

Tagungsprogramm

Zusammenfassungen der Beiträge

Conference Program

Abstracts

U.R.S.I.

Landesausschuss in der
Bundesrepublik Deutschland e.V.

Kleinheubacher Tagung 2013

23. – 25. September 2013

Altes Rathaus - Miltenberg

INHALTSVERZEICHNIS / CONTENTS

Eingeladene Übersichtsvorträge.....	1
Young Scientist Award Papers.....	2
Kommission A.....	3
Kommission B.....	6
Kommissionen C und D.....	11
Kommission C.....	13
Kommission D.....	18
Kommission E.....	20
Kommission F.....	22
Kommission G Special Session.....	23
Kommissionen G, H und J.....	28
Kommission K	29

KHT2013-Special Session.1-2**Karl Rawer: Space Research and International Cooperation –
Laudation on the occasion of the 100th birthday of
Professor Karl Rawer**Bodo Reinisch

(Lowell Digisonde International, Lowell, Massachusetts, USA)

Karl Rawer, born on 19 April 1913 in Neunkirchen/Saarland, became one of the leaders of Germany's space research. The ionosphere was discovered during Rawer's lifetime, and he has dedicated his life to the exploration of this part of Earth's environment. The horrible events of World Wars I and II shaped his early life, but they also launched his career as one of the eminent geophysical scientists of the twentieth century. After studies in mathematics and physics with Gustav Doetsch in Freiburg and Arnold Sommerfeld in Munich, he wrote his doctoral dissertation with Jonathan Zenneck developing the theory of high-frequency radio wave propagation and reflection in the ionosphere. During World War II Rawer was put in charge of ionospheric radio wave propagation predictions for the German forces, and after the war he continued this work as scientific director of the French Service de Prévision Ionosphérique de la Marine. As early as 1946 he assembled a team of scientists and engineers to establish ionospheric research institutes initially in Schloss Neuershausen near Freiburg with SPIM support, and then in Breisach under the auspices of the Deutsche Post. Considering Germany's damaged image in the world, Rawer systematically fostered international cooperation especially with France, Belgium, and the United States and sought early contacts to the then separated Deutsche Demokratische Republik and the Soviet Union, but also with Asia via joint rocket launches in India. In 1953 appeared Rawer's book "Die Ionosphäre", the first book ever published that discusses wave propagation in the context of ionospheric morphology; it was reissued in English in 1957. In 1954, Rawer's team participated in the first launch for the ionospheric exploration of the Veronique rocket in Hammaguir/Algeria. Also, the Breisach Ionosphären Institut helped establish vertical and oblique sounding observatories in places like Athens, Genua, De Buit, and Dourbes leading to continuing international scientific cooperation. Rawer's quest to fully understand and describe the physical processes that form the ionosphere and control its behavior always included experimental verifications of any theoretical model. Remote radio sensing as well as rocket and satellite measurements were the tools. In 1963 he founded the Arbeitsgruppe für Physikalische Weltraumforschung (APW) in Freiburg with support from the Fraunhofer Gesellschaft that eventually transitioned into the Institut für Physikalische Weltraumforschung. With project funding from the Deutsche Forschungsgemeinschaft, and in cooperation with NASA and the European Space Agency ESRO, instruments for the measurement of temperature and ion composition were launched on the AEROS (1972) and AEROS-B (1974) satellites. The AEROS satellite measurements complemented the ionosonde and incoherent scatter radar measurements used for the development of the International Reference Ionosphere (IRI). In 1968 COSPAR, joint by URSI in 1969, formed the IRI Task Force and appointed Karl Rawer its first chairperson. Today the empirical IRI model which is periodically revised after ingestion of new observational data has become the world's most trusted ionospheric model and an ISO standard. Rawer's former students and colleagues, spread throughout the world, have continued his work and expanded it along new venues, always following his example: scientific rigor and honesty, respect for colleagues and coworkers, and international cooperation.

KHT2013-Special Session.1-3**Planetary Radio Astronomy: Earth, Giant Planets, and Beyond**Helmut Rucker

(Space Research Institute, Austrian Academy of Sciences, Graz, Austria)

The magnetospheric phenomenon of non-thermal radio emission is known since the serendipitous discovery of Jupiter as radio planet in 1955, opening the new field of "Planetary Radio Astronomy". Since then continuous ground-based observations and in particular spaceborne measurements enabled a comprehensive view on a fascinating research area. Space missions as the Voyagers to the Giant Planets, specifically Voyager 2 further to Uranus and Neptune, Galileo orbiting Jupiter, and now Cassini in orbit around Saturn since July 2004, provide a huge amount of radio data, well embedded in other experiments monitoring space plasmas and magnetic fields.

As one of the most sophisticated spacecraft the Cassini mission, now in space for almost 16 years and still in excellent health, enabled for the first time a seasonal overview of the magnetospheric variations and their implications to the generation of radio emission. Non-thermal radiation manifests itself as the emission of electromagnetic waves under specific conditions. Generated by electrons due to their cyclotron motion around magnetic field lines, this radio emission provides clues to the planetary magnetic field strength and, by observing the radio emission modulation, to the rotation period of the respective planetary core. At present most disturbing findings are then the variable rotational modulation of Saturn kilometric wavelength radio emission (SKR) as seen by Cassini, compared with early Voyager observations, and their seasonal variations.

Prominent features in the radio recordings are the so-called SEDs, Saturn Electrostatic Discharges, i.e. lightning strokes and their radio signatures as a result of huge atmospheric storm systems, which may eventually encircle the complete Saturn globe. For the first time these lightning caused radio bursts could be observed by the giant radio telescope UTR-2 in the Ukraine.

Jupiter as the most powerful radio emitter, even after almost 6 decades of continuous observation still provides surprises. By both NASA Stereo-A and -B spacecraft not only an unambiguous determination of different radio components of Jupiter is possible, but the very faint radio signatures of a new component of decametric radiation has recently been detected. This new component with a modulation slightly slower (approx. 10 min.) than the System III Jupiter rotation indicates a source location somewhere in the Io torus, unlike the other Jovian radio components which are located either in the Jovian auroral regions or in the Io flux tube close to Jupiter.

In order to analyse the plasma, electric and magnetic field conditions in detail a crossing of the radio source regions has to be performed which at present has only been possible in the terrestrial magnetosphere. The Cyclotron Maser Instability (CMI) is the fundamental mechanism under which generation and sufficient amplification of non-thermal radio emission is most likely. Considering these physical processes, further theoretical investigations have been started to investigate the conditions and possibilities of non-thermal radio emission from exoplanets, from potential radio planets in exoplanetary systems. Obviously the at present instrumental constraints of ground-based radio telescopes do not allow to observe exoplanetary radio emission, but it is potentially likely that such far distant objects exhibit these properties which would open new ways to characterize their inherent plasma and magnetic environment.

KHT2013-Übersichtsvortrag**Advanced Radar Techniques - Recent Developments at
Fraunhofer-FHR**Joachim Ender(Fraunhofer-Institute for High Frequency Physics and Radar
Techniques FHR, Wachtberg, Germany; Chair for High Frequency
Sensors and Radar Techniques, University Siegen, Center for
Sensor Systems ZESS, Siegen, Germany)

As one of the 60 institutes of the Fraunhofer society, FHR conducts application-oriented research in the field of radar techniques and technologies and other related high frequency areas. In this overview presentation we will address some recent developments of advanced radar techniques.

The improvement of *space situational awareness* (SSA) is of increasing importance since the societies internal and external stability depends more and more on the proper functioning of our space-based infrastructures. SSA is not possible without efficient sensor systems, among which radar is the outstanding tool because of its capabilities for long range – all weather operation. The FHR competence center for space observation collects information about the situation in the near-Earth orbits, evaluates the actual space debris situation, performs prognoses about collision risks and provides support for missions in space for world-wide institutions. Radar imaging techniques (ISAR: inverse synthetic aperture radar) allow the analysis of individual satellites, contribute to monitoring of their orbiting and de-orbiting and sometimes exhibit damages on space objects.

As a second theme *aerospace radar techniques* will be presented covering remote sensing and ground reconnaissance with air- and space borne radar. With the airborne X-Band sensor PAMIR high-resolution SAR imaging is performed with multi-mode operation using an electronically steerable phased array antenna producing images at sub-decimeter resolution of outstanding quality. Interferometric SAR at these resolutions can be used for the three-

dimensional analysis of single buildings. A special mode of PAMIR is multi-channel scan-MTI, with the application to sensitive detection, positioning and tracking of ground moving vehicles. A bistatic mode allows SAR imaging using a dis-located transmitter mounted at another flying platform – aircraft or satellite. In this mode also imaging in flight direction is possible.

For medium range SAR imaging is possible also at millimeter wave frequencies. MIRANDA-94 is a miniaturized FMCW SAR working at 94 GHz which can be flown by a small UAV. The data are down-linked and processed in real time. ISAR turntable imaging is performed with frequencies up to 300 GHz and bandwidths up to 40 GHz producing images with ultra-high resolution (down to 3.75 mm).

Finally we will present some very recent radar concepts: Multi-Input-Multi-Output (MIMO) radar allows sophisticated modes for target detection and imaging with a reduced number of single antennas. Passive coherent location (PCL) uses the illumination by radio and television transmitters. For both configurations the new technique of compressive sensing is a candidate for future efficient processing.

YOUNG SCIENTIST AWARD PAPERS

KHT2013-YSA-1 (Kommission B)

Acoustic Scattering of a Complex-Source Beam by the Edge of a Plane Angular Sector

Hendrik Brüns, Ludger Klinkenbusch
(Arbeitsgruppe Computational Electromagnetics,
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Germany)

In dem Beitrag wird erstmals die Beugung und Streuung eines skalaren Complex-Source Beams (CSB) an der Spitze eines akustisch weichen oder harten semiinfiniten ebenen Sektors unter Zuhilfenahme einer sphärischen Multipolentwicklung analytisch untersucht. Die Ergebnisse sollen unter anderem eingesetzt werden, um erweiterte asymptotische strahlenbasierte Verfahren wie die Geometrische Theorie der Beugung (GTD) durch Bereitstellung des zugehörigen Diffraktionskoeffizienten zu verbessern.

Die Beschreibung des Sektors erfolgt als Koordinatenfläche in elliptischen Kegelkoordinaten. Die Helmholtz-Gleichung ist in diesem Koordinatensystem vollständig separierbar; die Lösungen können als Produkte von sphärischen Zylinderfunktionen und periodischen sowie nichtperiodischen Laméschen Funktionen dargestellt werden. Die so erhaltenen Eigenfunktionen werden für eine exakte sphärische Multipolentwicklung des Feldes in Anwesenheit eines Sektors genutzt.

Als anregende Quelle wird in dem Beitrag erstmals ein CSB verwendet. Dieser entsteht über die Greensche Funktion des Sektors bei Zuweisung eines komplexwertigen Ortes einer Punktquelle. Vereinfacht man lediglich die radiale Quell-Koordinate des CSB als komplexwertig, beschreibt dieser asymptotisch einen Gaußschen Strahl, der direkt auf die Sektorspitze einfällt. Zusammen mit der Eigenschaft, dass der Krümmungsradius der Wellenfronten nahe der Strahlentaille gegen unendlich geht, ergibt sich bei geeignet gewählten Parametern eine räumlich eng lokalisierte auf die Sektorspitze zulaufende ebene Welle. Damit kann deren Interaktion mit der Sektorspitze in Anwesenheit der semi-infiniten Struktur vollständig analysiert werden. Besonders für den praktischen Einsatz wichtig ist dabei der Vorteil gegenüber bisherigen Verfahren, bei denen nicht-lokalisierte ebene Wellen als Quellen eingesetzt werden, dass die Multipolentwicklungen des Streufeldes mittels CSBs stets schnell konvergente Reihenlösungen erzeugen.

Die numerischen Ergebnisse beinhalten Konvergenzuntersuchungen, Darstellungen des Gesamtfeldes im Nahbereich der Sektorspitze sowie des gestreuten Fernfeldes, jeweils für verschiedene Richtungen der Anregung und sowohl für einen akustisch weichen als auch für einen akustisch harten Sektor.

KHT2013-YSA-2 (Kommission B)

Fast Near-Field Far-Field Transformation for Phaseless and Irregular Antenna Measurement Data

Georg Schnattinger, Carlos Lopez, Emre Kiliç, Thomas F. Eibert
(Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik, Technische Universität München, Germany)

The characterization of antenna radiation patterns by transformed near-field measurements requires accurate amplitude and phase data. Especially at higher frequencies, this causes problems and calls for expensive measurement equipment. Amplitude-only antenna field measurements are theoretically sufficient for the unique determination of antenna far-fields. Therefore, phaseless

techniques are of special interest. However, the required field transformations are extremely challenging, since they are nonlinear and strongly ill-posed.

In this work, the amplitude-only or phaseless near-field far-field transformation problem is formulated as a nonlinear optimization problem and the fast irregular antenna field transformation algorithm (FIAFTA) is employed as the linear transformation operator within the nonlinear formulation, since it provides the necessary flexibility and efficiency. A hybrid solution procedure is described which combines a genetic algorithm with an iterative conjugate gradient search method. Numerical results prove the effectiveness of the formulation. It is shown that the algorithm remains stable when the noise level is moderate. Nevertheless, regularization techniques might be beneficial to further improve the robustness of the algorithm.

In the future, the FIAFTA-based phaseless transformation could be employed for the transformation of power measurements in the near-field of mobile devices. The flexibility of the approach might also lead to the development of completely new applications which had not been possible with existing methods.

KHT2013-YSA-3 (Kommission C)

Improved Fault Tolerance of Turbo Decoding Based on Optimized Index Assignments

Jan Geldmacher, Jürgen Götze
(Arbeitsgruppe Datentechnik, Technische Universität Dortmund, Germany)

This paper investigates the impact of an error-prone buffer memory on a channel decoder as employed in modern digital communication systems. The work is on one hand motivated by the fact that energy efficient decoder implementations may not only be achieved by optimizations on algorithmic level, but also by chip-level modifications. One of such modifications is so called aggressive voltage scaling of buffer memories, which, while achieving reduced power consumption, also injects errors into the likelihood values used during the decoding process.

On the other hand, it has been recognized that the ongoing increase of integration density with smaller structures makes integrated circuits more sensitive to process variations during manufacturing, and to voltage and temperature variations. This may lead to a paradigm shift from 100%-reliable operation to fault tolerant signal processing. Both reasons are the motivation to discuss the required co-design of algorithms and underlying circuits.

For an error-prone receive buffer of a Turbo decoder the influence of quantizer design and index assignment on the error resilience of the decoding algorithm is discussed. It is shown that a suitable design of both enables a compensation of hardware induced bits errors with rates up to 1% without increasing the computational complexity of the decoder.

KHT2013-YSA-4 (Kommission F)

Abbildendes MIMO-Radar mit modifizierten Chirp-Signalen

Tobias Rommel, Marwan Younis, Gerhard Krieger
(DLR Microwaves and Radar Institute, Wessling, Germany)

Ein Radar mit synthetischer Apertur (SAR) und mehreren Send- und Empfangskanälen (MIMO-SAR) bietet eine höhere Flexibilität, sowie eine verbesserte Effizienz gegenüber einem konventionellen SAR-System mit einem Kanal. Die multiplen Empfangskanäle können unter anderem dazu genutzt werden, die Streifenbreite bei gleichbleibender Azimutauflösung zu erhöhen oder räumliche Interferenzen zu unterdrücken. Mehrere Sendekanäle, welche simultan im gleichen Frequenzband senden, stellen jedoch gegenwärtig eine Herausforderung dar. Die Generierung einer orthogonalen Signalförmigkeit, welche die Ambiguitätsbedingungen erfüllt und für Punkt- und Flächenziele gleichermaßen eine ausreichend gute Impulsantwort erzielt, erweist sich mit herkömmlichen Methoden als ausgeschlossen. Daher wird in diesem Paper eine modifizierte Chirp-Signalförmigkeit eingeführt, welche in Kombination mit digitaler Strahlformung die Ambiguitätsfunktion um einen weiteren Freiheitsgrad erweitert und somit eine perfekte Orthogonalität ermöglicht. Weiterhin wird auf das Hardware-Design des MIMO-Radar Demonstrators, ein Multikanal-Messsystem für Radar und SAR-Anwendungen, eingegangen. Dieses im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. entwickelte System ermöglicht die messtechnische Verifikation von dem in diesem Paper dargestellten Signalförmigkeiten, sowie weiterer innovativer Konzepte zukünftiger Erdbeobachtungsmissionen.

KHT2013-YSA-5 (Kommission G)

Geometric considerations of polar mesospheric summer echoes in tilted beams using coherent radar imaging

Svenja Sommer, Gunter Stober, Jorge Chau, Ralph Latteck, Marius Zecha

(Leibniz Institute of Atmospheric Physics, Kühlungsborn, Germany)

Polar mesospheric summer echoes are a known phenomenon in VHF radars. Some facts of PMSE are studied in detail (e.g. aspect sensitivity, spectral width), but the influence of the geometry of these echoes in multi-beam experiments has not been analyzed yet. Here we present the application of coherent radar imaging in an experiment employing 81 beam pointing directions with off-zenith angles up to 25° with the Middle Atmosphere Alomar Radar System (MAARSY) in Northern Norway. MAARSY can be divided into several sub-arrays, each connected to its own receiving channel. The 16 receiving channels can be used to apply imaging techniques to increase the spatial resolution and to locate the position of the mean scatterer within the beam volume for every beam pointing direction and range gate.

Our results indicate that the mean influence of the location of the maximum depends on the tilt of the beam and on the observed area of the PMSE. The geometry of the PMSE has a big influence on the scattered signal and should be considered in the wind analysis as the mean scatterer deviates from the nominal beam pointing direction up to 3°.

KHT2013-YSA-6 (Kommission G)

A study of the quasi 2 day wave over Collm (51.3° N, 13.0° E) 2005-2012

Friederike Lilienthal, Christoph Jacobi

(Institute for Meteorology, University of Leipzig, Germany)

The quasi 2 day wave (QTDW) at Collm (51°N, 13°E) has been studied between 2005-2012 using a VHF meteor radar. The 8 year mean amplitudes show a strong summer maximum with several irregular bursts and much weaker winter maxima. In summer, the meridional amplitude is slightly larger than the zonal one with about 15ms-1 at 91km height. Phase differences are slightly higher than 90° which indicates that the wave has a polarization that is not exactly circular. On an average the QTDW is amplified after a maximum of zonal wind shear. This can be realized in the summer mesospheric jet where the zonal wind component has its minimum or, in other words, the easterly jet maximizes. Thus, instability is found as a likely forcing mechanism. QTDW amplitudes exhibit considerable interannual variability. In particular, there is a possible relation between the QTDW amplitude and the 11-year solar cycle in winter but not in summer.

KOMMISSION A

SITZUNG A.1

KHT2013-A.1-1

Synthetische Kalibrierstandards für die Reflektometerkalibrierung

M. Zimmermanns, B. Will, I. Rolfes
(Ruhr-Universität Bochum, Germany)

Synthetische Kalibrierstandards stellen einen neuen Ansatz zur Generierung von Kalibrierstandards dar. Im Rahmen dieses Beitrags wird der Einsatz von synthetischen Kalibrierstandards zur 1-Tor oder Reflektometerkalibrierung vorgestellt.

Das Fehlerkorrekturverfahren für Reflektometer fasst die Einflüsse des Messgerätes auf die Messung in einem Fehlertor zusammen. Um dieses Fehlertor bestimmen zu können, werden allgemein drei Messungen mit drei beliebigen, jedoch unterschiedlichen und völlig bekannten Kalibrierstandards durchgeführt. Daher kommen in den meisten Fällen Methoden wie das SOM-Verfahren (Short, Open, Match) oder das Sliding-Short-Verfahren zum Einsatz. Typische Fehlerquellen, die hier auftreten können, sind Veränderungen der Fehlertore durch mechanische Änderungen am Messaufbau. Beispielsweise durch den Wechsel eines Kalibrierstandards oder einer Veränderung seiner mechanischen Länge. Besonders im Rahmen von Freiraumanwendungen führt dies zu Problemen. Dieser Beitrag nutzt den Ansatz der sogenannten synthetischen Kalibrierstandards. Ähnlich dem Sliding-Short-Verfahren wird hier die elektrische Länge eines Reflexionsstandards variiert, um einen

neuen Abschluss zu generieren. Diese Änderung der Phase, die bisher durch eine Variation der mechanischen Länge erreicht wurde, basiert hier auf einer Verschiebung der Frequenz. Das bedeutet, der bereits breitbandig vermessene Standard kann dazu genutzt werden, einen weiteren synthetischen Standard zu generieren. Auf diese Weise reduziert sich die Anzahl der Kalibrierstandards und es müssen keinerlei mechanische Veränderungen an dem Messaufbau vorgenommen werden. Auf mechanischen Veränderungen basierende Fehler werden somit auf ein Minimum reduziert.

Der hier vorgestellte Ansatz wird an Hand von verschiedenen Messungen verifiziert und die Ergebnisse werden mit denen von bereits etablierten Kalibrierverfahren verglichen.

KHT2013-A.1-2

Anwendung einer 4N-Tor-Systemfehlerkorrektur für Twisted-Pair-Kabelmessungen bei paarweise verkoppelten Reflektometern und Kalibrierung mit unbekannter Durchverbindung

S. Kolb, R. Stolle

(Fachhochschule Augsburg, Germany)

Der sich fortsetzende Trend zur Steigerung der Übertragungsgeschwindigkeit von DSL-Systemen (z.B. G.vector, G.fast) erfordert auch eine Erweiterung bestehender Kabel-/Kanalmodele für Twisted-Pair-Kabel. Diese Modelle müssen hinsichtlich ihres gültigen Frequenzbereiches (bis zu 300 MHz), aber auch um eine kohärente Beschreibung des Fernnebensprechens erweitert werden. Theoretische Betrachtungen sind zu diesem Zweck mit Messungen verschiedener Kabeltypen zu bestätigen. Insbesondere für höhere Frequenzen ist dabei der Einsatz eines Netzwerkanalysators empfehlenswert.

Die vorliegende Arbeit untersucht ein für 4N-Tore geeignetes Messverfahren unter Einbeziehung einer Systemfehlerkorrektur und ihrer Kalibrierung. Ein Adernpaarende des Twisted-Pair-Kabels wird jeweils mithilfe eines Messadapters an zwei Tore des Netzwerkanalysators geführt. Durch die resultierende räumliche Nähe der Einzelpfade entsteht dabei eine Verkopplung über das eigentliche Messobjekt hinweg. Dieser Umstand ist im Hinblick auf eine geeignete Systemfehlerkorrektur und ein zugehöriges Kalibrierverfahren zu berücksichtigen.

Die für die Systemfehlerkorrektur notwendige Nachbildung mit einem Fehlernetzwerk wird in der Literatur häufig als Vollmodell bezeichnet und besitzt insgesamt 16 Unbekannte bei Einsatz von vier Messstellen für zwei Messtore. Durch Verwendung eines Kalibrierverfahrens mit vollständig bekannten Standardzweiten, oder eines Selbstkalibrierverfahrens mit teilweise unbekannten Standardzweiten, werden je Messadapter 15 Unbekannte bestimmt. Darauf aufbauend kann an diesem Adernpaarende eine vollständige Korrektur der Messwerte durchgeführt werden.

In einem nächsten Schritt sind die resultierenden Gleichungssysteme der Fehlermodelle der Messadapter an den beiden Adernpaarenden miteinander zu verknüpfen, so dass eine sich anschließende Systemfehlerkorrektur auch Messungen zwischen den Adernpaarenden zulässt. Eine ideale Durchverbindung kann dabei aufgrund räumlicher Trennung der Adernpaarenden meist nicht hergestellt werden. Durch eine Beschreibung des Messsystems als Kaskade von Viertoren lässt sich eine noch verbleibende Unbekannte unter Voraussetzung von Reziprozität einer sonst unbekannten Durchverbindung bestimmen. Dieses Vorgehen wird anhand von Messungen mit einem koaxialen und einem nicht-koaxialen System in Verbindung mit einem 4-Tor-Netzwerkanalysator demonstriert.

KHT2013-A.1-3

Anisotropie von Feldstärkemessgeräten

R. Pape, T. Kleine-Ostmann, T. Schrader

(Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Germany)

Die genaue Kenntnis der Anisotropie eines Feldstärkemessgerätes stellt ein wichtiges Kriterium bei der Beurteilung von Messergebnissen im Bereich der EMV-Messtechnik dar, insbesondere bei Personenschutzmessungen.

Unter dem Begriff Anisotropie bezeichnet man die Änderung des Anzeigewertes des Gerätes bei Änderung von dessen Lage relativ zum elektrischen oder magnetischen Feldvektor. In der Normung finden sich hierzu unterschiedliche Messverfahren, die zu teilweise deutlich unterschiedlichen Ergebnissen führen. Zum einen wird ein Gerät bei der Kalibrierung parallel zum magnetischen Feldvektor ausgerichtet und um die Längsachse gedreht, zum anderen wird mit Rotation im analytischen Winkel, d.h. in Richtung der Raumdiagonale, der Sensor ausgerichtet. Eine weitere Methode

stellt die Ausrichtung des Gerätes parallel zu den einzelnen Feldvektoren dar.

Im folgenden Beitrag werden die Ergebnisse aus der letztgenannten Methode diskutiert und mit weiteren Messungen in einem Viertelraum verglichen. Bei diesen Messungen zeigte sich teilweise sehr deutlich, dass es sehr wohl erhebliche Änderungen des Anzeigewertes bei einzelnen Frequenzen gibt, die das bisher ermittelte Maximum oder Minimum überschreiten. Insbesondere die Messergebnisse bei Rotation des Sensors um dessen Längsachse stellen dabei eine wichtige Information dar.

Es hat sich gezeigt, dass die üblicherweise durchgeführten Messungen nicht ausreichend sind, um die Anisotropie von Feldsonden richtig einzuschätzen. In Einzelfällen ist ein Zuschlag in der Größenordnung von 20% erforderlich. Im Bereich der Kundenkalibrierungen sind die aufwändigen Untersuchungen zur korrekten Erfassung für jedes Gerät nicht zu erbringen. Einzeluntersuchungen unterschiedlicher Gerätetypen erscheinen sinnvoll.

Literatur: IEEE Std 1309-2005, IEEE Standard for Calibration of Electromagnetic Field Sensors and Probes, Excluding Antennas, from 9 kHz to 40 GHz, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., NY, USA.

KHT2013-A.1-4

Weiterentwicklung des Verfahrens der geometrischen Addition zur Rückführung der Anstiegszeit von schnellen Oszilloskopen und Pulsgeneratoren

K. Baaske¹, P.D. Hale², A. Dienstfrey², J. Wang²,

T. Kleine-Ostmann¹, M. Bieler¹, T. Schrader¹

(¹Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Germany; ²National Institute of Standards and Technology, USA)

Zur präzisen Charakterisierung von breitbandigen Oszilloskopen und Impulsgeneratoren kann deren Übertragungsfunktion mit zugehöriger Messunsicherheit bestimmt werden. Dieses Verfahren kombiniert Experimente mit Rechnungen und weist eine hohe Komplexität auf, sodass sich viele Anwender auf die deutlich einfachere Bestimmung der Anstiegszeit beschränken, zumal dieser Wert weithin als akzeptables Kriterium zur Spezifikation der Bandbreite akzeptiert wird. Hierbei dient die geometrische Addition zur Abschätzung der Eigenanstiegszeit des Kalibrierobjektes und wird aus seiner gemessenen Anstiegszeit und der intrinsischen Anstiegszeit des Normals berechnet. Die Anwendung dieser Formel führt jedoch zu einem deutlich ansteigenden systematischen Fehler und somit zu einer signifikanten Unsicherheit, je geringer das Verhältnis der beiden Anstiegszeiten wird. Die Formel liefert nur korrekte Ergebnisse bei rein gaußförmigen Übertragungsfunktionen des Oszilloskops bzw. rein gaußförmigen Impulsformen, die der Impulsgenerator erzeugt. In der Praxis weichen die meisten Übertragungsfunktionen der Sampling-Oszilloskope zum Teil deutlich davon ab.

Die in diesem Beitrag beschriebene Weiterentwicklung dieses Verfahrens besteht auf der einen Seite aus der Korrektur des Zeitbasisfehlers des Sampling-Oszilloskopes zur Verringerung der Messunsicherheit, auf der anderen Seite aus der Anwendung eines Korrekturfaktors anstelle der Berechnung der geometrischen Addition. Der neu eingeführte Korrekturfaktor bildet sich aus einer Schar von berechneten, idealisierten Übertragungsfunktionen. Damit ist es möglich, die realen Übertragungsfunktionen der Oszilloskope besser nachzubilden und der Korrekturfaktor-Methode im Gegensatz zur geometrischen Addition eine geschätzte Messunsicherheit beizuordnen.

KHT2013-A.1-5

Results of an Intercomparison for Free Space Antenna Factor Measurements within the German Calibration Service (DKD)

T. Kleine-Ostmann¹, F. Huncke², D. Schwarzbeck³,

O. Martetschläger⁴, J. Gaßner⁴, A. Guserle⁴, C. Römer⁵,

T. Hufnagel⁵, M. Lehmann⁵, U. Karsten⁶, T. Schrader¹

(¹Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Germany; ²Obering.

Berg Lukowiak GmbH, Germany; ³Schwarzbeck Messelektronik

OHG, Germany; ⁴R&S Messgerätebau GmbH, Germany; ⁵Bureau

Veritas CPS Germany GmbH, Germany; ⁶TESEQ GmbH, Germany)

Antennas are extensively used in communication systems, remote sensing and navigation but also in wireless energy transmission and electromagnetic compatibility testing and measurement. New antenna applications foster more and more the integration as well as the expansion of the frequency range. Both, the increasing importance of interoperability aspects and the need to decrease energy consumption in complex systems, require the accurate

knowledge of antenna factors for a wide range of antenna types. In Germany, three laboratories are accredited for antenna factor measurements by the German Accreditation Service (Deutsche Akkreditierungsstelle – DAkkS). To assess the technical competence of the accredited laboratories an intercomparison was organised by the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), the German National Metrology Institute, within the framework of the German Calibration Service (Deutscher Kalibrierdienst – DKD), which is the association of the accredited laboratories in Germany.

