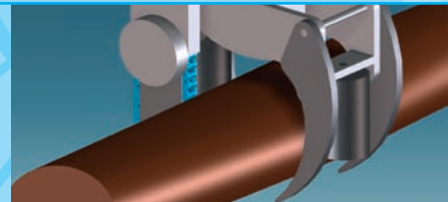




Sensor-Test im laufenden Betrieb Seite 2



Noch sauberer mit Ultraschall Seite 3



Rundholzvermessung in Harvestern Seite 7

## Forschungsnachrichten

### Sensor-Test im laufenden Betrieb.

Prüfung von Wärmezählern ohne Betriebsunterbrechung ... Seite 2

**Quantenbasierte Impedanzmessbrücken.** Breitbandige Kalibrierung von Impedanzverhältnissen ... Seite 3

**Noch sauberer mit Ultraschall.** Testverfahren zur Optimierung von Ultraschallbädern ... Seite 3

**Simulationen zeigen möglichen neuen Mechanismus für Herzversagen.** Geschädigte Zellen wichtiger als vermutet ... Seite 4

**Genauere Messung von radioaktivem Thoron.** Weltweit erstes Primärnormal zur Kalibrierung von Thoron-Messgeräten ... Seite 5

**Ortsaufgelöste Metabolitenbestimmung im Gehirn.** Bildgebung und neue Magnetresonanz-Spektroskopie-Methode kombiniert ... Seite 6

## Technologietransfer

**Richtungsabhängige Wärmeleitfähigkeit ...** Seite 7

**Interferometrie bei unterschiedlicher Reflexion ...** Seite 7

**Rundholzvermessung in Harvestern ...** Seite 7

## Verschiedenes

**Auszeichnungen, Termine ...** Seite 8

## Erster Wert der PTB für die Boltzmann-Konstante

**Eine wichtige Etappe auf dem Weg zur Neudefinition der Einheit Kelvin ist geschafft**

Erste Messungen mit dem Dielektrizitätskonstanten-Gasthermometer der PTB haben einen Wert für die Boltzmann-Konstante  $k$  von  $1,380655 \cdot 10^{-23}$  J/K mit einer Unsicherheit von etwa 8 ppm ergeben. In den nächsten zwei Jahren soll der endgültige Schritt hin zu einer angestrebten Unsicherheit von 2 ppm folgen und damit der Weg für die Neudefinition der Einheit Kelvin über die Festlegung von  $k$  geebnet werden.

Im Zuge der Neudefinition der Basiseinheiten des Internationalen Einheitensystems (SI) über Naturkonstanten sind Forschergruppen aus aller Welt damit beschäftigt, den Wert der Boltzmann-Konstanten mit Unsicherheiten von wenigen ppm zu bestimmen. Gelingt das, könnte die Einheit Kelvin neu definiert werden. Viele Gruppen arbeiten mit der akustischen Gasthermometrie, die auch den bislang genauesten Wert mit etwa 2 ppm lieferte. Die PTB hat einen alternativen, komplett unabhängigen Weg eingeschlagen, um systematische Fehlerquellen auszuschalten und damit die Neudefinition auf eine solide Basis zu stellen.

Sie setzt die Dielektrizitätskonstanten-Gasthermometrie (DCGT) ein, die auf der In-situ-Bestimmung der Dichte des Messgases Helium beruht. Dabei wird gemessen, inwieweit das Gas die Kapazität eines Kondensators ändert. Aus Messungen bei konstanter Temperatur (am Wassertripelpunkt) und unterschiedlichen

### Besonders interessant für

- die Primärthermometrie
- die Grundlagen der Metrologie
- das Internationale Einheitensystem

Drücken im Messkondensator kann mittels fundamentaler Relationen  $k$  bestimmt werden. Die Methode stellt sehr hohe Anforderungen an die Messtechnik und wurde in Kooperation verschiedener PTB-Abteilungen und gemeinsam mit externen



Thermostatenkopf des Dielektrizitätskonstanten-Gasthermometers mit dem Gashandlingssystem, das die Gaszuleitung zu den verschiedenen Messkondensatoren gewährleistet.

Partnern realisiert. Ebenso anspruchsvoll wie alle Teilprojekte war auch die Druckmessung bei 7 MPa mit Kolbenmanometern bei angestrebten Unsicherheiten von 1 ppm. Um Kapazitätsänderungen um ein Milliardstel zu messen, wurde das Design einer neuen Kapazitätsmessbrücke entwickelt. Für die notwendige Temperaturstabilität des Messsystems sorgt ein großer Badthermostat, der in Zusammenarbeit mit dem italienischen Metrologieinstitut (INRiM) hergestellt und optimiert wurde. Das geschah im Rahmen eines EU-Projektes unter Koordination der PTB, das gerade erfolgreich abgeschlossen wurde.

Der entwickelte experimentelle Aufbau erlaubt seit Ende letzten Jahres

DCGT-Messungen am Wassertripelpunkt. Der hiermit ermittelte Wert für  $k$  von  $1,380655 \cdot 10^{-23}$  J/K liegt etwa 3 ppm oberhalb des CODATA-Wertes und ist mit einer relativen Unsicherheit von etwa 8 ppm der erste Beweis, dass das DCGT zu einer  $k$ -Bestimmung auf höchstem Niveau in der Lage ist.

Allerdings sind bis zur angestrebten Unsicherheit von 2 ppm noch einige Hürden zu nehmen. So müssen neben Verbesserungen in der Druckmessung in den nächsten zwei Jahren vor allem das Design und die Materialien der Kondensatoren optimiert werden, um die momentan dominierende Unsicherheitskomponente durch die Deformation der Kondensator-

elektroden unter dem Gasdruck zu verringern und den Weg für eine solide Neudefinition der Einheit Kelvin zu ebnen.

