar ausreicht, Messgrößen zu bestimmen, die in definierter, jedoch möglicherweise unbekannter Form von der Permittivität abhängen. Die Bestandteile der Lebensmittel definieren den Frequenzgang ihrer komplexwertigen dielektrischen Spektren, der sich aufgrund der Komplexität des Stoffgemisches nur schwer physikalisch modellieren lässt. Durch Hauptkomponentenanalyse, Partial Least Squares Regression oder durch Anwendung künstlicher neuronaler Netze ist es jedoch möglich, den Gehalt wichtiger Bestandteile wie natürlich enthaltenes Wasser, gleichzeitig vorhandenes künstlich zugesetztes Wasser, Protein, Fett und Salz zu ermitteln. dies wurde anhand zahlreicher Messreihen gezeigt. Bei der Materialanalyse wurde mit lebensmitteltechnischen Instituten kooperiert. Die Bestimmung dielektrischer Spektren erfordert normalerweise den Einsatz eines teuren Laborgerätes (Netzwerkanalysator). Um das neue Messverfahren praktisch anwendbar zu machen, wurde ein dediziertes Messgerät entwickelt und dessen Funktionsfähigkeit demonstriert.

Spektroskopische Verfahren im Zeitbereich

Im Rahmen eines von der EU unterstützten Projektes (QLRT-2000-01643:SEQUID) wurde mit der Etablierung eines Messverfahrens und der Entwicklung von geeigneten Mikrowellen-Messgeräten zur Bestimmung der Qualität von Lebensmitteln begonnen (Fisch und Meeresfrüchte). Innerhalb eines Konsortiums besteht eine Kooperation mit den Fischereiforschungsanstalten Deutschlands, Spaniens und Portugals und einem schwedischen lebensmitteltechnischen

Forschungsinstitut. Im Gegensatz zum vorherigen Projekt, bei dem Bestandteile quantitativ bestimmt wurden, stellt Qualität eine eher abstrakte Größe dar. Wesentliche Einflussfaktoren sind hier Lagerzeiten und Lagertemperaturen, also die Vorgeschichte der gemessenen Proben. Im Rahmen dieses Vorhabens wurde gezeigt, dass auch solche Informationen im dielektrischen Spektrum enthalten, jedoch nicht auf einfache Weise sichtbar sind. Durch Applikation geeigneter Signalspektren lassen sich Lagerzeiten und auch Lagertemperaturen mittels eines Mikrowellen-Schnellverfahrens mit bisher ungekannter Genauigkeit bestimmen. Es kommen dabei Mikrowellensignale in Form von extrem breitbandigen Frequenzspektren zur Anwendung. Diese Signale werden über eine Sonde in Form einer offenen Koaxialleitung auf die gemessene Probe appliziert, welche eine verzerrte Reflexion des Signals verursacht. Die reflektierten Mikrowellen werden anschließend von einem Mikrowellenempfänger akquiriert und in digitale Signale zur weiteren Verarbeitung umgewandelt. Aus der unterschiedlichen Verformung der Mikrowellenspektren lassen sich mittels statistischer mathematischer Methoden Rückschlüsse auf die Qualität (z.B. Alter, Lagerungsdauer u. -temperatur, QIM, usw.) des untersuchten Gewebes ziehen. Die zur Etablierung des Messverfahrens und zur Kalibrierung der Geräte benötigten Daten von Proben mit bekannter Historie wurden in langangelegten Messreihen mit Laborinstrumenten ermittelt. Im Rahmen des SEQUID Projektes wurden 5 Prototypen entwickelt und an die Projektpartner ausgeliefert. Mit Hilfe der Prototypen werden ausgedehnte Messreihen zur Validation der Methodik durchgeführt. Ferner wird eine geräteunabhängige Auswertung der Messdaten implementiert. Zu diesem Zweck werden verschiedene Referenzmaterialien mit Labormessgeräten und mit den unterschiedlichen Prototypen vermessen. Die gewonnenen Daten fließen dann in die Kalibrationsgleichung der Geräte mit ein.