Finally, three accredited and three non-accredited laboratories took part in the intercomparison. Among different antenna quantities the free-space antenna factor is the most suitable quantity for a measurement comparison of different antenna types.

As measurement artefacts three different antenna types were chosen:

- biconical antenna Schwarzbeck VHBB 9124 with BBAK 9137

- logarithmic-periodic antenna Amplifier Research AR® AT1000B

- logarithmic-periodic antenna Rohde & Schwarz ®HL050

The free-space antenna factors were measured in the frequency range between 30 MHz and 26.5 GHz using different calibration methods (standard-site method and free-space calibration with vertical or diagonal orientation) in different calibration sites (semi-anechoic chamber and open-area-test site). The compatibility according to CEI IEC 60359 of the free-space antenna factors of the participants was ensured.

KHT2013-A.1-6

Untersuchung von Feldstärkeverteilungen mit Mikrokoktern

T. Schrader¹, T. Schinke¹, M. Rohland¹, T. Kleine-Ostmann¹,

J. Bredemeyer², F. Kirsch³, M. Vossiek³

(¹Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Germany;

²Flight Calibration Services FCS GmbH, Germany;

³Universität Erlangen-Nürnberg, Germany)

Die genaue Kenntnis der Feldstärkeverteilung im freien Raum stellt ein wichtiges Kriterium bei der Beurteilung der Funktionalität von HF-Systemen und komplexen Anlagen dar, auch im Bereich der Elektromagnetischen Verträglichkeit oder bei Personenschutzmessungen.

Insbesondere die Messung von Feldstärken im freien Raum und in Höhen, die mit einem Schiebemast nicht mehr zu erreichen sind, war bisher nahezu unmöglich. Durch den Einsatz von ferngesteuerten und auf GPS-Wegpunktmarkierungen autonom fliegenden Plattformen, wie z.B. Oktokoptern, erschließen sich messtechnisch neue Wege.

Im folgenden Beitrag werden die Anforderungen an eine fliegende Messplattform diskutiert sowie die Ergebnisse aus den ersten Messungen von Feldstärken vorgestellt. Bei diesen ersten Versuchen zeigte sich sehr deutlich, dass die bisher vorliegende Positionierung im Raum über GPS/EGNOS nur eine begrenzte Genauigkeit liefert. Eine weitere Schwierigkeit stellt die Kalibrierung des Systems dar, weil ein 4D-Antennenfaktor (Korrektur in drei Raumrichtungen und über der Frequenz) benötigt wird. Erste Ansätze für die Präzisionspositionierung der Plattform im Raum, deren Validierung sowie die Kalibrierung eines Messsystems, basierend auf einem Oktokopter, werden vorgestellt.

KHT2013-A.2-1**The Six-Port Structure as a Precise Measurement Tool – A New Rise of an Old Concept**

A. Koelpin, S. Lindner, S. Mann, F. Barbon, A. Talai, R. Weigel
(Universität Erlangen-Nürnberg, Germany)

Six-Port Technique has been known in RF and microwave metrology since the early 1970s for vector network analysis and precise power measurements. Two decades later, the system has been proposed as a receiver for complex valued data reception. However, six-port technique has always been niche architecture, since the tremendous evolution in integrated circuit technology got more and more impact on high-end circuitry and measurement systems.

But there are some special applications that can be very efficiently addressed by the six-port principle. In general, all scenarios where the interesting information is coded in signal power or can be translated in relative phase shifts are suitable for six-port systems, as this architecture offers superior phase resolution combined with low cost implementation. Furthermore, this principle can be used up to millimeter-wave frequencies and even higher. The reason is that the core functionality is realized only by passive transmission lines or waveguide structures featuring the interferometric part, and only diodes have to be used as monolithic components for the RF front-end. The information reconstruction is conducted in baseband by algorithms with very low complexity that can be run on a low power microcontroller and show only low latency of a few controller clock cycles.

In this talk the newest results for applications addressed by six-port architecture for metrology will be presented. Besides very precise distance and angle measurements or vibration analysis, like heartbeat and breath rate detection, also new fields will be presented. One very promising approach is using the six-port technique for frequency analysis of a pulse-like microwave signal. Furthermore, the very first results in temperature measurements of a water basin by a six-port reflectometer will be shown.

KHT2013-A.2-2**Transmissionsmessverfahren zur Bodenfeuchtemessung**

B. Will

(Ruhr-Universität Bochum, Germany)

Laufzeitmessverfahren stellen in vielen Bereichen, wie z. B. der Geologie oder der Landwirtschaft, eine wichtige Methode zur Bodenfeuchtemessung dar. Hierbei ist vor allem die Impulsreflektometrie ein weit verbreitetes Verfahren. Durch die Messungen eines reflektierten Pulses in einem zum Teil inhomogenen Medium ergeben sich allerdings Einschränkungen im Hinblick auf die Messgenauigkeit. Diese Messungenauigkeit wird vor allem durch Mehrfachreflexionen an Störstellen hervorgerufen, die das eigentliche Messsignal überlagern.

Dem gegenüber stehen Laufzeitmessverfahren, die auf Transmissionsmessungen beruhen, die sogenannte Zeitbereichstransmissionsmetrie. Hierbei wird die Laufzeitmessung in Transmission durchgeführt, wodurch von Inhomogenitäten hervorgerufene Reflexionen keinen Einfluss auf die Messgenauigkeit haben. Die Herausforderung für Transmissionsmessungen zur Charakterisierung der Bodenfeuchte besteht vor allem im Sensordesign. Bei Messungen im Erdreich ist das Einbringen einer weiteren Messstelle nicht ohne weiteres möglich, so dass spezielle Sensorgeometrien erforderlich sind. Darüber hinaus erfordert eine präzise Messung der Bodenfeuchte eine hohe Eindringtiefe des Messsignals in das Erdreich und die strukturelle Integrität des Erdreichs sollte möglichst wenig verändert werden.

Dieser Beitrag gibt zunächst einen Überblick über die Entwicklung der Zeitbereichstransmissionsmetrie und bestehende Messsysteme. Des Weiteren wird ein TDT (Time Domain Transmission) System vorgestellt, das durch die Verwendung eines DDS (Direct Digital Synthesizer) und D-Flipflops zur Pulsgenerierung ein kosteneffizientes Design ermöglicht. Darüber hinaus wird ein miniaturisierter Sensor zur Bodenfeuchtemessung vorgestellt. Durch seinen konzentrischen Aufbau ermöglicht dieser Sensor minimalinvasive Bodenfeuchtemessungen und liefert gegenüber Reflexionsmessungen in inhomogenen Materialien eine verbesserte Messgenauigkeit. Das Design des vorgestellten Sensors basiert auf einer Eindrahtleitung, wodurch sowohl eine hohe Eindringtiefe ins Erdreich als auch eine kompakte Bauform gegeben sind. Die Funktionalität des Sensors wird anhand von Feuchtemessungen in Sand verifiziert.

KHT2013-A.2-3**Simulative Untersuchung der Wechselwirkung hochfrequenter Sonden in technischen Plasmen**

C. Schulz, I. Rolfes

(Ruhr-Universität Bochum, Germany)

In der aktuellen Forschung, Entwicklung und Produktion im Bereich der Oberflächenverarbeitung und -vergütung ist die Plasmatechnik nicht mehr wegzudenken. Sie stellt heutzutage eine Schlüsseltechnologie in vielen Anwendungen dar und das Spektrum der Einsatzbereiche erstreckt sich von der Optik, der Luft- und Raumfahrt, dem Automobilbereich, der Elektronik, bis hin zur Medizintechnik. Zur Herstellung hochwertiger dünner Schichten sind Plasmen ein unverzichtbares Arbeitsmittel, welches die Entwicklung innovativer Oberflächen und neuer Produkte erlaubt. Vor allem die Beschichtung und die Strukturierung von Glas sowie die Strukturierung und die Abscheidung multifunktionaler Schichtsysteme auf Kunststoffen sind hierbei herauszustellen.

Die Plasmadiagnostik zur Kontrolle und Überwachung dieser Plasmaprozesse stellt somit eine besonders wichtige Aufgabe dar, welche einige Herausforderungen mit sich bringt. Auf Grund der hohen Anforderungen an das entsprechende Messsystem steht die Entwicklung geeigneter Messkonzepte und -systeme im Fokus aktueller Forschungsprojekte. Bedingt durch ihre Funktions- bzw. Bauart sind existierende Sondensysteme für dielektrische Beschichtungsprozesse meist ungeeignet, da sie während der Messung im Plasma ebenfalls beschichtet werden. Die Folge ist eine teils dramatische Verschlechterung der Messung, die zum vollständigen Versagen des Messsystems führen kann, was eine Nutzung als Monitoringsystem unmöglich macht.

Im Rahmen dieses Beitrags werden Wechselwirkungen zwischen einer hochfrequenten Sonde und verschiedenen Plasmen mittels 3D-elektromagnetischer Feldsimulationen untersucht. Hierbei wird die Simulationssoftware CST Microwave Studio 2012 verwendet und die sogenannte Multipole Resonanz Sonde (Multipole Resonance Probe – MRP) innerhalb der Simulationsumgebung eingesetzt.

Die MRP stellt ein neuartiges Sondenkonzept auf der Basis der aktiven Plasmaresonanzspektroskopie dar, welches den hohen Anforderungen der Prozessmesstechnik gerecht wird. Die MRP ist insbesondere zur Kontrolle und Überwachung von plasmagestützten Bedampfungsprozessen zur Beschichtung geeignet und kann als kostengünstiger Prozessmonitor eingesetzt werden.

Im Fokus des Beitrags stehen die Herausforderungen und Einflüsse des verwendeten Simulators, die vorgestellt und diskutiert werden. Hierbei wird darauf eingegangen, wie die Wahl des Simulationsverfahrens und die Definition der Gitterzellen die Simulationsgenauigkeit teils dramatisch beeinflussen können. Unter Berücksichtigung aller Faktoren wird gezeigt, dass die erwarteten Wechselwirkungen zwischen der Sonde und dem Plasma den Vorgaben aus der Theorie entsprechen.

Mithilfe geeigneter Messungen innerhalb eines DICP (Double Inductive Coupled Plasma) werden die entsprechenden Simulationsergebnisse verifiziert, die Funktionalität nachgewiesen und die vielseitigen Möglichkeiten für die industrielle Nutzung der Sonde präsentiert.

KHT2013-A.2-4**Ein Nahfeld-Antennensystem zur optimierten Massendurchflussmessung in pneumatischen Förderanlagen**

C. Baer, T. Musch

(Ruhr-Universität Bochum, Germany)

Die Bestimmung des Massendurchflusses von pneumatisch geförderten Schüttgütern, wie z.B. Getreide in der Lebensmittelindustrie oder Kohlenstaub im Kraftwerksbetrieb, stellt hohe Anforderungen an die verwendete Messtechnik. Auf der einen Seite muss die Messung berührungslos erfolgen, da der Partikelstrom im inneren der pneumatischen Förderleitung eine extrem abrasive Wirkung aufweist. Auf der anderen Seite müssen zwei physikalische Parameter, die Fließgeschwindigkeit der Partikel und der Volumenanteil der Partikel in der Gesamtströmung, mit höchster Präzision und Messrate aufgenommen werden. In vergangenen Arbeiten konnte gezeigt werden, dass das sog. Pseudo-Transmissionsverfahren, bei dem mit Hilfe einer mikrowellen-basierten Laufzeitbestimmung, senkrecht zum Förderrohr, der Volumenanteil der Partikel im quasi-statischen Fall mit hoher Präzision gemessen werden kann. Hierbei wurde die Messgenauigkeit mit Hilfe eines polarimetrischen Ansatzes, welcher den Einfluss von Einkoppel- sowie Mehrfachreflexionen verminderte, deutlich gesteigert. Der Einsatz von zwei nebeneinander

angeordneten Antennen verringerte hingegen die Empfindlichkeit des Messverfahrens bzgl. kurzzeitiger Schwankungen des Massenstroms.

Im Rahmen dieses Beitrages wird ein monostatisches Antennenkonzept vorgestellt, welches die Empfindlichkeit des Messverfahrens gegenüber Massenstromschwankungen erhöht. Das vorgestellte Antennensystem besteht aus einem planaren Orthomoden-Transducer, einer Linsenantenne und einem transpolarisierenden Reflektor. Die Formung homogener Phasenfronten mittels der dielektrischen Linse erleichtert die Modellbildung des Ausbreitungspfades, während der planare Orthomoden-Transducer einen einfachen, industriellen Einsatz des Systems ermöglicht.

Neben der Darstellung der Einzelkomponenten sind elektromagnetische Simulationen und Messungen der Einzelkomponenten, sowie Messungen an einem pneumatisch geförderten Massenstrom Bestandteil dieses Beitrages.

KHT2013-A.2-5

Evaluation of Concepts for Radar Level Measurement of Bulk Solids in Silos by Analyzing Echo Signals from Simulations and Experiments

M. Vogt, T. Neumann, M. Gerding
(Ruhr-Universität Bochum, Germany)

Radar level measurement is much more challenging in the case of bulk solids in silos as compared to liquids in tanks, because the solid material is heaped up, and microwaves are backscattered and reflected from both, the heap's complicated surface and also from inside the heap. A further problem is that, depending on the radiation pattern and position of the radar antenna, incident, backscattered, and reflected microwaves might also be reflected at the silo's wall. This causes multipath propagation inside the silo, which significantly might deteriorate the ability to estimate distances from acquired radar echo signals. In order to evaluate the performance of radar level measurement systems in these kinds of scenarios, a tool for the simulation of radar echo signals from bulk solids has been developed and implemented. Also, measured radar echo signals obtained from experiments in practical applications have been analyzed. Finally, a concept for multi-spectral analysis of radar echo signals is presented, which we have developed to achieve reliable and robust distance measurements in the described applications.

In the proposed radar simulator, a polynomial model is used to analytically describe the surface profile of bulk solids heaps, and changes of the filling level inside the silo are taken into account by varying profiles. The antenna used for radar echo measurements is defined by its position at the top of the silo and its beam direction, and propagating microwaves in the far field of the antenna are described by cylindrical waves, weighted by the antenna's radiation pattern. Backscattering from inside the heap is modeled by means of point-scatterers with uniformly distributed random positions and an exponential decay of the amplitude over depth. The number of scatterers per resolution cell of the radar system is chosen sufficiently large in order to obtain 'fully developed' scattering, and multiple scattering is neglected. Specular reflections from the surface of the heap are simulated by means of point-scatterers with regular positions along the surface profile and constant distances from each other. Reflections at the silo's wall are taken into consideration by applying the reflection principle, and echo signals are finally obtained by coherent summation of waves propagating back to the antenna.

The performance of a radar system working in the frequency range from 24 to 26 GHz (inside of K band) has been evaluated for horn antennas with 80 mm and 150 mm aperture diameters. Simulation results show that echo signals are spread over range as a consequence of the spatially distributed radar target, and that a proper installation of the radar antenna with respect to its radial position and also a proper adjustment of the antenna beam are essential to obtain reliable level measurements. Finally, examples of experimental evaluations with a 24 to 26 GHz Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW) radar system and level measurement results with different kinds of bulk solids (plastic pellets, wheat brans, chalk powder) are presented and discussed. It will be shown that the proposed multi-spectral analysis method allows for much more robust level measurements as compared to the conventional single broadband approach.

KHT2013-A.2-6

Entwicklung einer dielektrischen Antenne zur Strahlschwenkung mit kongruenten Richtcharakteristiken

C. Dahl, C. Schulz, C. Baer, T. Musch, B. Will, I. Rolfes
(Ruhr-Universität Bochum, Germany)

In der industriellen Messtechnik werden Radarsysteme zur Füllstandmessung in Tanks und Silos eingesetzt. Für die Messung von Flüssigkeiten ist eine einzelne Abstandsmessung ausreichend, da die Oberfläche stets plan ist. Die Volumenbestimmung von Schüttgütern stellt dagegen eine besondere Herausforderung dar. Schüttgüter bilden komplexe Oberflächenprofile, sodass mehrere Abstandsmessungen zur Rekonstruktion dieses Profils notwendig sind. Dies kann durch eine Strahlschwenkung der Antenne erreicht werden. Herkömmliche Verfahren, wie z.B. phasengesteuerte Gruppenantennen, haben den Nachteil, dass sich die Hauptkeulenbreite und die Nebenkeulendämpfung mit zunehmendem Schwenkwinkel verschlechtern, sodass eine Unterdrückung störender Wandreflektionen verringert wird.

Eine sphärische Linse bietet aufgrund ihrer Radialsymmetrie die Möglichkeit, eine Strahlschwenkung mit kongruenten Richtcharakteristiken durch Rotieren der Speiseantenne zu realisieren. Eine strahlenoptische Betrachtung zeigt, dass für kleine Einfallswinkel parallel einfallende Strahlen in einem Brennpunkt fokussiert werden. Aufgrund der sphärischen Linsenoberfläche verringert sich jedoch die Brennweite mit zunehmendem Einfallswinkel. Der Einfluss dieser sphärischen Aberration auf die Richtcharakteristik kann durch Verwenden einer Speiseantenne, die eine kegelförmige Ausleuchtung der Linse erzeugt, verringert werden.

In diesem Beitrag wird eine dielektrische Antenne vorgestellt, die auf einer sphärischen Linse basiert. Als Speiseantenne wird hierbei ein Rillenhorn verwendet, wodurch eine symmetrische Ausleuchtung der Linse erreicht wird und die Einflüsse der sphärischen Aberration verringert werden. Die gaußförmige Intensitätsverteilung in der Aperturbene führt zu einer sehr hohen Nebenkeulendämpfung. Die Realisierung der Linse als Halbkugel ermöglicht einen Schwenkbereich von $\pm 50^\circ$.

Zur Evaluierung des Antennenkonzeptes werden 3D-elektromagnetische Feldsimulationen bei einer Mittenfrequenz von 24 GHz durchgeführt. Hierzu wird das Simulationsprogramm CST Microwave Studio 2011 eingesetzt. Für die Antenne wird ein Linsenradius von 90 mm verwendet. Über dem gesamten Schwenkbereich wird ein Antennengewinn von etwa 24 dBi, eine Hauptkeulenbreite von 10° und eine Nebenkeulendämpfung besser 31,1 dB erreicht. Ferner führt die symmetrische Ausleuchtung durch das speisende Rillenhorn zu einer symmetrischen Richtcharakteristik, wodurch das Schwenken unabhängig von der verwendeten Polarisation ist.

Die Realisierung der Antenne erfolgt in Form eines ersten Prototyps aus Polypropylen mit vier festen Speisepositionen. In den dielektrischen Linsenkörper können hierbei zwei verschiedene Kerne eingesetzt werden, die eine mittige Speiseposition respektive drei Speisepositionen bei einem Schwenkwinkel von 30° besitzen. Mit Hilfe von Radarmessungen bei einer Mittenfrequenz von 24 GHz und einer Bandbreite von 4 GHz werden beide Speisepositionen verglichen. Hierzu wird in einem Abstand von 5m ein Tripelspiegel in die Hauptkeule des jeweiligen Speisepunktes platziert. Ein Vergleich der reflektierten Signale im Zeitbereich zeigt eine sehr gute Übereinstimmung für die Schwenkwinkel 0° und 30° . Die Messergebnisse bestätigen die Simulationsergebnisse und zeigen somit die besondere Eignung des Antennenkonzeptes für Radaranwendungen.

KOMMISSION B

SITZUNG B.1

KHT2013-B.1-1

Eigenmode Computation for Cavities Subject to Geometric Variation Using Perturbative Methods

K. Brackebusch, U. van Rienen
(University of Rostock, Germany)

Parametric studies of geometric variations are an essential part of the performance optimization and error estimation in the design of accelerator cavities. Using common eigenmode solvers the analysis of intentional and undesired geometric perturbations tends to be very extensive since any geometric variation involves an entire

eigenmode recomputation. Perturbative methods constitute an efficient alternative for the computation of a multitude of moderately varying geometries. They require a common eigenmode computation of solely one (so called unperturbed) geometry and allow for deriving the eigenmodes of similar but modified (so called perturbed) geometries from these unperturbed eigenmodes.

The applicability of perturbative methods, their computational effort and the accuracy of the so computed eigenmodes are presented by means of analytically evaluable and practice-oriented cavities geometries.

KHT2013-B.1-2

Analytical Finite Element Matrix Elements and Global Matrix Assembly for Hierarchical 3D Vector Basis Functions within the Hybrid Finite Element Boundary Integral Method

L. Li¹, K. Wang¹, H. Li², T.F. Eibert¹

(¹Technische Universität München, Germany; ²Politecnico di Torino, Italy)

A hybrid higher-order finite element boundary integral (FE-BI) technique is discussed where the higher-order FE matrix elements are computed by a fully analytical procedure and where the global matrix assembly is organized by a self-identifying procedure of the local to global transformation. This assembly procedure applies to both, the FE part as well as the BI part of the algorithm.

The geometry is meshed into three-dimensional tetrahedra as finite elements and nearly orthogonal hierarchical basis functions are employed. The boundary conditions are implemented in a strong sense such that the boundary values of the volume basis functions are directly utilized within the BI either for the tangential electric and magnetic fields or for the associated equivalent surface current densities by applying a cross product with the unit surface normals.

The self-identified method for the global matrix assembly automatically discerns the global order of the basis functions for generating the matrix elements. Higher order basis functions do need more unknowns for each single FE, however, fewer FEs are needed to achieve the same satisfiable accuracy. This improvement provides a lot more flexibility for meshing and allows the mesh size to raise up to $\lambda/3$.

The performance of the implemented system is evaluated in terms of computation time, accuracy and memory occupation, where excellent results with respect to precision and computation times of large scale simulations are found.

KHT2013-B.1-3

Dielektrische Teilfüllungen in kartesischen FIT/FDTD Rechengittern

R. Schuhmann, S. Kirsch

(Technische Universität Berlin, Germany)

Elektromagnetische Simulationen mit dreidimensionalen finiten Methoden beginnen stets mit der Auswahl eines geeigneten Rechengitters. Der klassische und im Zusammenhang mit den Methoden der Finiten Differenzen (FD) und der Finiten Integration (FIT) auch heute noch am häufigsten zum Einsatz kommende Gittertyp ist das kartesische Gitter. Seine einfache Struktur führt i.A. zu einer deutlich überlegenen Effizienz und Skalierbarkeit der entsprechenden Algorithmen im Vergleich zu anderen Gittertypen. Auf der anderen Seite muss aber eine eingeschränkte Flexibilität bei der geometrischen Modellierung hingenommen werden. Bekanntester Effekt ist sicherlich die deutlich verringerte Genauigkeit und Konvergenzordnung einer sogenannten "Staircase-Modellierung" von schrägen, nicht-gitterkonformen Materialgrenzen. Zwar gilt dieses Problem für Grenzen zu metallischen Leitern seit einigen Jahren als weitgehend gelöst: Entsprechende "Subcell-Methoden" lassen eine teilweise PEC-Füllung der Gitterzellen zu und sind heute Bestandteil vieler FDTD/FIT-Programme. Sie decken aber nicht den - meist weniger problematischen - Fall einer schrägen dielektrischen (oder magnetischen) Grenzschicht ab.

Vor kurzem wurde nun auch dafür unter dem Namen "subpixel smoothing" eine Lösung vorgeschlagen (A. Farjadpour et al., Opt. Lett. 31(20), pp. 2972-2974, 2006). Der Ansatz basiert auf einer Trennung der elektrischen Feldkomponenten an der Grenzfläche in ihre tangentialen und normalen Anteile, die dann jeweils eine unterschiedliche Mittelung der beiden Permittivitätswerte erfahren. Unter Verwendung eines lokalen Projektors führt dies zu einer äquivalenten Zwischenschicht, die einen anisotropen Materialtensor aufweist. Wie in einigen Referenzen bereits experimentell nachgewiesen wurde, kann damit häufig die quadratische Fehlerordnung des Gesamtverfahrens erhalten werden. Meist nur wenig diskutiert werden dabei allerdings die genauen

Implementierungsdetails für ein anisotropes Material, das im FIT/FDTD-Gitter nicht auf direktem Wege realisiert werden kann. Vielmehr müssen lokale Interpolationen zum Einsatz kommen, die nicht nur die Genauigkeit beeinträchtigen können, sondern – bei Verlust der Symmetrie des Materialoperators – zu Instabilitäten im Zeitbereich führen.

Der Beitrag zeigt daher neben einer Darstellung des "subpixel smoothing"-Ansatzes im Rahmen der FIT-Notation, wie diesem Problem durch verschiedene Ideen zur Symmetrisierung des Materialoperators begegnet werden kann. Anhand eines einfachen Testproblems werden außerdem Konvergenzstudien durchgeführt und der zusätzliche Aufwand der Methode beurteilt.

KHT2013-B.1-4

Extremal point methods for the numerical computation of static and time harmonic electric fields

M. Jaraczewski, M. Stiemer

(Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg, Germany)

Fundamental solutions of linear partial differential equations (PDEs) can be employed in several ways for the numerical computation of the solution of corresponding boundary value problems. Typical examples are boundary element methods (BEMs) in electrostatics and for time harmonic electrical systems, based on integral representations with the help of fundamental solutions, e.g., via Green's formula. In the first example the fundamental solution of Poisson's equation is basically given by the Newton potential of a point charge (three dimensional space) or the logarithmic potential (two dimensional space), while in the second example a Hankel-type function provides a fundamental solution of the relevant Helmholtz equation [1]. Conceptually simpler than BEMs is an approximation of the solution of a boundary value problem by the superposition of the electrical fields of suitably arranged point charges or dipoles, which are represented by the corresponding fundamental solution of the underlying PDE. However, positioning point charges or dipoles in such a way that physical boundary conditions are satisfied, e.g., at an adjacent perfectly conducting boundary, requires to identify the location of n points on the surface of the considered body such that the electrical energy of the configuration is minimal. The extremal charge- (or dipole-) distribution is called equilibrium distribution. From a mathematical point of view, solving such a discrete minimal energy problem corresponds to solving a non-linear optimization problem. This makes the method rather costly compared to a well implemented BEM. However, if several computations are to be carried out for similar geometrical situations it may be profitable to compute the minimal energy points. Moreover, modifications allow for arrangements, where the representation of the electrical field via superposition converges exponentially fast to the solution of the continuous problem if the number of considered points tends to infinity, as is known for plane problems [4].

This talk provides a survey of classical results and recent developments in the mathematical theory of extremal point methods for the so called s-Riesz energy, which is an extension of the classical Newton energy (see [2,3]). Particularly new results on the approximation order of the continuous potentials by their discrete counterparts are shown, the influences of external fields are studied and generalized notions of capacity are discussed. Further, it is examined how modifications can help to make extremal point methods competitive compared to other computational methods. Finally, numerical results and applications are presented.

References:

- [1] Agmon, A representation theorem for solutions of the Helmholtz equation and resolvent estimates for the Laplacian, Analysis, ET CETERA, Academic Press, Inc. (1990), 39-76.
- [2] D. P. Hardin, E. B. Saff, "Discretizing Manifolds via Minimum Energy Points", Notes of the AMS Volume 51, Number 10 (2004)
- [3] N. S. Landkof, "Foundations of Modern Potential Theory", Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1972)
- [4] J. Menke, Extrempunkte und konforme Abbildung, Math. Ann. 195 (1972), 292-308.

KHT2013-B.1-5

Eine niederfrequenzstabile Finite-Elemente-Formulierung für die Modalanalyse verlustbehafteter axial homogener Wellenleiter

R. Baltes, J. Al Ahmar, O. Farle, Dyczij-Edlinger
(Universität des Saarlandes, Germany)

Der vorliegende Beitrag stellt eine niederfrequenzstabile Zweifeld-Finite-Elemente-Formulierung zur modalen Charakterisierung verlustbehafteter axial homogener Wellenleiter vor. Diese beschreibt die Felder in den Wellenleitern durch die elektrische Feldstärke und die magnetischen Flussdichte. Zur Vermeidung unphysikalischer Lösungen werden Ansatzfunktionen verwendet, deren Stetigkeitseigenschaften mit denen der entsprechenden Feldgrößen übereinstimmen. Im Unterschied zu früheren Ansätzen [1 - 3] geht die elektrische Leitfähigkeit explizit in das Gleichungssystem ein, sodass Leitungsverluste auch im stationären Grenzfall modelliert werden können.

Die Diskretisierung mit finiten Elementen führt auf ein frequenzabhängiges verallgemeinertes Eigenwertproblem. Während die Eigenwerte in [1-3] dem Quadrat der Ausbreitungskoeffizienten entsprechen, liefert der aktuelle Ansatz die Ausbreitungskonstanten direkt. Diese Vorgehensweise führt bei betragsmäßig kleinen Eigenwerten zu einer signifikanten Herabsetzung des numerischen Fehlers.

Der Vortrag stellt die zugrundeliegende Formulierung und die zur Stabilisierung im Niederfrequenzfall getroffenen Maßnahmen vor. Anhand numerischer Beispiele wird gezeigt, dass das vorgeschlagene Verfahren korrekt funktioniert und bei niedrigen Frequenzen genauere Lösungen liefert als konkurrierende Methoden.

Referenzen

- [1] J.-F. Lee, "Finite element analysis of lossy dielectric waveguides," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.42, pp. 1025-1031, June 1994.
- [2] J.-F. Lee, D.-K. Sun, and Z. J. Cendes, "Full-wave analysis of dielectric waveguides using tangential vector finite elements," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 39, pp. 1262-1271, Aug. 1991.
- [3] O. Farle, V. Hill, and R. Dyczij-Edlinger, "Finite-element waveguide solvers revisited," IEEE Trans. Magn., vol.40, pp. 1468-1471, Mar. 2004.

KHT2013-B.1-6

Eine verbesserte Formulierung der zeitharmonischen Maxwell-Gleichungen und ihre Anwendung in der Methode der finiten Elemente

M. Jochum, O. Farle, R. Dyczij-Edlinger
(Universität des Saarlandes, Germany)

Der vorliegende Beitrag beschreibt eine verbesserte Formulierung der zeitharmonischen Maxwell-Gleichungen für dreidimensionale Anregungsprobleme. Sie umspannt die speziellen Methoden für statische, stationäre, quasi-stationäre und hochfrequente Felder und überwindet die von der elektrischen Feldformulierung bekannten Instabilitäten im stationären Grenzfall. Die mathematische Beschreibung ist auf Feldgebiete mit verlustfreien und verlustbehafteten Regionen anwendbar und ermöglicht im Unterschied zu [1] im stationären Grenzfall die Berücksichtigung ohmscher Verluste. Das Verfahren benötigt keinerlei heuristische Lösungsparameter und resultiert im Fall reziproker Materialien in symmetrischen Systemmatrizen. Da sie im Gegensatz zu [2] auf eindeutige Lösungen führt, ist die Formulierung für direkte und iterative Lösungsverfahren gleichermaßen geeignet.