#### **Ansprechpartner**

Christof Gaiser

Fachbereich 7.4 Temperatur

Tel. (030) 3481-7349

E-Mail: [christof.gaiser@ptb.de](mailto:christof.gaiser@ptb.de)

#### **Wissenschaftliche Veröffentlichung**

Fellmuth B.; Fischer J.; Gaiser C.; Jusko

O.; Priruenrom T.; Sabuga W.; Zandt, T.:

Determination of the Boltzmann constant by dielectric-constant gas thermometry.

Metrologia (2011). Im Druck

## Sensor-Test im laufenden Betrieb

### Neues Verfahren erlaubt die Vor-Ort-Prüfung von Wärmezählern ohne Betriebsunterbrechung

**Die Betriebsbedingungen für Wärmezähler in großen Anlagen oder Netzwerken weichen in der Praxis oft von den idealisierten Kalibrierbedingungen am Prüfstand in der PTB ab. Daraus ergeben sich teilweise erhebliche Messabweichungen. Ein neu entwickeltes Verfahren erlaubt dagegen die Untersuchung von Wärmezählern unter Einbaubedingungen und ohne Betriebsunterbrechung.**

#### **Besonders interessant für**

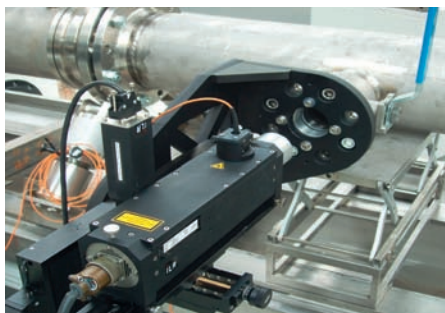
- Fernwärme- und Fernkälteversorger
- Netzbetreiber

Den größten Unsicherheitsbeitrag beim Einsatz der Wärmezähler liefert der Durchflusssensor (DFS). Er wurde für seinen Einsatz bisher grundsätzlich auf einem Prüfstand kalibriert. Da hier idealisierte Bedingungen vorherrschen, ergeben sich unbekannte Messabweichungen des DFS am späteren Einsatzort. Diese können sich außerdem im Laufe der zum Teil langen Einsatzzeiten durch Alterung, Ablagerungen oder abrasiven Verschleiß verändern.

Bisher war eine Kalibrierung der DFS am Einsatzort nicht möglich. Bestenfalls wurden die Sensoren auf einem Prüfstand rekaliert, wofür sie ausgebaut werden mussten. Die damit verbundene Betriebsunterbrechung führte zu hohen

Kosten. Das von der PTB in Kooperation mit dem TÜV Rheinland sowie den Unternehmen ILA GmbH und Optolution GmbH entwickelte optische Verfahren erlaubt die Vor-Ort-Untersuchung der DFS ohne Betriebsunterbrechung, also ohne Ausbau des DFS bzw. Entleerung der Rohrstrecke, und ist bereits patentiert.

Mithilfe eines bekannten Anbohrverfahrens wird in der Rohrleitung ein Sichtfenster angebracht. Dabei wird zunächst ein Kugelhahn auf das Rohr geschweißt, durch den man die Leitung anbohrt. Über eine spezielle Einbauhülse kann nun ein konturangepasstes Fenster eingebracht werden. Anschließend wird ein Laser-Doppler-Velozimetrie-(LDV)-System angebaut und die Strömungsgeschwindigkeit über einem Messpfad mit Hilfe der Dopp-



Für das neue optische Verfahren zur Vor-Ort-Messung von Durchflüssen an großen Anlagen nach dem Prinzip der Laser-Doppler-Velozimetrie wird ein Laser über ein optisches Fenster an das entsprechende Rohrsystem gekoppelt.

ler-Verschiebung des zurückgestreuten Laserlichtes ermittelt. Nach den Messungen kann der Laser entfernt und der optische Zugang mit einem Blindflansch verschlossen werden. Durch Integration der gemessenen Geschwindigkeit über den Rohrquerschnitt wird der Volumenstrom ermittelt. Dieses Ergebnis der LDV-Messung liefert die Referenz für das Messergebnis des Durchflusssensors.

Untersuchungen an der Wärmezählerprüfstrecke der PTB bestätigten, dass sich unter idealen Bedingungen eine Messunsicherheit von weniger als 1 % erreichen lässt. Zurzeit wird untersucht, welche Messunsicherheit bei gestörten Anströmungen erreicht wird und wie der für die Integration wichtige Rohrquerschnitt genauer bestimmt werden kann.

#### **Ansprechpartner**

Oliver Büker

Fachbereich 7.6 Wärme

Tel. (030) 3481-7527

E-Mail: [oliver.bueker@ptb.de](mailto:oliver.bueker@ptb.de)

#### **Wissenschaftliche Veröffentlichung**

Guntermann, P.; Rose, J.; Lederer, T.;

Dues, M.; Müller, U.; Duckwe, A.: Vorort-

Untersuchungen von Wärmemengenzählern im Betrieb. EuroHeat & Power 39 (2010) 44–47

# Quantenbasierte Impedanzmessbrücken

## Breitbandige Kalibrierung von Impedanzverhältnissen möglich

Eine neu entwickelte Messbrücke, bei der programmierbare Josephson-Schaltungen eingesetzt werden, erlaubt die breitbandige Charakterisierung von Widerstands- und Kapazitätsverhältnissen mit hoher Präzision innerhalb einer kurzen Messzeit.

### Besonders interessant für

- Metrologieinstitute
- Kalibrierlaboratorien
- Hersteller von Präzisionswiderständen

Konventionelle Impedanzmessbrücken nutzen induktive Teiler und erreichen in ihrem Frequenzbereich von 500 Hz bis 10 kHz hervorragende relative Messunsicherheiten von einigen  $10^{-9}$ . Dabei muss die Brücke allerdings in einer aufwendigen Prozedur manuell für jede Frequenz neu abgeglichen werden.

