

Schnelle Simulation des Herzschlags

Die Elektrokardiografie (EKG) ist eines der am häufigsten eingesetzten Messverfahren im klinischen Alltag. Um die diagnostische Aussagekraft von EKG-Signalen zu verbessern, ist es notwendig, den Zusammenhang zwischen der Quelle dieser Signale, also der elektrischen Erregungsausbreitung im Herzmuskel, und den an der Körperoberfläche gemessenen EKG-Signalen genauer zu analysieren. Die dafür benötigte Rechenzeit ging bisher über Tage. Das numerische Herzmodell, das gegenwärtig in der PTB entwickelt wird, arbeitet inzwischen so schnell, dass Parametervariationen innerhalb von einigen Stunden durchgeführt werden können.

Zunehmend werden in der Biologie und Medizin numerische Simulationsverfahren eingesetzt, um Hypothesen zur Physiologie und zur Pathophysiologie zu überprüfen. In der PTB wird im Rahmen eines BMBF-Verbundvorhabens mit der Schering AG, Berlin, und dem Charité-Universitätsklinikum Benjamin Franklin, Berlin, sowie mit weiteren Partnern (University of Calgary, Kanada, und Universität Graz, Österreich) ein numerisches Herzmodell entwickelt, das die elektrische Erregungsausbreitung im Herzmuskel im Detail simuliert. Die Verifikation des Modells erfolgt durch einen Vergleich mit gemessenen elektrischen Erregungsverläufen an Tierherzen.

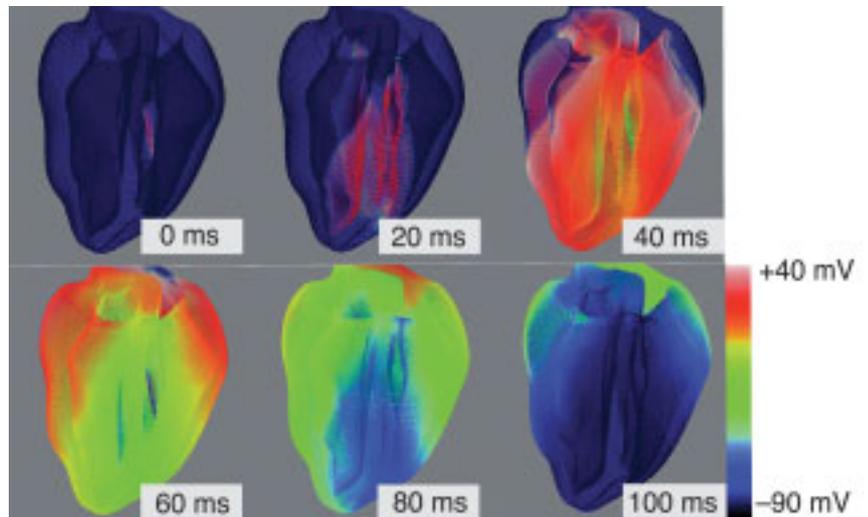
Eine Grundvoraussetzung für den praktischen Einsatz sind schnelle Algorithmen und der Einsatz

von Parallelrechnern. Durch Einführung von speziellen Techniken (Preconditioning, Multigrid) gelang es in der PTB kürzlich, die Rechenzeit für einen einzelnen Herzschlag beim Menschen, die bisher bei einer Woche lag, um eine Größenordnung zu reduzieren. Erst damit werden Parameterstudien praktisch durchführbar.

Die Übereinstimmung des Simulationsergebnisses mit dem Experiment konnte bei der Untersuchung der Wirkung von Medikamenten eindrucksvoll bestätigt werden.

Weitergehende Informationen von

R. Weber dos Santos,
Tel.: (030) 34 81-347,
E-Mail:
rodrigo.weber@ptb.de



Falschfarbendarstellung der Sequenz einer simulierten elektrischen Erregungsausbreitung im Kaninchenherzen

Einzelne Nano-Magnete sichtbar gemacht

Neuerdings werden in der Medizin kleinste magnetische Teilchen zur Diagnostik und in der Therapie eingesetzt. Speziell die magnetischen Eigenschaften so genannter Magnetosome – von einer Lipid-Membran umhüllter Magnetit-Teilchen – sind für diese Anwendung interessant. In der PTB ist es nun gelungen, diese sehr kleinen Teilchen mit einer Größe von ca. 40 nm sichtbar zu machen und zu zeigen, dass sich einzelne Teilchen wirklich wie Nano-Magnete verhalten.