Computersimulationen mittels der Methode der finiten Elemente belegen, dass die vorgeschlagene Formulierung Strukturen mit resistiven, induktiven und kapazitiven Komponenten vom stationären Fall bis in den Bereich elektromagnetischer Wellenausbreitung korrekt zu beschreiben vermag. Die numerischen Experimente bestätigen zudem, dass die Konditionszahl der Systemmatrix im Niederfrequenzfall nicht ansteigt. In der Praxis ergeben sich besondere Vorteile für breitbandige Aufgabenstellungen und für Systeme, deren Strukturgrößen sich um viele Größenordnungen unterscheiden.

Referenzen

- [1] V. Hill, O. Farle, and R. Dyczij-Edlinger, "A stabilized multilevel vector finite-element solver for time-harmonic electromagnetic waves," IEEE Trans. Magn., vol. 39, no. 3, pp. 1203 - 1206, May 2003.
- [2] R. Hiptmair, F. Kramer, and J. Ostrowski, "A robust Maxwell formulation for all frequencies," IEEE Trans. Magn., vol. 44, no. 6, pp. 682-685, June 2008.

SITZUNG B.2

KHT2013-B.2-1

A First Order k-th Moment Method for the Nonlinear Eddy Current Problem with Material Uncertainties

U. Römer, S. Schöps, T. Weiland
(Technische Universität Darmstadt, Germany)

In this paper the eddy current problem is studied with uncertainties in the nonlinear magnetic material characteristic. Considering uncertainties becomes increasingly important as low frequent electromagnetic devices, e.g., transformers or accelerator magnets, are operated closer and closer to the physical limit. Simulation results for these devices may not be reliable without accounting for measurement errors and manufacturing imperfections. In particular the nonlinear material relation of ferromagnetic materials in the eddy current model is affected by uncertainties.

We investigate the influence of those uncertainties on a quantity of interest, e.g., the inductance, being characterized in terms of the statistical moments (mean, variance, skewness,...). To compute these moments Monte Carlo methods have been frequently used in the past. Their main drawback is the slow convergence rate, i.e., typically the underlying problem has to be solved several thousand times. More efficient alternatives are, e.g., based on polynomial chaos, but still the computational cost is typically very high, in particular for a large number of uncertain inputs.

We propose a deterministic perturbation approach to approximate the k-th moment by a first order Taylor expansion. In contrast to prior works, the framework is generalized to approximate the k-th moment of a nonlinear problem. We also discuss an efficient method to approximate occurring high dimensional integrals. The accuracy of the first order scheme is mathematically analyzed and numerically demonstrated by an illustrative 2D example of an inductor.

KHT2013-B.2-2

Computation of the Rectangular Cavity Green's Function Using the Inverse Fast Fourier Transform and a Lagrange Polynomial Interpolation

C. Koenen, M. Gruber, T.F. Eibert
(Technische Universität München, Germany)

In recent years, the interest in reverberation chambers has been steadily growing. Besides its conventional usage for electromagnetic compatibility tests, additional applications such as the accurate measurements of the radiation efficiencies of small antennas or of the radiated powers of mobile terminals have been proposed.

A reverberation chamber is a mostly rectangular cavity with well conducting walls. It is operating in the over-moded region, where the operating frequency is much higher than the cut-off frequency of the cavity. For the conventional usage, a statistically uniform field environment is required. To generate such a uniform environment, different cavity modes are stochastically stirred and superimposed.

Electromagnetic field computation in shielded cavities is of great relevance for the understanding of reverberation chambers. Due to the highly resonant behaviour of such cavities, the mostly analytical Green's function methods are often used to represent the fields with as little discretization as possible. One of the most successful cavity Green's function representations is based on the Ewald method, which splits the common infinite series representation into a spatial and a modal part.

In this work, the modal part within the Ewald method is reformulated such that its sampling via the inverse fast Fourier transform is possible. To compute the values in-between the regular sample grid, the three-dimensional Lagrange interpolation is subsequently employed. Numerical results show that the presented approach is about four orders of magnitude faster than the standard Ewald method while attaining the same accuracy.

KHT2013-B.2-3

Gekoppelte Feld- und Teilchensimulationen basierend auf der Darwin-Approximation der Maxwell-Gleichungen

T. Mussenbrock
(Ruhr-Universität Bochum, Germany)

Gekoppelte Feld- und Teilchensimulationen (oder auch kinetische Simulationen) spielen bei der Beschreibung von technischen Plasmen eine zentrale Rolle – insbesondere dann, wenn die Gasdrücke extrem klein (unter 1 Pa) und die typischen Längenskalen sehr groß sind (über 1 m). In diesem Regime bricht

nicht nur die fluiddynamische Näherung der Teilchenbeschreibung zusammen, sondern auch die elektrostatische Näherung der Maxwell-Gleichungen. Hier bestimmen elektromagnetische Effekte wesentlich die Dynamik der Plasmen. Das Gleichungssystem, das die Physik in diesem Fall korrekt beschreibt, besteht aus Boltzmann-Gleichungen für die Teilchen und den Maxwell-Gleichungen für das elektromagnetische Feld.

Die zeitliche Integration der Gleichungen - z.B. im Rahmen eines expliziten Particle-In-Cell-Schemas (PIC) - unterliegt bestimmten Beschränkungen. Die Maxwell-Gleichungen stellen ein System hyperbolischer Gleichungen dar, deren Lösung an das Courant-Kriterium gebunden ist - auch dann, wenn die Physik des Systems gar keine Ausbreitung elektromagnetischer Wellen zulässt, sondern lediglich magnetoinduktive Effekte (z.B. den normalen oder anomalen Skinneffekt) aufweist. In diesen Fällen kann die Darwin-Approximation der Maxwell-Gleichung das Mittel der Wahl sein, um die "Ineffizienzfalle" eines expliziten Integrationsverfahrens zu umgehen.

Die Darwin-Approximation der Maxwell-Gleichungen basiert auf der Entwicklung des elektrischen Feldes nach Ordnungen einer typischen normierten Systemgeschwindigkeit und der Vernachlässigung des transversalen Anteils der Verschiebungsstromdichte. Aus den hyperbolischen Maxwell-Gleichungen wird so ein gekoppeltes System elliptischer Gleichungen, das hinsichtlich eines expliziten Integrationsverfahrens dieselben Stabilitätseigenschaften ausweist, wie die Poisson-Gleichung der elektrostatischen Näherung und damit nicht mehr dem Courant-Kriterium unterliegt.

In diesem Beitrag wird zunächst erläutert, warum elektromagnetische Effekte im Zusammenhang mit technischen Plasmen von Bedeutung sind und welche Schwierigkeiten sich bei der numerischen Plasmasimulation ergeben. Es wird die Darwin-Approximation motiviert und eingeführt, und ihre Gültigkeit an einem einfachen Beispiel gezeigt. Schließlich wird auf die numerische Implementierung des Gleichungssystems zur selbstkonsistenten kinetischen Simulation technischer Plasmen eingegangen und erste Ergebnisse eines Darwin-PIC-Codes präsentiert.

(Die Arbeit wird gefördert im Rahmen der DFG-Sonderforschungsbereichs TRR 87 „Gepulste Hochleistungsplasmen zur Synthese nanostrukturierter Funktionsschichten“.)

KHT2013-B.2-4

Improved electric field distribution by utilizing profiled dielectric inserts inside cavity resonators with through-opening for material stream evaluation

U. Faz¹, U. Siart¹, T.F. Eibert¹, T. Hermann², M. Ueding²

(¹Technische Universität München, Germany; ²Rieter GmbH, Germany)

Methods of material inspection and sensing are widely based on interactions between matter and electrical field. From parallel plate capacitors to open end coaxial resonators, a variety of techniques ranging from statics to electromagnetic are used for material characterization. One established method is the utilization of microwave cavity resonators serving as the frequency determining element in an oscillator circuit with detuning of the resonance frequency and damping of the resonance quality factor due to the presence of a dielectric material stream and fluctuations in material flow; namely, paper, plastic form, textile fibre and non-aqueous liquids. In various cases, there is a requirement for material passage through the cavity, which demands for through-openings in the cavity walls albeit such provision results in reduction of electric field and loss of field uniformity around the material. The non-uniformity causes superfluous detuning of the cavity due to vibration in material flow and fluctuations in material motions away from the centre of the flow passage. A cavity design with an additional quartz and alumina dielectric insert is proposed to improve electric field uniformity for material sensing.

A cylindrical cavity resonator is employed with TM₀₁₀ as the main mode of resonance and fed with a pair of loops or H-couplers around the perimeter of the cavity. A circular through-hole opening on the top and bottom walls is provided in the middle of the cavity to allow for the sample material stream through the cavity. For TM₀₁₀ mode within a cavity, the electrical field strength has its peak in the middle; hence the hole-opening provides for the maximum interaction of material with the resonance electric field. The material flow passage is separated from the main cavity by a thin profiled dielectric of quartz and alumina, which serves two purposes; to avoid contamination of the material inside cavity, thus altering its resonance characteristics; to condition the electric field in the

passage for enhanced uniformity. The profiled dielectric is similar to a circular ring structure but thicker at the centre and thinner on the edges; such a ring structure attempts to smooth out the electric field near the opening and ensures better electric field homogeneity within the material passage. Textile slivers of cotton and polyester were tested with the above setup and showed improvement in material stream evaluation characteristics of the cavity.

KHT2013-B.2-5

Numerical Simulation of Biological Cells Exposed to Electric Fields and Electrical Control of Microfluidic Systems

M. Stiemer, L.O. Fichte, S. Beilmann, S. Hundertmark

(Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg, Germany)

In many areas of biochemical engineering and modern laboratory diagnostics efficiency can be enormously increased by parallelization of the assays involved. Consider, e.g., a diagnostic workflow, where a single microorganism has first been labeled, for instance, by a fluorescent molecule, which has afterward been localized by spectroscopic methods. Next, the microorganism should be guided into a droplet, where it will proliferate for further treatment, such as tests of tolerance with respect to certain antibiotics. In a miniaturized environment, such a workflow could be performed many times in parallel. However, to control the flow in such an environment a technique is required to quickly direct the biological cells to the relevant place for its further treatment. One possibility is to impose spatially inhomogeneous electrical fields on the microorganisms and excite a dipole-moment by load transfer. The so produced dipoles then follow the gradient of the inhomogeneous external field. Such an electrical guiding system has to work at frequencies up to 10 kHz to be able to switch the cells' passes efficiently and reliably.

The purpose of this talk is to develop methods for the numerical simulation of trajectories microorganisms follow depending on the applied external electrical fields. This requires a simulation of electrical systems on three different length-scales and, additionally, the interaction of the microorganisms with the fluidic medium. On the length scale of the microfluidic device (~1mm), a boundary-element-simulation is employed providing an efficient simulation of the spatially heterogeneous temporally varying fields. To solve the cells' equation of movement, the force resulting from the dipole moment excited in the microorganisms and their liquid friction has to be computed. To obtain the correct value of the microorganisms' dipole moment, a second simulation on the scale of the cell (~1µm) has to be performed. Here, a finite-element-simulation is employed, since this method allows for consideration of the electrical heterogeneity of the cell. In this simulation, a correct consideration of the membrane (~7nm) is crucial, since most of the cell's dipole moment at the considered frequencies results from capacitive loading of the electrically bad conducting cell membrane. Hence, electrical relaxation of surface charges is the governing phenomenon, modeled by an electro-quasistatic approximation to Maxwell's equations. Finally, the developed simulation is employed for the design of electrically controlled microfluidic devices.

The developed simulation methods allow for further investigations into the electrical properties of cells: Attempts at understanding the so called α -dispersion of cells occurring at frequencies between 100-1000 Hz, which is suspected to influence the cell's metabolism are discussed. Further, estimates on the transmembrane potential of cells are presented.

SITZUNG B.3

KHT2013-B.3-1

Model Order Reduction for the Uncertainty Quantification of Voltage Insulators with Nonlinear Resistive Electric Field Grading

S. Schöps¹, D. Schmidhäuser², M. Clemens²

(¹Technische Universität Darmstadt, Germany; ²Bergische Universität Wuppertal, Germany)

The numerical simulation of voltage insulators and arrestors requires the solution of electroquasistatic field problems. The simulation must be carried out in the time domain due to nonlinear resistive electric field grading materials, i.e., large nonlinear systems of ordinary differential equations are numerically solved. Naturally, the numerical solution depends on the input parameters, e.g., geometry and material data. In particular the material relations are affected by inaccuracies, for example due to measurements and manufacturing

imperfections. This is crucial for resistive electric field grading materials since their degree of uncertainty is rather high: these materials are composites and their mixture determines the electric switching point. The production process of those materials is difficult to control. Consequently, each insulator will have a slightly different material configuration.

To this end, we assume that the switching point is a random variable, e.g., normally distributed. The aim is to determine the random distribution (typically mean and standard deviation) of the electromagnetic field or other quantities of interest. This knowledge allows designers to develop more robust prototypes and may be an ingredient for guaranteed quality ("six sigma quality").

We propose to reduce the high numerical costs of classical methods like Monte Carlo by using the framework of Polynomial Chaos and Model Order Reduction (MOR). To ensure the correctness of the uncertainty analysis, we exclude the nonlinear domains from the reduction and apply MOR only in subdomains with constant material properties, e.g., air or vacuum. In these exterior domains the degrees of freedom can be reduced significantly by the proper orthogonal decomposition method without significant loss of accuracy. The method involves a singular value decomposition to capture the system dynamics such that it extracts the essential dynamical behavior with a low number of degrees of freedom. Finally, only a few full simulations are necessary while most evaluations are carried out with the reduced model.

KHT2013-B.3-2

Analysis of Electrical Transport in Zinc-Oxide Varistors Using Microscopic Circuit Modeling

K. Bavelis, E. Gjonaj, T. Weiland
(Technische Universität Darmstadt, Germany)

Zinc-oxide varistors are ceramic semiconductor devices that are used for circuit protection against surges. They have highly nonlinear current-voltage characteristic which is a result of the double Schottky barrier which forms at the boundaries between the grains they are composed of.

The variations of the geometric and electrical properties of the grains and grain boundaries cause current localization and thus affect the current transport and the overall performance of the varistor macroscopically. Thus this work focuses on simulating the zinc-oxide microstructure taking into account microscopic variations such as the barrier height and the size and shape of the grains. The simulation is based on modeling the grains and the grain boundaries using their circuit equivalents and combining them into a large nonlinear network.

Results based on realistic structures will be presented along with proposed methodologies that describe grain conductance in terms of its ohmic and nonlinear components. Lastly, using the proposed approaches, the effect of local defects in current localization and overall varistor performance will be shown.

KHT2013-B.3-3

Simulation of heat evolution in non-ferromagnetic metals exposed to magnetic fields

P. Wolt, R. Appel, M. Rozgić, M. Stiemer

(Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg, Germany)

In many engineering applications electromagnetic, mechanical, and thermal fields are coupled by different physical mechanisms. Consider, e.g., electromagnetic forming, where electrically good conducting material, such as copper or aluminum is formed by Lorentz forces resulting from a pulsed magnetic field, which is generated by a tool coil adjacent to the work piece excited by a pulsed electrical current. A physical model of this process is given by the magneto-quasistatic Maxwell equations coupled with a dynamic thermo-elasto-visco-plastic material model for large deformations. Here, coupling takes the form of the Lorentz force acting as an external load on the mechanical structure, the structure's deformation and velocity field influencing the spatial distribution of the electrical conductivity and the induced eddy currents via electromotive forces and finally, Joule heating and mechanical heat production, affecting both the electrical conductivity of the work piece and its mechanical properties [1].

The purpose of this work is to identify all physically relevant phenomena determining the heating of a non-ferromagnetic electrically conducting material exposed to a pulsed magnetic field and estimate their magnitude. This provides an engineering background on which, particularly, heat evolution in electromagnetic forming processes can be considered and, more generally,

electromagnetic heating processes can be designed. Particularly, a simple and practical relation is derived between material parameters of a non-ferro-magnetic electrically conducting work piece under the influence of a pulsed magnetic field and properties of the arising temperature field. Next, an accurate and effective coupled thermo-magnetic model is formulated and numerically implemented in the realm of the finite element method. With this implementation, the influence of various parameters on the evolution of the temperature field is studied, and the outcome is compared with the predictions of the simple model. The considered parameters include the electrical parameters of the triggering current in the tool coil circuit, shape and size parameters of the tool coil, geometrical parameters of the work piece, and particularly the influence of the work piece's material on the temperature rise. A further issue is the consideration of the work piece's movement during heating with a pulsed magnetic field. To gain a high accuracy when computing the eddy currents induced in the work piece, the usual Euler formulation of the eddy current equation is changed to an Arbitrary Lagrangian Eulerian (ALE) form [2]. This study finally leads to a systematic understanding of the influence of certain parameters on the result of electromagnetic heating of non-ferromagnetic materials.

References:

[1] M. Stiemer, J. Unger, H. Blum, B. Svendsen. Algorithmic formulation and numerical implementation of coupled multifield models for electromagnetic metal forming simulations. *Int. J. Numer. Methods Engrg.*, 68:1301-1328, 2006.

[2] M. Stiemer, J. Unger, H. Blum, B. Svendsen. An arbitrary Lagrangian Eulerian approach to the three dimensional simulation of electromagnetic forming. *Comp. Meth. Appl. Mech. Engrg.*, 198(17-20):1535-1547, 2009.

KHT2013-B.3-4

Local microwave heating as a means to overcome design limitations in metal casting processes

O. Wiedenmann, R. Ramakrishnan, E. Kiliç, P. Saal, U. Siart, T.F. Eibert

(Technische Universität München, Germany)

In metal casting processes, the control of the temperature environment during casting, solidification and cooling is essential for the mechanical properties and the quality of cast metal parts. To homogenize the material characteristics and to avoid residual stresses in the cast parts, controlled heat dispersion by localized microwave heating at 2.45 GHz is applied. This enables to control the temperature distribution and the rate of cooling during the casting process. An even more important aspect of this approach is that design limitations can be overcome by enhancing the variety of castable geometries, which could lead to substantial improvements in many industries.

This contribution shall give an overview on some key aspects on the way to this goal. In order to enable a realistic modeling of the electromagnetic and thermal processes taking place, the dielectric properties of the involved materials have to be characterized first. For this we used a material measurement technique that is based on a 2.45 GHz cylindrical microwave cavity resonator. In this resonator also heated material probes could be measured. Thus, we are able to take into account the strong temperature dependency of the permittivity. The local heating is realized by including highly absorbing materials in the casting form body. These heat up the sand mold indirectly on the basis of microwave absorption. Full-wave electromagnetic field computation has been used to optimize the shape and the position of the so-called susceptor blocks. The composition of this susceptor material has been carefully optimized in a series of experiments. Utilizing susceptor materials opens up the possibility to apply a stronger heating in regions where it is desired in order to ensure the correct metal flow, like, for instance, in thin-walled geometry parts.

A test setup consisting of a stirred microwave oven and contactless temperature measurement is then used to verify the validity of the coupled electromagnetic-thermodynamic simulation model by comparing numerical results with experimental measurements. The temperature distribution obtained from this simulation is subsequently used as input for a casting simulation, so that a continuous modeling and simulation framework is created which can be used for future optimizations.

Finally, we investigate the influence of the local heating by comparing tensile specimens which have been cast in a preheated sand mold to conventionally cast parts. Evaluation parameters for cast parts such as the dendrite arm spacing suggest that the proposed microwave heating technique can add an important benefit to metal casting processes using sand molds.

KHT2013-B.3-5

Multi-Sensor Doppler Radar for Machine Tool Collision Detection

T. Wächter¹, U. Siart¹, T.F. Eibert¹, S. Bonerz²

(¹Technische Universität München, Germany; ²Ott-Jakob Spanntechnik GmbH, Germany)

A widespread problem in machining and milling production is machine damage in consequence of tool collision. Collisions typically occur accidentally by mistake or by inattention of the machine operator. In case of tool collision tremendous impact forces act on the motor-spindle and on other parts of the milling machine like the bearings and the framework. High maintenance costs as well as production downtimes and lost output are among the consequences. In order to tackle those problems and to increase machine availability a novel autonomous active safety system based on 24 GHz CW radar modules is being developed. It is supposed to trace objects that approach the milling tool and to avoid the danger of inadvertent tool collision. Several low-cost modules are arranged around the milling machine tool to provide total coverage of the three-dimensional surrounding area. The collision detection is based on multi-sensor Doppler tracking of a target in uniform rectilinear motion. Therefore, the system gets along with low-complexity RF hardware and short processing time.

In this paper the experimental measurement prototype system is presented which has been developed to gather radar data in realistic machine environments. The radar modules are installed in a steel ring which allows for testing of several antenna configurations. Amplifier modules for conditioning of the IQ signals have been developed and integrated into the holding ring. Data acquisition is conducted by ordinary sound card hardware. The given constraints on hardware and software determined by the market are described shortly and a possible solution for a reliable low-cost, low-energy system is presented. Furthermore the general requirements for the operation of electronic hardware in a machine tool are discussed. With this prototype system measurements have been conducted and processed. An insight into the measurement procedure is given. It is explained how to get a representative and reconstructible set of data for the development of a fundamental structure of the algorithm for parameter estimation. Filtering and phase calibration is used to suppress noise and interference and to reduce the influence of quadrature errors introduced by the IQ mixer. Doppler frequency estimation is based on Fourier processing. It makes use of the Zoom transform (also known as Zoom FFT) to reduce the computational effort and to speed up the spectral search. This also allows for gradual reduction of the sampling frequency. It is expected that this will help in the future to implement Doppler estimation and tracking efficiently on a low-cost DSP or FPGA. Doppler frequency estimates obtained after signal conditioning and Fourier processing were used for object positioning and the results are in good agreement with the reference coordinates provided by the machine's control unit.

KHT2013-B.3-6

ANN basierte Modellierung von RF MEMS Schaltern

L. Vietzorreck¹, Z. Marinković², T. Čirić², T. Kim³, O. Pronić-Rančić², M. Miličić², V. Marković²

(¹Universität Erlangen, Germany; ²University of Niš, Serbia;

³Technische Universität München, Germany)

RF MEMS basierte Schalter können in verschiedensten Bereichen der Kommunikations- oder Messtechnik effizient zu Schaltzwecken eingesetzt werden, da sie unter anderem klein und extrem linear sind und eine geringe Leistungsaufnahme besitzen. Zur Modellierung und Optimierung der Schalter können alle gängigen Vollwellensimulatoren benutzt werden. Aufgrund der geringen Schichtdicken und kleinen Abmessungen ist die Simulation der Schalter jedoch zeitaufwendig, besonders wenn es um die Optimierung der Eigenschaften geht, bei denen etliche Durchläufe mit variierenden Parametern zu rechnen sind. Für die Einbettung der Schalter in größere Schaltungen ist das Vorhandensein entsprechender Modelle vorteilhaft, um die Rechenzeiten der Schaltung zu begrenzen. Die Modelle werden oft aufgrund physikalischer Annahmen mit Ersatzschaltbildelementen erstellt, die Modelle können jedoch schnell sehr komplex werden, was die Bestimmung der Modellparameter erschwert. Auch eine direkte Rückführung gewünschter Eigenschaften auf die Geometrieparameter der Schaltung ist meist nicht direkt möglich. Abhilfe kann hier eine Modellierung mit Artificial Neural Networks (ANNs) schaffen. Hier werden in einem Trainingsprozess Modelle aufgrund der Relation zwischen verschiedenen simulierten oder

gemessenen Eingangs- und Ausgangsparametern hergestellt. Innerhalb des gegebenen Parameterbereiches der Trainingsdaten können dann innerhalb von Sekunden beliebige neue Ausgangsdaten berechnet werden, z.B. die Streuparameter in Abhängigkeit bestimmter Geometrieparameter des Schalters. Der Prozess kann jedoch auch einfach umgekehrt werden, d.h. aus vorgegebenen Verhaltensgrößen können die Geometrieparameter ohne Mehraufwand bestimmt werden. Mit Hilfe dieser Modelle können sehr einfach Optimierungen im Schaltungssimulator durchgeführt oder auch der gesamte Optimierungsprozess durch ein geeignetes Modell ersetzt werden. Die Verfahren, Vorteile wie auch Einschränkungen, werden anhand eines kapazitiven und eines ohmschen Schalters erläutert.

KOMMISSIONEN C UND D

SITZUNG CD

KHT2013-CD-1

Increasing the Time Resolution of a Pulse Width Modulator in a Class-D Power Amplifier by Using Delay Lines

M. Weber, T. Vennemann, W. Mathis

(Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Germany)

Due to the increasing demands in energy efficient power amplifiers class-D amplifiers are prevalent for audio applications. In this work, we consider a class D amplifier using the ZePoC algorithm implemented on a DSP with additional advantages of extremely low switching rate and a separated baseband. Typically, PWM signals are used to control the power stage of the amplifier. In case of ZePoC the computed duty cycle of this binary signal must be quantized to use a digital PWM generator. The time resolution of the binary signal depends on the clock speed of the PWM generator.

Taking account of the Nyquist Theorem and the transition band of the analog output filter a minimum PWM frequency of 96 kHz is necessary for audio signals. Available DSPs and their built in PWM generators work with clock speeds up to a few hundred MHz, which is equivalent to time resolutions of a few nanoseconds. For example, a PWM generator working with 200 MHz clock speed generates a PWM signal with 5 ns of time resolution. Using PWM for digital to analog conversion each possible duty cycle of the PWM signal corresponds to one output amplitude. With conventional DSPs the resolution of the amplifiers output signal will thus be less than 12 bits. In comparison to an audio CD resolution with 16 bits, there are lacking more than 4 bits of resolution to obtain the same audio quality.

In this paper, we present an additional module, which is inserted into the signal chain between DSP and power stage. By means of delay lines, this module will then increase the time resolution theoretical by 2 bits.

The basic concept of the proposed module is to delay the edges of the PWM signal for well-defined times by passing the signal through delay lines with different lengths. The delay lines are arranged parallel and connected to the inputs of an analog multiplexer, which is controlled by the DSP. The challenge consists of driving all delay lines parallel and to prevent disturbances caused by reflections on the delay lines.

We will present the principle of increasing the time resolution of PWM signals using delay lines. Furthermore, measurement results of the improved ZePoC system will be shown.

KHT2013-CD-2

Treiberelektronik zur Anwendung in frequenzmodulierter Rasterkraftmikroskopie

B. Schlecker, M. Ortman, J. Anders

(Universität Ulm, Germany)

Die Rasterkraftmikroskopie (atomic force microscopy, AFM) als eine Form der hochauflösenden Rastersondenmikroskopie wurde ursprünglich entwickelt und eingesetzt im Bereich der Materialwissenschaften. In diesem Bereich ist sie heute eine weitverbreitete Analyse- und Vermessungsmethode zur Vermessung der Oberflächenbeschaffenheiten von unterschiedlichsten Proben. Die Bildrate hat hierbei im Allgemeinen eine untergeordnete Priorität, da es sich in den Materialwissenschaften vorrangig um zeitlich stabile Proben handelt. Aufgrund der Tatsache, dass bei der AFM nur sehr geringe Anforderungen an die elektrischen und magnetischen Eigenschaften der Probe gestellt werden

und die Experimente außerdem unter nahezu allen denkbaren äußeren Bedingungen durchgeführt werden können findet die Technik der AFM in letzter Zeit allerdings vermehrt auch im Bereich der Lebenswissenschaften seine Anwendungen. Die Bildrate spielt in den hier im Gegensatz zu den Materialwissenschaften allerdings eine entscheidende Rolle. Es sollen biologische Prozesse wie beispielsweise die Dynamiken in der Bewegung von Proteinen aufgenommen werden, wofür eine hohe Bildrate von Nöten ist. Zur Bildgebung wird hier vor allem auf einen dynamischen Modus zurückgegriffen, bei welchem ein Cantilever zur Abtastung der Oberfläche bei seiner Resonanzfrequenz in Schwingung versetzt wird. Die Probenoberfläche bewirkt dann eine strukturabhängige Verschiebung der Resonanzfrequenz welche im Folgenden demoduliert wird und schlussendlich in Bilder umgesetzt wird. Wir präsentieren im Folgenden eine Systemarchitektur, zur Demodulation des AFMSignals und Ansteuerung des Cantilevers. Bei der Demodulation des AFM-Signals wird auf einen Einseitenbandmodulator (single sideband (SSB) Modulator) gefolgt von einer Phasenregelschleife (phase-locked loop, PLL) zurückgegriffen. Um die Oszillation des Cantilevers bei seiner Resonanzfrequenz im Dynamischen Modus aufrecht zu erhalten ist es notwendig, dass dieser von einem Treiber dazu angeregt wird. In unserer Systemarchitektur wird das Oszillationssignal mit der aktuellen Frequenz aus der PLL extrahiert und mit so verarbeitete, dass eine Schwingung mit konstanter Amplitude erzeugt wird, welche dann wieder an den Cantilever gegeben wird. Zur Verifikation der Architektur wurde diese elektrisch charakterisiert. Dazu wurde sowohl ihr Demodulationsverhalten als auch ihre Eignung als Cantilever-Treiberschaltung analysiert.

KHT2013-CD-3

Enhanced BSIM4 Modeling Framework for Self Heating Aware Circuit Design

M. Schleyer¹, S. Leuschner², P. Klein³, P. Baumgartner², J.E. Müller², H. Klar¹

(¹Technische Universität Berlin, Germany; ²Intel Mobile Communications GmbH, Germany; ³Hochschule für angewandte Wissenschaften München, Germany)

In most analog and mixed signal RF designs, static heat distribution is mainly a concern regarding device matching and circuit performance. While self-heating is immanent in all RFICs, its actual influence is negligible if dynamic power dissipation is small compared to the dissipated DC power. However, with the upcoming integration of power amplifiers and PMUs in CMOS transceivers, self-heating effects are a rising challenge in RFIC design.