Fig. 1: Prototyp des Mikrowellen-Zeitbereichsreflektometers zur Bestimmung der Qualität von Fisch

Feuchtemessung mit multivariaten Auswerteverfahren

Ein weiteres Anwendungsgebiet der Mikrowellen-Spektroskopie in Verbindung mit multivariater Auswerteverfahren ist die berührungsfreie Feuchtebestimmung von Schüttgütern. Bei dieser Methode werden ultra-breitbandige Impulse über eine Antenne abgestrahlt. Die Signale durchdringen das Messmaterial und werden auf der anderen Seite des Materials mit einer baugleichen Antenne empfangen. Die Verformung des Sendesignals wird genutzt, um eine Feuchtemessung unabhängig von der Schichtdicke durchzuführen.

Fremdkörpererkennung mit Mikrowellen

In vielfältigen industriellen Anwendungen sind Informationen über Materialzusammensetzung und Verunreinigungen von immenser Bedeutung. Um während des Herstellungsverfahrens einwandfreie Ausgangsstoffe zu gewährleisten, ist eine fortwährende Kontrolle notwendig. Gegenüber herkömmlichen Sensoren oder mechanischen Methoden bietet die eingesetzte Mikrowellenstrahlung aufgrund ihrer Wellenlänge verschiedene Vorteile bezüglich Eindringtiefe, Detektionsbandbreite und Handhabung. Neben herkömmlichen Verfahren mit sehr geringer Bandbreite nehmen Ultrawideband-Methoden einen

immer größeren Raum ein. Dabei sollen Materialeigenschaften mit kurzen abgestrahlten Pulsen ermittelt und eine Lokalisierung von Fremdkörpern in Substanzen ermöglicht werden. Grundvoraussetzung für diese Prozessstomografie sind breitbandig einsetzbare Komponenten und Antennen. Besonders letztere sind Gegenstand der momentanen Arbeit. Die untersuchten Techniken lassen sich neben Rohstoffvermessung dazu verwenden, um Aussagen über Objekte im Alltag zu erhalten. So können Stahlarmierungen im Beton von Bauwerken oder Rohrleitung unter Straßen detektiert und charakterisiert werden. Die Messungen verlaufen dabei zerstörungsfrei und lassen sich jederzeit reproduzieren.

Aktive Antennenarrays

Für zukünftige Sender und Empfänger sind aktive Antennenarrays von Interesse. Das Rauschen in solchen Antennensystemen wird untersucht. Neben dem Rauschverhalten im Freiraum wurde auch der Betrieb eines Antennensystems mit einer Anzahl von Verstärkerquellen in einem Parallelplattenhohlleiter betrachtet. Hintergrund ist die Möglichkeit, hier bei entsprechender Dimensionierung eine TEM-Welle anzuregen, also Quasi-Fernfeldbedingungen zu erhalten und dort Signaladdition durchzuführen. Dies ist möglich bei vergleichsweise kleinen Abmessungen und damit geringen Streckendämpfungen. Letztere sind bei Rauschmessungen besonders hinderlich, da sie eine starke Beschränkung des zur Verfügung stehenden Dynamikbereichs bewirken. Durch die weitestgehend abgeschirmte Struktur sind äußere Störeinflüsse stark vermindert. Weiterhin kann der Aufbau bei entsprechend kurzen Wellenlängen durch seine geringe Bauhöhe als zweidimensional betrachtet werden. Dies ist insbesondere für die im weiteren geplante Untersuchung des Verhaltens von periodischen Dielektrika zur Beeinflussung des Rauschverhaltens von Antennen nützlich.