Mit der in der PTB neu entwickelten Josephson-Impedanzmessbrücke ist der Abgleich der Messbrücke sehr einfach. Die Wechselspannungsamplituden von zwei Josephson-Schaltungen werden über ihre Mikrowellenfrequenz variiert, und die Phasenlage der synthetisierten Spannungen wird über eine Verzögerungselektronik mit einer Auflösung von 10 ps eingestellt. Beides geschieht vollautomatisch. Die Verwendung von Quantennormalen zur Erzeugung einer Spannung auf beiden Seiten der Brücke macht eine

Justierung für alle weiteren Frequenzen überflüssig. So kann man z. B. innerhalb von nur 30 Minuten präzise Messungen bei 20 verschiedenen Frequenzwerten durchführen.

Für 1:1-Verhältnisse von 10-k $\Omega$ -Widerständen und 100-pF-Kondensatoren wurde die Leistungsfähigkeit des neuen Verfahrens in hervorragender Weise demonstriert. So wurde das Widerstandsverhältnis über den Frequenzbereich von 25 Hz bis 10 kHz mit einer Messunsicherheit von etwa  $2 \cdot 10^{-8}$  bestimmt. Für Kapazitätsverhältnisse liegt die Unsicherheit im kHz-Bereich unter  $1 \cdot 10^{-8}$ . Mit kleiner werdender Frequenz steigt sie dann entsprechend der Impedanz  $1/\omega C$  an. Mit  $2 \cdot 10^{-7}$  bei 25 Hz ist die Unsicherheit aber immer noch 20-mal kleiner als bei einer Messung mit konventionellen Brücken.

In weiteren Entwicklungsschritten soll die neue Josephson-Messbrücke

auch für Verhältnismessungen angewendet werden, bei denen Widerstände mit Kondensatoren verglichen werden. Eine Einbeziehung des frequenzunabhängigen Quanten-Hall-Widerstandes würde es dann erlauben, den Frequenzgang von Kondensatoren bis in den Bereich technischer Frequenzen (in Deutschland: 50 Hz) mit hoher Präzision zu kalibrieren.

### Ansprechpartner

Luis Palafox

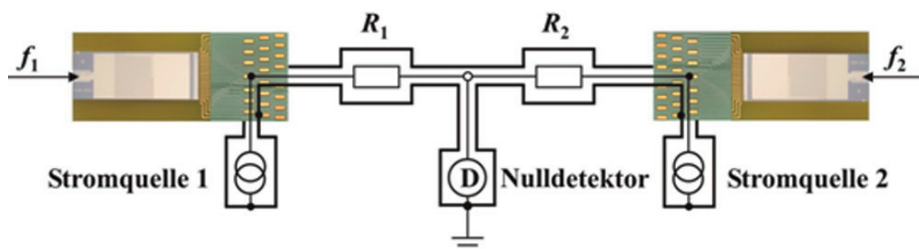
Fachbereich 2.6 Elektrische Quantenmetrologie

Tel. (0531) 592-2140

E-Mail: luis.palafox@ptb.de

### Wissenschaftliche Veröffentlichung

Lee, J.; Schurr, J.; Nissilä, J.; Palafox, L.; Behr, R.: The Josephson two-terminal-pair impedance bridge. *Metrologia* 47 (2010) 453–459



Schematischer Aufbau der Quantenbrücke. Über die Variation der Mikrowellenfrequenzen  $f_1$  und  $f_2$  werden die Quantenspannungen eingestellt und die Brücke abgeglichen. Die Synchronisierung der Stromquellen 1 und 2 und der Verzögerungselektronik erlaubt einen Phasenabgleich der Wechselspannungen.

## Noch sauberer mit Ultraschall

### Testverfahren zur Optimierung von Ultraschallbädern

Wie gut ist mein Ultraschallbad? Wie viel Leistung ist nötig, ab wann nimmt das Reinigungsgut Schaden? Herstellern und Anwendern standen bisher keine objektiven Parameter zur Qualitätssicherung solcher Reinigungsbäder zur Verfügung, weil die zugrunde liegenden physikalischen Mechanismen schwer zu bestimmen sind. In der PTB wurden nun Testverfahren entwickelt, die in der Praxis leicht anwendbar sind. Mit ihnen können Reinigungs-

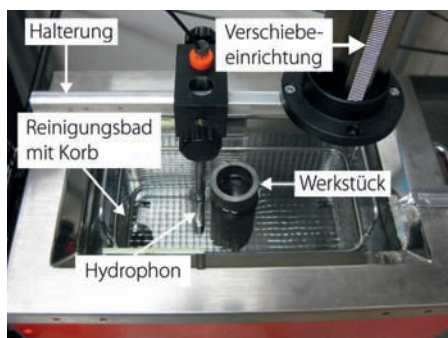
und Reaktionswirkungen quantitativ abgeschätzt und die Betriebsparameter optimiert werden.

### Besonders interessant für

- Hersteller von Ultraschallgeräten
- Prozess- und Verfahrenstechnik
- Laborgeräte- und Medizintechnik

Ultraschallreinigungsbäder finden sich in nahezu allen Gewerbe- und Industriezweigen, da sie sehr vielseitig einsetzbar sind. Sie reinigen so unterschied-

liche Dinge wie Motorenteile, Mikrochips, optische Gläser oder Chirurgenbesteck, dienen aber auch als Reaktionsbeschleuniger beispielsweise bei der Biodieselerstellung und werden zur Vorbehandlung von Klärschlämmen im Klärwerk eingesetzt. Selbst kompliziert geformte Werkstücke werden gründlich, ohne Bürsten und Pinsel gereinigt. Die Reinigungswirkung basiert auf Kavitation, der kurzfristigen Bildung kleinster schwingender Gasbläschen, die beim Zusammenfallen lokal



Messung von Schallfeldindikatoren an einem Werkstück

sehr hohe Drücke und Temperaturen erzeugen können. Die dabei entstehenden Kräfte und Mikroströmungen bewirken eine intensive und schonende Ablösung von Schmutzpartikeln.

