

Die PTB-News liefern dreimal im Jahr aktuelle Nachrichten aus dem vielfältigen Spektrum der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) – aus der Grundlagenforschung, dem gesetzlichen Messwesen und den diversen PTB-Aktivitäten für die Wirtschaft.

**FORSCHUNGSNACHRICHTEN**

**Quantitative Magnetresonanztomografie**  
Schnelles und genaues Verfahren für verbesserte Diagnose von Herzerkrankungen **2**

**Der genaue Blick auf die Sonne**  
UV-Array-Spektralradiometer zur Messung der Ozonschichtdicke der Erdatmosphäre **3**

**Ein Blick ins Innere von Nanostrukturen**  
Rekonstruktion von nanonstrukturierter Oberflächen durch komplementäre Experimente und theoretische Modellbildung **4**

**Quecksilberverbindungen in Wasser – eine verborgene Gefahr?**  
Analysemethoden zur Bestimmung von Quecksilberverbindungen in Wasser im ng/L-Bereich **5**

**Strahlende Materialbearbeitung**  
Röntgendosismessungen an Laser-Materialbearbeitungsmaschinen **6**

**TECHNOLOGIETRANSFER**  
3D-AFM: Verbesserte 3D-Empfindlichkeit, Kalte Kabel für „trockene“ Kryostate, Spannungsteiler mit eigener Rückführung **7**

**VERSCHIEDENES**  
Auszeichnungen, Erfolgreiche Exzellenzinitiative, Gemeinsame Professur, maßstäbe-Heft zum „neuen“ SI **8**

# Naturkonstanten als Hauptdarsteller

## Generalkonferenz (CGPM) verabschiedet Revision des Internationalen Einheitensystems

**Besonders interessant für**

- Metrologieinstitute
- Hightech-Industrie
- Schulen und Hochschulen

Die Staaten der Meterkonvention haben auf ihrer 26. Generalkonferenz für Maße und Gewichte (CGPM) im November 2018 in Versailles eine grundlegende Revision des Internationalen Einheitensystems (SI) beschlossen. In Zukunft werden sich alle SI-Einheiten auf die festgelegten Werte von sieben ausgewählten Naturkonstanten beziehen. Die Generalkonferenz folgt damit einer Empfehlung des Internationalen Komitees für Maße und Gewichte (Comité international des Poids et Mesures, CIPM), des höchsten Expertengremiums in der Welt der Metrologie. Die Neudefinitionen werden am 20. Mai 2019, dem Weltmetrologietag, in Kraft treten.

Die Idee, eine Maßeinheit auf der Basis von Naturkonstanten zu definieren, ist prinzipiell nicht neu. Was bei der Definition der Sekunde mittels Atomuhren vor 50 Jahren und bei der Definition des Meters mithilfe der Lichtgeschwindigkeit vor über 30 Jahren begonnen wurde, wird nun für alle Einheiten im Internationalen Einheitensystem fortgesetzt. Vier weitere Konstanten spielen dabei die Hauptrollen: das Planck'sche Wirkungs-

quantum  $h$ , die Avogadrokonstante  $N_A$ , die Boltzmannkonstante  $k$  und die Ladung des Elektrons  $e$ .

In den großen nationalen Metrologieinstituten fanden in den letzten Jahren aufwendige Experimente statt, um eben diese Konstanten so genau wie möglich zu messen. Und die zuvor gesetzten Zielmarken, u. a. bei den Messunsicherheiten und der Unabhängigkeit der Experimente voneinander, wurden erreicht. Die Werte der betreffenden Naturkonstanten konnten somit sehr genau festgelegt werden.

Das derart grundsätzlich überarbeitete Einheitensystem beseitigt die definitiven Mängel des bisherigen Systems. Besonders prägnant: Das Urkilogramm und seine Kopien unterscheiden sich in ihrer Masse zum Teil um ein halbes Mikrogramm pro Jahr. Darüber hinaus hat



Im neuen Internationalen Einheitensystem (SI) werden sieben Naturkonstanten als definierende Bezugsgrößen festgelegt. Die sieben Basiseinheiten – in der Grafik im äußeren Kreis angeordnet – verlieren ihre herausgehobene Stellung. (Grafik: BIPM)

das neue System einen entscheidenden Vorteil: Naturkonstanten gelten prinzipiell an jedem Ort des Universums und zu jeder Zeit. Mit ihnen wird das SI universell. Naturkonstanten bevorzugen, anders z. B. als das Urkilogramm oder der Tripelpunkt von Wasser, keine speziellen Punkte auf der jeweiligen Einheitenskala. Das SI ist damit offen für alle technologischen Innovationen, um die Einheiten zu realisieren. ■

**Ansprechpartner**  
 Joachim Ullrich  
 Präsident der PTB,  
 Präsident des Konsultativkomitees für die Einheiten (CCU) und Vizepräsident des Internationalen Komitees für Maße und Gewichte (CIPM)  
 Telefon: (0531) 592-1001  
 joachim.ullrich@ptb.de

**Veröffentlichungen**  
 Decisions of the 26<sup>th</sup> meeting of the General Conference of Weights and Measures, Versailles, 13–16 November 2018, wird veröffentlicht auf <https://www.bipm.org/en/worldwide-metrology/cgpm>  
 The International System of Units, 9<sup>th</sup> edition, Bureau international des Poids et Mesures (BIPM), wird veröffentlicht auf <https://www.bipm.org/en/publications/si-brochure/>