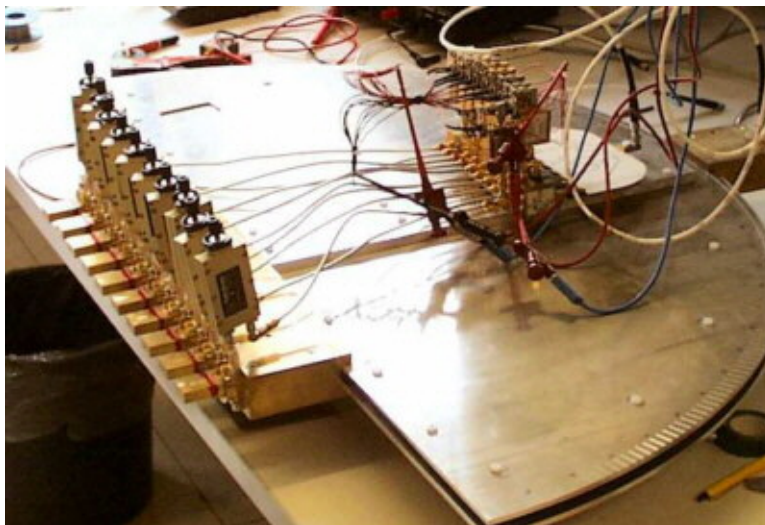


Fig. 2: Addition der Ausgangsleistung von zehn Halbleiterverstärkern eines aktiven Antennenarrays in einer Parallelplattenleitung zur Charakterisierung des Signal-Rauschverhältnisses der Anordnung

Linearisierte Leistungsverstärker mit hohem Wirkungsgrad

In der modernen Kommunikationstechnik werden zunehmend Leistungsverstärker mit einerseits sehr hoher Linearität und andererseits mit hohem Wirkungsgrad benötigt. Sendeverstärker, die auf einem Schaltprinzip beruhen, können Wirkungsgrade bis zu 100% erreichen. Solche Schaltverstärker, wie z.B. die Klasse E-Verstärker, sind aus der wissenschaftlichen Literatur bis ca. 10 GHz bekannt. Die Realisierung und die Verwendung sowie die Optimierung des Wirkungsgrades im neuen Mobilfunkstandard W-CDMA stehen im Vordergrund. Bei geringer Betriebsspannung, hoher Ausgangsleistung sowie unter Berücksichtigung von parasitären Transistor-Reaktanzen gestaltet sich die praktische Realisierung solcher Verstärker im GHz-Bereich sehr schwierig. Zudem erfüllen herkömmliche Klasse-E-Verstärker unter bestimmten Umständen die Anforderungen im System nicht. Daher werden „modifizierte“ Klasse-E Verstärker im

Frequenzbereich um die 2 GHz und ihre Realisierung mittels konzentrierter Elemente (Baugröße) unter Berücksichtigung parasitärer Reaktanzen untersucht. Ein weiteres Problem liegt darin, dass alle hocheffizienten Schaltverstärker stark nichtlinear und daher bei den verwendeten Modulationsverfahren der 3. Generation (amplituden- und phasenmodelliert / AM-PM) nicht einsetzbar sind. Ein mögliches Verfahren zur Abhilfe ist das LINC-Verfahren, bei dem ein AM und PM-Signal in zwei PM-Signale umgesetzt und dann auf zwei nichtlineare Verstärker gegeben wird. Die anschließende Summation stellt wiederum das verstärkte AM/PM-Signal her. Ein weiteres Verfahren, welches am Lehrstuhl untersucht wird, ist die sogenannte Kahn-Technik, bei welcher ein Schaltverstärker wiederum nur ein phasenmoduliertes Signal verstärkt und die notwendige Amplitudeninformation über die Modulation der Betriebsspannung erreicht wird. Die hierfür benötigte Amplitudenleistung wird mit Hilfe spezieller Klasse-S-Modulatoren, die im analogen Basisband mit pulswellenmodulierten Signalen arbeiten, generiert. Aufgrund der heutigen Möglichkeiten der digitalen Signalverarbeitung können wichtige Komponenten im digitalen Basisband realisiert werden. Dieses Verfahren hat allerdings auch Nachteile, die bei der Anwendung in W-CDMA-Systemen eine praktische Umsetzung sehr erschweren. Arbeitsthemen sind die Schaffung einer Entwicklungsplattform (FPGA) für die digitale Signalaufbereitung in Echtzeit und die Realisierung wichtiger digitaler Signalverarbeitungskomponenten. Unerlässlich ist das Bereitstellen von realen Uplink- (von Handy zur Basisstation) sowie Downlink- (von Basisstation zu Handy) Signalen, die durch ihre charakteristischen statistischen Amplitudenverteilungen bestimmt werden. Weiterhin stehen der Aufbau und Untersuchungen der oben beschriebenen komplexen Systeme im Blickfeld sowie die Realisierung aller notwendigen analogen Komponenten, wie z.B. Klasse E-Schaltverstärker, Klasse-S-Modulatoren, IQ-Modulatoren, Filter, Hybride etc.