Doch Kavitationsvorgänge sind kompliziert und schwer vorhersagbar. In der PTB wurden nun einheitliche und objektive Messverfahren ermittelt, die sich zur Charakterisierung von Ultraschallbädern eignen. Die Untersuchungen fanden im Rahmen eines Projektes der

AiF-Forschungsvereinigung DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V. statt und wurden über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert.

Der neue Messplatz bietet die Möglichkeit, alle wesentlichen Umgebungsparmeter wie beispielsweise Wassertemperatur und Gasgehalt zu steuern. Mithilfe von geeigneten Indikatoren können Hersteller und Anwender die Eigenschaften eines Bades objektiv ermitteln. Zu diesen Kavitationsindikatoren zählen die chemische Wirkung, die Erosion von Aluminiumfolie sowie die Sonolumineszenz, also die Entstehung ultrakurzer Lichtblitze in den implodierenden Bläschen. Für jeden Indikator gibt es ein entsprechendes von der PTB entwickeltes Messverfahren. Ein eigenes entwickeltes Berechnungsverfahren sucht in den Messergebnissen mit Hilfe statistischer Methoden nach Zusammen-

hängen und identifiziert Größen, die als „Stellschraube“ genutzt werden können, um ein Ultraschallbad gezielt auf eine bestimmte Anwendung hin zu optimieren.

Diese Verfahren zur Charakterisierung von Ultraschall-Reinigungsbädern stehen der Industrie zur Verfügung.

#### Ansprechpartner

Christian Koch

Fachbereich 1.6 Schall

Tel. (0531) 592-1600

E-Mail: christian.koch@ptb.de

#### Wissenschaftliche Veröffentlichungen

Koch, C.; Jüscke, M.: *Multivariate Datenanalyse zur objektiven Beschreibung von Kavitationsanwendungen*. DAGA 2011, Düsseldorf

Jüscke, M.; Koch, C.: *Messung und Vergleich verschiedener Effekte von Kavitation für eine quantitative Beurteilung von Anwendungsprozessen*. DAGA 2011, Düsseldorf

## Simulationen zeigen möglichen neuen Mechanismus für Herzversagen

### Geschädigte Zellen könnten wichtiger sein als bisher vermutet

**Untersuchungen eines neuen diskreten Herzmodells, das auch Heterogenitäten in Form von veränderten Zellen oder gestörten Zell-Zell-Kopplungen berücksichtigt, beschreiben einen möglichen neuen Mechanismus für schwere Herzrhythmusstörungen und daraus resultierendes Herzversagen. In den Simulationen wird eine entsprechende Herzdynamik durch die Perkolation von pathologisch veränderten Zellen in einem genügend großen Gewebereich verursacht.**

#### Besonders interessant für

- Ärzte
- medizinische Forschung

Die Ausbreitung elektrischer Signale im Herzen von Säugetieren wird in der Regel mit Reaktions-Diffusions-Gleichungen modelliert. Dies eröffnet die Möglichkeit,

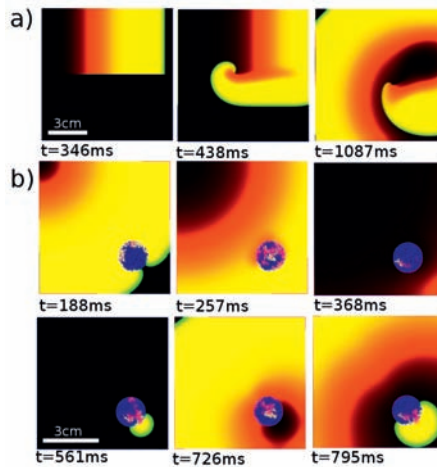
Biosignale wie das Elektro- (EKG) oder Magnetokardiogramm (MKG) realistisch zu simulieren. Andererseits ist aber bekannt, dass sich Herzgewebe aus relativ großen Muskelzellen (Länge ca. 0,1 mm) zusammensetzt, die untereinander durch sogenannte Gap Junctions gekoppelt sind. Elektrische Signale im Herzen breiten sich mithin in einem grobkörnigen diskreten Medium aus. Sterben Zellen ab oder verändern sie ihre Eigenschaften in pathologischer Weise, liegt ein heterogenes, diskretes Medium vor. PTB-Wissenschaftler haben mit Hilfe von Simulationen neue Erkenntnisse zum Einfluss solcher Heterogenitäten auf das Entstehen von lebensbedrohlichen Herzrhythmusstörungen erhalten.

Kontinuumsmodelle beschreiben die Dynamik von nichtlinearen Wellen quantitativ korrekt, solange die Dichte

der Heterogenitäten nicht zu groß wird. Diese Dichte entspricht im Herzgewebe beispielsweise dem Anteil von Herzmuskelzellen mit pathologisch veränderter Aktivität oder der Anzahl gestörter Verbindungen zwischen benachbarten Zellen. Simulationsrechnungen zeigen, dass die Heterogenitäten im Modell explizit berücksichtigt werden müssen (Multiskalen-Modellierung), sobald ihre Dichte einen kritischen Wert überschreitet. Er liegt etwas unterhalb der Perkolationsschwelle des Zellverbundes, die z. B. 50 % pathologischer Zellen für ein quadratisches Gitter und 66 % für ein hexagonales Gitter beträgt.