# Quantitative Magnetresonanztomografie

Schnelles und genaues Verfahren für verbesserte Diagnose von Herzerkrankungen

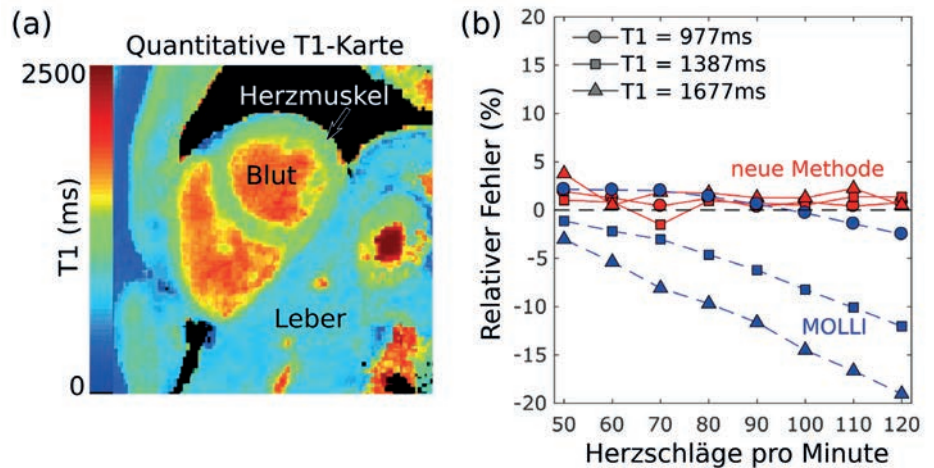
**Besonders interessant für**

- medizinische Forschung
- Hersteller von medizinischen Bildgebungsverfahren
- Kardiologie

Magnetresonanztomografie (MRT) ist ein wichtiges Bildgebungsverfahren in der Kardiologie. Bisher ist MRT auf qualitative Bilder beschränkt, da die Messzeit aufgrund von Herzbewegung und Atmung limitiert ist. An der PTB wurde ein neues Bildrekonstruktionsverfahren entwickelt, das biophysikalische Parameter des Herzmuskels mit einer hohen räumlichen Auflösung quantifiziert und eine objektive Diagnostik erlaubt.

In der herkömmlichen Diagnostik werden aufgenommene Bilder visuell und damit abhängig vom ärztlichen Betrachter und externen Einflussgrößen wie z. B. dem Gerätehersteller und dem Standort befundet. Die quantitative Bildgebung ist ein neues Gebiet in der biomedizinischen Forschung und klinischen Diagnostik. Hierbei werden biophysikalische Parameter des Gewebes erfasst. Dies führt zu objektiverer Diagnostik und Vergleichbarkeit zwischen Bildern. Die Entwicklung dieser Parameter erlaubt eine Beurteilung des Therapieverlaufs.

In der MRT dient die gewebespezifische Relaxationszeit  $T_1$  als quantitativer Marker.  $T_1$  beschreibt dabei das zeitliche Verhalten der Kernspins nach der Anregung



a:  $T_1$ -Karte des Herzens eines gesunden Probanden. b: Evaluierung der Genauigkeit der  $T_1$ -Werte in einem Phantom für verschiedene Herzschlagfrequenzen (bpm). Die Genauigkeit der  $T_1$  Werte (rot) ist unabhängig vom Herzschlag, wohingegen MOLLI, die am weitesten verbreitete Methode zur  $T_1$ -Bildgebung,  $T_1$ -Werte für hohe Herzraten unterschätzt (blau).

mit einem magnetischen Wechselfeld. Die kardiale  $T_1$ -Bildgebung hat ein großes Potenzial für die klinische Anwendung, da Pathologien des Herzmuskels strahlungsfrei und ohne Kontrastmittel diagnostiziert werden können. Eine große Herausforderung ist jedoch die Bewegung des Herzens aufgrund der Atmung und des Herzschlags, was die Messzeit und damit die räumliche Auflösung der Bilder limitiert. Darüber hinaus können systematische Messfehler aufgrund von vereinfachten Signalmodellen entstehen.

An der PTB wurde ein Messverfahren entwickelt, das innerhalb von 16 Sekunden räumlich hochaufgelöste  $T_1$ -Karten des Herzens liefert. Hierfür wurde ein iteratives modellbasiertes Rekonstruktionsverfahren entwickelt, mit dessen Hilfe

$T_1$ -Werte von sehr wenigen Messwerten bestimmt werden können. Damit konnte die räumliche Auflösung der  $T_1$ -Karten ohne Veränderung der Messzeit von  $(1,4 \times 2,1) \text{ mm}^2$  auf  $(1,3 \times 1,3) \text{ mm}^2$  erhöht werden. Außerdem liefert die Messung Informationen über die Kontraktion des Herzmuskels während eines Herzzyklus. Damit steht ein weiterer wichtiger klinischer Parameter zur Funktion des Herzens ohne zusätzliche Messung zur Verfügung. Dies führt zu einer effizienteren Patientenuntersuchung. Das Verfahren wurde in einem  $T_1$ -Phantom und in gesunden Probanden evaluiert. Im Gegensatz zu bereits bestehenden Methoden ist die Genauigkeit der  $T_1$ -Werte unabhängig von der Herzschlagfrequenz und stimmt mit einer Differenz von

-0,3 %  $\pm$  2,5 % sehr gut mit dem Ergebnis einer vierstündigen Referenzmessung überein. Im Rahmen einer Kooperation mit der Charité wird das Verfahren aktuell an Patienten getestet.