Die Nano-Messtechnik für magnetische Größen gewinnt nach der Datenspeichertechnik auch in der Medizin immer mehr an Bedeutung. In der PTB wurde für dieses Gebiet ein Magnetkraftmikroskop weiterentwickelt. Dieses Mikroskop tastet mit einer extrem scharfen magnetischen Spitze zeilenweise zunächst in einem ersten Schritt die Oberfläche einer Probe und im zweiten Durchlauf in einem kleinen Abstand von dieser Oberfläche das Magnetfeld ab. Der Radius der Tastspitzen ist klei-

ner als 20 nm. Dieser Aufbau ermöglicht die Untersuchung einer großen Vielfalt von Probengeometrien mit höchster Auflösung. Auch biologische Proben können unter Umgebungsbedingungen betrachtet werden.

Nachdem die magnetischen Eigenschaften ganzer Ensembles von Magnetosomen, die im Max-Planck-Institut für Mikrobiologie in Bremen hergestellt worden waren, mit Hilfe räumlich integrierender Messtechniken gemessen werden konnten, wurden mit dem Magnetkraftmikroskop der PTB jetzt auch einzelne Nano-Teilchen untersucht. Sie wurden vor der Messung senkrecht zur Probenebene magnetisiert. Bei der Abbildung der Oberfläche sind viele Einzelteilchen mit einem Durchmesser von ca. 40 nm als helle Flecken zu erkennen. Es handelt sich hierbei um einzelne Magnetosome.

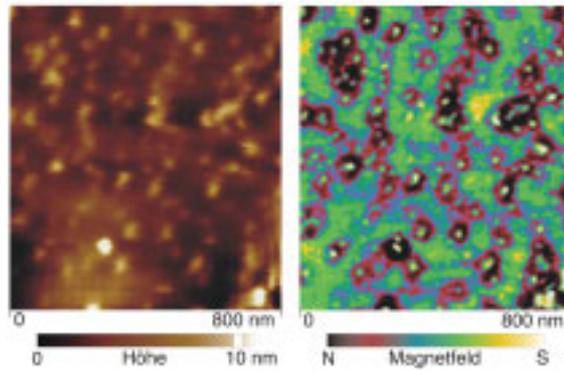
Die Teilchen erscheinen bei der Abbildung des Magnetfeldes als weißer Fleck, umgeben von ei-

Fortsetzung auf Seite 2

Einzelne Nano-Magnete sichtbar gemacht

(Fortsetzung von Seite 1)

nem dunklen Ring. Dieses Erscheinungsbild entspricht dem eines senkrecht auf der Oberfläche stehenden Stabmagneten, auf dessen Pol man von oben schaut. Damit wurde erstmals gezeigt, dass einzelne Magnetosome eindomänige Nano-Magnete sind. Diese Erkenntnis eröffnet neue Einsatzmöglichkeiten: Die Teilchen, die auch kleinste Kapillargefäße erreichen, lassen sich, im Gegensatz zu herkömmlichen Kontrastmitteln, mit Hilfe von Magnetfeldern im Körper an beliebig vorgegebene Stellen führen. Dadurch werden ein deutlicher Gewinn an räumlicher Auflösung beim Einsatz als Kontrastmittel und eine Steigerung der therapeutischen Effektivität erzielbar.



Magnetkraftmikroskopisches Bild einzelner Magnetosome. Links das topografische Bild, rechts das Magnetfeld.