Diese Entdeckung ist relevant für das Verständnis von Herzrhythmusstörungen. Denn in der Nähe der Perkolationsschwelle wird die Wellenausbreitung sehr stark gestört, und durch die Hete-

rogenitäten wird eine erneute Zellaktivierung ausgelöst (auch Reentry genannt). Sie kann eine hochfrequente Aktivität des Herzgewebes (Tachykardie) oder irreguläre, chaotische Aktivität (Flimmern) verursachen. Das durch Heterogenitäten ausgelöste Reentry-Phänomen unterscheidet sich im Erscheinungsbild (Abbildung b) sehr deutlich von der bekannten und vieluntersuchten spiralförmigen Reentry-Dynamik in homogenen Medien (Abbildung a). Das entstehende irreguläre Aktivitätsmuster der Zellen führt zum Verlust der Synchronisation der Herzmuskelzellen, die für die Pumpfunktion des Herzens notwendig ist. Wird der Zustand nicht rechtzeitig durch massive Intervention (Defibrillation) unterdrückt, ist der plötzliche Herztod unvermeidbar.



Vergleich von Reentry-Phänomenen in numerischen Simulationen der elektrischen Aktivität (Transmembran-Potenzial, Ruhezustand schwarz, angeregter Zustand rot bis gelb) in einem zweidimensionalen Herzmodell. Rechnungen in einem (a) homogenen Medium und (b) in einem Medium mit einer kreisförmigen Heterogenität rechts unten.

**Ansprechpartner**

Sergio Alonso  
 Fachbereich 8.4 Mathematische Modellierung und Datenanalyse  
 Tel. (030) 8481-7948  
 E-Mail: sergio.alonso@ptb.de

**Wissenschaftliche Veröffentlichungen**

Alonso, S.; Kapral, R.; Bär, M.: *Effective medium theory for reaction rates and diffusion coefficients of heterogeneous systems. Phys. Rev. Lett.* 102 (2009). 238302  
 Alonso, S.; Bär, M.; Panfilov, A.V.: *Effects of reduced discrete coupling on filament tension in excitable media. Chaos* (2011) 013118

## Genauere Messung von radioaktivem Thoron

### Weltweit erstes Primärnormal zur Kalibrierung von Thoron-Messgeräten

**Ein in der PTB entwickeltes Primärnormal für die Messung von kurzlebigen radioaktivem Thoron dient zur Kalibrierung von Thoron-Messgeräten aus aller Welt. Es liefert die Grundlage für genaue Messungen des radioaktiven Gases, das natürlicherweise im Boden entsteht, sich in Wohnräumen sammeln kann und dessen Folgeprodukte als krebserregend gelten.**

**Besonders interessant für**

- Geologen
- Epidemiologen
- Strahlenschutz

Ebenso wie sein Schwesterisotop Radon (Rn-222) kann auch das radioaktive Gas Thoron (Rn-220) durch seine Folgeprodukte Lungenkrebs erzeugen, wenn sie über längere Zeiträume und in höheren Konzentrationen eingeatmet werden. Das Maß der Belastung von Wohnräumen schwankt stark und ist von der Bauweise des Hauses und dem Lüftungsverhalten abhängig. Während Radon schon länger sehr genau messbar ist, war das bei Thoron bisher nicht der Fall. Für die Gefahrenabschätzung ist die exakte Messung jedoch sehr wichtig, denn bei gleicher Aktivitätskonzentration ergibt sich aus den Thoron-Folgeprodukten eine 14-fach höhere Strahlenbelastung als aus den Folgeprodukten von Radon.

Die Entwicklung eines Primärnormals, wie es für Radon schon existiert, galt lange als unmöglich, weil Thoron eine relativ kurze Halbwertszeit von nur 55 Sekunden hat. In der PTB gelang es schließlich doch. Kernstück des Primärnormals ist ein Prüfbehälter, der mit einer definierten Menge von Thoron gefüllt ist. Weil angesichts der kurzen Halbwertszeit kein geschlossener Behälter wie beim Radon infrage kam, wurde ein Kreislaufsystem entwickelt, das ständig neu erzeugtes Thoron mit einem starken Luftstrom herbeiführt und die Aktivität im Behälter konstant hält.

Die Erzeugung und die genaue Messung der zugeführten Aktivität waren technische Herausforderungen. Bei dem neuartigen Messaufbau, Thoron-Emanations-



Das in der PTB entwickelte Emanationsgefäß enthält ein elektrolytisch abgeschiedenes Thorium-228-Präparat als Quelle für das benötigte Thoron (Radon-220).

tions-Messplatz (TEM) genannt stammt die Aktivität aus einem Thorium-(Th-228)-Präparat, das kontinuierlich Thoron produziert. Ein beständiger starker Luftstrom transportiert das Thoron in den Prüfbehälter. Die Menge des abtransportierten bzw. in der Quelle verbleibenden Thorons lässt sich bis auf ein Promille messen. Parallel zum Betrieb des TEM kann an den Prüfbehälter das zu kalibrierende Messgerät angeschlossen werden.

Da in Asien, Europa und Lateinamerika immer mehr geologische und epidemiologische Studien ihr Augenmerk auf das bisher wenig beachtete Thoron richten, ist der neu eingerichtete Messplatz in der PTB durch internationale Kunden permanent ausgebucht.

**Ansprechpartnerin**

Annette Röttger  
 Fachbereich 6.1 Radioaktivität  
 Tel. (0531) 592-6130  
 E-Mail: annette.roettger@ptb.de

**Wissenschaftliche Veröffentlichung**

Röttger, A.; Honig, A.: *Recent developments in radon metrology: New aspects in the calibration of radon, thoron and progeny devices. Radiation Protection Dosimetry* 145 (2011) 260–266

# Ortsaufgelöste Metabolitenbestimmung im Gehirn

## Kombination von Bildgebung mit neuer Magnetresonanz-Spektroskopie-Methode

Körpereigene Stoffe im Gehirn, sogenannte Metaboliten, spielen etwa bei neurologischen Erkrankungen eine Rolle. Ihre Konzentration und ihr Ort im Gehirn lassen sich jetzt genauer bestimmen, indem die sogenannte SPECIAL-Magnetresonanz-Spektroskopie (MRS)-Methode mit der spektroskopischen Bildgebung bei 3 Tesla kombiniert wird. Bei Untersuchungen an Probanden mit dem klinischen MR-Tomografen der PTB konnte die Konzentration von bis zu 14 verschiedenen Metaboliten ortsgenau bestimmt werden. Es war der erste Einsatz der SPECIAL-Methode für die spektroskopische Bildgebung auf einem klinischen Scanner.