Das Messverfahren bietet die Grundlage für quantitative kardiale MRT für Klinik und Forschung, wodurch die Diagnostik verbessert und Messungen an verschiedenen Kliniken besser verglichen werden können. ■

#### Ansprechpartner

Kirsten Becker  
Fachbereich 8.1  
Biomedizinische Magnetresonananz  
Telefon: (030) 3481-7463  
kirsten.becker@ptb.de

#### Wissenschaftliche Veröffentlichung

K. M. Becker, J. Schulz-Menger, T. Schaeffter, C. Kolbitsch: *Simultaneous high-resolution cardiac  $T_1$  mapping and cine imaging using model-based iterative image reconstruction*. *Magn. Reson. Med.* 81, 1080–1091 (2019)

# Der genaue Blick auf die Sonne

## UV-Array-Spektralradiometer zur Messung der Ozonschichtdicke der Erdatmosphäre

### Besonders interessant für

- Klimaforschung
- Meteorologie

In einer Kooperation zwischen der PTB und der Firma Gigahertz-Optik wurde ein neu entwickeltes kompaktes Array-Spektralradiometer charakterisiert und im Feldeinsatz getestet. Das Gerät kann ohne großen Aufwand und in kurzen Intervallen die direkte spektrale Bestrahlungsstärke der Sonne auf der Erde messen und erlaubt somit einen Rückschluss auf die Gesamtozonsäule der Erdatmosphäre.

Die Ozonschicht der Erdatmosphäre ist unser wichtigster Schutz vor der schädlichen UV-Strahlung der Sonne. Klimaänderungen und Ozonschichtdicke stehen in einer engen Wechselwirkung zueinander, weshalb die Bestimmung der sogenannten Ozonsäule ein bedeutender Bestandteil weltweiter Untersuchungen zur Klimaveränderung ist. Sie ist ein Maß für die Gesamtmenge an Ozon in der Luftsäule zwischen Erdboden und oberem Rand der Atmosphäre. Genaue Messungen sind mit hohem materiellen und personalen Aufwand verbunden. Die Verwendung leicht zu bedienender und kompakter Array-Spektralradiometer für diesen Zweck scheiterte bislang an zu hohen Messunsicherheiten und systematischen Abweichungen bedingt durch Limitierungen der spektralen Auflösung, Dynamik und Streulichtunterdrückung.

Eine wichtige Eigenschaft des speziell für die Messung solarer UV-Bestrahlungsstärke neu entwickelten Ge-

rätes ist die wirksame Reduzierung des Streulichts, eines kritischen Parameters für qualitativ hochwertige Spektralmessungen. Streulicht im Innern des Instruments wird durch geeignete Designanpassungen von vornherein physisch reduziert und kann durch Zusatzmessungen effektiv korrigiert werden. Das Instrument liefert somit präzise und stabile Messungen der direkten solaren UV-Bestrahlungsstärke. Hieraus lässt sich durch den Vergleich mit der simulierten spektralen Bestrahlungsstärke eines Strahlungstransfermodells die Ozonsäule zum Zeitpunkt der Messung ableiten.

Das Instrument wurde ausgiebig an der PTB in Braunschweig getestet und charakterisiert, bevor es am Atmosphärischen Observatorium Izaña auf Teneriffa an einer internationalen Vergleichskampagne zur Bestimmung der Ozonsäule eingesetzt wurde. Die Vergleichsmessungen zeigten über den Zeitraum der Kampagne im Bereich der Messunsicherheiten eine sehr gute Übereinstimmung zu klassischen und aufwendigen Messverfahren mit Dobson- oder Brewer-Instrumenten.

Durch seinen kompakten Aufbau und die schnelle kontinuierliche Messfolge ermöglicht das Spektralradiometer eine wirksame Ergänzung zu den etablierten Messverfahren. Dadurch besteht beispielsweise die Möglichkeit, ein enges Messnetz und mobile Messstationen aufzubauen, die eine teilautomatisierte



Das Spektralradiometer blickt in 2400 m Höhe auf die aufgehende Sonne in Izaña.