Weitergehende Informationen von M. Albrecht, Tel.: (05 31) 592-22 50, E-Mail: martin.albrecht@ptb.de

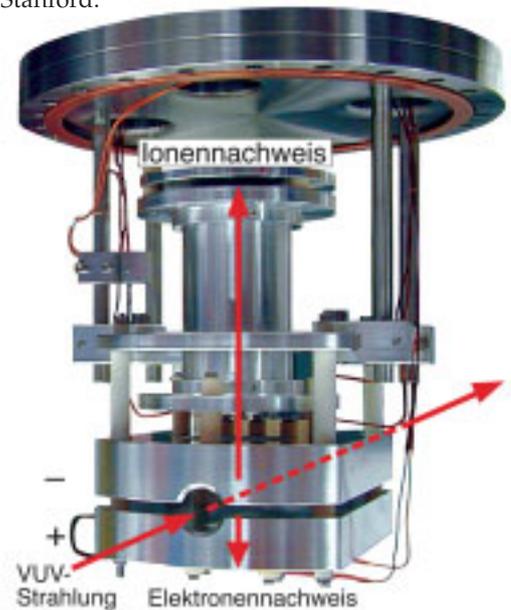
Intensitätsmonitor für Freie-Elektronen-Laser

In Zusammenarbeit mit dem Deutschen Elektronensynchrotron (DESY) in Hamburg und dem Ioffe-Institut, St. Petersburg, wurde im Radiometrielabor der PTB am Berliner Elektronenspeicherring BESSY II ein Detektor für hochintensive Vakuum-UV-(VUV-) Strahlung entwickelt und kalibriert.

Das Detektionsprinzip basiert auf der Photoionisation von Edelgasen und erlaubt den pulsaufgelösten Nachweis von Strahlung mit einigen Nanosekunden Zeitauflösung. Weil auch bei sehr hohen Strahlungsleistungen nur ein geringer Bruchteil der Edelgasatome ionisiert wird und Elektronen- und Ionennachweis ohne weitere Verstärkung erfolgen, ist der Detektor über einen weiten Strahlungsleistungsbereich linear. Deshalb konnte er mit monochromatisierter Synchrotronstrahlung bei mittleren Strahlungsleistungen von weniger als 1 μ W kalibriert und dann zur quantitativen Messung von hochgradig gepulster VUV-Strahlung im Wellenlängenbereich um 90 nm mit Pulsspitzenleistungen von bis zu 150 MW am VUV-Freie-Elektronen-Laser (VUV-FEL) bei DESY eingesetzt werden.

Durch den Betrieb bei einem Gasdruck von nur 10^{-3} Pa ist der Detektor zu mehr als 99 % transparent. Daher wird das Prinzip zur Zeit mit dem Ziel weiterentwickelt, beim DESY-VUV-FEL-Projekt ab 2005 vier Detektionssysteme als Online-Intensitäts-

und Strahlagemonitore in Betrieb zu nehmen. Geprüft wird auch ein Einsatz als kalibrierter Monitordetektor für die EUV-Strahlung gepulster Plasmaquellen im Rahmen mikrolithographischer Anwendungen bei 13 nm und für Röntgenstrahlung an der Sub-Picosecond-Photon-Source (SPPS) in Stanford.



Der Detektor für VUV-Strahlung nutzt die Photoionisation von Edelgasen zur Messung der Strahlungsleistung.

Weitergehende Informationen von M. Richter, Tel.: (030) 63 92-50 84, E-Mail: mathias.richter@ptb.de

DCF77 für Warnhinweise geeignet

Bislang wurden in den ersten vierzehn Sekunden jeder Minute mit dem Zeitzeichensender DCF77 nur Statusinformationen, keine Zeitinformation übertragen. Im Auftrag des Bundesinnenministeriums wurde untersucht, ob stattdessen im Gefahrenfall Warnhinweise an die Bevölkerung ausgesendet werden könnten. Der nun vorliegende Abschlussbericht favorisiert eine solche erweiterte Nutzung des Zeitzeichensenders.

Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), im Geschäftsbereich des Bundesinnenministeriums, sucht eine Alternative zu den praktisch nicht mehr existenten Sirensensystemen, um in Krisen- und Katastrophenfällen die Bevölkerung über ein „Wecksignal“ zu alarmieren. Die Firma HKW-Elektronik GmbH wurde beauftragt, einen Feldversuch durchzuführen und aus-

Fortsetzung auf Seite 3

DCF77 für Warnhinweise geeignet

(Fortsetzung von Seite 2)

zuwerten. Dazu wurde der Langwellensender DCF77 in das Satelliten-Warnsystem SatWas des Bundes integriert, um (zunächst fiktive) Warninformationen in den Sekundenmarken 1 bis 14 auszusenden.