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. Im Rahmen der Molekülspektroskopie konzentrierten sich die Aktivitäten auf die Bestimmung von Rotationsparametern (Rotationskonstanten, Zentrifugalverzerrungskonstanten bis zur achten Ordnung) von seltenen Isotopomeren des Moleküls Keten ($D_2^{13}CCO$, $D_2C^{13}CO$, $DHCCO$). Nach der Substitution von Wasserstoff mit Deuterium sind beide ^{13}C -Isotopomere in natürlicher Konzentration untersucht worden, was einer Absorptionsintensität entspricht, die etwa 1/100 der Intensität der Linien des deuterierten Isotopomers ist. Ausserdem sind Ergänzungsmessungen am Isotopomer $DHCCO$ durchgeführt worden, um genauere Werte der Rotationsparameter zu bekommen. Alle gewonnenen Parameter werden dann für eine Strukturanpassung nach den erst kürzlich publizierten Theorien über dieses Argument verwendet. Keten ist ein wichtiges Molekül, nicht nur wegen der hohen Reaktivität, sondern auch weil es im interstellaren Raum detektiert worden ist.

Personnel

Head of the group: Prof. Dr.-Ing. R. Knöchel; Secretary: M. Bork
 Technical Staff: Dipl.-Ing. (FH) W. Taute

Scientific Staff:

Dr.-Ing. F. Daschner	01.01.-31.12.2003	CAU
Mikrowellensensoren mit multivariaten statistischen Auswerteverfahren		
Dipl.-Ing. W. Gerhard	01.01.-31.12.2003	CAU
Verstärker mit hohem Wirkungsgrad		
Dipl.-Ing. A. Gülck	01.01.-31.12.2003	EU
A new method for the objective measurement of the quality of seafoods		

Dr. M. Kent	01.01.-31.12.2003	EU
A new method for the objective measurement of the quality of seafoods		
Dipl.-Ing. A. Schaab	01.01.-31.12.2003	CAU
Rauschen in aktiven Antennenarrays		
Dipl.-Ing. O. Schimmer	01.01.-31.12.2003	CAU
Ultrabreitband-Sensorik		

Lectures, Seminars, and Laboratory Course Offers

Winter 2002/2003

Leitungstheorie, 2 (+ 1) hrs Vorlesung (+ Exercises)/Week,
R. Knöchel (+ F. Daschner)

Rauschen in Kommunikations- und Meßsystemen, 2 (+ 1) hrs Vorlesung (+ Exercises)/Week,
R. Knöchel (+ A. Schaab)

Hochfrequenzschaltungen für Mobil- und Satellitenfunk, 2 (+ 1) hrs Vorlesung (+ Exercises)/Week,
R. Knöchel (+ W. Gerhard)

Hochfrequenzmeßtechnik, 2 (+ 1) hrs Vorlesung (+ Exercises)/Week,
R. Knöchel (+ O. Schimmer)

Praktikum Hochfrequenztechnik, 4 hrs Praktikum/Week,
R. Knöchel (+ A. Schaab)

Seminar Hochfrequenztechnik, 1 hrs Seminar/Week,
R. Knöchel

Summer 2003

Nichtlineare Schaltungen, 2 (+ 1) hrs Vorlesung (+ Exercises)/Week,
R. Knöchel (+ A. Schaab)

Hochfrequenztechnik, 2 (+ 1) hrs Vorlesung (+ Exercises)/Week,
R. Knöchel (+ F. Daschner)

Radar, 2 (+ 1) hrs Vorlesung (+ Exercises)/Week,
R. Knöchel (+ A. Gülck)

Communication Devices II: RF Communication, 2 (+ 1) hrs Vorlesung (+ Exercises)/Week,
R. Knöchel (+ W. Gerhard)

Praktikum Hochfrequenztechnik, 4 hrs Praktikum/Week,
R. Knöchel (+ A. Schaab)

Seminar Hochfrequenztechnik, 1 hrs Seminar/Week,
R. Knöchel

Winter 2003/2004

Leitungstheorie, 2 (+ 1) hrs Vorlesung (+ Exercises)/Week,
R. Knöchel (+ F. Daschner)

Rauschen in Kommunikations- und Meßsystemen, 2 (+ 1) hrs Vorlesung (+ Exercises)/Week,
R. Knöchel (+ A. Schaab)