The effects of self-heating e.g. in power amplifiers are well-known and have been studied extensively using behavioral models [1, 2, 3]. Furthermore, customized device models or simulation tools have been developed [4, 5, 6, 7]. Unfortunately, none of these approaches gives a robust and generic CMOS device model as required for self-heating aware design in existing design flows. Actually, the recent PSP Level 103.2 device model [8] supports an external thermal equivalent network to anticipate self-heating effects. However, PSP models are not available for most mature standard CMOS technology nodes larger than 40nm. The BSIM4 model [9, 10] used in these technologies [11] does not allow dissipation-driven temperature changes.

To close this gap, an extension to the widely used BSIM4 model is proposed. The standard BSIM4 model is enhanced using a Verilog-A wrapper module. The wrapper adds additional temperature and power nodes to convert the dynamically dissipated power of the particular device into a temperature change. This temperature change is used to add the variations of the device characteristics to the BSIM model.

The BSIM2therm Verilog-A wrapper enhances the BSIM4 model with three controlled sources to model dynamic thermal effects in CMOS devices:

- The dependency of VTH on T can be compensated with a voltage source at the gate node.
- Drain current changes due to varying electron mobility and other effects due to velocity saturation are mapped on a current source in the drain-source path.
- Additionally, a voltage controlled source at the intrinsic drain node allows temperature dependent drain resistances, as e.g. occurring in LDMOS devices [12]

The modeling and parameter extraction & fitting flow is implemented in MATLAB. Cadence SPECTRE is used to obtain device characteristics from circuit simulations.

The framework is used to model self-heating effects on a fully integrated class A/AB power amplifier designed in a standard 65nm

CMOS technology. The PA is driven with +30dBm output power, leading to a dynamic temperature elevation of approx. 50K over ambient temperature. The drain current is verified by comparing the temperature dependent operating points extracted from a PSS harmonic balance simulation. With a 5th order power series model, the maximal relative error in drain current is less than 3% in the saturation and linear region. The absolute error in cut-off is below 65 μ A for a single device. The computational performance of the model is benchmarked with a large DC sweep of a single device. Here, the overall CPU time for a $\sim$ 595k point DC sweep is rising from 736.6s for a standard BSIM model to 1,228.5s for the above mentioned 5th order model, without any further code optimizations.

- [1] S. Boumaiza, J. Gauthier und F. Ghannouchi, „Dynamic Electro-Thermal Behavioral Model for RF Power Amplifiers,“ in Microwave Symposium Digest, 2003 IEEE MTT-S International, 2003.
- [2] V. Rizzoli, D. Masotti und F. Mastri, „Behavioural Modelling of Thermally Induced Distortion in RF/Microwave Nonlinear Subsystems,“ in Microwave Conference, 2004. 34th European, 2004.
- [3] J. Mazeau, R. Sommet, D. Caban-Chastas, E. Gatard, R. Quere und Y. Mancuso, „Behavioral Thermal Modeling for Microwave Power Amplifier Design,“ Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on, Bd. 55, Nr. 11, pp. 2290-2297, 2007.
- [4] D. Heo, E. Chen, E. Gebara, S. Yoo, J. Laskar und T. Anderson, „Temperature Dependent MOSFET RF Large Signal Model Incorporating Self Heating Effects,“ in Microwave Symposium Digest, 1999 IEEE MTT-S International, 1999.
- [5] L. Codecasa, D. D'Amore und P. Maffezzoni, „Modeling the Thermal Response of Semiconductor Devices Through Equivalent Electrical Networks,“ Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications, IEEE Transactions on, Bd. 49, Nr. 8, pp. 1187-1197, 2002.
- [6] O. Jardel, R. Quere, S. Heckmann, H. Bousbia, D. Barataud, E. Chartier und D. Floriot, „An Electrothermal Model for GaInP/GaAs Power HBTs with Enhanced Convergence Capabilities,“ in European Microwave Integrated Circuits Conference, 2006. The 1st, 2006.
- [7] B. Du, J. Hudgins, E. Santi, A. Bryant, P. Palmer und H. Mantooth, „Transient Thermal Analysis of Power Devices Based on Fourier-Series Thermal Model,“ in Power Electronics Specialists Conference, 2008. PESC 2008. IEEE, 2008.
- [8] G. D. J. Smit, A. J. Scholten, D. B. M. Klaassen und R. van der Toorn, PSP 103.2 Model Manual, 2013.
- [9] X. Xi, M. Dunga, J. He, W. Liu, K. M. Cao, X. Jin, J. J. Ou, M. Chan, A. M. Niknejad und C. Hu, BSIM4.5.0 MOSFET Model - User's Manual, 2004.
- [10] C. Hu, „BSIM — Making the First International Standard MOSFET Model,“ Science in China Series F: Information Sciences, Bd. 51, pp. 765-773, 2008.
- [11] Cadence Design Systems, Inc., TSMC Adds Cadence Technologies for 65-Nanometer Design, 2006.
- [12] M. N. Marbell und J. Hwang, „A Verilog-Based Temperature-Dependent BSIM4 Model for RF Power LDMOSFETs,“ in Microwave Symposium Digest, 2005 IEEE MTT-S International, 2005.

KHT2013-CD-4

Inexact Sparse Matrix Multiplication on Parallel Hardware

A. Mansour, J. Götze

(Technische Universität Dortmund, Germany)

Iterative solvers based on Krylov subspace method (as e.g., CG, FOM, GMRES, MINRES, etc) are considered to be among the most effective solvers for large linear systems. These methods rely on finding an approximate solution in a lower dimension subspace called Krylov subspace. During the run of these methods, matrix vector multiplication (MVM) is performed in each iteration in order to generate and extend the Krylov subspace. If the system matrix is sparse, the computation cost of the iterative solver is mostly spent in sparse matrix vector multiplications (SpMV).

Researchers found that Krylov subspace methods perform well even with the presence of inexact matrix vector product. Most of these works study the robustness of Krylov subspace methods from numerical analysis point of view. In this paper, this powerful property is utilized in reducing the computational effort and the communication volume while performing SpMV on a network-on-chip (NoC). This is done by gradually reducing the number of nonzero elements in the considered matrix while maintaining the convergence of the iterative solver. This can be very beneficial in case of matrices with big differences in the magnitude of their elements as, e.g., matrices from modeling 2D fluid flow in a driven cavity, and matrices representing dynamic analyses in structural engineering. Besides, the proposed method does not require costly calculations as, e.g., the norm of the perturbation matrix or additional

matrix-vector products. As an example for iterative solvers based on Krylov method, we apply our approach to the Generalized Minimal Residual method (GMRES).

KOMMISSION C

SITZUNG C.1

KHT2013-C.1-1

Gemeinsame Schätzung von Nichtidealitäten in zeit-kontinuierlichen Sigma-Delta Modulatoren

M. Lorenz, T. Brückner, R. Ritter, M. Ortmanns
(University of Ulm, Germany)

Ziel dieser Arbeit ist die simultane Schätzung verschiedener Nichtidealitäten in zeitkontinuierlichen Sigma-Delta Modulatoren. Ein Sigma-Punkt Kalman Filter wird als Schätzer auf das vorliegende nichtlineare System angewandt.

Während dem Betrieb eines Sigma-Delta Modulators wirken sich verschiedene Nichtidealitäten des Systems auf den Signalwandlungsprozess aus. Dabei wird die Performanz des Analog-Digital-Wandlers teils stark beeinflusst, was sogar zu Instabilität des Filters führen kann. Ein Teil dieser nichtidealen Parameter lässt sich beim Entwurfsprozess des Modulators festlegen und durch geeignete Strukturen und Methoden kompensieren; so zum Beispiel endliche Verstärkungs-Bandbreite-Produkte der Operationsverstärker. Allerdings kommen während dem Herstellungsprozess und dem Betrieb des Wandlers weitere Effekte hinzu und Werte bestehender Parameter können sich ändern. Prozessvariationen während der Chipfertigung, beispielsweise, können zu Abweichungen der Integratorverstärkungen führen – und Alterungserscheinungen oder Temperaturschwankungen der Schaltung führen zu unterschiedlichem Verhalten. Um die Stabilität des Systems auch für das schlechteste Szenario einer Kombination von Nichtidealitäten zu gewährleisten, müssen die Koeffizienten des Filters entsprechend locker entworfen werden. Dadurch wird bereits während dem Entwurfsprozess auf Performanz verzichtet. Eine bessere Lösung wäre es, die Nichtidealitäten des Sigma-Delta Modulators während dem Betrieb zu detektieren und das System entsprechend dieser Schätzwerte neu zu kalibrieren.

Der Stand der Technik zeigt bereits einige Verfahren zur Detektion und Kompensation mancher Nichtidealitäten. Allerdings werden hier häufig nur einzelne Parameter beachtet, wobei der Rest als ideal angesehen wird.

Durch die Anwendung eines Sigma-Punkt Kalman Filters wird ist es möglich, viele interne Systemparameter gleichzeitig zu erfassen. Dabei können interne Zustände und Nichtidealitäten des Modulators einzig durch Betrachtung der quantisierten Ausgangswerte identifiziert werden. Hierzu wird der untersuchte Analog-Digital-Wandler mit Testsignalen gespeist.

Die Funktionalität des Systems wird anhand von zeitkontinuierlichen Simulationen demonstriert. Es wird gezeigt, dass die Identifizierung endlicher Verstärkung und Verstärkungs-Bandbreite-Produkte eines Systems dritter Ordnung, sowie Integratorverstärkungsvariationen, basierend auf Abweichungen des RC-Produktes und Excess Loop Delay gleichzeitig mit hoher Genauigkeit bestimmt werden können. Die genannten Schätzwerte konvergieren sehr schnell zu präzisen Ergebnissen. Es wird demonstriert, dass der Schätzer sogar im Falle eines Modulators mit 1-Bit Quantisierer und Ungenauigkeiten im Systemmodell, beispielsweise bedingt durch eine starke Rauschquelle im Originalsystem, noch höchst präzise arbeitet.

KHT2013-C.1-2

Parameter Estimation under Non-Stationary Circumstances using extended Signal Model

M. Lechtenberg, J. Götze, K. Görner, C. Rehtanz
(Technische Universität Dortmund, Germany)

Modern power system operation requires sophisticated monitoring and analysis since the power distribution policy changes from unidirectional central power generation to a highly meshed grid of distributed and varying generation. PMUs are widely recognized for their accurate synchro-phasor measurement subject to dynamic conditions. However, only stationary signals and modulated signals with low frequency components (i.e. mainly electro-mechanic transients) are considered; this complies with the requirements of the IEEE Standard C37.118 for synchro-phasor. Electro-magnetic transients e.g. induced by switchings in the network are not

considered. These are most likely superposed sinusoids that can be found next to the fundamental system sinusoid. In the process of estimating these electro-magnetic signal components, it has to be considered that these components are not part of the signal for all time. They are induced by events like switchings or line faults and fade out exponentially.

In terms of a model, the net can be seen as a circuit of inductances, capacitances and resistances forming meshes with individual resonance frequencies. Such mesh might be excited by an event and (in consequence) starts to oscillate. This oscillation is typically exponentially damped. The mentioned events become more frequent these days due to the changes towards more dynamic operation of the net.

Waveform analysis is a central part of this monitoring and analysis process. Yet, waveform analysis can only be done using sampling windows. Focusing on the prior to this work not explicitly considered exponential damping, it is worth mentioning that subspace analysis and frequency estimation are not affected by the damping influencing the current window (damping is orthogonal to rotation). Furthermore, the subspace-based frequency estimation algorithm ESPRIT can also estimate the parameter of exponential damping.

However, the fact that a sample at the beginning of a sampling window is affected by exponential damping differently than at the end of the window has drawbacks on the amplitude estimation, naturally, leading to inaccuracies due to the assumption of constant amplitudes. This can be circumvented by incorporating the exponential fading parameter explicitly in the signal model. Especially short-term signal components can be tracked far more precise.

As a framework for this paper, the waveform analysis is done by subspace extraction in order to enable the detection and estimation of electro-magnetic parameters aside the system's fundamental frequency. The subspace-based parameter estimation algorithm ESPRIT is supported by a subspace tracker of the PAST-family. Further (complex) amplitude estimation is done with the help of a Least-Squares approach. The extracted parameters are gathered and rated by the DaPT algorithm. The extension back projection introduced in another publication will also be used as an extension to emphasize the benefit.

KHT2013-C.1-3

4-Neurons Fully Adaptive Analog Equalizer based on Recurrent Neural Networks

G. Oliveri, H. Schumacher
(University of Ulm, Germany)

The need for reliable wireless transmission with high data rate is continuously increasing in an attempt to follow the strongly growing demand for wireless mobile services. At the same time, power efficiency issues are becoming more and more important in low-power mobile units, as well as for green communication purposes. Because of the dispersive physical channel between transmitters and receivers, the received signal is expected to suffer from intersymbol, interuser, intersubchannel interference (vector scenarios). One technique, in order to cope with this interference, lies in the application of sophisticated cancellation procedures and algorithms (vector equalization), able to compensate at the receiver the distortions introduced by the channel.

In practice, the optimum equalization strategies lead to high and unacceptable complexity, in terms of number of operations per data symbol. Processing efficiency can be improved by the application of nonlinear iterative algorithms, which can relax the complexity issue, and which still possess competitive (even if suboptimum) performance. The potential implementation of a nonlinear iterative algorithm is usually handled in a purely-software design, as well as in a field programmable gate array (FPGA) because of the simplicity, flexibility and/or easy of parameterization these approaches can guarantee.

In the vision of future ultra-high speed systems based on "analog-assisted digital" architectures, the novel approach here proposed is based on an analog implementation, capable of overcoming the major drawbacks of the digital signal processing, namely the need for the A/D and D/A converters, the high computational cost of soft-exchange of information, the accuracy in the implementation of sigmoidal functions. We propose a fully-adaptive vector equalizer, based on continuous-time recurrent neural networks (RNNs), in the Hopfield configuration, which can be used at the receiver side of a vector-valued transmission model for linear modulation schemes. All the physical parameters between transmitter and receiver are described by the coefficients of a discrete-time channel matrix, so

that the model can be referred to different transmission schemes, like OFDM, CDMA, MC-CDMA, MIMO.

The designed architecture is based on differential amplifiers for the realization of the activation function (hyperbolic tangent in this project), while adaptivity to the different channel coefficients is obtained through Gilbert cells, used as four-quadrant analog multipliers. Handling of vector sequences for non-globally-stable channel matrices is guaranteed through an on-chip re-initialization function. The total absence of external capacitors for the implementation of the integration function (as memory of the circuit), and its replacement by the implicit frequency response of the single neuron, allows the circuit to fully exploit the speed of the SiGe BJT technology, reaching an overall simulated throughput of 20 Gbps, with a power consumption of 35 mW.

Circuit simulations and comparisons with the theoretical model are provided, together with the layout of the circuit, the main limitations in the number of neurons and in the scaling of the inputs. Final considerations about the outlook, with special focus on how to expand the concept of recurrent neural networks to analog decoding, are also discussed.

SITZUNG C.2

KHT2013-C.2-1

Advantages and Limitations of a Software RFID Reader

G. Smietanka, S. Brato, J. Götze, W. John
(Technische Universität Dortmund, Germany)

Radio Frequency IDentification (RFID) is a communication system which is mostly used to identify, track and localize goods in logistic chains. The RFID reader systems used in these cases have the disadvantage that they provide a very limited view and flexibility on the transmission details. Especially in research scenarios this lack of flexibility leads to large limitations regarding the analysis of the transmission behavior.

In previous works an RFID reader was implemented using an USRP (Universal Software Radio Peripheral) front end and the CGran RFID software as an example of Software Defined Radio (SDR). This system allows detecting passive UHF tags according to the EPCglobal Gen2 protocol with a high amount of flexibility and visibility to the protocol layer. Nevertheless this system deals with several disadvantages due to the hardware limitations of the USRP and the general drawbacks of SDR.

This work presents these software reader limitations which include the transmission power of the USRP, the number of usable antennas and the general system latency, as the RFID communication protocol is very time critical. Also, possible solutions for these problems are presented. Especially the performance of a hardware extension which multiplexes and amplifies the input and output signal of the USRP is analyzed. Additionally the CGran RFID software is optimized based on the novel hardware. With this optimization the shifting cycles of the multiplexer and the communication cycles of the software reader are synchronized with each other. This extension allows an antenna switching without any loss of transmission cycles.

KHT2013-C.2-2

Systematic Design of Output Filters for Audio Class-D Amplifiers via Simplified Real Frequency Technique

E. Hintzen, T. Vennemann, W. Mathis
(Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Germany)

The development of audio technology in recent years is primarily characterized by more efficient and compact power components and systems. Due to the rapid growth and ongoing development of mobile devices, class-D amplifiers have become prevalent in modern applications. The main reasons are on the one hand the compact design while delivering high performance and on the other hand the theoretical maximum efficiency of 100%.

The concept of class-D amplifiers can handle only switching signals, so the circuit complexity is much higher compared to linear power amplifier concepts to guarantee an overall linear signal transmission. The audio signal has to be initially encoded by a modulator (e.g. pulse width modulation). Then, the signal can be amplified by the switching stage and finally it has to be decoded by a demodulator. Furthermore, in practice a simple lossless (passive) low-pass filter is used to reconstruct the signal by separating the audio and switching frequency spectra.

The reconstruction filter is usually realized with conventional filter design techniques by defining pass and stop band and setting

desired ripple and tolerance. Then, the transfer function is calculated with the help of well-known approximation procedures (Butterworth, Tschebyscheff or Cauer). In practice, a purely resistive load is often used to model the loudspeaker impedance at the output of the filter, thus neglecting complete frequency dependences of real loudspeakers. In consequence of committing these effects, the frequency response of the filter will no longer be linear in the audio band and will distort the signal.

In this paper a new filter design concept is proposed and implemented which takes into account the complex loudspeaker impedance. By means of techniques of broadband matching, that has been successfully applied in radio technology, we are able to optimize the reconstruction filter to achieve an overall linear frequency response. Here, a passive filter network is inserted between source and load that matches the complex load impedance to the complex source impedance within a desired frequency range. The design and calculation of the filter is usually done using numerical approximation methods which are known as Real Frequency Techniques (RFT). In the upcoming paper, a first approach to systematic design of reconstruction filters for class-D amplifiers is proposed, using the Simplified Real Frequency Technique (SRFT). Some fundamental considerations are introduced as well as the benefits and challenges of impedance matching between class-D amplifiers and loudspeakers. Current simulation data using MATLAB and measurement data of a realized filter are presented as well and support some first conclusions.

SITZUNG C.3

KHT2013-C.3-1

Analyse eines verteilten spectrum-sensing Systems für kognitive Funkssysteme

J. Barowski, S. Dortmund, B. Meiners, A. Nalobin, S. Sczyslo, I. Rolfes
(Ruhr-Universität Bochum, Germany)

Im Zuge der weltweiten Digitalisierung des Rundfunks, hat sich die Nutzung großer Teile des UHF-Bereichs in Deutschland deutlich gewandelt. Durch die stetig steigende Anzahl der durch Primär- und Sekundärnutzer belegten Frequenzbereiche, ist es notwendig, Systeme zur Organisation dieses Frequenzbereichs zu implementieren. Im Rahmen des C-PMSE Projekts (Cognitive Programme Making and Special Event) wurde eine, in dieser Form einmalige, Feldtestplattform für kognitive Funkmikrofone in den Räumlichkeiten der Messe Berlin aufgebaut, welche über ein in den einzelnen Hallen verteiltes spectrum-sensing System verfügt, mit dessen Hilfe das kognitive System die spektrale Verteilung der einzelnen Funkstrecken plant.

In diesem Beitrag wird ein Scanning-System, welches aus 21 Empfängern besteht, hinsichtlich seiner ortsabhängigen Abdeckungsrate (Coverage) in den einzelnen Hallen, sowie der Sicherheit, mit der es Signale erkennt, (Detection Rate) analysiert. Zu diesem Zweck wurde in den Hallen der Messe Berlin eine umfangreiche Messkampagne durchgeführt. Dazu wurde ein schmalbandiger Sender über eine zuvor definierte Route innerhalb der Hallen bewegt und mittels des Scanning-Systems erfasst. Parallel zur Entwicklung der Feldtestplattform wurde ein Radio Link Simulator implementiert, welcher eine vollständige virtuelle Nachbildung des Testsystems, einschließlich realistischer Funkkanal- und Signalschwundmodelle darstellt. Die Ergebnisse der Messungen werden mit Resultaten des Simulators verglichen, wodurch eine statistische Verifikation der verwendeten Kanalmodelle auf Systemebene erfolgt. Auf Basis der durch die Messungen verifizierten Simulationsergebnisse, lassen sich darüber hinaus Abschätzungen über die für eine vollständige Abdeckung benötigte, minimale Anzahl der Empfänger pro Halle treffen.

KHT2013-C.3-2

Messdatenbasierte Funkkanalmodellierung und Optimierung der Funkübertragung für Gebäudeautomatisierungssysteme im SRD-Band bei 868 MHz

S. Wunderlich, M. Welpot, S. Reis, I. Gaspard
(Hochschule Darmstadt, Germany)

Funkbasierte Gebäudeautomationslösungen sind gerade vor dem Hintergrund der Energiewende in Deutschland von großem öffentlichem wie privatem Interesse. Dem steht aufgrund der komplexen Ausbreitung innerhalb von Gebäuden leider oft eine schlechte Planbarkeit bzw. große Varianz der Qualität der einzelnen Funkverbindungen eines drahtlosen Hausautomationsnetzes

gegenüber. Eine genaue Kenntnis der zu erwartenden Funkfelddämpfung ist zur effizienten Auslegung der erforderlichen Funknetze unverzichtbar.

In der vorliegenden Arbeit wurde deshalb eine umfangreiche Messkampagne zur Ableitung realistischer Funkkanalmodelle für die Ausbreitungsdämpfung im SRD-Band bei 868 MHz für unterschiedliche Ausbreitungsbedingungen in Gebäuden durchgeführt. Diese unterscheiden sich beispielsweise in der Raumgeometrie, den verwendeten Baumaterialien oder den Einrichtungsgegenständen. Insgesamt wurden in sechs unterschiedlichen Gebäuden jeweils ca. 2000 Einzelmessungen zur Empfangsfeldstärke für unterschiedliche Sender-Empfänger Anordnungen durchgeführt, statistisch ausgewertet und Ausbreitungsexponenten abgeleitet. Für eine gegebene Entfernung zwischen Sender und Empfänger zeigt sich eine große Varianz (bis zu 8 dB) der Ausbreitungsdämpfung, die durch das komplexe Mehrwegeausbreitungsszenario des Inhausfunkkanals begründet ist, bei dem sich eine Vielzahl unterschiedlicher Ausbreitungspfade zum Gesamtfeld überlagern.

Heute bereits kommerziell verfügbare Funkmodule für die skizzierte Anwendung verwenden als Sende- und Empfangsantennen ausschließlich linear polarisierte Antennen in Form von einzelnen Monopol-, Dipol- oder Schleifenstrahlern. Diese lassen sich kostengünstig herstellen und sind konform zu den kleinen Abmessungen der Funkmodule. Allerdings wird ein großer Anteil der Varianz der Empfangsfeldstärke durch Polarisationsverluste bewirkt, die durch (Mehrfach-)Reflexionen, Streuung und Beugung z.B. an den Wänden und Decken eines Raumes oder Hindernissen im Ausbreitungsweg entstehen. Deshalb wird in der vorliegenden Arbeit zur Optimierung der Funkübertragung für eine der beiden Antennen im betrachteten Punkt-zu-Punkt Kommunikationsszenario eine zirkular polarisierte Antenne vorgeschlagen, während für den anderen Kommunikationsteilnehmer eine linear polarisierte Antenne Verwendung findet. Zum Nachweis der Machbarkeit dieses Optimierungskonzeptes wurde eine zirkular polarisierte Patchantenne entworfen, realisiert und in der o.g. Messkampagne für vergleichende Messungen mit einer linear polarisierten Vergleichsantenne eingesetzt. Eine statistische Auswertung der Messungen zeigt in jedem der untersuchten Ausbreitungsszenarien eine signifikante Verringerung der Varianz der Ausbreitungsdämpfung für die Kombination zirkular-linear polarisierte Antennen im Vergleich zur Anordnung bestehend aus linear polarisierter Sende- und Empfangsantenne. Diese vielversprechende Vorgehensweise ist besonders vorteilhaft, wenn eine Master-Slave Beziehung zwischen einem zentralen Transceiver und mehreren untergeordneten Transceivern besteht, wie z.B. in zentral gesteuerten „Smart Home“ Systemen. Die zentrale Einheit kann dann mit einer zirkular polarisierten Antenne bestückt werden, während die untergeordneten Einheiten mit kostengünstigen und raumsparenden, linear polarisierten Antennen betrieben werden. Das vorgestellte Verfahren ist aufwandsgünstig und im Vergleich zu anderen Verfahren, wie z.B. Diversitystrategien, die aufwändige Empfängerstrukturen erfordern, für low-cost Anwendungen geeignet.

Die vorliegende Arbeit wurde durch die Hessenagentur im Projekt „Smart Home“ (HA-Projekt-Nr. 344/12-34) gefördert.

KHT2013-C.3-3 Differenzierung von Large- und Small-Scale-Gebieten von Indoor-Fadingkanälen mittels Fourier-Analyse

A. Nalobin, S. Dortmund, J. Barowski, B. Meiners, S. Sczyslo, I. Rolfes
(Ruhr-Universität Bochum, Germany)

Durch die wachsende Anzahl drahtloser Dienste im UHF-Bereich wird der verfügbare Frequenzbereich immer stärker ausgelastet. Hiervon sind insbesondere die Sekundärnutzer betroffen. Zu diesen zählen unter anderem schmalbandige Programme Making and Special Event Applikationen, welche vornehmlich in Indoor-Szenarien betrieben werden.

Aufgrund von Mehrwegeausbreitung in Indoor-Szenarien treten bedingt durch destruktive Interferenz verschiedener Pfade starke Signaleinbrüche auf. Zur Simulation dieser Vorgänge ist eine genaue Modellierung des Indoor-Funkkanals notwendig. Eine mögliche Modellierung der Signalleistung im Hinblick auf die schmalbandigen PMSE-Geräte basiert auf der Betrachtung des Large- und Small-Scale Fadings. Während die erstere Eigenschaft des Funkkanals für Indoor-Szenarien in der Regel eine geringfügige Änderung der Signalleistung über dem Ort beschreibt, charakterisiert Small-Scale Fading eine rapide Änderung, deren Einbruchintervall sich in der Größenordnung der Wellenlänge befindet. Die voneinander unabhängige Betrachtung und Modellierung der beiden

Eigenschaften kann mittels einer Tiefpassfilterung der Signalleistung über dem Ort realisiert werden. Hierbei kann die Wahl der Filterlänge jedoch die Modellierung signifikant beeinflussen und muss daher angemessen dimensioniert werden. In diesem Beitrag erfolgt eine nähere Betrachtung der Fourier-Analyse des ortsabhängigen Signalschwundes zur Bestimmung der Abgrenzung von Large- und Small-Scale Gebieten. Die Analyse erfolgt auf der Basis von Messdaten, welche in einem applikationstypischen Szenario in den Hallen der Messe Berlin erfasst wurden.

KHT2013-C.3-4

Algorithmus zur Interpolation von Kanalimpulsantworten mit Hilfe stochastischer Prozesse

B. Meiners, S. Dortmund, S. Sczyslo, J. Barowski, A. Nalobin, I. Rolfes
(Ruhr-Universität Bochum, Germany)

Dieser Beitrag stellt einen Algorithmus zur Interpolation von Kanalimpulsantworten vor. Dieser soll in einem statistischen Kanalmodell angewendet werden, eignet sich jedoch auch zur Interpolation von gemessenen Impulsantworten. Als Eingabe nutzt der Algorithmus Kanalimpulsantworten an unterschiedlichen Orten. Auf Basis dieser bestimmt er realitätsnahe Impulsantworten, die sich entlang einer geradlinigen Bewegung zwischen den bekannten Orten ergeben. Ziel des Interpolationsalgorithmus ist, die sich ergebende zeitliche und räumliche Korrelation nachzubilden, welche sich durch eine Bewegung innerhalb eines Raumes ergibt. In gängigen statistischen Kanalmodellen wird eine solche Korrelation nicht betrachtet. Daher wird hier ein Verfahren vorgestellt, das in der Lage ist, diese Korrelation nachzubilden. Der hier gewählte Ansatz sieht vor, an zwei vorgegebenen Orten jeweils eine Kanalimpulsantwort statistisch zu generieren. Die sich entlang des Weges zwischen diesen Orten ergebende Impulsantworten werden anschließend mittels des Interpolationsalgorithmus generiert. Der Algorithmus basiert auf der Anwendung der Brownschen Brücke und einer Abwandlung eines Geburts- und Sterbeprozesses. In einer Vorarbeit wurden bereits beide Prozesse daraufhin untersucht, ob sie zur Generierung der Anzahl an Mehrwegekomponenten genutzt werden können. In dieser Arbeit werden nun die beiden Prozesse zusammengefügt, um die Impulsantworten entlang der gegebenen Bewegungslinie zu generieren. Mit Hilfe der Brownschen Brücke wird die Anzahl der Mehrwegekomponenten, basierend auf den vorgegebenen Kanalimpulsantworten, bestimmt. Der Geburts- und Sterbeprozess bestimmt die Orte, an denen während der Bewegung die Mehrwegekomponenten in den Kanalimpulsantworten entstehen bzw. verschwinden. Um die nötigen Parameter für die verwendeten Prozesse validieren zu können, werden realitätsnahe Kanalimpulsantworten, die mit Hilfe einer Ray-Tracing Software berechnet wurden, genutzt.