Zwischen dem 13.10. und dem 10.12.2003 wurden insgesamt 39 scharfe Testalarme gesendet, die mit 1000 landesweit verteilten Empfängern registriert werden sollten. Zusätzliche stille Alarmer konnten nur mit 50 Industriefunkuhren erfasst werden. Die Alarmprotokolle umfassten 3 · 14 Bits und wurden in 3 aufeinanderfolgenden Minuten gesendet. Eingesetzt wurden modifizierte, handelsübliche Funkuhren (Armbanduhren, Wecker, Wanduhren, PC-Funkuhren) die zusätzlich zu ihrer Standardfunktion optisch und akustisch alarmieren konnten. Die Teilnehmer am Feldversuch hatten sich verpflichtet, die Alarmer (auch Fehlalarmer) über das Internet zu melden.

In ihrem Abschlussbericht zeigt HKW nun, dass die Alarmierungszeit und die Erreichbarkeit des Funkalarmsystems über unser Land gleichmäßig

gut sind. Umgebung (Land vs. Ballungsraum, innen vs. außen) und Entfernung zum Sender hatten nur geringen Einfluss auf die Empfangswahrscheinlichkeit. Dagegen zeigte sich, dass im Detail die Wahl der Aufstellung bei stationären Uhren bzw. das Trageverhalten bei Armbanduhren erheblichen Einfluss haben. Die Zahl der Fehlalarmer war vernachlässigbar klein.

Die Ergebnisse des Feldversuchs sind auch für die PTB von Interesse, bot dieser Versuch doch die seltene Möglichkeit, die Empfangsbedingungen für die im DCF77 kodierte Information systematisch zu untersuchen. Die Ergebnisse decken sich mit Einschätzungen, die die PTB aus langjährigen Kontakten mit Funkuhrentwicklern und von Funkuhrbesitzern gewonnen hat: Fehlfunktionen der Uhren liegen fast immer individuelle Handhabungsfehler der Benutzer zu Grunde.

Das Bundesinnenministerium muss nun aufgrund des Abschlussberichts entscheiden, ob DCF77 langfristig ein Teil des Gesamtsystems zur Warnung der Bevölkerung wird. Die positiven Ergebnisse legen dies nahe.

Weitergehende Informationen von A. Bauch,
Tel.: (05 31) 592-43 20,
E-Mail:
andreas.bauch@ptb.de

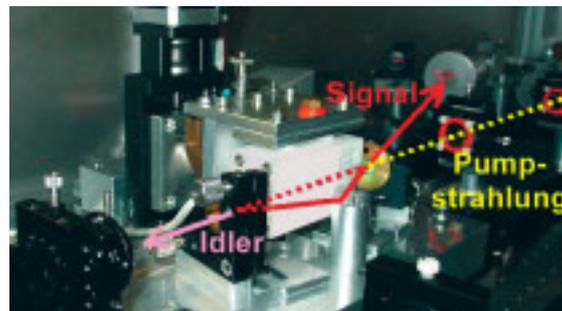
Siehe auch: www.bevoelkerungswarnung.de
www.zivilschutz-online.de

Durchstimmbare IR-Laserstrahlung hocheffizient erzeugt

Steigende Anforderungen an die Genauigkeit von Infrarotstrahlungsmessungen erfordern den Einsatz durchstimmbarer Laserstrahlung zur Kalibrierung von IR-Strahlungsdetektoren. Bei der Entwicklung geeigneter Lasersysteme setzt die PTB auf eine Kombination modernster Lasertechnik und nichtlinearer Optik. Damit wurde jetzt die sehr effiziente Erzeugung gepulster IR-Strahlung demonstriert, die im Wellenlängenbereich von 0,7 μm bis 2 μm durchstimmbare ist.

Messverfahren, die IR-Strahlung nutzen, finden zunehmend nicht nur in der Telekommunikation, sondern auch in der industriellen Prozesssteuerung und -überwachung, in der medizinischen Diagnostik, in der Klimaforschung, zur Exploration von Rohstoffen sowie im globalen und lokalen Umweltschutz Anwendung. Damit steigen auch die Genauigkeitsanforderungen an Kalibrierungen. Mittelfristig werden sie sich nicht mehr mit monochromatischer thermischer IR-Strahlung geringer spektraler Leistung erfüllen lassen, sondern Laserstrahlung erfordern, die bisher nur für einzelne Wellenlängen oder eng begrenzte Wellenlängenbereiche verfügbar war.