Bestimmung der Ozonsäule weltweit ermöglichen. ■

#### Ansprechpartner

Peter Sperfeld  
Fachbereich 4.1  
Photometrie und  
Spektroradiometrie  
Telefon: (0531) 592-4144  
peter.sperfeld@ptb.de

Stefan Riechelmann  
Fachbereich 4.5  
Angewandte Radiometrie  
Telefon: (0531) 592-4149  
stefan.riechelmann@ptb.de

#### Wissenschaftliche Veröffentlichung

R. Zuber, P. Sperfeld, S. Riechelmann, S. Nevas, M. Sildoja, G. Seckmeyer: *Adaption of an array spectroradiometer for total ozone column retrieval using direct solar irradiance measurements in the UV spectral range*. *Atmos. Meas. Tech.* 11, 2477–2484 (2018)



# Ein Blick ins Innere von Nanostrukturen

## Rekonstruktion von nanostrukturierten Oberflächen durch komplementäre Experimente und theoretische Modellbildung

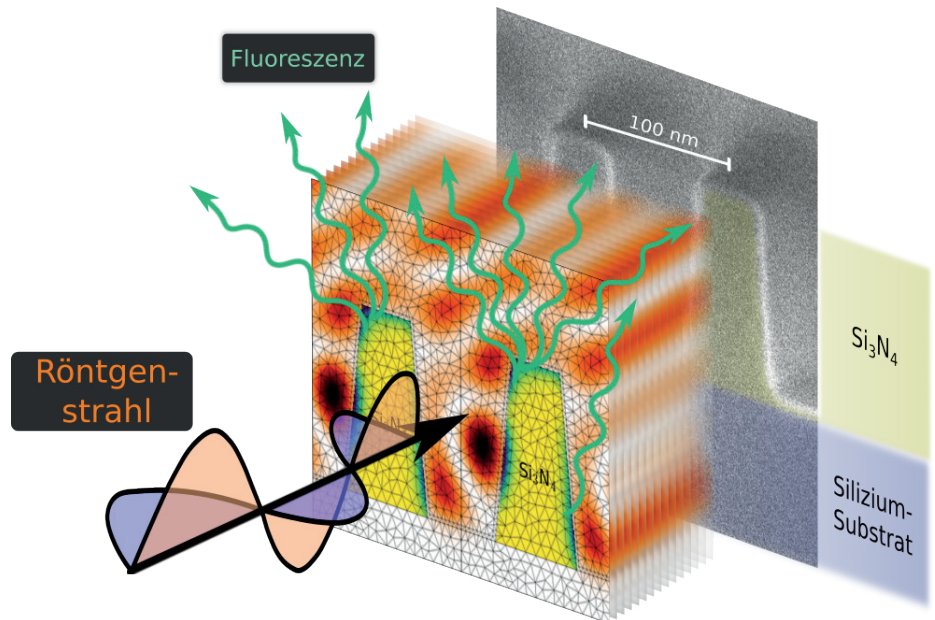
### Besonders interessant für

- Halbleiterindustrie
- Nanometrologie

Die zunehmende Komplexität von nanostrukturierten Oberflächen bei technologischen Anwendungen ist eine Herausforderung für deren metrologische Charakterisierung. Besonders in der Halbleiterindustrie sind hochkomplexe Nanostrukturen, die aus unterschiedlichen Materialien zusammengesetzt sind, von großer Bedeutung. Im PTB-Laboratorium am Elektronenspeicherring BESSY II ist jetzt an einer  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Nanostruktur auf einem Siliziumsubstrat der Nachweis gelungen, dass die Modellierung von Röntgenfluoreszenzexperimenten mit Synchrotronstrahlung eine materialsensitive dimensionelle Rekonstruktion der nanostrukturierten Oberfläche ermöglicht.

Bei der Röntgenfluoreszenzanalyse werden durch einfallende Röntgenphotonen Elektronen aus inneratomaren Schalen angeregt. Der anschließende Zerfall dieser angeregten Zustände führt zur Emission elementspezifischer Röntgenfluoreszenzstrahlung. Über eine energie-selektive Messung der Röntgenfluoreszenzintensitäten unter Nutzung kalibrierter Instrumentierung sind quantitative Rückschlüsse auf die Materialkomposition möglich.

Unter streifendem Einfall des anregenden Röntgenstrahls (Grazing-Incidence X-ray Fluorescence, GIXRF) entsteht durch Interferenz mit dem von der Probe reflektierten Anteil ein stehendes Wellenfeld, das lokal in die Oberflächenstruktur eindringt. Wenn die Probe um zwei Achsen bezüglich des einfallenden Röntgenstrahls rotiert, lassen sich daher gezielt die Orte maximaler elektrischer Feldstärke und damit Fluoreszenzemission variieren und die Struktur mit einer Subnanometer-Auflösung abtasten.



Schematische Darstellung der Kombination aus FEM-Berechnung der elektrischen Feldstärkeverteilung und GIXRF-Messungen an einer  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Gitterstruktur auf einem Silizium-Substrat.

Die Auswertung der Daten erfordert die exakte numerische Modellierung der räumlichen Feldstärkeverteilung. Dazu wurde ein Ansatz gewählt, der bereits für Experimente zur Röntgenkleinwinkelstreuung unter streifendem Einfall (Grazing-Incidence Small Angle X-ray Scattering, GISAXS) entwickelt wurde und auf einer Finite-Elemente-Methode (FEM) zum Lösen der Maxwell-Gleichungen beruht.

Diese Kombination von GIXRF mit FEM-Berechnung und die quantitative Modellierung der emittierten Fluoreszenzintensitäten ermöglicht Rückschlüsse auf die Anzahl und Position der Atome eines spezifischen Elements innerhalb der Nanostruktur.