SITZUNG C.4

KHT2013-C.4-1

Untersuchung der Störwirkung von LTE auf SRD Anwendungen bei 868 MHz

M. Welpot, S. Wunderlich, S. Reis, I. Gaspard
(Hochschule Darmstadt, Germany)

Die rasante Zunahme an privaten und kommerziell genutzten Applikationen im Short Range Device (SRD) Band bei 868 MHz und der Ausbau der LTE-Mobilfunknetze im Frequenzbereich unterhalb von 1 GHz („Digital Dividend“) wirft zunehmend die Frage nach der Funkverträglichkeit dieser Systeme auf. Während die SRD-Funkmodule auf eine sehr geringe Sendeleistung beschränkt sind, beträgt die maximale LTE-Sendeleistung im Uplink +23 dBm. Zusammen mit der Einführung von LTE im Frequenzbereich unterhalb 1 GHz als DSL-Ersatz vor allem in ländlichen Gebieten, ergibt sich damit als wahrscheinlichstes Störszenario, dass durch die Aussendung des LTE-Endgerätes im Uplinkfrequenzbereich bei ca. 850 MHz die SRD Funkverbindungen bei 868 MHz insbesondere dann gestört werden, wenn die Antennen beider Funksysteme räumlich nahe zueinander angeordnet sind und somit nur geringe zusätzliche Entkopplung der Systeme bieten.

In der vorliegenden Arbeit wurde das Störpotential von LTE auf SRD-Funkmodule von Hausautomationssystemen gemäß dem oben genannten Störszenario messtechnisch untersucht. Hierzu wurde in einem Laboraufbau die spektrale Leistungsverteilung der LTE-Aussendung entsprechend der Spektrumsmaske nach ETSI mittels Tiefpassfilterung von weißem Rauschen im Basisband und anschließender Aufwärtsmischung ins Übertragungsband

nachempfunden. Unterschiedliche Ressourcenzuweisung der LTE-Basisstation an das LTE-Endgerät und damit unterschiedliche Bandbreiten der Uplinkaussendung wurde durch unterschiedliche Grenzfrequenzen des Tiefpassfilters realisiert. Das so gewonnene Störsignal wurde dem Empfangssignal einer SRD-Funkverbindung überlagert und für unterschiedliche Nutzsignal- zu Interferenzabstände die Paketfehlerrate am SRD-Empfänger ermittelt.

Aus den Messungen zeigt sich, dass die Störwirkung des LTE-Uplink-Signals auf die SRD-Funkverbindung nahezu unabhängig von den an das LTE-Endgerät zugeteilten Ressourcen ist; auch die Erwartung, dass die LTE-Frequenzbänder der Betreiber, die dem SRD-Band am nächsten sind, die größte Störwirkung zeigen, wurde messtechnisch bestätigt.

KHT2013-C.4-2

On Parallel Random Number Generation for Accelerating Hybrid Simulations of Communication Systems

C. de Schryver, S. Weithoffer, C. Brugger, U. Wasenmüller, N. Wehn
(Technische Universität Kaiserslautern, Germany)

A major challenge of reliable communication systems is to handle and correct errors that occur during transmission over a noisy communication channel. This task is in general executed by the so-called forward error correction codes. In order to evaluate the correctness and communication performance of the encoder and decoder unit in a simulation, a vast amount of high-quality random numbers is needed for error modeling. In general, these random numbers are required with non-uniform distributions.

Hybrid simulation approaches have become more and more popular, where parts of the simulation are executed on dedicated hardware accelerators, for example on FPGAs. It has been shown that this approach can increase the simulation throughput by more than one decade when exploiting parallelism in the accelerator. In this work we investigate generation mechanism of high-quality random numbers for hybrid simulations in hardware and software. We consider schemes like the leapfrog method (substream extraction) from one generator, the jump-ahead method, and random seeding of multiple parallel generators. One focus lies on the popular and widely-used Mersenne Twister algorithm, but we consider more sophisticated and novel generator types like the WELL generator as well. We also comment on transformation methods and their implications on the quality for non-uniform distributions.

We present the ideas and backgrounds of these parallelization methods and comment on their benefits and drawbacks for different target platforms. We provide throughput and quality analysis of these methods, together with results created by standard test batteries like the TestU01 suite. Furthermore, we study the performance of these methods for parallel hybrid simulation of communication systems on different architectures and give throughput and implementation complexity numbers.

KHT2013-C.4-3

FPGA Implementation of Trellis Decoders for Linear Block Codes

S. Scholl, E. Leonardi, N. Wehn
(Technische Universität Kaiserslautern, Germany)

Forward error correction based on convolutional codes or block codes is an essential part in today's communication systems. If convolutional codes are used, mostly the graphical trellis representation of a code is used in decoding. Efficient trellis based decoding algorithms can then be used, such as the Viterbi algorithm (VA) or the maximum a posteriori algorithm (MAP) (Bahl et al., 1974). The VA performs maximum-likelihood decoding and outputs the most probably sent code word (achieving the best possible error rates). The MAP is a soft output algorithm and is required in modern iterative turbo coding systems. Trellis based decoding for convolutional codes is already well investigated.

However, it has been shown that block codes can also be represented by trellis diagrams, called bit-level trellis (Wolf, 1978). Then the efficient VA and MAP can also be applied to block codes. This is especially interesting for turbo product codes, where a MAP algorithm is required to decode the component block codes (Pyndiah et al., 1994). In contrast to the convolutional trellis the bit-level trellis has a time-variant structure (i.e. the connection structure between states changes in every time step), which presents a major challenge for implementation.

In this paper, we present two new architectures for the VA and MAP for block codes and their implementation on FPGA. To our best knowledge they are the first hardware implementations of these kind.

The special challenge of the implementation is the time variant property, which demands for additional flexibility when passing data from the current states to the following states. This flexibility is achieved by using a permutation network. We show that it is not required to use a network, that provides maximum flexibility, like the benes network. In fact, it is sufficient to implement a banyan network (Goke et al., 1973), which reduces the number of switches to nearly half the switches of the benes network. Moreover, the switches of the banyan network can be directly controlled by the bits of the parity check matrix, thus eliminating the usually existing complex control logic.

We present implementation details for FPGA designs (Xilinx Virtex 6) of VA and MAP decoders for different trellis sizes, including a folded version, which trades off reduced area against decreased throughput. The FPGA designs are analyzed and compared, regarding resource consumption and data throughput. For a 64 state trellis the VA consumes 2800 LUTs and achieves a throughput of 140 Mbit/s, the MAP consumes 6800 LUTs at 70 Mbit/s.

SITZUNG C.5

KHT2013-C.5-1

Untersuchungen zur Differenzierung von Fahrzeugen basierend auf Radarquerschnittswerten eines vorverarbeitenden automobilen Radars

M. Götz, V. Leonhardt, G. Wanielik
(Technische Universität Chemnitz, Germany)

In einem modernen Automobil wird der Fahrer von zahlreichen Fahrerassistenzsystemen begleitet, die ihn dabei unterstützen, sein Ziel so effizient, komfortabel und zugleich so sicher wie möglich zu erreichen. Der Fahrer erhält Informationen über drohende Gefahren und wird in Routine- sowie Ausnahmesituationen aktiv unterstützt. Die Entscheidung darüber, ob und wie ein Fahrer informiert, gewarnt oder in die Fahrzeugführung und so in das gesamte Verkehrsgeschehen eingegriffen werden soll, beruht auf dem Umgebungsmodell des Fahrzeugs. Dieses muss entsprechend einheitlich, umfassend und präzise sein. Wird bei der Bildung eines solchen Abbilds der Fahrzeugumgebung auf Radarsensorik zurückgegriffen, besteht die Herausforderung unter anderem darin, einzelne Radarmessungen konkreten Objekten, z.B. Fahrzeugen, zuzuordnen und diese so voneinander abzugrenzen. Dies ist insbesondere dann schwierig, wenn sich Objekte ähnlicher Geschwindigkeit nah beieinander bewegen oder teilweise verdecken. Vor diesem Hintergrund wurde, in Anlehnung an die radarbasierte Identifikation von Objekten in der Luftfahrt, untersucht, inwieweit Radarquerschnitte verschiedener Fahrzeuge dazu geeignet sind, diese voneinander abzugrenzen. Um eine mögliche Verbesserung der bestehenden Umfelderkennung auch ohne substanzielle Änderungen in der Sensor- und Systemarchitektur des Fahrzeuges erreichen zu können, wurde dazu auf ein automobiles Radar zurückgegriffen, welches bereits in Serienfahrzeugen zum Einsatz kommt. Als Konsequenz stehen zur Unterscheidung einzelner Objekte nur bereits vorverarbeitete und reduzierte Radarquerschnitte zur Verfügung. Diese wurden von verschiedenen Fahrzeugen erfasst, gegenübergestellt und auf mögliches Potential, zur Differenzierung der Fahrzeuge, hin untersucht.

KHT2013-C.5-2

Aufzeichnung von bis zu 4 kohärenten Zeitsignalen im Fahrzeug zur Charakterisierung von dominanten Störquellen

D. Sonner¹, T. Müller¹, R. Weigel²
(¹Daimler AG, Germany; ²Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Germany)

Mit Hilfe eines 4-kanaligen Aufzeichnungsracks können im Fahrzeug Zeitsignale von dominanten Störquellen, welche sich im Frequenzband von amplituden- und frequenzmodulierten Rundfunksignalen befinden (AM/FM), aufgezeichnet werden. Hierzu wurden Rahmenantennen für beide Rundfunkstandards entwickelt, die im Fahrzeug an geeigneten Stellen befestigt werden. Somit kann man das Übersprechen zwischen den Störquellen und Empfangsantennen im Fahrzeug sowie den Rahmenantennen (HF-Sonden) und die damit verbundene, erweiterte Kanalmatrix bestimmen. Mit den aufgezeichneten kohärenten Zeitsignalen lässt sich somit Rückschlüsse auf die auftretenden Störarten im Fahrzeug schließen, und wie stark sie auf andere Antennen bzw. HF-Sonden übersprechen. Mit dieser Erkenntnis können dann die Algorithmen und Verfahren zur Störunterdrückung, welche auf digitale Signalverarbeitung basieren, für analoge und digitale

Rundfunkstandards verbessert werden. Dadurch werden die Störer im Tuner unterdrückt, was sich wiederum in einer verbesserten Qualität des demodulierten Rundfunksignals nach der Entzerrung widerspiegelt.

In diesem Vortrag wird der komplette Messaufbau im Fahrzeug zur Störquellenaufzeichnung und die gemessenen, dominanten Störquellen vorgestellt. Da die analogen Rundfunkdienste AM und FM nicht über Pilotträger wie digitale Dienste verfügen, kann anhand einer Bitfehlerrate (BER) vor und nach der Entzerrung auch keine messbare Verbesserung des Algorithmus angegeben werden. Um dennoch die Verbesserung bei amplituden- und frequenzmodulierten Signalen messen zu können, wird ein quasi Signal-zu-Rauschverhältnis (QSNR) bei demodulierten AM- und FM-Signalen eingeführt. Dabei zeigt sich, dass der Entzerrerausgang im Vergleich zu der schlechteren Empfangsantenne ein um ca. 10 dB besseres QSNR aufweist.

KHT2013-C.5-3

Die Vorzüge der Sondenkompensation im Ortsbereich bei EMV Nahfeldmessungen

M. Schmidt, M. Albach

(Friedrich-Alexander-Universität Erlangen Nürnberg, Germany)

Elektromagnetische Verträglichkeit ist in hochentwickelten Schaltungen mehr und mehr eine Herausforderung. Nahfeldmessungen sind hier ein nützliches Hilfsmittel. Sie bieten einen Einblick in das physikalische Verhalten der Schaltung und erlauben ein tiefgreifendes Verständnis des Problems. Damit kann deutlich gezielter nach Möglichkeiten gesucht werden, um das EMV-Verhalten von Schaltungen zu verbessern. Es ist allerdings schwierig aus den am Ausgang der Sonde gemessenen Signalen auf die tatsächlich vorliegenden elektrischen und magnetischen Felder zurückzurechnen. Da schon kleine Feldamplituden kritisch sind, muss die Sonde eine Mindestgröße haben, um noch genügend Signalpegel zu liefern. Eine einfache Kalibrierung über einen Antennenfaktor ist dann nicht mehr ausreichend und es muss mehr Aufwand in die Sondenkompensation gesteckt werden.

Der Scanvorgang wird dazu mathematisch beschrieben. Die Signale am Sondenausgang ergeben sich aus den in der Scanebene vorliegenden Feldern, die mit der zweidimensionalen Übertragungsfunktion der Sonde gefaltet werden. Diese Übertragungsfunktion kann entweder durch Kalibriermessungen oder aus Simulationen mithilfe des Reziprozitätstheorems [1,2] bestimmt werden. Um auf die Felddaten zurückzurechnen, muss die Faltung aufgehoben werden. Die Faltung ist aber keine lineare Rechenoperation. Deshalb ist das Zurückrechnen nicht ohne weiteres möglich.

Ein mathematisch eleganter Weg ist der Übergang in den Ortsfrequenzbereich. Die Methode wurde in der Literatur bereits beschrieben [1,2,3]. Die Faltung wird dann zu einer einfachen Multiplikation, die invertiert werden kann. Tatsächlich treten bei der Invertierung in der Praxis verschiedene Probleme auf und es bleibt Raum für Optimierungen. Dies wurde z. B. in [3] untersucht. Das Verfahren hat aber eine signifikante Schwachstelle: „Abschneidefehler“. Es funktioniert nur, wenn die Messdaten auf einer ausreichend großen und geschlossenen Fläche aufgenommen werden. Am Rand dieser Fläche müssen die Signale genügend weit abgeklungen sein. In der Anwendung ist dies problematisch, da sehr große Scanflächen verwendet werden müssen. Dies führt zu langen Scanzeiten. Schlimmer noch ist, dass die Fläche geschlossen sein muss. Steht ein Bauteil aus der Platine heraus, so ist die Sondenkompensation im Ortsfrequenzbereich nicht durchführbar. Im Vortrag werden dazu Beispiele mit gemessenen Daten gezeigt. Abhilfe schafft die Sondenkompensation im Ortsbereich, die im Vortrag vorgestellt wird. Die Faltung wird dabei mittels „Least Square Algorithmus“ invertiert [4]. Das Problem des Abschneidefehlers tritt dann aufgrund der fehlenden Fouriertransformation nicht mehr auf. Da das inverse Problem aber schlecht konditioniert ist, muss zusätzlich eine Regularisierung eingeführt werden. Das bedeutet, dass bei der Rückrechnung nicht nur der quadratische Fehler minimiert wird. Es wird vielmehr eine Kostenfunktion definiert, die zusätzlich noch die Form des Ergebnisses (der tatsächlichen Felder) berücksichtigt. Im einfachsten Fall wird der Betrag verwendet. Bessere Resultate ergeben sich, wenn z. B. die diskrete Form einer Maxwellgleichung verwendet wird. Dazu werden verschiedene Auswertungen mit gemessenen Sonden-signalen durchgeführt. Außerdem gibt es weitere Parameter, die die Qualität des Ergebnisses beeinflussen. Es wird ein Vergleich mit den Ergebnissen aus der Sondenkompensation im Ortsfrequenzbereich durchgeführt. Als Referenz dienen Simulationsergebnisse mit einem kommerziellen FEM Tool.

- [1] D. M. Kerns, "Plane-Wave Scattering-Matrix Theory of Antennas and Antenna-Antenna Interactions", NBS Monograph 162, Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1981
- [2] T. B. Hansen, A. D. Yaghjian, "Plane-Wave Theory of Time-Domain Fields", IEEE Press, New Jersey, 1999
- [3] M. Spang, "Einsatz von Feldsonden mit mehreren Ausgängen in EMV-Nahfeldmessungen von Leiterplatten", Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg, 2012
- [4] P. C. Hansen, "Regularization Tools: A Matlab Package for Analysis and Solution of discrete Ill-Posed Problems", Numerical Algorithms, 6 (1994), pp. 1-35

SITZUNG C.6

KHT2013-C.6-1

Determination of Intrinsic Shielding Effectiveness for Isotropic and Anisotropic Materials Based on Measured Electrical Parameters

M. Kühn¹, C. Plett¹, W. John², R. Weigel³

(¹Audi AG, Germany; ²SIL System Integration Laboratory GmbH, Germany; ³Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Germany)

This contribution deals with the calculation of electromagnetic shielding effectiveness for material samples based on measured electrical properties. Usually the shielding effectiveness of material samples is measured with a capacitive coupled Transmission-Line-Holder system, defined in the standard ASTM D4935-10 (see [1]). This setup is based on a coaxial line, where the material sample is arranged in parallel to the cross-section of the inner- and outer conductor. The field vectors show in this case a parallel orientation to the material surface. Therefore, a far field situation for the material sample will be reproduced.

The impedance concept from Schelkunoff (see [2]) describes the transmission, reflection and absorption behaviour of a plane wave interfacing a material surface by change of the related characteristic impedance. For some applications in conventional and electrified vehicles also the knowledge about shielding effectiveness in the near field region is required. This requirement occurs for applications where the disturbance source and the victim is placed closely together. This near field situation is described by a distance r between the source to the victim, where r has to be significant smaller than the wavelength λ ($r \ll \lambda/2\pi$) [4].

Due to the high currents switched by the power electronics of a vehicle mainly the magnetic field in the lower frequency range (10 kHz to 20 kHz, see [3]) have to be considered. In order to design automotive suitable enclosures for electrical components, it is necessary to provide knowledge about the shielding behaviour of isotropic and anisotropic materials. For diamagnetic and paramagnetic material the electrical conductivity will be the critical and crucial parameter determining the shielding effectiveness against the magnetic field.

First of all in this contribution an approach for the determination of the shielding effectiveness of isotropic materials used for applications placed in a near field region will be presented. The approach to be presented is based on the measurement of the electrical conductivity. There are several models for isotropic materials (i.e. Aluminium) in the literature available. A modified version of the impedance concept by Schelkunoff useful for the near field region (see [4]) and a model from Moser (see [5]) will be discussed.

Also the shielding behaviour of anisotropic materials will be reported in this contribution (i.e. carbon fibre reinforced polymers (CFRP)). CFRP has a direction-dependent conductivity, which will be described here by equivalent electrical circuits. For the determination of shielding effectiveness, for example CFRP, used for applications placed in a near field region, an approach will also be presented. This approach based also on the measurement of the electrical conductivity.

Finally the consideration of multilayered materials, based on a chain matrix approach, will be part of this contribution.

- [1] ASTM Designation: D 4935-10; Standard Test Method of Electromagnetic Shielding Effectiveness of Planar Materials; American Society for Testing and Materials; 2010
- [2] Schelkunoff, S. A.: The Impedance Concept and its Application to Problems of Reflection, Shielding and Power Absorption; Bell System Technical J. 17; 1938
- [3] C. Hillmer, M.-O. Mayer, Dr.-Ing. U. Reinhardt: EMV von Elektro-Hybridfahrzeugen, Vortrag der 5. GMM-Fachtagung, München, 2009

- [4] Wolfspurger, H. A. (Hrsg.): Elektromagnetische Schirmung; 2. Auflage, Berlin, Heidelberg - Springer-Verlag, 2008
- [5] Moser, J.R.: Low-Frequency Shielding of a Circular Loop Electromagnetic Field Source; IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. EMC-9, No. 1, March 1967

KHT2013-C.6-2

Modelling of Shielded Cables for Different Modes of Operation

H. Feng¹, W. John², W. Mathis³

(¹Audi AG, Germany; ²SIL System Integration Laboratory GmbH, Germany; ³Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Germany)

Future electrically operated vehicles will imply huge design challenges for electric and electronic components. The close vicinity of high field strength from high power cables and electric motors and sensitive high density electronics requires a holistic approach concerning electromagnetic compatibility (EMC), respectively electromagnetic reliability (EMR). To make this worse the commonly used shielding effect of the car's metal case will disappear due to lightweight designs, using carbon fibre cabinets for examples.

Many Electromagnetic Compatibility (EMC) issues are caused by the currents flowing in the shields of the phase wires which connect the power electronics and the electrical machine in electrified vehicle for example. These shields could be designed as return path respectively not to be a part of the return paths. The understanding of the mechanism, how these currents emerge, is very important for the solution of this problem.

This contribution presents the modelling of the shielded cable in two different operation modes (Mode A: The shield has been designed as return path of the circuit; Mode B: The shield was not designed as return path for the current guided by the inner conductor).

In the last years research effort has been made to describe the behaviour of shielded cables [1-4], but almost the research was carried out are under the assumptions, that the shield operates as a return path for the current guided by the inner conductor (see also Mode A) and the disturbance were generated by external electromagnetic fields. Usually the effectiveness of a cable shield, or the coupling of the interference signals (generated by the current guided by the shield) into the inner conductor will be described by the so called transfer impedance [5]. The definition of transfer impedance and its measurements also assume that the cable system operates in Mode A.

With this contribution it will be shown, that the field distributions in Mode A and B are different. Therefore, the models for shielded cables operating in these modes should be different too. While models based on transmission line theory [6,7] are appropriate for Mode A, a new model containing a unidirectional transformer will be proposed for Mode B. It concludes that the measurement of the transfer impedance is not sufficient to describe the behaviour of shielded cable operating in Mode B. A new measurement method will be proposed for the particular coupling in this mode. The influence of some other parameters, e.g. frequency, cable length, distance to the ground, on the current flowing in shield will also be discussed. Finally the proposed model for a shielded cable operating in Mode B will be validated by simulations and measurements.

[1] Tiedemann, R.; Current Flow in Coaxial Braided Cable Shields; IEEE Transaction on Electromagnetic Compatibility, Vol. 45, No. 3; 2003

[2] Lu, T., Guo, L., Cui, X.; Transient Analysis of The Current along the Cable Shield under The External Electromagnetic Field; IEEE International Symposium on Microwave, Antenna, Propagation and EMC Technologies for Wireless Communications Proceedings; 2005

[3] Poon, S.S., Maloney, T.J.; Shielded Cable Discharge Induces Current on Interior Signal Lines; IEEE Electrical Overstress/Electrostatic Discharge Symposium; 2007

[4] Jettanasen, C.; Influence of Power Shielded Cable and Ground on Distribution of Common Mode Currents Flowing in Variable-Speed AC Motor Drive Systems; Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility; 2010

[5] Wolfspurger, H. A. (Hrsg.): Elektromagnetische Schirmung; 2. Auflage, Berlin, Heidelberg - Springer-Verlag, 2008

[6] Kley, T.; Optimierte Kabelschirme Theorie und Messung; Ph D. Thesis, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 1991

[7] Giese, M.; Simulation der elektromagnetischen Wellenausbreitung in komplexen Leitungsstrukturen unter Berücksichtigung von Schirmungseffekten; Ph D. Thesis, Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen, 2006

KOMMISSION D

SITZUNG D.1

KHT2013-D.1-1

An Approach to High Speed SAR ADCs

A. Elkafrawy, J. Anders, M. Ortmanns
(University of Ulm, Germany)

The SAR ADC architecture is well suited for wireless sensor networks, data acquisition and biomedical applications due to its moderate speed, moderate resolution and very low power consumption characteristics. However, during the last few years, SAR ADCs took advantage of technology scaling into the nanometer range. Therefore, much faster ones came up with high conversion rates up to 150MS/s and low power consumption. For some high conversion rate applications, power and area efficient SAR ADCs can possibly now replace pipelined ADCs.

One approach towards the high conversion rate SAR ADCs is based on current mode operation. Since the current signal is easy to sum, to scale and to compare. Nowadays, most existing current mode SAR ADCs are used for low power applications with very low conversion speeds. On the other hand, current mode signaling is famous for high speed performance compared to voltage (or charge) based systems.

In this abstract, adopting the current mode approach to the architecture of SAR ADC, along with working on high conversion rates, is considered.

KHT2013-D.1-2

Strommessung in einem Schaltwandler mit digitaler Regelung

D. Killat, F. Mezger

(Brandenburgische Universität Cottbus, Germany)

In nahezu allen elektronischen Geräten befinden sich heute zutage mehrere Schaltwandler. Diese besitzen meist zwei Regelkreise, einen schnellen Stromregelkreis und einen langsameren Spannungsregelkreis. Dabei wird im Bereich der Schaltwandler für kleine bis mittlere Leistungen, meist noch immer auf analoge Regelkreise gesetzt.

Dabei bietet eine digitale Regelung einige Vorteile. So ist die Rauschunempfindlichkeit besser als bei analoger Regelung und auch die Anpassung an verschiedene Wandler spezifikationen (U_{in}, U_{out}, I_{max}, L, Cout,...) ist einfacher. Deshalb ist ein Schaltwandler mit digitaler Strom- und Spannungsregelung sehr attraktiv. Der offensichtlichste Ansatz wäre ein Shunt mit einem Antialiasing Filter und einem ADC um den Strom im Schaltwandler zu bestimmen. Im kleinen und mittleren Leistungsbereich ist dieser Ansatz jedoch nachteilhaft aufgrund der zusätzlichen Leistungsverluste im ADC und Shunt. Daher wurde ein Beobachter basiertes Konzept entwickelt, welches nur die sowieso im System vorhandenen Signale nutzt. Es wird dabei aus der Spannung über der Induktivität, der Strom berechnet und dieses Signal für die Stromregelung verwendet.

In diesem Vortrag werden die theoretischen Grundlagen dieses Systemkonzepts vorgestellt. Anschließend werden Simulationsergebnisse, welche mit ScicosLab/Scicos erstellt wurden, präsentiert. Diese zeigen, dass das Konzept funktioniert, vergleichen die Ergebnisse mit einer direkten Strommessung und erlauben auch eine Abschätzung der benötigten ADC Spezifikationen.

KHT2013-D.1-3

Efficiency Modeling for MHz DCDC Converters at 40 V Input Voltage Range

J. Wittmann, A. Seidel, B. Wicht

(Robert Bosch Zentrum für Leistungselektronik, Germany; Hochschule Reutlingen, Germany)

Size and cost of a switched mode power supply can be reduced by increasing the switching frequency. This leads especially at a high input voltage to a decreasing efficiency caused by switching losses. Conventional calculations are not suitable to predict the efficiency as parasitic capacitances have a significant loss contribution. This paper presents an efficiency model which allows predicting the efficiency of MHz converters with an input voltage range up to 40 V. By considering all parasitic capacitances and analyzing the current paths in the separate switching phases, the model is suitable to (1) optimize design parameters for a given architecture, (2) to study and compare various converter architectures in terms of efficiency by

comparing particular circuit elements and (3) to perform efficiency analysis in a voltage range up to 40 V especially at high switching frequency. To verify the model, an asynchronous buck converter was manufactured in an 180nm HV BiCMOS technology. An accuracy of around 3.5 % was achieved up to 10 MHz compared to a transistor level simulation. A comparison based on the efficiency model is presented for an asynchronous buck converter with both PMOS and NMOS high side switch resulting in a 15 % higher efficiency by using an NMOS switch. The model showed that a synchronous converter does not necessarily lead to a higher efficiency, but depends e.g. on the input voltage range or converter parameters like the on-state resistance. The accuracy of the parasitic capacitances of the high voltage transistor mainly determines the overall accuracy of the efficiency model. As those are not precisely represented in the BSIM 3.3 model, experimental capacitor measurements can be fed into the model.

KHT2013-D.1-4

Echtzeit-Testumgebung für einen integrierten optischen DQPSK-Empfänger in Silizium auf Isolator mit Datenraten bis zu 50 GBit/s

T. Föhn, C. Fischer, M. Berroth
(Universität Stuttgart, Germany)

In diesem Beitrag wird ein FPGA-basiertes Testsystem für Übertragungsexperimente mit einem integrierten optischen Empfänger vorgestellt. Als Modulationsverfahren wird die differentielle Quadraturphasenumtastung (DQPSK) verwendet, bei der die Information nicht in der absoluten Phasenlage des optischen Signals, sondern in der Phasendifferenz zweier aufeinanderfolgender Symbole codiert ist. Im elektrischen Teil des Systems werden die zu übertragenden Daten in einem FPGA generiert und die Symbole in einem DQPSK-Encoder codiert. Die zeitkritische Encodierung erfolgt durch Modulo-4-Additionen, die durch eine Parallel-Prefix-Layer-Architektur parallelisiert werden. Dadurch kann der Encoder die zu sendenden Daten in Echtzeit verarbeiten. Das elektrische Signal wird über vier Schnittstellen mit einer maximalen Datenrate von 12,5 GBit/s ausgegeben, wobei jeweils zwei Schnittstellen das I- und das Q-Signal transportieren. Mittels externer Multiplexer werden die Datenströme zeitverschachtelt. Die so erzeugten Signale I und Q mit seriellen Datenraten von je 25 GBit/s werden zur Ansteuerung eines externen kommerziellen optischen IQ-Modulators verwendet. Die Funktionsfähigkeit des Encoders sowie die Datenintegrität bei der Übertragung über die schnellen Schnittstellen werden durch Messung bestätigt.

Auf der optischen Seite wird der realisierte integrierte Empfänger mit Verzögerungsleitung zum direkten Empfang vorgestellt. Hierfür werden ein 3 dB-Koppler, eine auf die Symbolrate ausgelegte Verzögerungsleitung sowie ein 90°-Hybrid benötigt. Der als Multimoden-Interferenzkoppler realisierte 90°-Hybrid ist zur Charakterisierung in ein Verzögerungsleitungsinterferometer eingebaut. Dabei wird ein Extinktionsverhältnis von mehr als 20 dB im C-Band sowie ein Phasenfehler von weniger als 10° in einer Bandbreite von 50 nm nachgewiesen. Der Empfänger selbst dient sowohl als Phasendetektor als auch als Dekodierer für das differentiell codierte Signal. Die optischen Signale nach dem Hybrid werden über Gitterkoppler ausgekoppelt und in diesem Aufbau externen balancierten Fotodioden zugeführt. In zukünftigen Empfängern sollen auch die Fotodioden im Empfänger integriert werden. Mit Echtzeit-Bitfehlertestern im FPGA wird die Bitfehlerrate des elektrischen Empfangssignals bestimmt.

KHT2013-D.1-5

Temperature modeling and emulation of an ASIC temperature monitor system for Tightly-Coupled Processor Arrays (TCPAs) on FPGA

E. Glocker¹, S. Boppu², Q. Chen¹, U. Schlichtmann¹, J. Teich²,
D. Schmitt-Landsiedel¹

(¹Technische Universität München, Germany; ²Friedrich-Alexander Universität Erlangen, Germany)

Static and central management concepts may not scale, since SoC architectures with thousand and more processors on a single chip can be foreseen in the near future. Also imperfections like parameter variations, degradation and aging lead to increasingly unreliable components. One goal of an invasive multicore architecture is to provide a self-organizing task management to deal with this. The main idea of invasive computing is to adopt the number of allocated resources, like processors, according to the current needs of a running application. In an invasive architecture, applications and

system components can explore the system and make decisions based on the current system state, including physical hardware properties like degradation and temperature.