Hochfrequenzschaltungen für Mobil- und Satellitenfunk, 2 (+ 1) hrs Vorlesung (+ Exercises)/Week,

R. Knöchel (+ W. Gerhard)

Hochfrequenzmeßtechnik, 2 (+ 1) hrs Vorlesung (+ Exercises)/Week,

R. Knöchel (+ O. Schimmer)

Praktikum Hochfrequenztechnik, 4 hrs Praktikum/Week,

R. Knöchel (+ A. Schaab)

Seminar Hochfrequenztechnik, 1 hrs Seminar/Week,

R. Knöchel

Third-Party Funds

Europäische Kommission, *A new method for the objective measurement of the quality of seafoods*,

01.09.2001-31.08.2004 (466.891,00 EUR)

TuTech, *Schnelle Dichtemessung an strangförmigen Materialien*, 01.02.-31.12.2003 (20.000,00 EUR)

Deutsche Forschungsgemeinschaft, *Aufbau und Optimierung von Spektrometern für den Submillimeterwellen-Bereich sowie rotationspektroskopische Messungen an interstellaren Spezies*, 01.11.2003-31.10.2005 (6.000,00 EUR)

Further Cooperation, Consulting, and Technology Transfer

AMS-Advanced Microwave Systems, Elmshorn: Mit der Firma wurde ein Technologie-Transfer bezüglich Mikrowellen-Sensorik zur Feuchte- und Dichtemesstechnik mit Mikrowellen durchgeführt.

Bikotronik, Deidesheim: Die Firma wurde unterstützt bei der Entwicklung von Mikrowellensensoren für die Feuchtemesstechnik in Beton.

Fa. Trützschler, Mönchengladbach: Konsultation zu Verfahren der hochgenauen Dichtemessung für Faserstränge beim Textilmaschinenbau. Die Firma möchte einen bisher mechanisch arbeitenden Dichtesensor durch einen Mikrowellensensor ersetzen.

Firma UVC, Hamburg: Unterstützung beim Bau von hochlinearen und effizienten Verstärkern im Frequenzbereich von einigen hundert Megahertz.

Continental AG, Hannover: Schaffung von berührungslosen Mikrowellensensoren zur Zustandsbestimmung der Reifen (Profiltiefe) von Lastkraftwagen.

Firma Hagenuk, Kiel

Diploma, Bachelor and Master Theses

R. Lucks, *Entwicklung eines Ultrabreitband-Radars*, 12.09.2003

C. Möller, *Entwicklung und Untersuchung von ultrabreitbandigen Abtastgliedern*, 17.09.2003

J.-P. Herbst, *Entwicklung eines Netzwerkanalysators mit Folgegenerator*, 03.12.2003

Publications

Published in 2003

F. Daschner, R. Knöchel, *Dielectric microwave sensors with multivariate calibration*, Advances in Radio Science, 1, 9 - 13 (2003)

O. Schimmer, F. Daschner, R. Knöchel, M. Kent, J. Oehlenschläger, S. Mierke-Klemeyer, M. Kröger, U.-K. Barr, P. Floberg, M. Tejada, A. Huidobro, L. Nunes, I. Batista, A. Martins, *A Handheld TDR-system for the Determination of the Quality*