Für zukünftige Anforderungen der Nanometrologie soll dieser experimentell-theoretische Ansatz noch mit GISAXS-Daten kombiniert werden. Diese enthalten zwar keine materialspezifischen Informationen, erlauben dafür jedoch eine sehr genaue

dimensionelle Rekonstruktion der Nanostrukturen. ■

### Ansprechpartner

Victor Soltwisch  
Fachbereich 71  
Radiometrie mit Synchrotronstrahlung  
Telefon: (030) 3481-7129  
victor.soltwisch@ptb.de

Philipp Hönicke  
Fachbereich 72  
Röntgenmesstechnik mit Synchrotronstrahlung  
Telefon: (030) 3481-7174  
philipp.hoenicke@ptb.de

### Wissenschaftliche Veröffentlichung

V. Soltwisch, P. Hönicke, Y. Kayser, J. Eilbracht, J. Probst, F. Scholze, B. Beckhoff: Element sensitive reconstruction of nanostructured surfaces with finite elements and grazing incidence soft X-ray fluorescence. *Nanoscale* 10, 6177–6185 (2018)

# Quecksilberverbindungen in Wasser – eine verborgene Gefahr?

## Analysenmethode zur Bestimmung von Quecksilberverbindungen in Wasser im ng/L-Bereich

### Besonders interessant für

- Firmen und Labore für Umweltanalytik

Quecksilber ist für viele Organismen giftig. In der Umwelt ist es weitverbreitet und kommt in unterschiedlichen chemischen Formen vor, die über die Nahrung, das Wasser und die Luft aufgenommen werden können. Zur vollständigen Risikobewertung müssen alle Formen und deren mögliche Umwandlungsprodukte bekannt sein und bestimmt werden. Deshalb wurde eine rückführbare Analysenmethode entwickelt, die die quantitative Bestimmung von Methylquecksilber und anorganisch gebundenem Quecksilber bis in den ng/L-Bereich ermöglicht.

Quecksilber kann in unterschiedlichen Formen vorliegen und ist sehr mobil. Das meiste Quecksilber stammt aus natürlichen Quellen wie etwa Vulkanausbrüchen. Aber auch anthropogene Quellen, beispielsweise die Verbrennung fossiler Brennstoffe, führen teils zu lokal sehr hohen Konzentrationen. Durch diverse Umwandlungsprozesse kann sich die Toxizität des Quecksilbers noch weiter erhöhen. Das ist etwa bei Methylquecksilber der Fall. Es gelangt über Wasser und Nahrung, vor allem Fisch, in den Körper und kann zu Nerven- und Nierenschäden führen.

Daher wurde 2013 die „Minamata Convention on Mercury“ mit dem Ziel ins Leben gerufen, die weltweiten Quecksilberemissionen zu verringern und vergleichbare Analyse- und Kontrollmechanismen zu etablieren.

In der PTB wurde jetzt eine Analysenmethode zur Bestimmung von organischem Methylquecksilber und anorgani-

chem Quecksilber in Wasser entwickelt. Dabei werden die Proben zur Vorbereitung durch eine Derivatisierung in eine für die Trennung leichter zugängliche Form umgewandelt und anschließend mit einem organischen Lösungsmittel extrahiert.

Dieser Extrakt wird einer gaschromatografischen Trennung unterzogen und die Analyte anschließend massenspektrometrisch detektiert. Mithilfe der spezies-spezifischen Isotopenverdünnungsmethode können die entsprechenden Konzentrationen bis in den ng/L-Bereich bestimmt werden.

Laut Europäischer Wasserrahmenrichtlinie werden Quecksilberverbindungen als prioritär gefährliche Stoffe eingestuft, wobei die aktuell geltenden Umweltqualitätsstandards von 0,07 µg/L in Oberflächengewässern und 20 µg/kg in Biota (Fisch, Muscheln, Algen...) sich

ausschließlich auf den Gesamtquecksilbergehalt beziehen.

Die im Rahmen des European Metrology Research Programme (Projekt ENV51) neu entwickelte Methode ist eine Ergänzung dazu. Mit ihr existiert nun eine empfindliche und vergleichbare Messmethode für die Bestimmung von Quecksilberspezies in Wasser, die für eine vollständige Risikobewertung unter Berücksichtigung der Speziesverteilung und möglicher Umwandlungsprozesse herangezogen werden kann. ■

### Ansprechpartnerin

*Claudia Swart*  
 Fachbereich 3.2  
 Biochemie  
 Telefon: (0531) 592-3220  
 claudia.swart@ptb.de



Entnahme einer Wasserprobe der Oker in Braunschweig

# Strahlende Materialbearbeitung

## Röntgendosismessungen an Laser-Materialbearbeitungsmaschinen

### Besonders interessant für

- Hersteller und Anwender von Lasern zur Materialbearbeitung
- Strahlenschutz

Bei der Laser-Materialbearbeitung von Werkstücken kann unerwünschte Röntgenstrahlung entstehen. Deren Dosisleistung und spektrale Verteilung wurde jetzt erstmals genau bestimmt.

Materialbearbeitung mittels Laserstrahlung ist eine seit langem genutzte Technik. In jüngerer Zeit wird hierfür vermehrt ultrakurz gepulste Laserstrahlung eingesetzt. Durch die Nutzung der hohen Spitzenintensitäten von bis über  $10^{14}$  W/cm<sup>2</sup> im Laserfokus entsteht ungewollt Röntgenstrahlung, welche erstmals in einer Anwendungsumgebung der industriellen Laser-Materialbearbeitung vermessen wurde.