To realize such a system, a closed-loop control system is needed. It contains temperature monitors and also comprises the invasive run-time support system and underlying hardware, both performing resource allocation in a combined way. Before implementing such a system, it is desirable to test the interaction between hardware, run-time support system and software on an FPGA. But here the problem arises, how to emulate the temperature control loop on the FPGA, since power dissipation and concurrent evolution of temperature on an FPGA are quite different from an ASIC implementation, and no local monitors are available. Therefore, we developed a method to emulate the temperature monitor system on FPGA.

In this contribution the temperature evolution of a tightly-coupled processor array (TCPA) architecture is shown for different usage scenarios based on a thermal RC model. Using these results, an approach for emulating the behaviour of an ASIC temperature monitor based on the thermal RC model is given. Using this, we can emulate a temperature monitor system on FPGA.

KHT2013-D.1-6

Zeitkontinuierliche Ermittlung der Position der Detektionsmasse kapazitiver Drehratensensoren mit gleichzeitiger Krafrückkopplung

S. Neßler¹, M. Maurer¹, Y. Manoli^{1,2}
(¹Universität Freiburg, Germany; ²HSG-IMIT, Germany)

Mikroelektromechanische (MEM)-Drehratensensoren haben sich seit mehreren Jahren im Automobilsektor bewährt. Ein bekanntes Anwendungsbeispiel ist das elektrische Stabilitätsprogramm. Darüber hinaus finden Drehratensensoren immer häufiger Anwendung in der Unterhaltungselektronik.

Bei MEM-Drehratensensoren wird die Drehrate anhand der Auslenkung einer Detektionsmasse durch die Corioliskraft gemessen. Vorteilhaft sind auf Delta-Sigma Modulatoren basierende Ausleseschaltungen, bei denen der Drehratensensor in die Delta-Sigma Regelschleife integriert wird. Hierbei wird die Detektionsmasse durch eine rückstellende Kraft in ihre Ruhelage geregelt, wodurch sowohl die Linearität als auch der Aussteuerbereich des Systems erhöht werden. Des Weiteren werden fertigungsbedingte und durch Temperaturschwankungen verursachte Variationen der Sensorparameter durch die Einbettung des Sensors in den geschlossenen Regelkreis unterdrückt. Schließlich bietet der Ansatz eine inhärente Analog-Digital Umsetzung.

In dem Vortrag wird eine neuartige zeitkontinuierliche Implementierung einer Sensorausleseschaltung mit integrierter Krafrückkopplung für MEM-Drehratensensoren vorgestellt. Hierbei wird an der Elektrode zum Auslesen der Position der Detektionsmasse zeitgleich eine rückstellende Kraft erzeugt.

Der Ansatz weist mehrere Vorteile auf. Im Gegensatz zu Konzepten mit separaten Elektroden für Detektion und Erzeugung der Rückstellkraft entfällt die Generierung der Rückkopplungsspannungen im Hochvoltbereich. Des Weiteren kann bei dem verwendeten Ansatz das System durch eventuell auftretende Eigenschwingungen der Detektionselektroden nicht instabil werden. Im Vergleich zu zeitdiskreten Ansätzen ist ein geringerer Energieverbrauch anzuführen. Ferner treten keine Rauschfaltungseffekte auf.

Die Ausleseschaltung wurde in einer 0,35 µm CMOS-Technologie entworfen und im Gesamtsystem - bestehend aus Sensorelement, Ausleseschaltung und Schleifenfilter vierter Ordnung - simuliert. Um eine hohe Linearität zu erreichen, wurde eine 1-Bit Krafrückkopplung verwendet. Charakterisierung und Simulation erfolgten auf Transistorebene unter Verwendung von VerilogA-Modellen der übrigen Blöcke.

SITZUNG D.2

KHT2013-D.2-1

Entwurf eines neuartigen elektronischen Schaltungsprinzips zur Generierung der Krafrückkopplung in energieeffizienten Ausleseschaltungen für MEM Drehratensensoren

M. Marx¹, S. Rombach¹, Y. Manoli^{1,2}
(¹Universität Freiburg, Germany; ²HSG-IMIT, Germany)

Mikro-Elektromechanische (MEM) Drehratensensoren detektieren Drehraten um eine oder mehrere definierte Achsen basierend auf dem Coriolis Effekt. Sie finden Anwendung in

Fahrerassistenzsystemen, Navigationssystemen und zunehmend in mobilen batteriebetriebenen Geräten wie Smartphones oder Tablet-Computern.

Das Auslesen des Drehratensignals basierend auf der Einbettung des Sensors in die geschlossene Regelschleife eines Delta-Sigma Modulators weist mehrere Vorteile auf. Die auftretende Coriolis Kraft wird mittels elektrostatischer Kraftrückkopplung kompensiert und die sensitive Masse des Sensors in der Ruheposition gehalten. Hierdurch werden eine hohe Linearität, verringerte Empfindlichkeit gegenüber Prozessschwankungen und große Bandbreiten erzielt. Des Weiteren wird das Ausgangssignal hochauflösend digitalisiert. Um für die Kompensation der Bewegung ausreichend hohe Kräfte zu generieren und um die Resonanzfrequenz des Sensors elektrisch nachstellen zu können, werden für die Kraftrückkopplung deutlich höhere Spannungen als die Versorgungsspannung benötigt. Diese bestehen aus einem konstanten DC- und einem zeitlich variierenden AC Anteil, welche mittels Operationsverstärkern generiert werden. Letztere werden dabei von einem Hochspannungsgenerator versorgt. Aufgrund der hohen Versorgungsspannung der Operationsverstärker resultiert jedoch ein hoher Energiebedarf, der insbesondere für mobile Systeme inakzeptabel ist.

In diesem Beitrag wird ein neuartiges elektronisches Schaltungsprinzip für die Generierung der elektrostatischen Kraftrückkopplung in MEM Drehratensensoren vorgestellt. Die entwickelte Schaltung ist Teil einer elektromechanischen Delta-Sigma Modulator Ausleseschaltung und generiert sehr effizient differentielle Spannungen oberhalb der Versorgungsspannung.

Das Schaltungsprinzip basiert auf dem Wissen, dass die Amplituden der zeitlich variierenden AC Spannungen zur Kraftgenerierung geringer als die der Versorgungsspannung sein können. Lediglich der konstante DC Anteil muss um ein Vielfaches erhöht werden. Daher wird die Generierung der AC Spannungen verlustarm mittels einer Kontrolleinheit im Bereich der Versorgungsspannung durchgeführt. Durch den Einsatz von vorgeladenen Pumpkondensatoren wird die generierte AC Spannung schließlich zu einer DC Spannung addiert. Letztere wird dabei durch eine in einer Regelschleife betriebenen Ladungspumpe generiert.

Die Schaltung und das zugehörige Layout wurden in einem 0.35 μm CMOS Prozess entworfen und simuliert. Das System wird mit 3.3 V versorgt, ist temperaturstabil zwischen -40°C und 80°C und durch seinen Aufbau universell für verschiedene Drehratensensoren einsetzbar. Im Vergleich zu konventionellen, in der Literatur vorgestellten Systemen kann die Verlustleistung um bis zu eine Größenordnung gesenkt werden. Ferner weist die entwickelte Schaltung ein sehr geringes Rauschen auf.

KHT2013-D.2-2

A Comparison Between CMOS and SOI Technologies for On Chip High Voltage Generation

M. Bilal Saif, K. Hofmann

(Technische Universität Darmstadt, Germany)

In modern electronics era; the number of hardware applications demanding high voltage is increasing day by day. For proper operation of certain MEMS devices, printed display panels, polymer materials etc. a high voltage in range of hundreds of volts is required. Conventionally, PCB circuits are used to generate such high voltages. Beside the size, PCB circuits also suffer from less power efficiency. Some times this lack of efficiency generates so much heat that some cooling mechanism has to be developed. Above stated drawbacks are more pronounced in small sized devices.

To gear up the voltage two techniques are available. One is charge pump and the other is boost circuit. In this paper, pros and cons of boost circuit realization on SOI and CMOS technologies are considered. 'XU035' is chosen as the CMOS process. This is a 0.35 μm technology from xfab. For SOI; 'XDH10' is chosen, which is a 1 μm process from xfab.

As a test problem, a boost circuit is designed to amplify the voltage from 5V to 200V. Mostly electronic devices which require higher voltage require lower current. This phenomenon can be observed in MEMS, piezoelectric actuation etc..

Low current requirement allow us to design the boost circuit in discontinuous conduction mode (DCM). In DCM inductor current goes to zero before the arrival of next switching pulse. DCM reduces the size of required inductor.

The designed circuit is implemented in the both of the technologies (i.e. XU035 and XDH10) by using cadence. After the schematic level testing; layout level implementation is carried out. The results of comparison between CMOS and SOI are compared by considering chip area, power consumption, inductor size, number of external

components, time taken to reach at output of 200V. In most of the area SOI appeared to be dominating for high voltage generation.

KOMMISSION E

SITZUNG E

KHT2013-E-1

Transiente Abstrahlung, Einkopplung und Streuung der Schlitzantenne im EMV-Umfeld

T. Ehlen

(Fachhochschule Gelsenkirchen, Germany)

Die Schlitzantenne wird aufgrund ihrer planaren Struktur und der Unempfindlichkeit gegenüber niederfrequenten elektrischen Feldstörungen häufig in kritischen EMV-Umgebungen eingesetzt. Ebenso lässt sie sich als planare Abstrahleinrichtung für HPEM-Pulse hoher Leistung verwenden. In diesem Beitrag wird das Abstrahl-, Einkoppel- und Wiederabstrahlverhalten der Schlitzantenne bei pulsformiger Erregung im Zeitbereich analytisch dargelegt und mit numerischen Feld-Simulationen verifiziert. Am Beispiel einer Bluetooth/WLAN- Schlitzantenne wird bei Bedrohung mit typischen EMV-Störern wie Blitz, NEMP und Diehl-DS die Signalfeld am Leitungs- und Transmittereingang erfasst, das Bedrohungspotential ermittelt und die durch die Schlitzstruktur nach innen eingekoppelten Felder im zeitlichen Verhalten bestimmt. Neben der Visualisierung der Oberflächenströme und Feldanimationen wird ein Vergleich mit elektrischem Dipol und akustischen Stabstrahlern und deren visualisierten abgestrahlten Druckimpulsen gezogen.

KHT2013-E-2

Frequency Domain versus Time Domain Immunity Testing of Smart Grid Components

F. Gronwald

(Hamburg University of Technology, Germany)

Immunity tests of Electromagnetic Compatibility (EMC) involve electromagnetic excitations that are applied to an Equipment Under Test (EUT). These excitations can be defined in frequency or time domain. In the first case, a continuous wave is chosen as excitation while in the second case different pulse shapes are common, such as damped sinusoidal or double exponential pulses. The choice of a specific excitation often is prescribed by EMC standards that apply to a specific EUT. In relation to EUTs that are parts of Smart Grids, immunity testing focuses on conducted tests in the frequency range 2-150 kHz. In this frequency range, EMC standards still are considered as incomplete and under discussion. At present, related recommendations and draft standards, such as the draft of IEC/EN 61000-4-19, prescribe immunity testing in frequency domain.

In this contribution it is pointed out that immunity testing of Smart Grid components in frequency domain has a number of drawbacks that can be overcome if appropriate time domain test pulses are used. Immunity testing in frequency domain is based on physical resonance models that not necessarily apply to Smart Grid components that mainly are digital systems. As an example, immunity test results of Smart Meters are shown which exhibit narrowband susceptibilities that can be missed if the spacing of test frequencies is not small enough. In this situation, broadband test pulses are suitable to detect narrowband susceptibilities in a more efficient way, as can be derived from the analysis of their related frequency spectra.

KHT2013-E-3

Filteroptimierungskriterien auf Basis von Systemimpedanzen und Wachstumsgesetzen für mobile Anwendungen

T. Kut, A. Lücken, S. Dickmann, D. Schulz

(Helmut-Schmidt-Universität, Universität der Bundeswehr Hamburg, Germany)

In modernen leistungselektronischen Systemen werden zur Erhöhung der Leistungsdichte und somit des Wirkungsgrads hohe Schaltfrequenzen verwendet. Nachteilig ist jedoch dabei, dass die dadurch notwendigen EMV-Filterkomponenten zur Erfüllung der entsprechenden Normen einen erheblichen Anteil am Gesamtsystemvolumen und -gewicht einnehmen. Gerade im Hinblick auf mobile Lösungen für Automobil-, Luft- und Schiffsanwendungen ist die Volumen- und Gewichtsminimierung der Filterkomponenten von großer Bedeutung.

Entscheidend ist hierbei die optimale Auslegung der induktiven Filterelemente, insbesondere der Gleichtaktdrossel. Diese Komponente ist der Hauptgewichtstreiber und gerade in Hinblick auf sicherheitstechnisch maximal festgelegte Werte der verwendeten Kondensatoren ein wichtiger Faktor zur Erreichung der benötigten Einfügedämpfung. Heutige Lösungen sind oftmals überdimensioniert, weil sie im Entwicklungsprozess erst sehr spät Berücksichtigung finden und somit nicht bestmöglich auf das jeweilige System ausgelegt werden konnten. Des Weiteren werden die eingebauten Systeme zusehends stärker miteinander vernetzt. Dies hat den Vorteil der Erhöhung von Komfort und Sicherheit, stellt aber im Kontext der optimierten Filterauslegung erhöhte Anforderungen an den Designer selbst.

Aus diesem Grund werden in diesem Beitrag Ansätze zum Erreichen dieser Ziele vorgestellt. Mögliche Kriterien neben der klassischen Auslegung anhand von Filtereckfrequenzen bei Tiefpassfiltern für das jeweilige Spektrum ist die Berücksichtigung der unterschiedlichen Ein- und Ausgangsimpedanzen der integrierten Systeme. Unter Miteinbeziehung dieser Einflüsse können die Filter besser hinsichtlich Gewicht und Volumen optimiert werden. Basierend auf dieser Erkenntnis wird in diesem Artikel am Beispiel eines bestehenden DC/DC-Wandlers (einige kW-Leistung) ein Konzept zur Bereitstellung dieser Impedanzinformationen vorgestellt. Anschließend wird dieses Wissen dazu verwendet, ein optimiertes Filter für diese Art von Anwendung zu designen. Anhand dieses Prozesses wird gezeigt, dass der Einfluss dieser Information zur Einhaltung gängiger Normen von Vorteil ist.

Da im Bereich von Forschung und Entwicklung nicht immer Systeme aus betriebswirtschaftlicher sowie sicherheitstechnischer Sicht mit vollem Leistungsspektrum betrieben werden können, wird die als Hauptgewichtstreiber genannte Induktivität anhand von Wachstumsgesetzen dahingehend abgeschätzt, dass ein Einsatzszenario im Bereich von einigen hundert kW-Leistung, nach wie vor unter Einhaltung der Normgrenzwerte, möglich ist. Im Weiteren werden dazu verschiedene Kernmaterialien sowie Geometrien diskutiert und hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Eigenschaften, wie Frequenz-, Verlust- und Temperaturverhalten, für das hochskalierte Anwendungsszenario spezifiziert. Diese Abschätzungen bedingen außerdem eine Diskussion hinsichtlich der effektiven Querschnittsfläche, Materialdichte sowohl des Kerns als auch der verwendeten Bewicklung (Rund-, Flachdraht, Hochfrequenzlitze usw.) sowie der unterschiedlichen Sättigungseigenschaften aufgrund des erhöhten Stroms infolge der Leistungssteigerung. Diese Aspekte werden den Artikel abschließen und bewerten dahingehend die unterschiedlichen Ansätze zur Gewichts- und Volumenreduzierung.

KHT2013-E-4

Propagation of current waves in stochastic transmission lines

S.V. Tkachenko, J.B. Nitsch, R. Vick

(Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Germany)

Investigation of the propagation of currents and voltages along different wiring structures constitutes one of the main groups of problems in electromagnetic compatibility. In practice often electrical parameters of such transmission lines are known only statistically (e.g. in cars, aircraft, satellites, etc.). A usual approach to solve such problems includes the following three steps: numerical generating of the stochastic geometry of the line, numerical solution of corresponding TL- or full-wave equations for each configuration and averaging the statistical ensemble. On the other hand, the application of direct numerical methods to solve stochastic problems is very time consuming and only describes a specific case of distribution with fixed parameters.

In the present work we rely on analytical methods, which allows obtaining explicit equations for the probability distribution function (PDF) of interest as well as for its statistical moments. We consider a lossless infinite single-wire line which central long region has stochastic geometry. To describe this geometry we use the representation of the dependence of the line transverse coordinate from the longitudinal coordinate as a Fourier series with stochastic coefficients. Each of these coefficients has a Gaussian distribution with standard deviation exponentially decreasing for higher Fourier modes. For this model it is possible to obtain the correlation function in explicit form and to show by direct calculation that the transverse coordinate dependence of the wires from the average value is a Gaussian random process. The analysis of some other realistic models of stochastic TLs has shown that the correlation functions also can be approximated by a Gaussian process. Moreover, the TL parameters, as inductance and capacitance, also can be described by a Gaussian process. In all cases the correlation function has a

sharp peak form and for relative long wavelengths can be considered as a δ -function. It follows that the TL equation for an auxiliary function of the current can be reduced to a second order "Schrödinger" - like equation with stochastic "potential". Such equations have been studied very intensively in recent decades.

One of techniques, which allow solving such equations for arbitrary form of correlation function, is a perturbation theory, which yields solution for PDF and moments at small values of reflection coefficient of the current waves from the system.

Another technique is applicable for the arbitrary value of the reflection coefficient, but requires the delta-correlation of the "potential" function. In this method, using the initial Schrödinger equation with stochastic "potential" after a cumbersome calculation one can obtain the equation (Fokker-Plank equation) for PDF of the reflection coefficient. Its solution allows obtaining the PDF as well as all statistical moments.

The interesting result of this theory is the following: if the region of stochastic non-uniformity is long enough, the line reflects the incident wave with probability one due to multiple re-reflections of the wave in internal sub-regions of the line. However, for some realizations the amplitude of current waves can essentially increase in some regions in comparison to the average value, but on the whole, the wave is reflected from the stochastic line. This physical phenomenon is known as a dynamical localization of scattered waves in the randomly layered media. We have compared results with those of numerical simulations and obtained a good agreement. In conclusion, we discuss the possibility of the generalization of obtained results for multiconductor lines and lines with (radiation) losses.

KHT2013-E-5

Beschreibung von Leitungen mit nicht-linearen Abschlüssen innerhalb von Resonatoren

R. Rambousky¹, S. Tkachenko², J. Nitsch²

⁽¹⁾Wehrwissenschaftliches Institut für Schutztechnologien, Germany;

⁽²⁾Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Germany)

Verbindungsleitungen spielen in der EMV eine wichtige Rolle. Über sie werden nicht nur Informationen und Energie in elektromagnetischen und elektronischen Systemen transportiert, sondern sie sind auch effektive Kollektoren für unerwünschte elektromagnetische Energie. Diese Energie wird dann auch an die Eingänge der Empfänger übertragen und kann von dort aus in empfindliche Elektronikteile einkoppeln und dadurch direkt oder indirekt zu Störungen in Elektronik beitragen.

In der Regel wird elektrotechnisches Gerät gemäß vorgeschriebener EMV Standards in entsprechenden Laboren getestet. Es hat somit bereits einen gewissen Grundschutz gegenüber elektromagnetischen Störungen. In ihrer Endverwendung werden solche Geräte allerdings in größere Systeme eingebaut oder mit anderen Geräten/Systemen verkoppelt. Damit verändert sich natürlich die elektromagnetische Umgebung und unterscheidet sich von der Testumgebung. Infolgedessen ändert sich auch die elektromagnetische Bedrohung. Beispiele hierfür sind Geräte, die in geschirmten Räumen eingebracht werden (Resonanzeffekte), mit Kabeln verbundene Geräte, in deren unmittelbarer Nachbarschaft weitere Kabeln verlaufen (Überkopplungen) oder auch die Auswirkungen nichtlinearer Prozesse in Schaltungen auf das EMI Bedrohungsspektrum (z.B. Demodulationen).

In diesem Beitrag wird der Einfluss verschiedener nichtlinearer Beschaltungen von Leitungen auf die, auf diesen Leitungen übertragenen Stromspektren untersucht. Diese Leitungen verlaufen sowohl über einer perfekt leitenden Ebene im freien Raum als auch in rechteckigen Resonatoren. Bei den Erstgenannten treten die erwarteten Demodulations- und Intermodulationseffekte auf. Diese treten natürlich auch in den Resonatoren auf, aber aufgrund der starken Verkopplung der Leitung mit dem Resonator ist das entstehende Spektrum viel reichhaltiger. Insbesondere wachsen die durch die induzierten Ströme im Resonator erzeugten Felder besonders stark an (mehrere Größenordnungen), wenn Anregungsfrequenzen und Resonanzfrequenzen des Resonators zusammen fallen.

Bei der hier vorgestellten analytischen Lösungsmethode wird eine verlustlose Leitung mit nicht-linearem Abschluss in einem rechteckförmigen Resonator betrachtet und mit Hilfe der links- und rechtsseitigen Greenschen Funktionen im Zeitbereich behandelt. Diese Greenschen Funktionen werden zuerst für eine Leitung mit quasi-angepassten Abschlüssen entwickelt, um ein langes Nachschwingen zu vermeiden. Durch diesen Ansatz kann der benötigte Umfang an Frequenzdaten, der für die Umwandlung in den Zeitbereich notwendig ist, reduziert werden. Die Greenschen

Funktionen im Zeitbereich werden nun mit den Spannungen am linken und rechten Ende der Leitung gefaltet. Mit dieser Methode ist es möglich beliebig abgeschlossene – also auch nicht-lineare – Leitungen in einem Resonator analytisch zu berechnen. Als Beispiel werden Ergebnisse für eine mit einer einfachen Diode abgeschlossene Leitung in einem rechteckigen Resonator gezeigt.

KOMMISSION F

SITZUNG F

KHT2013-F-1

An Antenna Concept in embedded wafer level ball grid array (eWLB) Package for mm-Wave Application

M. Pourmousavi¹, M. Wojnowski², R. Agethen¹, R. Weigel¹, A. Hagelauer¹

(¹University of Erlangen-Nuremberg, Germany; ²Infineon Technologies, Germany)

In this article, we present the feasibility an antenna concept in embedded wafer level ball grid array (eWLB) Package for high frequency applications. The eWLB technology is a novel packaging concept which represents high performance solutions for mm-wave applications. The thin-film redistribution layer (RDL) in fan-out area enables the realization of passive components and antennas in extended fan-out area in package. A standard eWLB package uses one RDL but the realization of 2 or 3 layers is also possible. The interaction between antenna and package becomes important, due to the radiation of the antenna inside the mold compound. The package size and thickness affect the radiation pattern of antenna significantly. Another important factor for designing an antenna in package is the distance between the reflector and the antenna. The number of the side lobe in radiation pattern can be increased by increasing the distance between antenna and reflector. Therefore the antenna radiation in broadside is decreased. The distance between the reflector and the antenna affect also the bandwidth of antenna. By increasing the distance to the reflector the antenna impedance bandwidth is enhanced.

First we introduce the eWLB concept for high frequency applications. Next, an antenna concept in eWLB with a single-layer RDL is presented. Then we demonstrate the simulation results of the antenna-package interaction for different size of packages which is followed by investigation of the optimum thickness of the mold compound in package and the optimum distance between the reflector and the antenna to achieve the maximum realizable gain of antenna in package. The simulation results of the antenna radiation pattern and antenna return loss for a differential dipole antenna in dipole at 60 GHz, 80 GHz and 120 GHz are compared. Finally, the simulation and measurement results of a single differential dipole antenna and a differential ring antenna at 61 GHz are presented and compared.

In this concept the top layer of printed circuit board (PCB) is used as a reflector. If a higher distance to the reflector is needed, the bottom layer of PCB can be used. The solder balls and soldering process have major impact on the definition of the distance between the reflector and the antenna in package. The standard height of the solder balls in eWLB is 200 µm but it can change within 180 µm to 220 µm due to tolerances. Consequently, the reflector distance to the antenna varies for identical test structure. This effect is observed in measurement results and affects the matching and the insertion loss of antenna. The maximum radiation pattern in broadside also is changed.

The integration of the reflector in an eWLB package is an option to solve the problem of concept one and increases the system efficiency and stability. The second RDL is used as a reflector in package. Thus the antenna distance to the reflector, which is equal to the height of mold compound material, stays constant. The height of mold compound can be chosen between 450 µm and 900 µm.

KHT2013-F-2

Objektverfolgung bei einer vollständigen Fahrzeugumfeldüberwachung mittels Radar

M. Schuster^{1,2}, T. Pech¹, J. Reuter², G. Wanielik¹

(¹Technische Universität Chemnitz, Germany; ²HTWG Konstanz, Germany)

Für modernste Fahrerassistenzsysteme ist zunehmend eine vollständige Rundumüberwachung des fließenden Verkehrs

erforderlich. Beispielsweise benötigt ein Spurwechselassistent sowohl Informationen über vorausfahrenden und rückwertigen Verkehr als auch über sich auf angrenzenden Fahrstreifen befindliche Fahrzeuge.

Während in vielen autonomen Fahrzeugen hochwertige Lasersysteme eingesetzt werden, soll in diesem Vortrag ein System zur Rundumüberwachung mittels vier 24GHz und zwei 77GHz automotive Radarsensoren vorgestellt werden. Es wird jeweils ein 77GHz-Sensor für Front- bzw. Heckbeobachtung, sowie je zwei 24GHz-Sensoren für die Seitenüberwachung eingesetzt. Die Anordnung der Radarsensoren ermöglicht eine sichere Erfassung aller Fremdfahrzeuge, die sich in unmittelbarer Nachbarschaft des eigenen Fahrzeugs befinden. Zudem stehen die Daten einer Monokamera für den vorausfahrenden Verkehr zur Verfügung.

Für das Sensornetzwerk wurde ein Generalized Probabilistic Data Association-Tracking Verfahren realisiert. Dieses Verfahren ermöglicht die Assoziation mehrerer Messungen zu einem Objekt unter der Annahme, dass das Objekt auch mehrere Messungen erzeugt hat. Die Zuordnung der Radar-Messungen unterliegt hierbei einer komplementären Sensordatenfusion. Die Daten der Monokamera werden hierbei im Hinblick auf die Verbesserung der azimutalen Genauigkeit gesondert betrachtet.

Insbesondere wird im Vortrag auf die Problematik ausgedehnter Ziele bei Überholvorgängen eingegangen. Die Lage des Radarreflexionszentrums eines überholenden Fremdfahrzeugs bewegt sich beim Durchfahren der verschiedenen Messbereiche relativ ruckartig von der Front des Fahrzeugs zum Heck. Dies führt häufig zu Problemen bei der Messdatenzuordnung und folglich zu einem Verlust der Trackspur. Ohne Kenntnisse über die Länge eines Fahrzeugs ist eine genaue Vorhersage über die Lage des Reflexionszentrums nicht möglich. Durch die Anordnung der Sensoren ist jedoch eine gleichzeitige Erkennung mehrere Fahrzeugbereiche möglich. Es wird ein Verfahren vorgeschlagen, welches zunächst für verschiedene Fahrzeugbereiche individuelle, unabhängige Trackspuren anlegt. Anschließend wird ein Clusteringverfahren angewendet, welches Zuordnungshypothesen einzelner Trackspuren zu einem Fahrzeug bildet. Der vollständige Zustandsvektor inklusive der Ausdehnung eines Fahrzeugs ergibt sich aus der Auswertung aller zugeordneten Trackspuren.

KHT2013-F-3

IDRA - the polarimetric X-band open-access weather radar

T. Otto

(MATIS Deutschland GmbH, Germany; TU Delft, The Netherlands)

In 2007 a compact polarimetric X-band weather radar was installed on top of the 213 m high tower at the Cabauw Experimental Site for Atmospheric Research (CESAR) in The Netherlands. This radar, IDRA, is a frequency-modulated continuous-wave radar developed and built by Delft University of Technology. It complements the meteorological observatory CESAR by providing a continuous measurement of precipitation up to 60 km around the site. The data collected at CESAR are made freely available for scientific use via the data portal <http://www.cesar-database.nl>. Also the processed and raw data of IDRA are online available supporting meteorological and hydrological studies.

The IDRA data do not only include the Doppler and polarimetric moments such as reflectivity, linear depolarisation ratio, Doppler velocity and spectrum width but also post-processed data such as attenuation and rainfall rate. The data also include the differential phase between the co-polarised echoes at horizontal and vertical polarisation which has been decomposed by a newly devised method in its propagation and backscatter part. This provides two measurements that are independent of radar calibration and of attenuation and are therefore prime candidates for quantitative precipitation estimation. To our knowledge, this weather radar dataset is the first one for which also the differential backscatter phase is explicitly estimated.

The IDRA data in synergy with the data of other meteorological sensors at CESAR have the potential to test and improve quantitative precipitation estimation by polarimetric X-band radar. This is of importance because X-band weather radars are in the focus of research to apply them e.g. as gap-filling radars in mountainous terrain or for high-resolution precipitation observations in populated areas.

KHT2013-F-4

Copula-Based Data Fusion - Improving Rain Radar Observations in Complex Terrain

S. Vogl, P. Laux, H. Kunstmann
(Karlsruhe Institute of Technology, Germany)

The knowledge of the spatio-temporal distribution of precipitation is of crucial importance for the improved understanding of the regional water cycle. However, the limited quality of available rainfall products is critical whenever improved and scientifically sound water availability information is required (e.g. weather forecasting, drinking water supply management, hydroelectric power production, flood prediction and prevention measures and not least climate impact studies). Complex orography, significant local variability of rainfall distribution, or too sparse density of observation networks are additionally complicating an accurate estimation of rainfall fields which are the central input to all kinds of hydrological modeling applications. To derive these precipitation fields traditionally two measurement types are used:

Rain gauges provide high-quality direct point information, albeit their spatial representativeness is often little. Field information is usually generated from gauges by application of various geostatistical interpolation algorithms resulting in large uncertainties for poorly gauged regions.