- of Seafood*, First Joint Trans-Atlantic Fisheries Technology Conference (TAFT), 33rd WEFTA Meeting and 48th Atlantic Fisheries Technology Conference, Reykjavik, Island, (2003)
- M. Kent, R. Knöchel, F. Daschner, O. Schimmer, J. Oehlenschläger, S. Mierke-Klemeyer, U.-K. Barr, P. Floberg, M. Tejada, A. Huidobro, L. Nunes, I. Batista, A. Martins, *A new Approach to Measurement of Fresh and Frozen Fish Quality*, First Joint Trans-Atlantic Fisheries Technology Conference (TAFT), 33rd WEFTA Meeting and 48th Atlantic Fisheries Technology Conference, Reykjavik, Island, (2003)
- O. Schimmer, F. Daschner, M. Kent, R. Knöchel, *Bestimmung von Qualität und Lagerungsdauer von Mischungsdielektrika durch Zeitbereichsspektroskopie*, Kleinheubacher Tagung, 20 (2003)
- A. Schaab, R. Knöchel, *Quasioptische Empfängerstrukturen*, Kleinheubacher Tagung, 43 (2003)
- O. Schimmer, R. Knöchel, *A Handheld TDR-System with a Fast System Rise-Time and a High Resolution-Bandwidth for Moisture Measurement in the Microwave Frequency Range*, 5th International Conference on Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances, Rotorua, Neuseeland, 171 - 179 (2003)
- M. Kent, R. Knöchel, F. Daschner, O. Schimmer, J. Oehlenschläger, S. Mierke-Klemeyer, U.-K. Barr, P. Floberg, *Dielectric Spectroscopy and Multivariate Analysis: Applications to Fish Quality Measurements*, 5th International Conference on Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances, Rotorua, Neuseeland, 64 - 69 (2003)
- F. Daschner, R. Knöchel, *A new Transmission-Line Sensor for Measuring the Composition of Foodstuffs using Microwaves*, 5th International Conference on Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances, Rotorua, Neuseeland, 24 - 31 (2003)
- A. Guarnieri, A. Huckauf, *The Rotational Spectrum of Ketene Isotopomers with 18O and 13C Revisited*, Z. Naturforsch., 58a, 275 - 279 (2003)

Patent Applications

- F. Daschner, M. Kent, R. Knöchel, O. Schimmer, *Verfahren zur Schnellbestimmung charakteristischer Merkmale und Eigenschaften von Lebensmitteln*, Deutsches Patentamt, 21.03.2003, DE10312838.7
- H. Möller, J. Tobias, W. Taute, R. Knöchel, *Resonatereinrichtung, insbesondere Mikrowellenresonatereinrichtung und Messeinrichtung*, Deutsches Patentamt, 05.06.2003, DE10157266A1
- A. Dörr, R. Knöchel, *Reifenprofiltiefe mit Mikrowellenreflexion nach Polarisation oder Frequenz*, Europäisches Patentamt, 13.03.2003, EP1348933

Further Activities and Events

Dr. Frank Daschner wurde mit dem Preis des Fördervereins der Technischen Fakultät für die beste Dissertation des Jahres ausgezeichnet.

Prof. Dr. Reinhard Knöchel wurde mit dem „TSH-Technologietransfer-Preis 2003“ ausgezeichnet.

R. Knöchel: Co-ordinator im EU-Vorhaben QLRT-2000-01643, A new method for the objective measurement of the quality of seafoods (SEQUID).

Organisation 4. Projekttreffen EU-Vorhaben QLRT-2000-01643, A new method for the objective measurement of the quality of seafoods (SEQUID), 12.-17.06.2003, Reykjavik.

Organisation 5. Projekttreffen EU-Vorhaben QLRT-2000-01643, A new method for the objective measurement of the quality of seafoods (SEQUID), 19.-23.11.2003, Madrid.

R. Knöchel: Mitglied im Programmkomitee des „IEEE International Microwave Symposium 2002“ in Philadelphia, USA. Sitzungen im Januar und Juni.

R. Knöchel: Mitglied im Fachausschuss MTT-16 „Microwave Systems“ des IEEE. Sitzung im Juni.

R. Knöchel: Mitglied im „editorial board“ der Fachzeitschrift „IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques“

R. Knöchel: Mitglied im Fachausschuss 7.3 „Mikrowellentechnik“ des VDE. Sitzungen im Januar und Oktober.

R. Knöchel: Mitglied in der „URSI“ , Kommission A.

R. Knöchel: Assoziiertes Mitglied der EuMA (European Microwave Association).

R. Knöchel: Gutachter in der Auswahlkommission des Deutschen Akademischen Auslandsdienstes (DAAD) für Ausländer aus der Region Nordafrika/Nahost. Sitzungen im Januar und Juni.

R. Knöchel: Gutachter im Preiskomitee des „Schmidt Röhild Technologiepreises“ . Sitzung im Oktober.

R. Knöchel: Mitglied im Programmkomitee der „Fifth International Conference on Electromagnetic Wave Interaction With Water And Moist Substances“ , Rotorua, Neuseeland.

R. Knöchel: Reviewer für die Europäische Mikrowellenkonferenz, München, 2003.

R. Knöchel: Sitzungsleitung auf der Europäischen Mikrowellenkonferenz, München, 2003.

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