Hierfür wurde ein auf Thermolumineszenzdetektion (TLD) basierendes Spektrometer genutzt. Die Eindringtiefe der Röntgenstrahlung im Spektrometer hängt von der Energie ab, sodass sich aus den Dosiswerten in den TLD-

Ebenen mittels mathematischer Verfahren (Bayes'scher Entfaltung) das energieaufgelöste Spektrum der Strahlung berechnen lässt.

Es ergab sich eine Dosisleistung in Abhängigkeit vom bearbeiteten Material und dessen Beschaffenheit in der Größenordnung von 1600 mSv/h bis 7300 mSv/h in der Strahlenschutzmessgröße  $\dot{H}'(0,07)$ , 16 mSv/h bis 71 mSv/h in der Messgröße  $\dot{H}'(3)$  und 1 mSv/h bis 4 mSv/h in der Messgröße  $\dot{H}'(10)$ , jeweils bezogen auf die Material-Bearbeitungszeit.

Durch derart hohe Dosisleistungen würden Grenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen innerhalb weniger Minuten bis einer Stunde (für die lokale Hautdosis, abgeschätzt durch  $\dot{H}'(0,07)$ , und die Augenlinsendosis, abgeschätzt durch  $\dot{H}'(3)$ ) bzw. innerhalb

einiger Stunden (für die effektive Dosis des gesamten Körpers, abgeschätzt durch  $\dot{H}^*(10)$ ) überschritten. Die spektrale Verteilung lag im Bereich von wenigen keV bis 30 keV. Der Dosisbeitrag von Photonen oberhalb von 30 keV war vernachlässigbar.

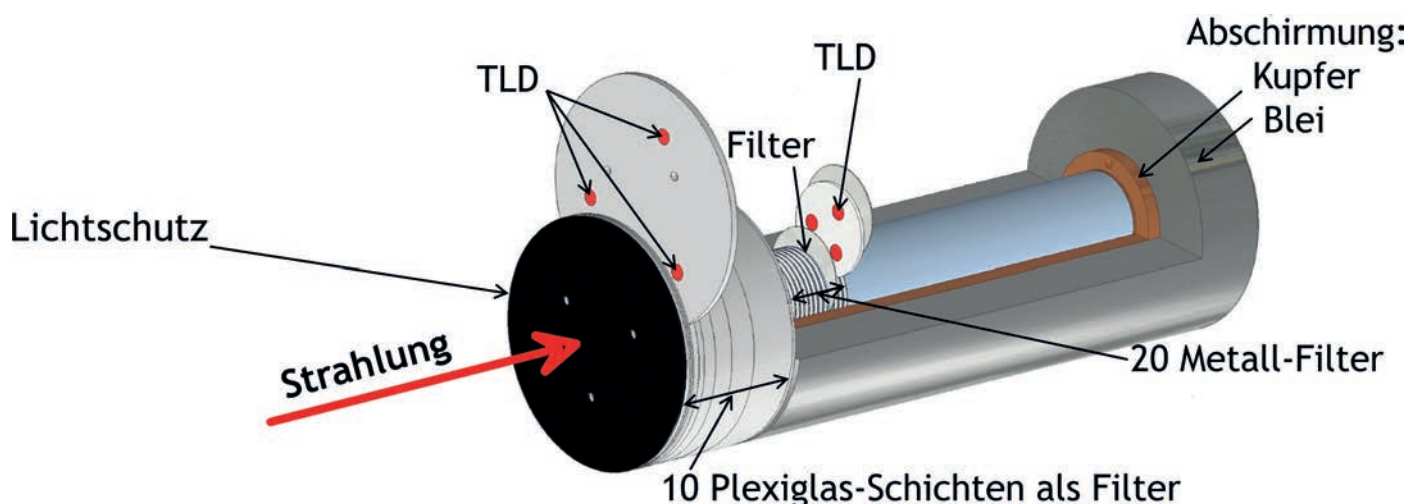
Diese erstmals rückgeführten Messungen lieferten nicht nur Herstellern und Anwendern von Ultrakurzpulslasern wichtige Informationen zur Gestaltung der Maschinen bezüglich des Strahlenschutzes, sondern gingen bereits in das aktuell laufende Gesetzgebungsverfahren im Bereich des Strahlenschutzes ein. Parallel befinden sich bereits Maschinen mit noch höheren Laserintensitäten in der Entwicklung. Daher wird das dargestellte Messverfahren zukünftig noch wichtiger. ■

### Ansprechpartner

Rolf Behrens  
Fachbereich 6.3  
Strahlenschutzdosimetrie  
Telefon: (0531) 592-6340  
rolf.behrens@ptb.de

### Wissenschaftliche Veröffentlichung

R. Behrens, B. Pullner, M. Reginatto: X-ray emission from materials processing lasers. *Radiat. Prot. Dosim.* (2018) DOI: 10.1093/rpd/ncy126



Skizze des TLD-basierten Spektrometers. Grundprinzip: Je tiefer die Strahlung in das Spektrometer eindringt, desto höher ist ihre Energie.