Die PTB hat deshalb in einem BMWA-geförderten Projekt begonnen, Lasersysteme zur Erzeugung durchstimmbarer monochromatischer Strahlung im gesamten IR-Bereich bis 10 μm zu entwickeln. Dabei wurde jetzt der erste wichtige Erfolg erzielt: Gleich mit jeweils rund 20 % Konversionseffizienz konnte mit dem Prototyp eines signal-resonanten optisch-parametrischen Oszillators (OPO) abstimmbare Strahlung im nahen Infrarot von 700 nm



Die durchstimmbare IR-Strahlung wird durch Frequenzaufspaltung in einem periodisch gepolten KTP-Kristall erzeugt. Dabei entsteht (als Signal bzw. Idler) gleichzeitig Strahlung jeweils einer Wellenlänge aus den Bereichen von 700 nm bis 980 nm sowie von 1080 nm bis 2000 nm, die an den beiden Ausgängen des verwendeten Delta-Resonators getrennt zur Verfügung steht.

bis 980 nm sowie von 1080 nm bis 2000 nm erzeugt werden. Pumplichtquelle für den OPO ist ein in Kooperation mit der Firma Spectra-Physics GmbH entwickelter, gepulster Yb:YAG-Scheibenlaser mit Frequenzverdopplung, für den ein von der PTB entworfenes und zum Patent angemeldetes Verfahren longitudinalen Einmodenbetrieb ermöglicht.

Diese einzigartige Kombination von modernster Lasertechnik und nichtlinearer Optik schafft die Voraussetzungen für die angestrebte Erzeugung von Infrarot-Strahlung bis 10 μm . Im nächsten Schritt soll demonstriert werden, dass das Verfahren mit einem kontinuierlichen (cw-) Pump laser auch die Erzeugung kontinuierlicher IR-Strahlung ermöglicht.

Weitergehende Informationen von A. Steiger,
Tel.: (030) 34 81-532,
E-Mail:
andreas.steiger@ptb.de

Zuverlässig auch dank PTB-Kalibrierung: Mars Express findet Wasser und Methan

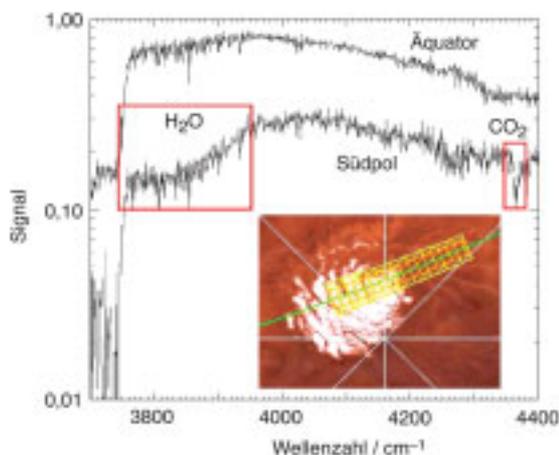
Die europäische Raumsonde Mars Express hat am Südpol des Roten Planeten erhebliche, bisher unbekannte Mengen von Wasser als „Permafrost“-Eis entdeckt. Kürzlich gelang zudem mit einem der Messgeräte, dem Planeten-Fourier-Spektrometer (PFS), der Nachweis von Methan. Einen Beitrag zu diesen Entdeckungen hat auch die PTB geleistet: Die radiometrische Kalibrierung des kurzwelligen PFS-Kanals – nicht nur vor dem Start, sondern auch in der Mars-Umlaufbahn – ist auf PTB-Normale rückgeführt.

Als erste europäische Mars-Mission erreichte Mars Express Ende vergangenen Jahres seine Mars-umlaufbahn. Schon kurz danach gelang mit Infrarot-Messungen von OMEGA (einer Kamera-Spektrometer-Kombination), SPICAM (einem UV- und IR-Spektrometer) und dem PFS (dem Planeten-Fourier-Spektrometer) die aufsehenerregende Entdeckung des Wassers am Südpol und bald danach mit dem PFS von Methan als Spurengas in der Kohlendioxid-Atmosphäre des Mars.