### Besonders interessant für

- Ärzte
- Neurowissenschaftler
- Hersteller von MRT-Geräten

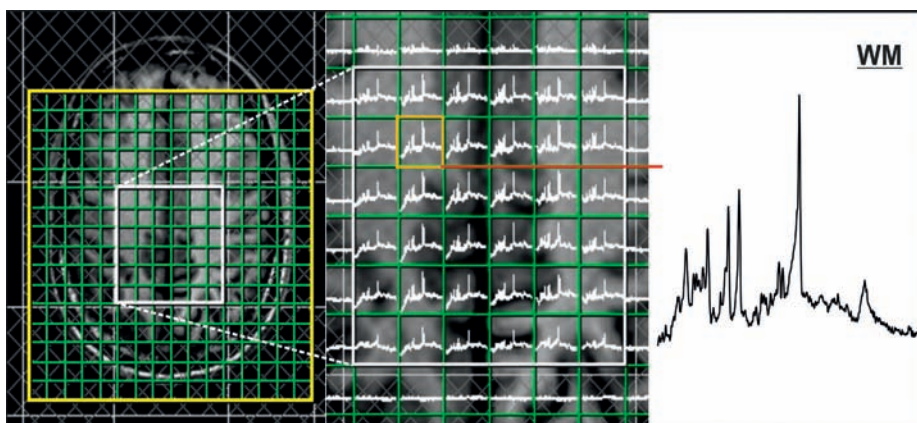
Die Magnetresonanztomografie (MRT) nutzt den Kernspin der Wasserprotonen, die im Organismus in großen Mengen vorhanden sind, um Abbildungen von Geweben mit hoher Auflösung zu erzielen.

Durch geschickte Auswahl der Parameter der sogenannten MR-Messsequenzen ist es jedoch auch möglich, biochemische Substanzen aufgrund der in ihnen gebundenen Protonen zu unterscheiden und sogar ortsaufgelöst zu quantifizieren. Diese Messtechnik, die MR-Spektroskopie (MRS), wird zum Beispiel eingesetzt, um quantitative Informationen über Metaboliten im menschlichen Gehirn, etwa Neurotransmitter und Aminosäuren, zu erhalten. Sie profitiert von den zunehmend verwendeten hohen und ultrahohen Magnetfeldstärken ( $\geq 3$  Tesla). Da allerdings wegen der niedrigen Konzentrationen der Metaboliten die Signalstärken bei der MRS bis zu 10 000-mal geringer sind als bei der MRT, sind die Anforderungen an die spektrale Auflösung und die Signalqualität der Messverfahren für die Quantifizierung von Metaboliten außerordentlich hoch.

Eine neue Methode, die diese Kriterien erfüllt, ist die sogenannte spin echo full intensity acquired localized (SPECIAL)-Technik, mit der MRS-Signale relativ empfindlich gemessen werden können. Dass sie genaue Daten über Metaboliten in einzelnen Volumenelementen (Voxeln)

des Gehirns liefern kann, hat sich bereits in Studien mit MR-Scannern bei den Feldstärken 3 T und 7 T gezeigt. Für viele Anwendungen benötigt man aber Daten aus mehreren Voxeln, etwa um die Verteilung von Metaboliten in größeren Gehirnarealen zu erhalten.

Am 3-Tesla-Tomografen der PTB wurden nun die kurzen Echozeiten der SPECIAL-Methode mit der Ortsselektion der magnetresonanzspektroskopischen Bildgebung (MRSI) kombiniert. Mit dieser Kombination wurde es möglich, verschiedene Metaboliten in mehreren Voxeln einer frei selektierbaren Hirnregion nachzuweisen. Bei gesunden Probanden wurden mit einer Echozeit von 6,6 Millisekunden artefaktfreie Spektren mit hohem Signal-Rausch-Verhältnis aufgenommen. Daraus konnten die Konzentrationen von acht Metaboliten verlässlich in allen Voxeln bestimmt werden; für einzelne Voxel wurden sogar 14 Metaboliten zuverlässig quantifiziert. Der breiten klinischen Anwendung steht allerdings noch die lange Messdauer (34 Minuten für einen spektralen Datensatz) entgegen, an deren Verringerung zurzeit gearbeitet wird.



Voxelanordnung für MRSI (links) und zugehörige Spektren (Mitte) aus dem parietalen Gehirnlappen eines Probanden, die mit der SPECIAL-MRSI-Sequenz aufgenommen wurden. Rechts: Beispielspektrum von einem hauptsächlich aus weißer Substanz (WM) bestehenden Voxel. Die spektralen Linien repräsentieren Metaboliten, ihre Amplituden deren Konzentrationen. Die geringen Linienbreiten und die definierten spektralen Linien spiegeln eine hohe Datenqualität wider.