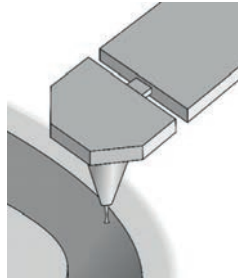
# 3D-AFM: Verbesserte 3D-Empfindlichkeit

**Besonders interessant für**

- Hersteller von Rasterkraftmikroskopen (AFM)
- Hersteller von Mikroskop-Zubehör

Die heutige Rasterkraftmikroskopie (atomic force microscopy, kurz AFM) steht vor der Herausforderung, dreidimensionale Strukturen zuverlässig zu messen. Bisher funktioniert das nicht ganz fehlerfrei: Handelsübliche Kantilever (Messnadeln eines AFM) reagieren un-

ausgeglichen, wenn sie Kräften der drei Raumdimensionen ausgesetzt sind. In der PTB wurde dieses Problem mit neuen Kantilevern gelöst. Sie reagieren dank ei-



Eines der neuen Designs, die für ein ausgeglichenes Verhältnis der Steifigkeiten sorgen: ein modifizierter Kantilever mit Aussparungen im Schaft.

ner neuen Struktur sensitiver bei dreidimensionalen Einflüssen und neigen beim Rastern von Schrägen unterschiedlicher Steigungen nicht mehr zum Rutschen. (Technologieangebot 476) ■

**Vorteile**

- größere Empfindlichkeit bei gleichzeitig annähernd isotroper Steifigkeit
- echte 3D-Antastung durch Festkörpergelenke
- integrierbar in bestehende Rasterkraftmikroskope

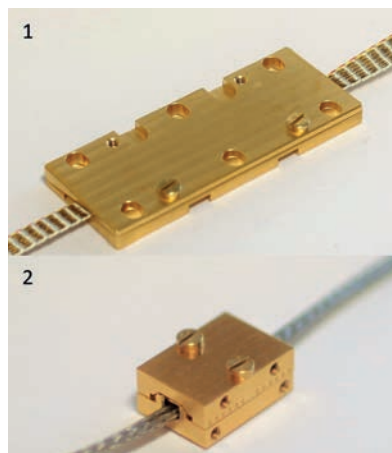
# Kalte Kabel für „trockene“ Kryostate

**Besonders interessant für**

- Anbieter von Kryotechnik-Zubehör wie Flachbandkabel
- Hersteller von Kryostaten

In modernen Tieftemperatursystemen werden zunehmend „trockene“ Kryostate verwendet, die im Vakuum, allein durch direkten thermischen Kontakt, kühlen. Kabel und elektrische Leitungen können dabei den Kühlprozess behindern, wenn sie nicht an geeigneten Stellen zwischen Raumtemperatur und Betriebstemperatur thermisch angekoppelt werden. Zwei neue Konstruktionen aus der PTB zur thermischen Ankopp-

lung von Rund- und Flachbandkabeln können Wärmeflüsse, die über die Zu-



leitungen zu einem Sensor gelangen, minimieren. Das ist besonders hilfreich bei einer Temperatur unter 4 Kelvin. (Technologieangebote 473 & 483) ■

**Vorteile**

- geringe thermische Impedanz für variierende Kabelgrößen
- leicht integrierbar in bestehende Kryostate
- einfach lösbare Verbindungen

1: Klemmung für Flachbandkabel: Die in der Kanalhöhe einstellbare Klemmvorrichtung wird durch Schraubverbindungen aufeinandergepresst und ist auch stapelbar.  
2: Klemmung für Rundkabel: Mehrere Feder-elemente im Inneren fixieren das Kabel.

# Spannungsteiler mit eigener Rückführung

**Besonders interessant für**

- Kalibrierlaboratorien
- Forschungseinrichtungen

Genaue Messungen von hohen Spannungen im Bereich von 200 kV erfordern den Einsatz von Spannungsteilern. Sie zerteilen große Spannungen in kleinere, die erst dann präzise vermessen werden können. Die Signalgröße wird durch den Teilungsfaktor bestimmt, der bislang durch regelmäßiges Kalibrieren an nationalen Normalen bestimmt werden muss. In

der PTB wurde ein sich selbst rückführender Spannungsteiler entworfen, der flexibel in Prüflaborato-

Der Spannungsteiler: Die 99 Präzisionswiderstände im Plexiglasrohr werden wahlweise in Reihe oder parallel geschaltet.



rien einsetzbar ist. Wesentlich dabei ist, dass in Reihe geschaltete Widerstände parallel verschaltet werden. So kann der operative und zeitliche Aufwand des Einbaus und Transports zu einem Metrologieinstitut eingespart werden. (Technologieangebot 484) ■

**Vorteile**

- direkte Überprüfung des Teilungsfaktors eines Hochspannungsteilers
- Rückführung in nur einer Stunde
- bessere Messunsicherheit durch kürzere Rückführung

**Ansprechpartner für diese Technologieangebote**

Andreas Barthel, Telefon: (0531) 592-8307, E-Mail: andreas.barthel@ptb.de, www.technologietransfer.ptb.de

## Auszeichnungen

### Frank Härtig

Der Leiter der Abteilung 1 „Mechanik und Akustik“ wurde einstimmig zum „President Elect“ der IMEKO gewählt. In den kommenden drei Jahren koordiniert er 24 technische Komitees. Im Jahr 2021 wird er dann für drei Jahre die Präsidentschaft übernehmen.