Radar observations, on the other hand, provide spatial pattern information, but the transformation of radar observables to rain intensity carries tremendous uncertainties stemming from the applied reflectivity to rain (Z/R-) transformation itself and measurement intrinsic errors such as clutter, brightbands or beam blockage in mountain regions. Hence whenever radar observations are used operationally for rainfall estimation, intensities must be adjusted to the interpolated ground-based observations using sophisticated and computationally demanding correction methods such as the RADOLAN correction (DWD).

Here, a new Copula-based method to correct radar fields by merging of gauge data is introduced (Vogl et al., 2012). The proposed algorithm is based on the study of dependence structures (Copulas) between radar and gauge observations and it is shown that the individual advantages of the respective data source (spatial information from radar, absolute values from gauge) are optimally preserved. The performance of the new Copula-based algorithm is shown to be on a par with the operational RADOLAN correction (DWD) although its computational cost is significantly lower.

Bibliography: Vogl, S., Laux, P., Qiu, W., Ganquan, M. and H. Kunstmann, (2012): Copula-based assimilation of radar and gauge information to derive bias-corrected precipitation fields, Hydrol. Earth Syst. Sci., 16, 2311-2328

KOMMISSION G SPECIAL SESSION

SPECIAL SESSION IN HONOUR OF PROFESSOR KARL RAWER'S 100TH BIRTHDAY, PART 1

KHT2013-Special Session.1-1

Opening remarks

W. Mathis¹, M. Förster²
(¹Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Germany; ²GFZ German Research Centre for Geosciences, Helmholtz Centre Potsdam, Germany)

KHT2013-Special Session.1-2 (Invited Plenary Presentation) **Karl Rawer: Space Research and International Cooperation – Laudation on the occasion of the 100th birthday of Professor Karl Rawer**

Bodo Reinisch
(Lowell Digisonde International, Lowell, Massachusetts, USA)

See abstract on page 1!

KHT2013-Special Session.1-3 (Invited Plenary Presentation) **Planetary Radio Astronomy: Earth, Giant Planets, and Beyond**

Helmut Rucker
(Space Research Institute, Austrian Academy of Sciences, Graz, Austria)

See abstract on page 1!

SPECIAL SESSION IN HONOUR OF PROFESSOR KARL RAWER'S 100TH BIRTHDAY, PART 2

KHT2013-Special Session.2-1

The International Reference Ionosphere – Rawer's IRI and its Status Today

D. Bilitza

(Space Weather Laboratory, George Mason University, Fairfax, Virginia, USA; Heliospheric Physics Laboratory, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, USA)

When the Committee on Space Research (COSPAR) initiated the International Reference Ionosphere (IRI) project in 1968 it wisely selected Karl Rawer as its first Chairperson. With a solid footing and good contacts in both the ground-based and space-based ionospheric communities he was ideally suited to pull together colleagues and data from both communities to help build the first version of the IRI. He assembled a team of 20+ international ionospheric experts in the IRI Working Group and chaired and directed the group from 1968 to 1982. The working group has now grown to 63 members and the IRI model has undergone many revisions as new data became available and new modeling techniques were applied. This talk is given in honor of Karl Rawer's 100th birthday and it will review the current status of the IRI model and project and the international recognition it has achieved. Bi-annual IRI workshops that were introduced by Karl Rawer remain the prime platform for the discussion of IRI shortcomings, improvements, and additions. The most recent workshop was held in Olsztyn, Poland in June of this year and this talk will report on the most important discussions points and results from that meeting. It is quite fitting that this year we not only celebrate Karl Rawer's 100th birthday but also the exciting news that his favorite science endeavor, IRI, has been internationally recognized as an ISO standard.

KHT2013-Special Session.2-2

Ionospheric Research in Germany prior to Karl Rawer

K. Schlegel
(Copernicus Gesellschaft e.V., Göttingen, Germany)

During Karl Rawer's lifespan ionospheric physics took a great upswing all over the world. However, already in the 1920s and early 1930s considerable progress was made. We will summarize the research performed and achievements obtained in Germany during these early years. Besides the "master" of early German ionospheric research, Jonathan Zenneck, there were scientists like for instance Arnold Sommerfeld, Karl Willy Wagner, Georg Goubau, Hans Mögel, and others who contributed significantly to ionospheric physics and observational methods.

KHT2013-Special Session.2-3

Karl Rawer and HF Radio Propagation Predictions

T. Damboldt
(Darmstadt, Germany)

The Kleinheubacher Tagung started as „Ionosphärentagung“ and the Ionospheric Institutes of Lindau and Freiburg/Breisach contributed considerably to these meetings. The names of Dieminger and Rawer are closely connected with the early years of the Kleinheubacher Tagung.

Rawer worked on the worldwide representation of the Ionospheric Characteristics, i.e. the critical frequency of the F2-layer (foF2) and the height of the maximum of the electron density in the F2-layer (hmF2). In the beginning these representations were in the form of so-called ionization maps, later in the form of the International Reference Ionosphere (IRI). About the same time, the International Telecommunication Union (ITU) developed a mathematical representation of the ionospheric characteristics in the form of coefficients of spherical harmonics. In the last years this method has been amended by numerical tables of the characteristics in a raster of 1.5 by 1.5 degrees.

Another topic of Rawer was the long-term variation of the critical frequency of the F2-layer and of the height hmF2. In 1950, only a few years after the beginning of regular measurements of ionospheric parameters, when his book "Die Ionosphäre" was written, the data collection was too small to draw any conclusions, but today, 60 years later, some results, or rather speculations are possible. Finally some thoughts will be presented touching the subject of the source or sources steering the long-term and short term variations of the ionosphere, a topic which has also fascinated Rawer.

KHT2013-Special Session.2-4

Karl Rawer, the Absorption of Radio Waves in the Ionosphere and Collision Frequency Profiles at Altitudes from 100 km Up to the Height of F2-Layer Maximum

N.P. Danilkin, M.Y. Filippov

(Fedorov Institute of Applied Geophysics, Moscow, Russia)

Some of the stages of instrument and method development of ionosphere investigation in the region of radio wave absorption are shown in the article. The methods of ionosphere absorption measurement are described in the book 'Manual on ionosphere absorption measurements' edited by Rawer and now are used everywhere. Data of radio wave absorption received via these methods give the possibility to use the Beynon's (UK) ideas to reconstruct an electron concentration profile in the D - region of the ionosphere. The use of Rostov University polarized ionosonde gives considerably precise definition of $N(h)$ -profile, and also gives the possibility to measure polarized absorptions of any frequencies. Comparison of gas-kinetic altitude profiles of effective frequency electron collisions with the experimental data of the polarized ionosonde and polarization device for the determination of the radio waves absorption showed considerable discrepancies between values in the heights above 150 km. The use of $N(h)$ -profile, which was determined according to the method of dispersion interferometer on a geophysical rocket (the height of a rocket trajectory top is up to 1500 km), has not led to decrease of differences between the experimental and gas-kinetic $v_{\text{eff}}(h)$ -profiles.

KHT2013-Special Session.2-5

Following Karl Rawer's Research

F. Lefeuve

(LPC2E/CNRS, Orleans, France)

This paper is given in honour of the Prof. Karl Rawer centenary. It is divided in two parts. The first one is devoted to the outstanding role of Professor Karl Rawer in the development of ionospheric and space science since World War II. A more specific attention is given to: his cooperation with French research organizations (SPIM, rocket launches in French Sahara), his lectures at the Ecole Normale in Paris, his URSI leadership (he was Commission G chair) and his contribution to the International Reference Ionospheric (IRI) model. The second part is devoted to the interpretations of VLF-to-MF observations, made on-board the DEMETER satellite above powerful VLF transmitters (Lefeuve et al., J. Geophys. Res., 2013). This work shows: (i) the importance of the IRI model in the characterization of "radio windows", and (ii) the need to develop more accurate collision frequency models in the future.

KHT2013-Special Session.2-6

Past Decades of Research on Shortwave Oblique Incidence Sounding at MPAe

J. Röttger

(Max-Planck-Institut Sonnensystemforschung, Germany)

As complement to vertical incidence ionosondes the application of oblique incidence sounding on short radio waves (HF) was introduced at the Max-Planck-Institut für Aeronomie (MPAe, predecessor of MPS) in the 1950s. This generated several new projects for scientific research of shortwave radio propagation, which also were performed at other places in Germany, including those by K. Bibl, B. Reinisch at the Ionosphäreninstitut of K. Rawer in Breisach.

This presentation should recapitulate shortly and selectively some of the projects of the MPAe, which I could directly follow. In particular it should also remind about the important textbook of Prof. Karl Rawer "Die Ionosphäre", which was my first and most essential introduction into this research direction some fifty years ago.

The MPAe-projects comprised for instance intensive point-to-point sweep frequency experiments in the frequency range 1.8 - 45 MHz to measure ionosphere parameters, also by making use of backscatter from the ground, as well as direct backscatter from inhomogeneities in the E- and F-region. Further research was, for instance, directed towards the effect of horizontal electron-density gradients and irregularities in the sub-polar ionosphere, of traveling ionospheric disturbances, un-symmetrical incidence angles and great circle deviations, which are resulting in particular from large-scale structures of the equatorial Spread-F. The measurements were mainly performed with Sodankylä/Finland, Skive/Denmark, Tsumeb/Namibia (formerly SW-Africa) and Lindau/Harz. Newly developed ray-tracing methods were applied to analyze and interpret the observational results. Data from ionosondes along the

propagation paths comprised effective help to improve the interpretation.

The results of these research projects were regularly presented and discussed at the Kleinheubacher Tagung, and published also in the Kleinheubacher Berichte. Based on the understanding of ionosphere propagation, resulting from this scientific research, the MPAe also issued regular shortwave propagation reports and predictions of long distance radio propagation.

These projects were discontinued when the MPAe - Director, Prof. Walter Dieminger, retired in the mid 1970s and were succeeded under the new director, Prof. Ian Axford, by novel research systems such as SOUSY, STARE, Heating and EISCAT.

SPECIAL SESSION IN HONOUR OF

PROFESSOR KARL RAWER'S 100TH BIRTHDAY, PART 3

KHT2013-Special Session.3-1

State of the art: Solar spectral irradiance in the extreme ultraviolet regime

G. Schmidtke

(Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik, Freiburg, Germany)

After the group of Prof. Karl Rawer has performed the first scientific space project in Western Europe on 19th October 1954 he decided to include the field of solar EUV spectroscopy in his ionospheric investigations. Starting in 1957 an intensified development of instrumentation was going on to explore solar EUV radiation, atmospheric airglow and auroral emissions until the institute had to stop these activities in the early nineteen-eighties. The work was extended outside of the institute as long as a new type of an auto-calibrating spectrometer (SolACES) was selected for a mission on the International Space Station. After more than five years the instrument is still in operation. The work on the primary task to validate data available from other space missions has made good progress. The first results of validating and 'melting' those data into one set of EUV solar spectral irradiance are very promising. It will be recommended for using it in the science and application community. Moreover, a new low-cost type of an EUV spectrometer will be presented for monitoring the solar EUV radiation. – Latest results in the field of solar EUV spectroscopy will be discussed, too.

KHT2013-Special Session.3-2

IRI Task Force Activities in Trieste Inspired by Karl Rawer

S.M. Radicella

(The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, Trieste, Italy)

Twenty years ago, at the 16th IRI Workshop held in Trieste 19-22 October 1993 we celebrated Karl Rawer in the year of his 80th birthday with a special session in his honor. His vision of international collaboration inspired the starting in 1994 of a long series of annual IRI Task Force Activities in Trieste with the participation of scientists from developing countries. The innovative scheme of bringing together in lively discussions data providers from developing and developed countries and modelers in front of computer terminals was highly successful. A brief summary of the contribution of these activities on the development of the IRI will be given.

KHT2013-Special Session.3-3

VLF/LF radio wave remote sensing and propagation modeling of lightning caused long recovery events within the lower ionosphere

E.D. Schmitter

(University of Applied Sciences Osnabrück, Germany)

On the 4th of Nov. 2012 at 3:04:27 UT an intensive lightning stroke in the midst of the North Sea left its fingerprints with the amplitude and phase signal of the VLF/LF transmitters NRK (Iceland, 37.5 kHz) and GBZ (UK, 19.58 kHz) received at 52N8E (NW Germany). The dips show a recovery time of the order of 10 minutes qualifying it as a Long Recovery Early VLF event [1]. Identification in space and time of the stroke by the WWLL network allows for radio wave propagation calculations using the LWPC (Long Wavelength Propagation Capability) code and an electron density distribution based on the idea of EMP heating of the lower ionosphere [2]. Electron loss by attachment and recombination over time is modeled in detail [3]. A disc shaped toroidal Gaussian density start distribution of 360 km diameter and 5 km vertical width at 84 km

height and a maximum electron density of 108 m^{-3} (about 2 times the undisturbed night time density) at a radial distance of 80 km from the stroke point adequately accounts for the VLF/LF signal development. The results endorse the conception of lower ionosphere EMP heating by strong lightning strokes and prove the possibility to identify and characterize such events even if an optical flash (elve) does not occur or cannot be recorded by lack of opportunity.

[1] Haldoupis, C., M. Cohen, B. Cotts, E. Arnone, and U. Inan (2012), Long-lasting D-region ionospheric modifications, caused by intense lightning in association with elve and sprite pairs, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L16801, 2012

[2] Inan, U. S., W. A. Sampson, and Y. N. Taranenko, Space-time structure of optical flashes and ionization changes produced by lightning-EMP, *Geophys. Res. Lett.*, 23, 133, 1996

[3] Rodger, C. J., Molchanov, O.A., Thomson, N.R., Relaxation of transient ionization in the lower ionosphere, *J. Geophys. Res.*, 103(A4), 6969-6975, 1998

KHT2013-Special Session.3-4

D-region electron densities from radio wave propagation experiments at mid and high northern latitudes

W. Singer¹, R. Latteck¹, J. Bremer¹, M. Friedrich²

(¹Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik an der Universität Rostock, Kühlungsborn, Germany; ²Technical University of Graz, Austria)

D-region electron densities are estimated using Doppler radars at frequencies around 3 MHz in Andenes, Norway (69.3°N, 16.0°E) since summer 2003 and in Juliusruh, Germany (54.6°N, 13.4°E) since summer 2006. Both experiments use narrow beam transmitting/receiving antennas as a Mills Cross resulting in a beam width of about 7° in Andenes and about 15° in Juliusruh. Antenna and transceiver system provide high flexibility in beam forming as well as the capability forming beams with left and right circular polarization at alternate pulses.

The experiment utilizes partial reflections of ordinary and extraordinary component waves from scatterers in the altitude range 50-90 km to estimate electron number densities from differential absorption (DAE) and differential phase (DPE) measurements. Height profiles of electron density are obtained between about 55 km and 90 km with sampling times of 2-3 minutes and height resolution of 1.5 km at Andenes and 3 km at Juliusruh. The electron density profiles independently derived from DAE and DPE measurements agree remarkably well. The radar results are compared with co-located simultaneously measured electron densities by rocket-borne radio wave propagation experiments (differential absorption, Faraday rotation, and impedance probe) in Andenes, insitu and ground-based measurements are in good agreement.

The response of D-region ionization to solar activity storms and geomagnetic disturbances has been studied at polar latitudes. In addition, we discuss the inter-relation between D-region electron densities from radar observations, riometer absorption, and the empirical model IMAZ at different levels of solar activity and various particle precipitation events.

The diurnal and seasonal variability of electron densities as observed at high and mid-latitudes is presented and compared to the corresponding electron density profiles of the International Reference Ionosphere.

KHT2013-Special Session.3-5

„Kleinheubach-U.R.S.I.“: 48 years home for the German-Austrian Beacon Satellite Community (BSC) - Memories by Gerd K. Hartmann

G.K. Hartmann

(Bilshausen, Germany)

Preface: The most important milestones in space research and space technology in the last century have been created by Russia (Sputnik, 1957) and the USA (APOLLO 11, 1969) and occurred between a "Russian anti-positivism" and an "US romantic pragmatism" leading after the AOPLO paradigm change in 1972 in USA to an growing "enterprise" attitude which got even more pronounced after the end of the cold war 1989 and changed the long term scope of the BSC, which started 1965 with the measurements of a) Ionospheric Faraday rotation, b) Ionospheric Difference (dispersive) Doppler effect and c) Ionospheric scintillation. These mainly to determine the total electron content (TEC) of the ionosphere and the plasmasphere and the influence of the ionosphere as a variable temporal and spatial frequency filter for the electromagnetic wave propagation.

The European Space research - in-between the Russian and US space research concepts – however, encountered similar trends as one can find in Karl Rawer's book published in 1986. Not only the Kleinheubach BSC which started 1965 there but also the international COSPAR BSC - I am speaking also on behalf of it since Reinhart Leitinger is unable to attend this conference -, thank Prof. Dr. Karl Rawer for his significant support in establishing this international COSPAR BSC and congratulate him as a "professional" - in the old double sense - scientist for his 100th anniversary.

All the best for the future!

The Kleinheubach BSC had to face three very different, partly complementary, phases:

1) The Sputnik Era (SPE) began 1957 with the launch of the first artificial satellite by the Sovietunion and was in the cold war era a heavy shock for the western world - still when 1965 the Kleinheubach BSC entered the scene, 2) The "Post APOLLO Period" (PAP) beginning in 1972 with the "NASA scientific technological paradigm change", and 3) The Post Cold War Era (PCW) beginning in 1989. These phases imply for the mentioned BSC a) ~ 10% of its present lifetime was predominantly for basic research and based on reasonable financial governmental support, which allowed to perform "excellence for the sake of excellence", b) 35% was dominated by applied research, and c) 55% has been dominated by commercial, economical aspects. This implied that the BSC researchers had now to think complementary facing decaying importance of ionospheric basic research. This means instead of doing research with those beacon frequencies that supplied optimal information for "ionospheric – upper atmospheric – research" but were also most disadvantageous (disturbing) especially for (commercial) satellite communication and navigation systems, they were forced to "chase" those allocated frequencies and locations on the Earth where these effects were minimal. This promoted and supported geodetic endeavours and implied that some older ionospheric BSC results were "reinvented".

The German Austrian – in its first phase also Finnish (J. Oksman et al., Sodankylä) – BSC from Kleinheubach was founded together with Reinhart Leitinger, Erich Putz et al. from Graz, Austria. Reinhart eventually became for many years the head of the international Beacon Satellite Community (BSC) and contributed yearly to the Kleinheubach BSC meetings – as did Karl Rawer's co-worker Christian Münther – predominantly in the first phase. This is also true for the colleagues from FTZ Darmstadt and for Heinz Kaminski (Sternwarte Bochum). Further German colleagues – also from former East Germany (Norbert Jakowski et al., Neustrelitz) - especially my colleagues and myself from the MP Ae Lindau/Harz, als well as Adolf Ebel (University Cologne/Köln) contributed also to the second phase of these BSC activities. Major contributions to phase 3) have only be supplied from Graz and DLR Neustrelitz. Only the latter will supply them also in the future.

KHT2013-Special Session.3-6

Four Ionospheric Cost Actions – Effects of the Upper Atmosphere on Terrestrial and Earth-Space Communications and Navigation

Lj.R. Cander¹, B. Zolesi²

(¹STFC Rutherford Appleton Laboratory, Harwell Oxford, United Kingdom; ²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Rome, Italy)

Temporal and spatial changes in the upper atmosphere can act to limit and degrade the performance of terrestrial and Earth-space radio systems in many different ways. These include: space weather effects on communication, navigation and surveillance systems; solar cycle phenomena and their impact on operational systems; modelling, forecasting, and prediction services; ionosonde sounder methods and measurements; applications of ionospheric tomography; transionospheric effects including scintillation; ionospheric propagation for High Frequency communication systems; long wave propagation systems and effects; Global Navigation Satellite Systems (GNSS) and ionospheric total electron content (TEC) studies. The European ionospheric community has long been aware that co-operative research on an international basis is essential to deal with such complex issues. In particular, international co-operation is required for the collection of data, in real-time and retrospective modes, the development and verification of new methods to improve the performance of both operational and future terrestrial and Earth-space communications systems and the exchange of expertise on space plasma effects on GNSS.

COST (Co-operation in the field of Scientific and Technical Research) is an intergovernmental mechanism that sponsors scientific and technical co-operation and co-ordination between

research teams and institutional partners from the 34 European COST countries and with non-European institutions. This paper highlights four ionospheric COST Action results that have been achieved during the period 1991 - 2009. The earlier COST Actions, 238 on Prediction and Retrospective Ionospheric Modelling over Europe (PRIME) and 251 on Improved Quality of Service in Ionospheric Telecommunication Systems Planning and Operation (IITS), were particularly useful in creating a critical mass of researchers in projects where the initial emphasis was on long-term ionospheric prediction and retrospective ionospheric modelling over Europe.

These actions yielded significant results, but they also identified areas where future development was needed. COST Action 271 on Effects of the Upper Atmosphere on Terrestrial and Earth-space Communications started in August 2000 with the primary objective to examine an area of research that had been given recent impetus by an increased technological interest in terrestrial and satellite radio communications and navigation such as hour-to-hour and day-to-day variability prediction capabilities in the topside ionosphere, upgrading of the current models to include scintillation effects, the prediction of the ionospheric and plasmaspheric effects on navigational systems and the development of methods for calculating the reliability and compatibility of HF radio systems using digital modulation techniques and over the horizon HF backscatter radars. Finally, COST 296 Action refers to Mitigation of Ionospheric Effects on Radio Systems (MIERS). The main objective of the MIERS project was to develop an increased knowledge of the effects imposed by the ionosphere on practical radio systems, and for the development and implementation of techniques to mitigate the harmful effects of the ionosphere on such systems.

KHT2013-Special Session.3-7

Analysis of positioning variations of a spatially placed single-frequency GPS-GLONASS receivers

L. Kozienko, S. Kolesnik, N. Klimov, K. Cherkashin
(Irkutsk State Transport University, Russia)

In this paper we discuss variations of positioning data obtained from a sparse network of GPS/GLONASS L1 receivers. To study the receivers under different conditions (including ionosphere and troposphere variations) we build a test site around Irkutsk, Russia equipped with consumer GPS L1 and GLONASS L1 receivers. For testing purposes we choose the best possible view for antennas and placed them 10-15 km apart. The system allows us to obtain positioning data from receivers in real time for 24/7.

We analyzed continuous data from our GPS/GLONASS network and discovered variations of latitude, longitude and height within different time frame (day, month). We believe that some of them are a direct result of TEC variations during a day-night cycle. The origins of other variations are still unknown and open for discussion.

SPECIAL SESSION IN HONOUR OF PROFESSOR KARL RAWER'S 100TH BIRTHDAY, PART 4

KHT2013-Special Session.4-1

High Latitude Ionospheric Research in Europe after Three Decades: EISCAT at a turning point

M. Rietveld
(EISCAT Scientific Association, Ramfjordbotn, Norway)

For more than 30 years EISCAT (European Incoherent Scientific Association) has been the major facility in Europe for experimental ground-based research of the high-latitude ionosphere, using advanced techniques in VHF and UHF incoherent scatter radars but also in HF sounders (e.g. Dynasondes) and HF ionospheric heating. The results have led to improved understanding of auroral, magnetospheric and atmospheric processes leading to improved models of the ionosphere such as the IRI as well as some D-region models. Many German scientists contributed significantly to this work through the Max-Planck-Society until 2006, and more recently to the end of 2011 through the Leibnitz-Institute for Atmospheric Physics with funding from the DFG CAWSES program (Climate and Weather of the Sun-Earth System) and administrative assistance from the Copernicus Society. Examples of some state-of-the-art measurements and highlights from the various radar systems will be shown.

Although the radar systems have been expanded and upgraded in their capabilities over the years through advances in electronics, computing and signal processing techniques, further major advances

are only possible by replacing the present incoherent scatter radars with a new multi-static phased-array facility that can operate continuously. The aim is to build a radar with order of magnitude improvements in temporal and spatial resolution, with 3-D imaging capability from the upper atmosphere to well beyond the topside ionosphere, to serve the next generation of scientists for several decades. The plans for this 'EISCAT-3D' radar, which is on the ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructures) roadmap, will be presented. The present EU-funded planning phase will finish in 2014 and major funding applications have been submitted in Norway and Sweden to start construction, with further applications from other countries expected. There is still plenty of opportunity for more countries (like Germany) to contribute to this exciting new phase in high-latitude ionospheric and atmospheric research.

KHT2013-Special Session.4-2

Long term changes in nature of type-I plasma irregularities in electrojet region over India

S.P. Gupta
(Physical Research Laboratory, Ahmedabad, India)

Type-I irregularities have been studied for past 40 years using ground based radar and rocket borne probe from Thumba at magnetic Equator (India). The irregularities have been observed at noon, evening and morning hours but not during afternoon and before noon. This shows that the vertical electric field which drives the electrojet currents is strong only during noon, evening and morning hours. These results agree with model. In recent years that is 2005 onwards type-I irregularities have not been observed in electrojet region, this shows that the magnetic equator has drifted away from Thumba by a amount more than 1 degree.

These findings will be presented and discussed in this conference.

KHT2013-Special Session.4-3

Probability of occurrence of planetary ionospheric storms associated with the magnetosphere disturbance storm time events

T.L. Gulyaeva¹, F. Arikani², I. Stanislawski³
(¹IZMIRAN, Moscow, Russia; ²Dept. of EEE, Hacettepe University, Ankara, Turkey; ³Space Research Center, PAS, Warsaw, Poland)

An increased knowledge of effects imposed by the ionosphere on operational radio systems could be earned by the new service providing online estimate of the degree of ionosphere perturbation expressed by the ionospheric W index at each grid point of the Global Ionospheric Map of Total electron Content, GIM-TEC. Recently developed system of the ionospheric W index [1-4] allows distinguish state of the ionosphere and plasmasphere from quiet conditions ($W=\pm 1$) to the intense storm ($W=\pm 4$) ranging the plasma density enhancements (positive phase) or plasma density depletions (negative phase) regarding the quiet reference normal state. We address the probability of occurrence of planetary ionospheric storms during 1 day prior and 2 days after the onset of magnetosphere ring current storms observed with the Disturbance Storm Time, Dst, index during 1999-2012. The superposed epoch analysis is performed for 77 intense storms ($Dst < -100$ nT) and 232 moderate storms ($-100 < Dst < -50$ nT) during 1999-2012, with start time, t_0 , defined at Dst storm onset [5]. The normalized cross-correlation function is used to define lag (time delay) between t_0 and onset of the global ionospheric storm. The probability of positive intense and moderate ionosphere storms displays close proximity in amplitude, the onset at t_0 , the peak at t_0+2h and recovery at t_0+24h . The amplitude of probability of intense negative storm is twice as large as of moderate storm with onset of the both at t_0 , the peak at t_0+12h and recovery at t_0+40h . An empirical probability model of the positive and negative W index storms in terms of Dst storm profile is designed for the ionosphere-plasmasphere storm forecast incorporating data and predictions of Dst index available online.

This study is supported by the joint grant of TUBITAK 112E568 and RFBR 13-02-91370-CT_a.

[1] Gulyaeva, T.L., and Stanislawski, I. Derivation of a planetary ionospheric storm index. *Annales Geophysicae*, 26, 2645-2648, 2008.

[2] Gulyaeva, T.L., and Stanislawski, I. Magnetosphere associated storms and autonomous storms in the ionosphere-plasmasphere environment. *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 72, 90-96, doi:10.1016/j.jastp.2009.10.012, 2010.

[3] Gulyaeva, T.L., Arikani, F., and Stanislawski, I. Inter-hemispheric imaging of the ionosphere with the upgraded IRI-Plas model during

the space weather storms. *Earth, Planets and Space*, 63, 929-939, doi: 10.5047/eps.2011.04.007, 2011.

[4] Gulyaeva, T.L., F. Arikan, M. Hernandez-Pajares, I. Stanislawska. GIM-TEC adaptive ionospheric weather assessment and forecast system. *J. Atmosph. Solar-Terr. Phys.*, 2013.

5. Gulyaeva, T.L. Echo of ring current storms in the ionosphere and plasmasphere. *Earth, Planets and Space*, 2013.

KHT2013-Special Session.4-4

The dynamics of the ionosphere-plasmasphere system

M. Förster¹, M. Vellante²

(¹GFZ German Research Centre for Geosciences, Helmholtz Centre Potsdam, Germany; ²Dipartimento di Scienze Fisiche e Chimiche, Università dell'Aquila, Italy)

Ionospheric research in the former GDR was carried out only at a few places, mainly at the academic institutes of Cosmical Research (IKF) in Berlin and Neustrelitz and the Central Institute of Solar-Terrestrial Research (ZISTP) with the head offices in Berlin and several observational places over all the Eastern Germany area, including the ionosonde station in Juliusruh/Rügen. The involvement in the Eastern European Intercomos program with near-Earth satellite missions like IK-10 and IK-18, led to the establishment of an upper ionosphere working group for satellite data interpretation, headed by Prof. Christian-Ulrich Wagner, in the mid-70s. At the beginning of our investigations we acquired the state-of-the-art of ionospheric research of that time by studying benchmark publications like Prof. Karl Rawers book "Die Ionosphäre" and the "Kleinheubacher Berichte", in particular Prof. Peter Stubbe's report about the numerical modelling of the upper atmosphere and ionosphere. With the focus on upper ionospheric physics, it became soon clear, that a physical understanding of its phenomena is only possible by considering its tight coupling to the upper atmosphere and the plasmasphere. Hence, a physical-numerical model of the ionosphere-plasmasphere system was developed, which could explain the maintenance of high plasma densities in the torus-like near-Earth region called plasmasphere and some observed interhemispheric ionospheric coupling effects as, e.g., conjugate sunrise phenomena and the nighttime winter anomaly (NWA) effect. Ground-based remote sensing techniques like Faraday rotation observations of linearly polarized VHF signals and ionosonde measurements complemented the in-situ satellite measurements that were later supplemented by observations on board Active (IK-24) and APEX. Attempts were made to attain also data of the European Incoherent Scatter (EISCAT) facility for a better understanding of the so-called trough region at sub-auroral latitudes. Further, remote sensing of the plasmasphere mass density from observations of geomagnetic field line resonances (PC-3) were used, e.g., as recorded by the South European GeoMagnetic Array (SEGMA, $1.56 < L < 1.89$) since 2001. These observations constitute a significant data base for investigating different dynamical processes which take place between the ionosphere and the inner plasmasphere. Diurnal, annual, solar irradiance and geomagnetic activity dependences of the plasmasphere mass density as well as some interesting case studies are presented.