### Ansprechpartner

Ralf Mekle  
 Fachbereich 8.1 Medizinische  
 Messtechnik  
 Tel. (030) 3481-7767  
 E-Mail: ralf.mekle@ptb.de

### Wissenschaftliche Veröffentlichung

Mekle, R.; Mlynarik, V.; Walaszek, B.; Gruetter, R.; Ittermann, B.; Schubert, F.: <sup>1</sup>H SPECIAL-MRSI at Ultra-Short TE: Improved Metabolite Detection for Multiple Voxels in Human Brain at 3T. Proc. 19 ISMRM, Montreal, Canada, 7.–13.5.2011, Abstract 3422

## Richtungsabhängige Wärmeleitfähigkeit

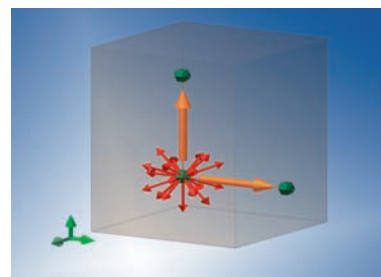
Lizenzpartner gesucht

### Besonders interessant für

- Verfahrenstechnik
- Bauwesen
- Hersteller von Kunststoffen

Ein Foliensensor aus der PTB misst gleichzeitig die Wärmeleitfähigkeit und die Temperaturleitfähigkeit innerhalb weniger Minuten, präzise und zuverlässig. Er bestimmt die beiden Materialparameter sogar richtungsabhängig, und zwar simultan in allen drei Raumrichtungen. Zur Messung wird er einfach zwischen zwei Probehälften gelegt. Der Sensor besteht aus drei einzelnen Messsonden, die in dem Foliensensor

integriert in einem rechten Winkel angeordnet sind. Die Messsonde im Zentrum prägt dem Probematerial einen Wärmestrom bekannter Größe auf. Wie die beiden anderen rein passiven Messsonden detektiert sie den Temperaturanstieg während der Dauer einer Messung. Aus den drei Temperaturverläufen lassen sich leicht alle drei Richtungskomponenten von Wärmeleitfähigkeit und Temperaturleitfähigkeit bestimmen. Der neue Sensor macht zeitaufwendige Mehrfachmessungen überflüssig. So wird die Entwicklung neuer Materialien, etwa effektiverer Dämmstoffe im Bauwesen, kostengünstiger.



Schematische Darstellung des Sensors

### Ansprechpartner

Ulf Hammerschmidt  
Abteilung 1 Mechanik und Akustik  
Tel. (0531) 592-3211  
E-Mail: ulf.hammerschmidt@ptb.de

## Interferometrie bei unterschiedlicher Reflexion

Lizenzpartner gesucht

Die Beurteilung der optischen Qualität von Oberflächen mithilfe eines Fizeau-Interferometers wird immer dann deutlich aufwendiger, wenn diese Oberflächen sehr unterschiedlich reflektieren, denn dann braucht man verschiedene Referenzflächen. Ein in der PTB entwickeltes Fizeau-Interferometer vermeidet dies. Mithilfe eines kommerziell verfügbaren (sogenannten „On-axis“-)Strahlteilers, der

### Besonders interessant für

- Optik
- Halbleiterindustrie

entlang der optischen Achse das eingestrahlte Licht separiert, lässt sich stets ein maximaler Kontrast herstellen, unabhängig vom Reflexionsgrad der Probe. Durch die Reduzierung auf eine Zweistrahlinterferenz vereinfacht sich auch die Auswertung.

Letztendlich ermöglicht es die erhöhte Messdynamik, Topografie-Messungen auch in schwingungsbelasteten Umgebungen durchzuführen.

### Ansprechpartner

Bernhard Smandek  
Fachbereich Q.3 Technologietransfer  
Tel. (0531) 592-8303  
E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de

## Rundholzvermessung in Harvestern

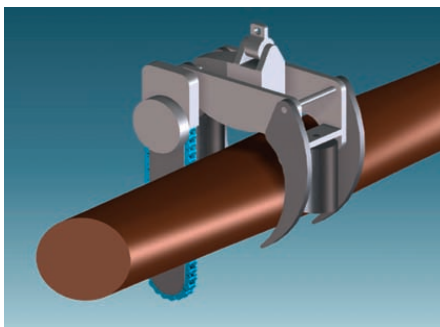
Lizenzpartner gesucht

### Besonders interessant für

- die Holzwirtschaft
- Hersteller von Harvestern

Für die eichfähige Bestimmung des Holzvolumens während des Fäll- und Entastungsvorgangs in Holzvollerntern (Harvestern) ist die Messung des Scheitdurchmessers derzeit nicht genau genug. Eine in der PTB entwickelte neue Kombination aus Sensorik und Prüfkörper ermöglicht nun einen Fortschritt in der Durchmesserbestimmung des Rundholzes. Dies wird durch die Integration der Durchmessersensorik in die Mantelfläche der Vorschubwalzen erreicht. Zusammen

mit der Auswertung per Software wird die Genauigkeit gesteigert. Zusätzlich werden Arbeitsschritte bei der Kalibrierung der Harvester-Messköpfe eingespart.



Prüfkörper zur Kalibrierung der Durchmesser-sensorik bei Harvestern

### Ansprechpartner

Ingo Lohse  
Fachbereich 5.4 Interferometrie an Maßverkörperungen  
Tel. (0531) 592-5450  
E-Mail: ingo.lohse@ptb.de

### Ansprechpartner in allen Fragen des Technologietransfers

Bernhard Smandek, Tel. (0531) 592-8303, E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de, Internet: www.technologietransfer.ptb.de

## Auszeichnungen

### Peter Ambrosi

Der Leiter des Fachbereiches 6.3 Strahlenschutz-dosimetrie ist vom VDE/DKE für sein persönliches Engagement und seinen Einsatz in der elektrotechnischen Normung mit der DKE-Nadel ausgezeichnet worden. Er erhielt sie anlässlich der DKE-Tagung im Mai



## Termine

### 12.–14.9.2011 10<sup>th</sup> IMEKO Symposium 2011

Laser Metrology for Precision Measurement and Inspection in Industry (LMPMI). Ort: PTB Braunschweig. Ansprechpartner: Harald Bosse. Tel. (0531) 592-5010