### Gisa Foyer, Holger Kahmann

Die ehemalige Mitarbeiterin und der Mitarbeiter des Fachbereichs 1.2 „Festkörpermechanik“ haben auf dem IMEKO XXII Worldcongress in Belfast den György Striker Junior Paper Award für die beste Veröffentlichung erhalten. Die Veröffentlichung mit dem Titel „A finite element analysis of effects on force lever systems under nacelle test bench conditions“ war im Rahmen eines EMPIR-Projektes zur Rückführung von Drehmomentmessungen in Windkrafttestständen entstanden.



### Davoud Momeni Pakdehi

Der Doktorand im Fachbereich 2.5 „Halbleiter-Physik, Magnetismus“ hat auf der Konferenz „Graphene Week 2018“ des European Graphene Flagships für seine Arbeit zum Thema „Stacking order induced sequential doping of epitaxial graphene on SiC“ den Preis für das beste Poster im Bereich „Synthesis and Growth“ erhalten.



### Elisa Pirovano

Die Mitarbeiterin des Fachbereichs 6.4 „Neutronenstrahlung“ hat für ihre am JRC Geel angefertigte Dissertation mit dem Titel „Neutron scattering cross section measurements with a new scintillator array“ einen Doktorandenpreis des European Nuclear Education Network (ENEN) erhalten.



## maßstäbe-Heft zum „neuen“ SI

Was bringt die Revision des Internationalen Einheitensystems SI, die am 16. November 2018 beschlossen wurde und am 20. Mai 2019 in Kraft tritt?

Diese Frage liefert völlig unterschiedliche Antworten, je nachdem, ob man Bürger, Schüler, Wissenschaftler oder Messtechnikexperten in der Industrie fragt. Die maßstäbe-Redaktion hat gefragt und ihre Antworten zu einem bunten, vielfältigen Heft zusammengestellt (maßstäbe Nr. 14, „Maße für alle“). Sie können es kostenlos einzeln oder im Klassensatz bestellen oder auch die ganze maßstäbe-Reihe ebenfalls kostenlos abonnieren. (Bestellungen an: Cornelia Land, 0531 592-9313, cornelia.land@ptb.de)



## Erfolgreiche Exzellenzinitiative

„QuantumFrontiers“, ein gemeinsames Vorhaben der Leibniz Universität Hannover und der TU Braunschweig in enger Zusammenarbeit mit der PTB, wird zum Exzellenzcluster und erhält damit für zunächst sieben Jahre eine Millionenförderung im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder, die Spitzenforschung an deutschen Universitäten fördert und Deutschland als international konkurrenzfähigen Wissenschaftsstandort stärken soll. QuantumFrontiers befasst sich mit neuen Messtechnologien auf Nanoebene. Physikalische Grundeinheiten wie Masse, Länge und Zeit sollen in diesem äußerst kleinen Maßstab präziser werden. Dabei werden Effekte der Quantenmechanik gezielt genutzt, um Messgenauigkeiten zu verbessern. Hierbei arbeiten Expertinnen und Experten aus verschiedensten Bereichen der Physik, der Astronomie, der Geodäsie und der Geoinformatik, der Halbleiterforschung sowie der Schaltungen und integrierten Systeme zusammen. (Ansprechpartner: Piet O. Schmidt, QUEST-Institut an der PTB, 0531 592-4700, piet.schmidt@ptb.de)


## Gemeinsame Professur

Dr. Gavin O'Connor hat zum 1. September 2018 in einer gemeinsamen Berufung von TU Braunschweig und PTB eine Stelle als Universitätsprofessor angetreten. Forschungsschwerpunkte des 45-jährigen Chemikers sind die Massenspektrometrie im Bereich biologische Messungen und chemische Metrologie. O'Connor war zuvor in der Gemeinsamen Forschungsstelle der Europäischen Kommission in Geel, Belgien, tätig. In der Großforschungseinrichtung hatte er ein Team von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern geleitet, das Methoden zur Analyse von Allergenen in Lebensmitteln unter anderem mithilfe der Massenspektrometrie entwickelt.



von links: PTB-Präsident Prof. Dr. Joachim Ullrich, Prof. Dr. Gavin O'Connor, Prof. Dr.-Ing. Anke Kaysser-Pyzalla, Präsidentin der TU Braunschweig, und Dr. Bernd Güttler, Leiter der PTB-Abteilung 3 „Chemische Physik und Explosionsschutz“ (Foto: Bernt Erlewein, TU Braunschweig)

**Impressum**  
 PTB-News 1/2019, deutsche Ausgabe, Januar 2019, ISSN 1611-1621  
 Die PTB-News 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 > PTB-News > PTB-News abonnieren  
 Herausgeber: Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig und Berlin  
 Redakteure: Andreas Barthel, Thomas Damitz, Ludger Koenders, Christoph Kolbitsch, Christian Lisdat, Mathias Richter, Hansjörg Scherer, Erika Schow, Jens Simon (verantwortlich)  
 Layout: Volker Großmann, Alberto Parra del Riego (Konzept)  
 Redaktionsanschrift: Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, PTB, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig, Telefon: (0531) 592-3006, Telefax: (0531) 592-3008, E-Mail: [ptbnews@ptb.de](mailto:ptbnews@ptb.de)



Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt, das nationale Metrologieinstitut, ist eine wissenschaftlich-technische Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.