Das in italienisch-polnisch-deutscher Kooperation entwickelte, gebaute und betriebene PFS ist ein Zweikanalspektrometer für den Wellenlängenbereich von 1,2 μm bis 45 μm , das die vom Mars reflektierte Sonnenstrahlung misst. Damit kann auch mit Sand und Gestein vermisches, im sichtbaren Spektralbereich „verstecktes“ Eis auf der Mars-Oberfläche erkannt werden.

Der kurzwellige Kanal des Spektrometers (1,2 μm bis 4,8 μm) wurde auf PTB-Normale rückgeführt radiometrisch kalibriert. Dazu wurden durch direkten Vergleich mit dem PTB-Primärnormal für spektrale Strahldichte, einem Hochtemperatur-Hohlraumstrahler, die spektralen Strahlstärken von fünf Infrarot-Miniaturstrahlern der PFS-

Kalibriereinrichtung über den gesamten Spektralbereich des Kanals bestimmt. Die von der PTB kalibrierten Strahler dienten zunächst zur „Preflight“-Kalibrierung des PFS. Ein kalibrierter Infrarotstrahler wurde in das PFS integriert und erlaubt jetzt in der Mars-Umlaufbahn die regelmäßige „Inflight“-Kalibrierung des kurzwelligen Kanals. Damit ist sichergestellt, dass nicht durch unerkannte Änderungen der PFS-Empfindlichkeit Strukturen in den gemessenen Spektren vorgetäuscht werden.



Ausschnitt aus zwei PFS-Spektren vom Südpol des Mars und vom Äquator. Im Pol-Spektrum ist die Absorptionsbande von eisförmigem Wasser zwischen 3750 cm^{-1} und 3950 cm^{-1} deutlich zu sehen, die im Äquator-Spektrum fehlt. Beide Spektren zeigen Absorptionslinien von Wasserdampf. Das Pol-Spektrum zeigt darüber hinaus ein Absorptionsband von festem Kohlendioxid bei 4370 cm^{-1} . Eingebildet ist eine Aufnahme der Marsoberfläche am Südpol im sichtbaren Licht. Überlagert ist das Raster der PFS-Aufnahmen, die zum Nachweis von Wassereis geführt haben.

Copyright: ESA

Weitergehende Informationen von J. Hollandt,
Tel.: (030) 34 81-369,
E-Mail:
juerg.hollandt@ptb.de

PTBnews 04.2
Deutsche Ausgabe
August 2004
ISSN 1611-1621

Herausgegeben von der
Physikalisch-Technischen
Bundesanstalt (PTB)
Braunschweig und Berlin

Chefredakteur Jens Simon
PTB, Bundesallee 100
38116 Braunschweig
Telefon: (05 31) 592-30 06
Fax: (05 31) 592-30 08
E-Mail: ptbnews@ptb.de
Webseite: <http://www.ptb.de/>

Helmholtz-Preis für Metrologie 2005

Im Sommer 2005 wird der mit einer Urkunde und 20 000 Euro dotierte Helmholtz-Preis auf den Fachgebieten Präzisionsmessung in Physik, Chemie und Medizin vergeben. Die Bewerbungsfrist läuft noch bis zum 15. Dezember 2004.

Der Preis richtet sich an Wissenschaftler aus dem gesamten europäischen Raum. Bei der bis zum 15. Dezember einzureichenden Arbeit muss es sich um ein aktuelles Forschungsergebnis aus Theorie oder Experiment handeln, das entweder

einen Grundlagenbeitrag leistet oder auf konkrete Anwendungen zielt. Die Arbeit muss im europäischen Raum oder in Kooperation mit Wissenschaftlern, die in Deutschland arbeiten, entstanden sein. Um am Wettbewerb teilzunehmen, ist die Bewerbung an den Vorsitz der Helmholtz-Fonds e. V., Prof. Dr. E. O. Göbel, Präsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig zu richten.

Weitere Informationen: <http://www.helmholtz-fonds.de/>
E-Mail: juergen.helmcke@ptb.de