### 22.9.2011 Gemeinsame Info-Veranstaltung

der PTB und des Verbandes der Materialprüfungsanstalten für die bauaufsichtlich anerkannten Schallschutz-Güteprüfstellen. Ort: PTB Braunschweig, Hörsaal. Ansprechpartner: Werner Scholl. Tel. (0531) 592-1700

### 24.9.2011 Erlebniskonzerte zum Thema Zeit

im Rahmen der Niedersächsischen Musiktage 2011. Ort: PTB Braunschweig. Ansprechpartnerin: Christine Haubold. Tel. (0531) 592-3007

### 25.9.2011 Familienkonzert

im Rahmen der Niedersächsischen Musiktage 2011. Ort: PTB Braunschweig. Ansprechpartnerin: Christine Haubold. Tel. (0531) 592-3007

### 26.–27.9.2011 75 Jahre Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ)

Tagung. Ort: PTB-Institut Berlin, Hörsaal im Hermann-Helmholtz-Bau, Abbestraße 2-12, 10587 Berlin. Geschäftsstelle des VDE-Ausschusses „Geschichte der Elektrotechnik“, Tel. (069) 6308-359, E-Mail: wbb-fachausschuesse@vde.com

### 4.–6.10.2011 37. Jahrestagung der Deutschen farbwissenschaftlichen Gesellschaft (DfwG)

Ort: PTB Braunschweig, Tagungszentrum. Ansprechpartner: Andreas Höpe. Tel. (0531) 592-4520

### 5.–6.10.2011 Sitzung des DKD-Fachausschusses Druck und Vakuum

Ort: PTB Berlin, Hörsaal. Ansprechpartner: Karl Jousten. Tel. (030) 3481-7262

### 27.–28.10.2011 EUV Metrology

262. PTB-Seminar. Ort: BESSY II, Berlin. Ansprechpartner: Frank Scholze. Tel. (030) 6392-5094

### 1.11.2011 Korrekturverfahren für dimensionale Messungen an Mikrosystemkomponenten aus transparenten oder nachgiebigen Materialien

263. PTB-Seminar. Ort: PTB-Braunschweig. Ansprechpartner: Uwe Brand. Tel. (0531) 592-5111

### 8.–9.11.2011 Messunsicherheit praxisgerecht bestimmen

VDI Fachtagung. Ort: Radisson Blu Hotel, Erfurt/Thüringen. Ansprechpartner: Klaus-Dieter Sommer. Tel. (0531) 592-3010

### 17.–18.11.2011 23. WELMEC WG 10 Meeting

Measuring systems for liquids other than water. Ort: PTB Braunschweig, Vieweg-Bau. Ansprechpartner: Michael Rinker. Tel. (0531) 592-1380

### 21.–25.11.2011 Photometrie-Seminar

Ort: PTB Braunschweig, Einstein-Bau. Ansprechpartner: Klaus Stock. Tel. (0531) 592-4100

## 125 Jahre genau

Das Stichwort, das die PTB seit ihrer Gründung im Jahr 1887 (damals noch: Physikalisch-Technische Reichsanstalt, PTR) begleitet, ist: Genauigkeit. Genauer: Genauigkeit des Messens. Auf die darauf basierende Erfolgsgeschichte kann die PTB im Jahr 2012 zurückblicken. Die PTB tut dies auf den Tag genau 125 Jahre nachdem ihr der erste „Reichshaushalts-Etat“ bewilligt wurde. Und so feiert die PTB am 28. März 2012 ein Jubiläum der besonderen Art – mit einem politischen Festakt in der Braunschweiger Stadthalle und mit einem wissenschaftlichen Symposium am Tag zuvor, unter dem nicht geringen Titel „Metrology, the Universe and Everything“.

## Veranstaltungen zum Jubiläum:

### 27.3.2012 Metrology, the Universe and Everything

Helmholtz Symposium on the occasion of the completion of PTB's first 3 · 42 – 1 years. Ort: Braunschweig, Stadthalle, 9:00 Uhr bis 17:00 Uhr

### 27.3.2012 Verleihung des Helmholtz-Preises 2012

Helmholtz-Fonds und Stifterverband verleihen den Helmholtz-Preis für herausragende Arbeiten in der Metrologie. Ort: Braunschweig, Stadthalle, 17:30 Uhr

### 28.3. 2012 Festakt zum 125-jährigen Jubiläum der PTB

Offizieller Empfang mit dem Bundespräsidenten und weiteren Ehrengästen. Ort: Braunschweig, Stadthalle, 10:00 Uhr bis 12:30 Uhr

## Impressum

PTBnews 2/2011, deutsche Ausgabe, August 2011, ISSN 1611-1621

Die PTBnews sind das wissenschaftliche Nachrichtenblatt der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB). Sie richten sich an Kooperationspartner der PTB in Wirtschaft, Wissenschaft und alle anderen Interessenten. Die PTBnews erscheinen dreimal jährlich in einer deutschen und einer englischen Ausgabe und können kostenlos abonniert werden. Abo-Formular: [www.ptb.de](http://www.ptb.de) > Publikationen > PTBnews > PTBnews abonnieren

html- und pdf-Fassung: [www.ptb.de](http://www.ptb.de) > Publikationen > PTBnews

Herausgeber: Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig und Berlin

Redakteure: Franz Josef Ahlers, Harald Bosse, Christian Lisdat, Mathias Richter, Erika Schow, Jens Simon (verantwortlich), Florian Schubert, Peter Ulbig

Layout: Volker Großmann, Alberto Parra del Riego (Konzept)

Redaktionsanschrift: Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, PTB, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig, Tel. (0531) 592-3005, Fax (0531) 592-3008,

E-Mail: [ptbnews@ptb.de](mailto:ptbnews@ptb.de)