KHT2013-Special Session.4-5

A method for foF2 short-term (1-24) hour prediction over Europe

A.V. Mikhailov¹, L. Perrone²

(¹Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, Troitsk, Russia; ²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Rome, Italy)

There is a need to develop methods for the ionospheric F2-layer short-term (1-24) hour prediction. Various approaches can be found in literature. Today the priority should be given to empirical approaches as they provide higher prediction accuracy compared to physical (first-principle) models. A method which provides acceptable results under various geophysical conditions and which can be used in practice has been proposed. The method has been applied to Europe where there are ionospheric stations with long (for some solar cycles) historical data and current real-time foF2 observations. A prediction method should be based on Ap indices as only daily mean Ap is predicted at present with 1-3 day lead time, and this is a serious limitation.

The method includes two types of prediction models: regression models based on the analyses of historical observations, and training models based on current foF2 observations. Four stations: Juliusruh, Slough/Chilton, Rome, and Moscow were used for testing. About 50-60 strong negative and the same amount of positive F2-

layer disturbances observed in different seasons at each station were used to test the method. A comparison was made to the IRI(STORM) model.

The proposed method was shown to provide significantly (the confidence level > 98% according to t-criterion) better results both for negative and positive disturbances. Similar forecast models are under construction for other European stations with long historical and available current foF2 observations. A mapping procedure applied to the European stations provides foF2 monitoring and short-term prediction over the whole area.

KHT2013-Special Session.4-6

Some frequency parameters of Es layers at Kaliningrad station in winter periods of 2008 – 2010 and its connection with SSW events

N.A. Korenkova, V.S. Leschenko, Y.V. Chernayk, Y.N. Korenkov (West Department (WD) of IZMIRAN, Kaliningrad, Russia)

This study demonstrates some parameter variability of sporadic E layers that is placed in the context of atmosphere-ionosphere coupling at Kaliningrad station (20°E, 54°N) during winter seasons 2008 – 2010 years. This period is characterized solar minimum and quiet geomagnetic conditions. The statistical experimental results of probability observations of Es (PEs) and frequency (f0Es) are shown. The differences between winter diurnal variations PEs and f0Es are interpreted for period under study.

At present, the consensus is that the layer formation and altitude descent is driven mainly by the global system of tidal winds in the lower thermosphere. Sporadic E layers are relatively thin sheets of enhanced electron density formed at the heights of E region of Earth, usually at about 90 – 150 km. The sporadic E layer plays an important role in ionospheric research and radio communication due to its ability to reflect significantly higher frequencies than those characteristic for the E layer and sometimes even higher than frequencies characteristic for the F layer. It is generally accepted that vertical shears in the neutral wind play a major role in the formation of Es layers at middle latitudes; thus these layers are controlled by the complex neutral dynamics in the mesosphere and lower thermosphere system. The sudden stratospheric warming (SSW) is often connected with planetary wave activity. Planetary wave (PW) with periods of about a few days are predominantly of tropospheric origin and can directly penetrate up to heights of 100 km. Nonlinear interactions of the tidal and planetary wave interaction are known to exist in the lower atmosphere. The existence interaction resulting in modulation of diurnal tide in the time series of f0Es between tidal waves and planetary waves has been studied in present report.

The main part of the paper is the observation effects of planetary waves on sporadic Es connected with sudden stratosphere warming (SSW) events, that is confirm the link between planetary wave-like activity in the neutral atmosphere and wave-like oscillations in the sporadic E formation. The results of comparisons Es parameters with SSW have occurred at February 2008, January 2009 and the end of January – beginning of February 2010 are presented. The wavelet analyses of Es parameters for the mentioned above SSW periods are performed and discuss. These results shown that the vertical coupling in the atmosphere-ionosphere system driven by 6-8 day wave that approximately corresponds waves Rossby modes.

KHT2013-Special Session.4-7

Comparison of wind analysis algorithms using PMSE backscatter above Andøya

G. Stober, S. Sommer, C. Schult, J.L. Chau, R. Latteck (Leibniz Institute of Atmospheric Physics, Kühlungsborn, Germany)

The Middle Atmosphere Alomar Radar System (MAARSY) on the Norwegian island of Andøya (69°17'N; 16°01'O) observes on a routine basis polar mesospheric summer echoes (PMSE) to infer the mesosphere/lower thermosphere dynamics. The radar employs an active phased array antenna and is able to steer the radar beam on a pulse-to-pulse basis allowing for quasi simultaneous systematic scanning experiments. MAARSY uses a multi-channel receiver system, which permits to select sub-arrays out of the complete aperture for interferometric applications such as a mean angle of arrival analysis or coherent radar imaging.

Here we present initial results from these quasi-simultaneous scanning experiments applying an Extended Velocity Azimuth Display (EVAD) analysis and Volume Velocity Processing (VVP) to investigate the MLT dynamics using PMSE as tracer. We compare the different wind analysis methods and infer the small scale wind variations from different observation volumes. This comparison

makes use of our interferometric analysis of the PMSE using CRI in order to study the impact of likely edge effects into account for the wind analysis.

KOMMISSIONEN G, H UND J

SITZUNG GHJ.1

KHT2013-GHJ.1-1

Meteor heights during the recent solar minimum

C. Jacobi

(Universität Leipzig, Germany)

Average meteor heights has been continuously observed using a SKiYMET VHF radar at Collm (51.3N, 13.0E) since late summer of 2004. Initially, the daily mean meteor height was about 89.5 km. Since that time, average meteor heights have decreased. This is consistent with earlier results from the literature and from earlier results of low-frequency reflection height changes measured at Collm. During the recent solar minimum 2008/2009 the meteor heights further decreased. Linear fitting the heights to a trend and a solar cycle reveals a linear decrease of about -80 m/year and a solar cycle effect of +450 m/100 sfu. Assuming that meteor heights, on a long-term average, approximately refer to a level of constant pressure, this decrease can be converted to a mean middle atmosphere linear temperature decrease of 0.35 K/year and a solar cycle effect of -2.0 K/100 sfu during the last decade.

KHT2013-GHJ.1-2

Polar mesosphere summer echoes observed at comparable geographical latitudes in the Arctic and Antarctica

R. Latteck¹, R. Morris², G. Stober¹, T. Renkowitz¹, W. Singer¹

(¹Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik an der Universität Rostock, Kühlungsborn, Germany; ²Australian Antarctic Division, Kingston, Tasmania, Australia)

Polar Mesosphere Summer Echoes (PMSE) are observed with 50 MHz VHF radars at various locations in the Northern Hemisphere for more than 20 years. Continuous and homogeneous observations of PMSE have been done on the North-Norwegian island Andøya (69.3°N) from 1999 until 2009 using the ALWIN MST radar at 53.5 MHz. In 2009 the Leibniz-Institute of Atmospheric Physics in Kühlungsborn, Germany (IAP) started the installation of the Middle Atmosphere Alomar Radar System (MAARSY) at the same location. The observation of mesospheric echoes could be continued in spring 2010 starting with an initial stage of expansion of MAARSY and is carried out with the completed installation of the radar since May 2011. Since both the ALWIN radar and MAARSY are calibrated, the received echo strength of PMSE from 12 years of mesospheric observations could be converted into absolute signal power. Appropriate measurements of PMSE in the Southern Hemisphere started in 2004 using the calibrated VHF radar of the Australian Antarctic Division at Davis Station, Antarctica (68.6°S), what is located on comparable southern geographical latitude to Andøya. We present a comparison of PMSE observations obtained at both radar sites during a period of 12 boreal summers (Andøya, NH) and 8 austral summers (Davis, SH) and discuss similarities and differences of seasonal and diurnal variations of PMSE occurrence frequencies and echo intensity.

KHT2013-GHJ.1-3

Giant Pulse Emission from the Crab Pulsar

N. Lewandowska¹, D. Elsässer¹, A. Jessner², R. Karuppusamy², K. Mannheim¹

(¹Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Germany; ²Max-Planck Institut für Radioastronomie, Bonn, Germany)

The Crab pulsar belongs to one of the most studied stellar objects in the sky. Embedded in the supernova remnant nowadays known as the Crab Nebula, its detection over 40 years ago by its single bright pulses, delivered the first proof of an extreme form of radio emission nowadays known as "giant pulse emission". Giant pulses (GPs) differ extremely from the regular Crab pulsar emission. They occur apparently non-periodically only in the phase ranges of the regular pulses, have flux densities at least a thousand times higher, are highly polarized and display power-law energetics. In spite of over 40 years of investigations the mechanism behind giant pulses is still not known. Due to the characteristic of the Crab

pulsar to emit its pulsed emission throughout the whole electromagnetic spectrum, simultaneous observations of GPs at different wavelengths have proven to be a promising key strategy to unravel their possible emission mechanisms.

In the framework of our presentation we report about their characteristics, measurements and the currently ongoing multiwavelength (MWL) study with the Effelsberg radio telescope and the MAGIC Cherenkov telescopes.

SITZUNG GHJ.2

KHT2013-GHJ.2-1

Visibility of Type III burst source location as inferred from stereoscopic space observations

M.Y. Boudjada¹, P.H.M. Galopeau², M. Maksimovic³, H.O. Rucker¹
(¹Space Research Institute, Austrian Academy of Sciences, Graz, Austria; ²Université Versailles St-Quentin, CNRS/INSU, LATMOS-IPSL, Guyancourt, France; ³Observatoire de Paris-Meudon, Meudon, France)

We study solar Type III radio bursts simultaneously observed by RPWS/Cassini, URAP/Ulysses and WAVES/Wind experiments. The combine of observations allows us to cover a large frequency bandwidth from 16 MHz down to a few kHz. In the data investigation we measure the onset time of each burst, and estimate the corresponding intensity level. We also derive the Langmuir frequency clearly seen on the dynamic spectra recorded by the Ulysses spacecraft. The distances of Wind, Ulysses and Cassini spacecraft, with regard to the Sun, were in the order of 1 AU, 2.4 AU and 4.5 AU, respectively. The spacecraft trajectories were localized in the case of Wind and Cassini in the ecliptic plane, and for Ulysses in the southern hemisphere (i.e. heliographic latitude of about -75°). Despite the different locations, the spectral patterns of the selected solar bursts are found similar between 10 MHz and 1 MHz but different at lower frequency. We first discuss the variation of the intensity level as recorded by the three spacecraft. We show that the reception system of each experiment affected the way the Type III burst intensity is measured. In addition we attempt to estimate the electron beam evolution along the interplanetary magnetic field where the trajectory is an Archimedean spiral. This leads us to infer on the visibility of the source location with regard to the spacecraft position.

KHT2013-GHJ.2-2

First LOFAR Observations of the Sun

G. Mann

(Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam, Germany)

LOFAR (Low Frequency ARray) originally designed by ASTRON in the Netherlands is a radio interferometer for observing extra-terrestrial radio sources in the frequency range 30-240 MHz by realizing a novel technology. An ensemble of LOFAR stations is distributed in Europe. The radio signals from each station are transferred via a 10 Gbit/s data link to a BlueGene computer in Groningen, where they are correlated to a radio map of the sky.

Eruptive events as flares and/or coronal mass ejections (CME) occur as a sudden enhancement of the radio emission of the Sun. The solar radio radiation in LOFAR's frequency range (30-240 MHz) is emitted from the corona, where flares happen and CMEs are launched. That is the reason, why LOFAR is a very interesting instrument for solar physicists.

The results of solar observations during LOFAR's commissioning phase are presented, for instance:

- (i) a solar radio burst associated with a coronal jet as a result of magnetic reconnection and
- (ii) spatial-temporal observations of type III radio bursts in both the HBA (120-240 MHz) and LBA (30-80 MHz) range.

These first observations impressively demonstrate that LOFAR can really work as a dynamic spectroscopic radio imager of the Sun.

KHT2013-GHJ.2-3

Quest for exoplanetary radio emission

C. Weber, H.O. Rucker, M.L. Khodachenko

(Space Research Institute, Austrian Academy of Sciences, Graz, Austria)

The aim of this study is to theoretically predict/calculate the efficiency of the generation of exoplanetary radio emission in order to find candidates amongst the presently known exoplanets which are worth to observe with a radio telescope, e.g. the Ukrainian UTR-2 or

LOFAR. This is done by considering variations of the parameters which influence the strength of the emission, i.e. the planet's mass, the distance of the planet to the star, the orbital period and the use of different magnetic field models.

Today we know that all magnetized planets of our solar system, i.e. Earth, Jupiter, Saturn, Uranus and Neptune, are emitting radio waves. In fact the detection of radio emission from Jupiter was the first evidence of the giant planet's magnetic field. This fact shows us the importance of trying to detect radio emission from exoplanets. If it is detected we immediately could infer the existence of a magnetosphere around the planet which also has important aspects for habitability. If Earth had no magnetosphere this would lead to lethal radiation reaching Earth without being shielded.

Another aspect of this study might be the presence of a large moon around an extrasolar gas giant. The assumption that volcanic moons like Io may be quite common in the universe is not unreasonable. We know that Io at Jupiter triggers the strongest known radio emission with frequencies up to 40 MHz. Io acts as a plasma source for the Jovian magnetosphere. The radio signal of a gas giant with a moon like Io around it would be enhanced by the presence of the extrasolar moon.

KHT2013-GHJ.2-4

Polarisationsmessungen extragalaktischer Radioquellen

A. Kraus¹, A. Pasetto¹, I. Myserlis¹, E. Angelakis¹, K.H. Mack²
(¹Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Bonn, Germany, ²Istituto di Radioastronomia, Bologna, Italy)

Die Radiostrahlung extragalaktischer Radioquellen wird im cm-Wellenlängenbereich überwiegend durch den Synchrotronprozess verursacht und ist somit meist signifikant linear polarisiert. Die Messung der Polarisations-eigenschaften erlauben Untersuchungen u.a. der Stärke und Struktur der Magnetfelder am Ort der Quelle und damit Aussagen über die Entstehung und Veränderungen der häufig beobachteten „Jet“-Strukturen.

Hier stellen wir aktuelle Beobachtungsprogramme zur Untersuchung der Polarisations-eigenschaften extragalaktischer Radioquellen vor, die größtenteils am 100-Meter Radioteleskop des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie in Bad Münstereifel-Effelsberg durchgeführt werden. Wir erläutern die (speziellen) Auswertemethoden und präsentieren ausgewählte Ergebnisse.

KHT2013-GHJ.2-5

Periodic bursts of Jovian radio emission observed in decametric frequency range

H.O. Rucker¹, M. Panchenko¹, A.I. Brazhenko², A.A. Konovalenko³
(¹Space Research Institute, Austrian Academy of Sciences, Graz, Austria; ²Institute of Geophysics, Gravimetric Observatory, Poltava, Ukraine; ³Institute of Radio Astronomy, Kharkov, Ukraine)

We report on the analysis of new type of the periodic radio bursts of the Jovian decametric radio emission (DAM) detected by the radio instruments onboard Cassini, Wind and STEREO spacecraft and ground-based radio telescope URAN-2. These bursts, which are attributed to the non-Io component of DAM, is observed as series of arc-like radio bursts with negative frequency drift which reoccur with an averaged period of 10.07 hours or ~1.5% longer than the rotation rate of the Jovian magnetosphere. The stereoscopic multispacecraft observations have shown that the radio sources sub-corotate with Jupiter being active during several Jupiter rotations. The occurrence of the periodic non-Io DAM bursts is strongly correlated with a significant enhancement of the solar wind ram pressure at Jupiter. We also present new simultaneous observations of the periodic non-Io DAM using the radio experiment onboard two STEREO spacecraft and the ground-based radio telescope URAN-2 (Poltava, Ukraine). These observations have shown that the periodic bursts are observed in the frequency range from 4 MHz to 25 MHz as a right and left hand polarized radio emission associated with the Northern and Southern magnetic hemispheres of Jupiter.

We suggest that the sources of the non-Io DAM periodic bursts may be connected with the interchange instability in the Io plasma torus triggered by the strong solar wind impulses. Besides the main group of periodic burst, we have also found two other groups of the periodic features rarely observed in the radio spectra. This is “vertex-early” periodic non-Io DAM bursts or arcs with positive frequency drift and non-arc periodic radio features.

KHT2013-GHJ.2-6

Out of focus holography at the 100 m Effelsberg radio telescope

U. Bach, A. Kraus, P. Müller
(Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Bonn, Germany)

Holography is commonly used to measure the surface accuracy of the paraboloid mirror of a radio telescope. Traditional holography methods require beam maps with very high signal to noise ratios that are usually only provide by terrestrial transmitters or the beacon signals from geostationary satellites. Over the years several holography measurements using geostationary satellites were done at the radio telescope at Effelsberg. Therewith the surface rms was reduced to only 0.55mm at an elevation of 32deg, which is the elevation of the satellite. Therefore all the elation depended gain curves for the high frequency receivers peak at 32deg elevation and fall of to high and lower elevations.

In 2007 B. Nikolic et al. published a method to obtain low-resolution maps of the wavefront-errors in an antenna surface using astronomical sources and detectors (B. Nikolic, R. E. Hills, J. S. Richer, 2007, A&A, 465, p. 679). The technique requires several out-of-focus images of a compact source at a good signal to noise ratio. The aperture is then parameterized by Zernike polynomials that describe different modes of surface errors. The obvious advantage is that with the technique the surface errors can be measured over a wide range of elevations.

Motivate by the positive results that were obtained at the 100m Green Band Telescope (GBT) using the method (B. Nikolic, R. M. Prestage, D. S. Balser, C. J. Chandler, R. E. Hills, 2007, A&A, 465, p.685) and the fact that Effelsberg is equipped with a sub-reflector with 96 adjustable panels since 2006, the 9mm (32 GHz) receiver was used to test the OOF technique at the 100m Effelsberg telescope.

Here we would like to present the results from our recent OOF observations at the 100m Effelsberg radio telescope. We will introduce the OOF method, the observations, and present the first results. As a first test, OOF images at perfect focus and with a known displacement of the sub-reflector were measured to test the accuracy. The OOF method is able to recover the introduced errors and we are looking forward to use the OOF technique further at the 100m Effelsberg telescope and therewith improve our elevation dependent gain curves.

KOMMISSION K

SITZUNG K

KHT2013-K-1

Electromagnetic exposure of neuronal networks on microelectrode arrays

A.W. Daus, S. Oster, C. Erbes, M. Goldhammer, U. Bochtler, C. Thielemann
(University of Applied Sciences Aschaffenburg, Germany)

Human central nervous system is since long one of the favorite targets for research on possible biological effects of weak high frequency electromagnetic fields according to the GSM or UMTS standard for current mobile phone networks. Although there is only little evidence of major health risk arising from the exposure of the brain to weak electromagnetic fields [1], some of the published results are inconsistent and obviously some knowledge gaps remain. A lot of studies lack of reproducibility in terms of field homogeneity or temperature stability and findings lead to contentious issues.

In vitro studies are a common approach to investigate possible effects of the exposure of biological tissue to high-frequency electromagnetic fields. We use microelectrode array (MEA) chips to assess information processing in developing and mature neuronal networks in vitro [2]. The MEAs employed incorporate 60 titanium nitride electrodes (10µm and 30µm in diameter) embedded in a glass substrate. In our cell culture lab, dissociated neurons from rat or chicken brains were cultivated on the MEA-Chips. Neurons formed a functional neuronal network and action potentials could be recorded in a high signal-to-noise-ratio up to several weeks.

For the exposure experiments we developed a flexible, open TEM-cell based setup, a so-called stripline, which was integrated into a CO2-incubator to keep ambient conditions like temperature and gas concentration constant. It should be emphasized this exposure setup is not based on standing waves and thus suitable for a large range of sample bins, frequencies and field strength, respectively SAR

levels. To ensure accurate dosimetry and field homogeneity we employed finite element calculations (COMSOL) and fine-meshed field measurements (DASY3). Moreover temperature measurements were performed to control possible thermal effects, which could affect neuronal activity.

In summary we found excellent exposure conditions, if parameters were chosen carefully. Dissociated neurons from rat cortex reestablished stable electrical activity during long-term exposure with electromagnetic fields at 900MHz up to 1W/kg SAR. In parallel experiments, we have shown that short-term experiments can also be performed, e.g. with cardiac myocytes [3].

[1] German Mobile Telecommunication Research Programme (DMF), Health Risk Assessment of Mobile Communications, 2008, urn:ubn:de:0221-201108036032.

[2] M. Jungblut, W. Knoll, C. Thielemann, M. Pottek, Triangular neuronal networks on microelectrode arrays: an approach to improve the properties of low-density networks for extracellular recording, 2009, Biomedical Devices, 11: 1269–1278.

[3] A. W. Daus, M. Goldhammer, P.G. Layer, C. Thielemann, Electromagnetic exposure of scaffold-free three-dimensional cell culture systems, 2011, Bioelectromagnetics, 32: 351–359.

KHT2013-K-2

Assessment of Dielectric Material Properties for Near-Surface Body Tissues in the THz-Frequency Range

O. Spathmann¹, V. Hansen¹, J. Streckert¹, M. Zang¹, M. Clemens¹, M. Saviz²
(¹Bergische Universität Wuppertal, Germany; ²University of Tehran, Tehran, Iran)

The development of applications in the THz-frequency range, such as full-body scanners is increasing. However, only little information is available regarding the exposure of individuals and practically capable methods for its determination and assessment with regard to radiation protection. Dielectric parameters of human tissues are typically provided in the literature up to 100 GHz. Only few data is available for higher frequencies. Hence, there is apparently a need for material parameters of near-surface tissues in this frequency range. In this work the "effective medium theory" [1]-[2] is applied to estimate the dielectric material properties of the skin and its substructures up to 10 THz.

The concept of the effective medium theory aims at the homogenization of complex structured material with known elementary components to a new equivalent material model. Therefore, algebraic formulas are used to calculate the effective material properties of the material model based on the complex permittivities of its components while taking into account the volume fractions and geometries of the microstructure [3]-[5]. The input parameters of any formula are the complex dielectric parameters of the constituents and their volume fraction. The choice of a mixing formula, here Maxwell-Garnett-3D or linear method [1], is considering the geometrical structure. For other tissue structures further methods are useful, e.g. Maxwell-Garnett-2D [2], Double-Layer [1] or the inverse-linear formula.

First a model for electrolyte based on pure water up to 10 THz [6] with additionally an ionic conductivity term ($\kappa_{\text{ion}} = 1.35 \text{ S/m}$) is assumed.

For the homogenization of the weakly hydrated outermost skin layer, the stratum corneum (SC), the linear method is used. Electrolyte (18%) and macromolecules (82%) e.g. proteins with $\epsilon_{r,\text{Protein}} = 3$ are mixed to achieve corneocytes. These are surrounded by a matrix of lipids, re-application of this method, assuming a 15% fat content, the dielectric material is homogenized model of the SC [3].

To determine the parameters of the underlying epidermis and dermis (E&D) the corneocytes are considered again, but taken into account with a higher water content and a different geometry than for the SC. For this, Maxwell-Garnett-3D is used to mix spherical inclusions, here proteins with $\epsilon_{r,\text{Protein}} = 3$ and a volume fraction of 10.4%, with 89.6% of the electrolyte. The so defined data is subsequently mixed with collagen. Collagen has been assumed with an amount of 25% to obtain averaged water content over the two tissues between 65 and 70%[7]. The dielectric parameter of collagen was taken as a frequency independent $\epsilon_{\text{Collagen}} = 2.4$ in order to homogenize the material model for the E&D.

The dielectric material parameters of skin for the frequency range from 1 to 100 GHz given in [8] are compared to the ones estimates here. It turns out that the results are in good agreement up to 100 GHz for the permittivity as well as for the electrical conductivity. So the assumed permittivity modeling of the microstructure is fairly well confirmed. Thus it is assumed that the model can also be applied in THz-frequency range to calculate realistic material parameters for

numerical dosimetry simulations.

[1] A. Sihvola, Mixing rules with complex dielectric coefficients, Subsurface Sensing Technologies and Applications, vol 1, pp 393-415, 2000

[2] S. Giordano, Effective medium theory for dispersions of dielectric ellipsoids, J. of Electrostatics, vol 58, pp 59-76, 2003

[3] S. Huclova et al., Modelling and validation of dielectric properties of human skin in the MHz region focusing on skin layer morphology and material composition, J. Physics D: Applied Physics, vol 45, 025301, 2012

[4] Z. Taylor et al., THz medical imaging: in-vivo hydration sensing, IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology, vol 1, pp 201-219, 2011

[5] D. Walker et al., Modelled current distribution in cervical squamous tissue, Physiol. Meas., vol 23, pp 159-168, 2002

[6] J. Ellison, Water: a dielectric reference, J. Molecular Liquids, vol 68, pp 171-279, 1996

[7] S. Alekseev et al., Human skin permittivity determined by millimetre wave reflection measurements, Bioelectromagnetics, vol 28, pp 331-339, 2007

[8] S. Gabriel et al., The dielectric properties of biological tissues: III. Parametric models for the dielectric spectrum of tissues. Physics in Medicine & Biology, vol 41, pp 2271–2293, 1996

KHT2013-K-3

Kalman Filter based solutions of a nonlinear state-space model for Magnetocardiography activation time imaging on a 3D anisotropic muscle fibre heart model

H. Ahrens, F. Argin, L. Klinkenbusch
(Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Germany)

Several types of heart arrhythmia, e.g. supraventricular tachycardia or focal ventricular tachycardia, have focal origins in the heart, hence making a medical therapy with a catheter ablation possible. Magnetocardiography (MCG) enables a non-invasive and radiation-free localisation of these focal origins. The non-uniqueness of the inverse problem of MCG can produce large localisation errors. To treat the non-uniqueness problem activation time imaging employs a cellular automaton heart model incorporating additional physiological information, e.g. the upstroke velocity of the action potential. Additionally a smoothness constraint for the activation time map is introduced in a nonlinear state-space model. Solutions of the nonlinear state-space model are calculated with the Extended Kalman Filter and the Unscented Kalman Filter for 12 pacer locations in the ventricles and the localisation errors and the relative errors for the activation time state vector are compared. The activation times are simulated in a 3D ventricular model with anisotropic activation wavefront velocities with respect to the muscle fibre directions. The MCG signal is calculated for a sensor array with 36 anterior and 36 posterior magnetometers taking into account Gaussian white noise in the data.

KHT2013-K-4

In vitro Feldexpositionsmessungen an HaCaT-Zellen

L.O. Fichte¹, K. Grutza², M. Stiemer¹
(¹Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg, Germany; ²Institut für den medizinischen Arbeits- und Umweltschutz der Bundeswehr, Germany)

Bei Befeldungsexperimenten werden Zell- bzw. Gewebeproben unter fest vorgegebenen Rand- und Umgebungsbedingungen Feldern mit definierten Eigenschaften (z.B. Feldstärke, Frequenz, Leistung) ausgesetzt. Die besonderen Probleme bestehen darin, dass viele Zellarten elektromagnetische Materialeigenschaften aufweisen, die eine Vielzahl von Messungen erfordern: so ist Muskel-, Haut- und Nervengewebe i.d.R. nicht nur dispersiv und verlustbehaftet [1], sondern auch anisotrop [2]. Da zur Bewertung von Effekten stets der Fall untersucht werden muss, bei dem die höchste Einkopplung vorliegt, stellt sich das Problem, mit konventionellen Testverfahren Einstrahlungsrichtung und -Polarisation zu bestimmen ("worst case"), bei der die gewebespezifisch höchste Einkopplung vorliegt. Alternativ müssten eine Vielzahl von Kombinationen aus Richtung und Polarisation vermessen werden - vergleichbare Testverfahren aus der EMV schreiben normalerweise mindestens 8 Einstrahlrichtungen bei horizontaler und vertikaler Polarisationen auf den Prüfling vor. Befeldungsexperimenten können durch die Verwendung von Modenverwirbelungskammern deutlich beschleunigt werden, da im Prüfvolumen einer Modenverwirbelungskammer das Richtung und Polarisation des E-Feldes (bei im zeitlichen Mittel konstanter Feldstärke) gleichverteilt sind [3,4]. Der Aufwand für

Probenauswertungen lässt sich mit diesem Verfahren deutlich verkleinern.

In zwei Messreihen wurden humane Bindegewebszellen (Human adult low Calcium high Temperature keratinocytes bzw. Hacat-Zellen des Krebsforschungszentrums Heidelberg) in vitro verschiedenen Feldstärken ausgesetzt. Nach Färbung mit Propidiumiodid und Annexin V [6] wurden die Proben mit einem Durchflusscytometer untersucht, um die Anzahl nekrotischer oder spätapoptotischer Zellen bzw. frühapoptotischer Zellen festzustellen. Zwar ergab sich im Vergleich zu den Negativproben und den Proben, die einer Schein-Exposition ausgesetzt waren, keine signifikant erhöhte Rate für Apoptose und Nekrose. Dieses Ergebnis ist aber wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die verwendeten HaCaT-Zellen als adhäsive Zellen aufwendig aufbereitet werden müssen. Nach Änderung der Präparationsmethoden und der Befeldungsparameter erwarten wird nachweisbar erhöhte Schädigungsraten.

[1] Gabriel, C. und Gabriel, S.: Compilation of the Dielectric Properties of Body Tissues at RF and Microwave Frequencies, <http://niremf.ifac.cnr.it/docs/DIELECTRIC/Report.html>

[2] Burger, H.C. und van Dongen, R: Specific Electric Resistance of Body Tissues Phys. Med. Biol. 5 431, 1961 , doi:10.1088/0031-9155/5/4/304

[3] DIN EN 61000-4-21, VDE 0847-4-21:2011-12: Prüf- und Messverfahren – Verfahren für die Prüfung in der Modenverwirbelungskammer

[4] Krauthäuser, H.G.: Grundlagen und Anwendungen von Modenverwirbelungskammern, Habilitationsschrift, Magdeburg 2007

[5] Perry F. Wilson, P.F., Hill, D.A. und Holloway, C.L.: "On Determining the Maximum Emissions From Electrically Large Sources", IEEE Trans EMC, Vol.44, No.1, Feb 2002

[6] Dickinson, B. (Ed.): Apoptosis, Cell Cycle and Cell Proliferation, Erembodegem/Belgium 2011, pp. 8f